



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



MONOGRAFIA DO TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO

O PAPEL DA GEOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DO MUNICÍPIO DE OURO
PRETO - MG

Bárbara Zambelli Azevedo

Ouro Preto, Maio de 2017

**O PAPEL DA GEOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DO
MUNICÍPIO DE OURO PRETO - MG**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marlière de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. José Geraldo Arantes de Azevedo Brito

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Luís Antônio Rosa Seixas

MONOGRAFIA

Nº 220

O PAPEL DA GEOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DO MUNICÍPIO DE OURO PRETO - MG

Bárbara Zambelli Azevedo

Orientador

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2017/1.

OURO PRETO

2017

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO: O PAPEL DA GEOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DO
MUNICÍPIO DE OURO PRETO - MG**

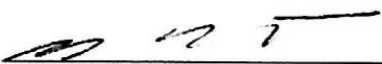
AUTORA: Bárbara Zambelli Azevedo

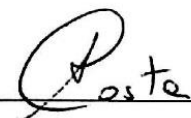
ORIENTADOR: Paulo de Tarso Amorim Castro

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Paulo de Tarso Amorim Castro  DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca  DEGEO/UFOP

Profª. Drª. Adivane Costa  DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 16 / 05 / 2017

“The survival of the planet will depend upon abandoning the deep-rooted belief that economic growth can deliver social justice, the rational use of environment, or human well-being, and embracing the notion that there would be a better life for all if we moved beyond ‘development’”

Gilbert Rist

AGRADECIMENTOS

É chegado o fim de um ciclo, momento de renovação, transição. É preciso muita força e coragem para encarar o que vem pela frente e muita gratidão e consideração aos que me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço aos meus pais, que tornaram esse sonho possível. Aos meus irmãos, pelos questionamentos. À toda minha família, primos, tios, avós, por me ajudarem a me construir e me desconstruir. Ao Lê, pela parceria.

À Ouro Preto, por me fascinar todos os dias. Ao ensino superior gratuito e de qualidade. À geologia, que me ensina a olhar para o mundo com outros olhos. A todos os professores e mestres com quem tive o prazer de conviver. Ao Professor Paulo de Tarso, pela confiança. Aos amigos Paulo Simões e Fernanda Guedes, pela ajuda com os mapas.

À SEE, pela experiência além dos muros da escola. À geogalera, minha graduação não teria a mesma graça sem vocês! Ao Programa Ciência sem Fronteiras, que me abriu as portas para o inexplorado e me fez acreditar no poder do acaso. À Geoemp, pela oportunidade de aprendizado. Aos amigos da UFMG.

À vida republicana!

Enfim, dedico essa conquista a todas mulheres maravilhosas moradoras e ex-alunxs da MANSÃO REBU, com quem aprendi muito mais do que poderia imaginar. "É o tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos."

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.4 MATERIAIS E MÉTODOS	4
1.4.1 Revisão bibliográfica	4
1.4.2 Levantamento e organização dos dados	5
1.4.3 Sugestão de propostas de ação	5
1.4.4 Elaboração e escrita do projeto de conclusão de curso	5
CONCEITOS	7
2.1 GEOLOGIA	7
2.1.1 Conceitos	7
2.1.2 Síntese sobre as origens e evolução do conhecimento geológico no Brasil	10
2.2 DESENVOLVIMENTO	13
2.2.1 Evolução dos conceitos	13
2.2.2 Espaço, território e territorialidade	15
2.3 O TERRITÓRIO: UM BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DE OURO PRETO	16
DESCRIÇÃO GEOLÓGICA	19
3.1 ASPECTOS FISIOGRAFICOS	19
3.1.1 Geomorfologia e relevo	19
3.1.2 Hidrografia	20
3.1.3 Vegetação	21
3.1.4 Clima	22
3.2 ESTRATIGRAFIA	22
3.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL	26
3.3.1 Arcabouço geológico regional	26
3.3.2 Evolução Estrutural	27
3.4 GEOLOGIA ECONÔMICA	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 OCUPAÇÃO URBANA	29
4.2 ECONOMIA MINERAL	33

4.3	GEOLOGIA SOCIAL	37
4.4	PROPOSTAS DE AÇÃO	40
CONCLUSÃO.....		43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....	3
Figura 2: Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável.....	15
Figura 3: Ocupação urbana em Ouro Preto entre 1698 e 1940.	18
Figura 4: Mapa de declividade do município de Ouro Preto.....	20
Figura 5: Rede hidrográfica da cidade de Ouro Preto	21
Figura 6: Mapa geológico de Ouro Preto	24
Figura 7: Coluna estratigráfica modificada de Alkmim & Marshak 1998.	25
Figura 8: Mapa estrutural mostrando as principais estruturas do QF	26
Figura 9: Mapa de uso e ocupação do solo distrito sede de Ouro Preto	30
Figura 10: Áreas críticas ao escorregamento de terra no distrito sede de Ouro Preto.....	31
Figura 11: Fases do processo minerário para o município de Ouro Preto.....	36
Figura 12: A Geologia e os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável.....	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Síntese da evolução tectônica do QF e regiões adjacentes.	27
Tabela 2: Descrição dos 8 aspectos das geociências.	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores arrecadados de CFEM pelo município de Ouro Preto, entre 2004 e 2016.	34
Gráfico 2: Arrecadação de CFEM total e para ferro em 2014.....	35
Gráfico 3: Principais empresas mineradoras em Ouro Preto.....	37

RESUMO

O presente trabalho remonta à construção do território de Ouro Preto, desde seu início no final do século XVII até os dias de hoje, e o papel que a geologia assume durante esse processo. Inicialmente a ocupação urbana foi impulsionada pela corrida do ouro que fez com que a população crescesse rapidamente e se instalasse nas vertentes das Serras, sem a observação das características geomorfológicas da área. Com o passar dos anos, a mineração mudou seu foco do ouro para o ferro e os problemas ambientais presentes na cidade em decorrência da exploração mineral e da ocupação territorial sem planejamento, se agravaram. O trabalho reúne esses dados sobre os problemas ambientais, a ocupação territorial e a economia mineral visando a criação de propostas de ação pertinentes aos geocientistas, dentro da administração municipal, para atingir os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. Essas propostas abrangem as áreas de Agrogeologia, Energia, Geologia de Engenharia, Riscos Geológicos, Planejamento Territorial, Patrimônio Geológico, Geoturismo, Hidrogeologia e Contaminantes e Recursos Minerais. Ele sugere o modelo de Gestão Integrada Territorial como uma opção à gestão dos recursos geológicos, auxiliando na elaboração de um Plano Diretor Municipal condizente à realidade do município.

Palavras-chave: Geologia Social, Ouro Preto, desenvolvimento, território

ABSTRACT

The present paper goes back to the construction of Ouro Preto's territory, since its beginning, at the end of the XVII century until nowadays, and the role of geology within this process. Initially, the urban occupation was driven by the 'gold rush'. This made the population increase rapidly and settle down at the hill's slopes, without regarding to the geomorphologic characteristics of the area. As the years passed by, the mining industry changed the focus from gold to iron. The environmental problems related to mineral exploitation and the lack of territorial planning got worse. This paper meets this data of environmental problems, territorial occupation and mineral economy to create proposals of actions to geoscientists, within the municipal administration, to reach the Sustainable Development Goals. This proposals cover the following areas: Agrogeology, Energy, Engineering Geology, Geological Hazards, Territorial Planning, Geological Heritage, Geotourism, Hidrogeology and contaminants and Mineral Resources. This paper suggests the Integrated Territorial Management model as an option to manage geological resources, assisting the elaboration of a consistent Master Plan for Ouro Preto.

Keywords: Social Geology, Ouro Preto, development, territory

CAPÍTULO 1

APRESENTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento geológico tem grande importância dentro da sociedade, visto que processos e estruturas geológicas possuem implicações diretas e indiretas na história de ocupação territorial e nas atividades econômicas de grande relevância de uma região.

O presente trabalho faz uma revisão teórica a respeito da definição de geologia e da evolução do conhecimento geológico no Brasil (Hasui *et al.*, 2012; Machado 2009, Sanjad 2004), afim de contextualizar a formação do território de Ouro Preto com as fases do conhecimento geológico. A história desse município tem relação intrínseca com a mineração, desde o seu início ao final do século XVII até os dias atuais.

Apresenta uma breve contextualização sobre Geologia Ambiental e Geologia de Engenharia visando a compreensão dos problemas relacionados a elas em Ouro Preto. Além disso, a Geologia Social é conceituada como sendo a disciplina da geologia que estuda a interação entre o ambiente geológico e o desenvolvimento social, especialmente a influência dos recursos e riscos geológicos na gestão territorial e social de áreas urbanas (Stewart & Gill, 2017).

Também é apresentada a evolução dos conceitos de desenvolvimento, até chegar nos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, em 2015. Destaca-se a importância das geociências na promoção do Desenvolvimento Sustentável (Gill, 2016; Stewart & Gill, 2017).

A conceituação se mostra importante para a compreensão correta dos termos utilizados ao longo do trabalho, como desenvolvimento e território, que fazem parte, mas também vão além do âmbito das geociências.

Em seguida é realizada a descrição geológica, com os aspectos fisiográficos (geomorfologia e relevo, clima, vegetação e hidrografia), estratigrafia, geologia estrutural e geologia econômica de Ouro Preto.

São levantados e apresentados dados que relacionam a expansão urbana com a estabilidade de encostas (Pinheiro *et al.*, 2003; Fonseca & Sobreira 2001; Fernandes, 2000;

Fontes, 2011, Oliveira 2010, Carvalho 1982, Sobreira 1990) e sobre a contaminação de drenagens e solos (Borba *et al.*, 2004; Guimarães-Silva, *et al.*, 2007; Gonçalves, 2011; Roeser & Roeser, 2013, Noce 2013, Cruz 2002).

Ouro Preto tem como principal atividade econômica a mineração. A partir de dados obtidos do DNPM foram gerados gráficos temáticos onde observa-se a importância do setor mineral. De acordo com esses gráficos e com Carvalho *et al.* (2012) é notável a dependência da arrecadação municipal do setor mineral. Na área de estudo, destacam-se os depósitos de ferro, de extrema importância na receita do município, as mineralizações de ouro pelo seu valor histórico e topázio imperial (raridade mundial), destacando-se pela grande importância econômica para o estado de Minas Gerais e também para o Brasil.

Posteriormente, a partir dos conceitos da Geologia Social relacionados aos dados levantados sobre Ouro Preto, são sugeridas ações a serem tomadas por parte da administração municipal para se atingir os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se inserida na porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, com aproximadamente 1245,13km², representando cerca de 18% do total de 7160km² do Quadrilátero (figura 1).

Está localizada a 90km de Belo Horizonte, capital do estado. Além da sede, Ouro Preto é constituída por 12 distritos (Lavras Novas, Cachoeira do Campo, Amarantina, São Bartolomeu, Glaura, Santo Antônio do Salto, Santo Antônio do Leite, Rodrigo Silva, Miguel Burnier, Santa Rita de Ouro Preto, Antônio Pereira e Engenheiro Corrêa).

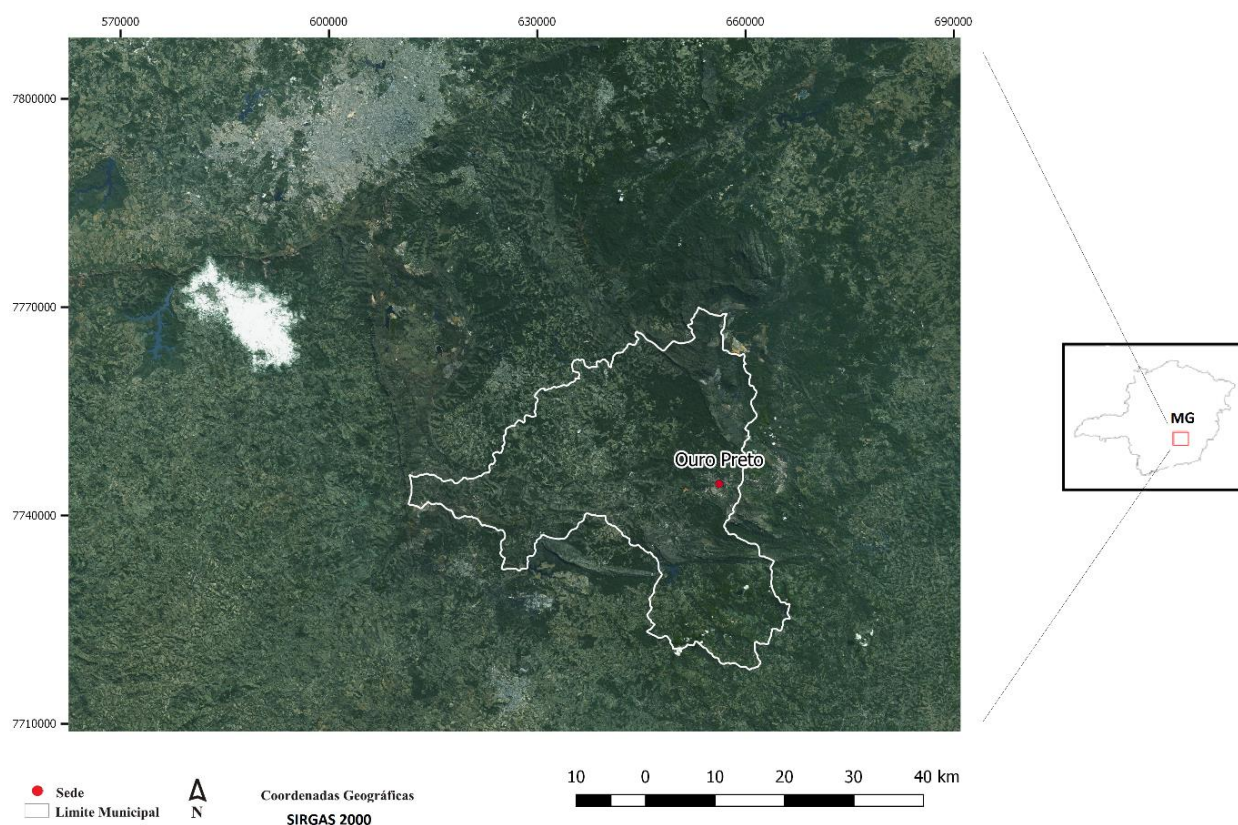


Figura 1: Localização da área de estudo (elaborado pela autora).

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho é analisar o papel da geologia no desenvolvimento do município de Ouro Preto e propor ações para se atingir os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável através da atuação do geólogo na gestão municipal.

Objetivos específicos:

- Reunir dados históricos e realizar um levantamento de dados acerca da geologia local, recursos minerais, requerimentos minerários, uso e ocupação do solo, desenvolvimento, sustentabilidade e gestão de territórios;
- Compreender a importância da geologia na ocupação e ordenação territorial do município, desde o século XVII até os dias atuais;
- Mostrar a interrelação entre a geologia e os recursos minerais com a organização territorial e socioeconômica do município;
- Analisar o papel das geociências na promoção do desenvolvimento local sustentável, segundo os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015b);
- Elaborar propostas de ação que ajudem na tomada de decisões pelos órgãos competentes na definição de políticas públicas, relacionadas à gestão dos recursos minerais, ocupação territorial, gestão dos recursos hídricos e problemas ambientais decorrentes da atividade minerária.

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho pode ser dividido em quatro etapas:

- Revisão bibliográfica;
- Levantamento e organização dos dados;
- Sugestão de propostas de ação;
- Elaboração e escrita do trabalho de conclusão de curso.

1.4.1 Revisão bibliográfica

A primeira fase do trabalho envolveu a leitura do material disponível acerca da evolução do conhecimento geológico no Brasil, histórico da ocupação do município de Ouro Preto, desenvolvimento sustentável, conceitos de território e territorialidade, questões urbanas, recursos minerais, geotecnia, geomorfologia e hidrologia da área. A pesquisa foi realizada em artigos acadêmicos publicados em revistas, periódicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, em livros e sites.

1.4.2 Levantamento e organização dos dados

A partir da revisão bibliográfica, foram levantados dados relevantes sobre problemas ambientais relacionados a ocupação territorial e às atividades minerárias, áreas em risco geológico e dados sobre a economia mineral do município, como a arrecadação municipal de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), áreas do município em fase de Requerimento de Pesquisa Mineral, Concessão de Pesquisa, Requerimento de Lavra, Concessão de Lavra. Foram compilados dados do Departamento Nacional de Produção Mineral, e utilizadas bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e da Embrapa. Foram elaborados tabelas e gráficos temáticos para auxiliar a visualização de alguns dados.

1.4.3 Sugestão de propostas de ação

A partir das informações levantadas, foi analisado o caso do município de Ouro Preto, especificamente, compreendendo seus problemas e limitações e foram propostas ações, utilizando-se do conhecimento geológico disponível, para promover o desenvolvimento local e sustentável.

1.4.4 Elaboração e escrita do projeto de conclusão de curso

Essa etapa compreendeu a elaboração do presente documento. Realizou-se, concomitantemente, à revisão bibliográfica, levantamento, análise dos dados e elaboração das propostas de ação. Consistiu-se, propriamente, da escrita do trabalho de conclusão de curso de Engenharia Geológica pela Universidade Federal de Ouro Preto.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS

2.1 GEOLOGIA

2.1.1 Conceitos

De acordo com o dicionário Cambridge, “geologia é o estudo das rochas e processos físicos da Terra que auxiliam na compreensão de sua origem e história.”

Segundo Toledo (2002), Geologia é a ciência natural que, através da Matemática, Física e Química e de todas as suas ferramentas, investiga o meio natural do Planeta Terra.

A geologia é de extrema importância para nossa sociedade, tendo em vista sua abrangência sobre a ocupação territorial, aproveitamento dos recursos naturais, recursos energéticos e matérias primas industriais, além de outros. A alienação sobre a dinâmica terrestre tem resultado prejudiciais e, muitas vezes, irreparáveis para a Natureza e para a espécie humana (Toledo, 2002).

Os principais objetivos da geologia seguem listados por Toledo (2002):

- Estudo em várias escalas das características do interior e superficiais da Terra;
- Compreensão dos processos físicos, químicos e físico-químicos que levaram o Planeta a ser tal como o observamos;
- Definição da maneira mais adequada para a utilização dos recursos minerais como fonte de matéria prima e energia para melhoria da qualidade de vida da sociedade;
- Resolução de problemas resultados da exploração de bens minerais e/ou uso do solo e estabelecimento de critérios para evitar danos futuros ao meio ambiente;
- Valorização da relação entre o ser humano e a Natureza.

Por ser uma ciência muito ampla, é subdividida em áreas tais como Geologia de Engenharia, Geofísica, Geoquímica, Sedimentologia, Estratigrafia, Petrologias Ígnea, Sedimentar e Metamórfica, Cartografia, Geologia Médica, Pesquisa Mineral, Geomorfologia,

Hidrogeologia, Geologia Econômica, Geologia Ambiental, Paleontologia, Geologia Social, dentre outras.

No presente trabalho, será dado enfoque nas áreas de Geologia Ambiental, Geologia de Engenharia, Economia Mineral e Geologia Social, conceituadas a seguir.

Tanto a Geologia de Engenharia quanto a Geologia Ambiental representam aspectos aplicados da geologia que são importantes em termos de planejamento, desenvolvimento e construção. Ainda nos dias de hoje é difícil separá-las propriamente. Abaixo seguem alguns conceitos propostos.

Segundo a *International Association of Engineering Geology* – Associação Internacional de Geologia de Engenharia, em português - (IAEG, 1992), a Geologia de Engenharia pode ser definida como a ciência dedicada à investigação, estudo e solução de problemas de ambientais e de engenharia, que podem surgir pela interação entre a geologia e trabalhos e atividades desenvolvidas pelo homem, bem como previsão e desenvolvimento de medidas preventivas ou remediadoras de acidentes geológicos.

Geologia Ambiental, de acordo com Keller (2008), é o ramo da Geologia que se ocupa de todo o espectro das interações humanas com o ambiente físico. Ela utiliza de informações geológicas para ajudar na resolução de problemas associados ao uso do solo, minimizar a degradação ambiental e maximizar os resultados benéficos do uso do ambiente natural ou modificado.

A Geologia de Engenharia e a Geologia Ambiental se relacionam, portanto, com a ocupação urbana e ordenamento territorial, bem como aos problemas ambientais gerados pela urbanização e, também pela extração mineral.

A localização, estruturação e funcionamento dos assentamentos urbanos estão fortemente influenciados por fatores ambientais tais como geomorfologia e relevo. Em países em desenvolvimento, uma gestão pouco efetiva dos terrenos urbanos pode acarretar em sérios danos aos solos, água e paisagens, além da ocupação em áreas de risco (Oliveira, 2010).

Para o Departamento Nacional de Produção Mineral, Economia Mineral é a área do conhecimento que trata dos princípios econômicos e das suas aplicações aos problemas relacionados à atividade mineral. Tem por objetivo principal a solução de problemas da indústria minerária que envolvem suas interrelações técnicas, econômicas, organizacionais e legais. Como objetivos secundários podem-se citar a avaliação de depósitos, das condições

sócio-ambientais relacionadas à extração mineral, análises de consumo de bens minerais (*commodities*), análise de política mineral (leis e regulamentos), dentre outros.

De acordo com a Constituição Federal, em seu artigo 20º, inciso IX, os recursos minerais (petróleo, gás natural, recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica, outros recursos minerais) no território nacional, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva são bens da União e sua extração deve gerar uma compensação financeira. A CFEM – Compensação Financeira sobre Exploração Mineral foi instituída em 1989 através da Lei 7.990/89 e estabelece em seu artigo 1º que o “aproveitamento de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e dos recursos minerais ensejará compensação financeira aos Estados, Distrito Federal e Municípios, a ser calculada, distribuída e aplicada na forma estabelecida em lei. ”. Em seu artigo 6º, a lei prevê que o valor da compensação será de até 3% sobre o valor do faturamento líquido resultante da venda do produto mineral.

Em seu artigo 2º, a lei 7.990/89 prevê a distribuição da CFEM como sendo 25% para os Estados e Distrito Federal, 65% para os Municípios, 3% ao Ministério do Meio Ambiente, 3% ao Ministério de Minas e Energia e 4% ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Tecnológico.

Após a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, as geociências vêm sendo conectadas à promoção do desenvolvimento sustentável.

Muitos geólogos argumentam que o conhecimento geocientífico e experiência são essenciais para a resolução de muitos desafios ambientais enfrentados pela nossa sociedade, porém ainda são poucos os que estão diretamente comprometidos na promoção do desenvolvimento sustentável. Isto é, de certa forma, surpreendente, dado que vários atributos colocam a geociência moderna em posição de contribuir criticamente ao pensamento sustentável contemporâneo (Stewart & Gill, 2017).

Sendo uma ciência histórica e interpretativa, a geologia pode informar a sociedade sobre as interações dos sistemas homem-meio ambiente, pois os geólogos têm habilidade e competência que os permitem reconhecer manifestações dos fenômenos em diferentes escalas espaciais e temporais. Eles também se sentem à vontade para integrar conceitos interdisciplinares, o que não se observa na maioria das outras ciências (Mora, 2013).

O conceito de Geologia Social foi primeiramente sugerido em 2011, por Mata-Perelló *et al.*, em um artigo nomeado “Geologia Social: uma nova perspectiva na geologia”. De acordo com esse artigo, a geologia social pode ser definida como a disciplina da geologia que estuda a

interação entre o ambiente geológico e o desenvolvimento social, especialmente a influência dos recursos e riscos geológicos na gestão territorial e social de áreas urbanas. A Geologia Social então vem integrar os conceitos de sustentabilidade no âmago das geociências (Stewart & Gill, 2017).

Mata-Perelló *et al.* (2011), observaram que os maiores problemas em escala global estão diretamente associados ao ambiente geológico. São eles: a falta de água ou de acesso a fontes de água potável; perdas econômicas e humanas geradas por riscos geológicos; conflitos pelo controle dos recursos geológicos.

Para uma abordagem dos problemas atuais da sociedade de uma maneira mais sustentável Stewart & Gill (2017) defendem que, primeiramente, a comunidade de geocientistas precisa ampliar seu espectro de atuação e estudos, não se atendo somente à interdisciplinaridade com outros temas ambientais, mas também do comportamento humano. Em segundo lugar, os princípios e práticas ‘sustentáveis’ precisam ser explicitamente integrados desde o ensino das geociências até a atuação profissional.

2.1.2 Síntese sobre as origens e evolução do conhecimento geológico no Brasil

Foram definidas seis fases para a evolução do conhecimento geológico no Brasil, de acordo com Hasui *et al.* (2012), descritas a seguir.

- Fase dos aventureiros (século XV a XVIII)

Segundo Figueirôa (2000) e Machado (2009), até o século XVIII no Brasil Colonial, as técnicas de mineração precederam e integraram a formulação do conhecimento científico ligado à Mineralogia e Geologia.

Os incentivos da Coroa Portuguesa às expedições de busca começaram após as descobertas de ouro e prata no Peru, visando principalmente o controle administrativo dos possíveis achados mais do que seu descobrimento (Machado, 2009).

Os relatos dessa fase são desprovidos de observações geológicas significativas. São notificadas as primeiras ocorrências de esmeralda, alguns metais e pedras preciosas. Marca o início da garimpagem de ouro ao redor de Vila Rica (atual Ouro Preto) e Mariana, além do litoral sudeste do Brasil, e a garimpagem de diamante na região do Arraial do Tijucu (atual Diamantina) (Hasui *et al.*, 2012).

Motivação: colonização portuguesa com enfoque na busca por recursos naturais (mercantilismo). Exploração das riquezas coloniais visando somente o abastecimento da metrópole.

Problemas: Exploração instintiva (falta de conhecimento geológico), falta de pessoal qualificado e atraso técnico da indústria mineral (extração rudimentar e predatória).

- Fase Pioneira (1790-1810)

Essa fase marca o nascimento e chegada da geologia moderna ao Brasil, influenciada pelo Iluminismo recém iniciado na Europa. Formação de profissionais como José Vieira Couto, Manuel Ferreira de Câmara Bittencourt e Sá e José Bonifácio de Andrada e Silva em Portugal, que contribuíram com estudos de caráter científico de algumas regiões do Brasil (Hasui *et al.*, 2012).

Motivação: decadência da mineração no Brasil.

- Fase das grandes expedições naturalistas estrangeiras (1810-1875)

É marcada pela chegada de estudiosos estrangeiros (naturalistas) para desenvolver estudos do meio natural no Brasil Colônia, incluindo a observação e descrição de ocorrências minerais, minas e aspectos geológicos. Dentre os naturalistas, vale destacar Barão Wilhem L. von Eschwege, Peter W. Lund, Auguste de Saint-Hilaire, Mawe, Spix e Martius (Hasui *et al.*, 2012).

A viagem do casal Agassiz ao Brasil em 1865 e o livro publicado por Charles Frederich Hartt – *Geology and Physical Geography of Brazil*, também são um marco nessa fase (Sanjad, 2004).

Motivação: baixa tecnologia, falta de capital e paralização da mineração. A chegada da família real ao Brasil em 1808. Povoamento e extensão territorial além do Tratado de Tordesilhas, induzido pela busca de ouro e pedras preciosas.

- Fase das Comissões Geológicas (1875-1907)

Essa fase foi caracterizada pelas pesquisas de caráter integrado feitas por geólogos e baseada nas observações de viajantes e naturalistas, coordenadas por instituições variadas. Foram criadas as seguintes comissões: Comissão Geológica do Império (1875), Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo (1886), Comissão de Estudos das Minas e Carvão do Brasil (1892), Comissão de Exploração do Planalto Central (1894) (Hasui *et al.*, 2012).

Criação da Real Academia Militar (1792) depois Escola Politécnica (1874) e Escola de Minas (1876), atual Escola de Minas de Ouro Preto.

Motivação: agrogeologia, que consistiu no mapeamento de terrenos propícios à cafeicultura (Figueirôa, 2012).

- Fase da consolidação das pesquisas (1907-2000)

Em 1907, Orville Adelbert Derby organiza o setor mineral brasileiro com a criação do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, transformado no atual Departamento Nacional de Produção Mineral em 1934 (Hasui *et al.*, 2012).

Nos anos subsequentes são criados: Companhia Petróleos do Brasil (1931), Conselho Nacional do Petróleo (1938), Companhia Vale do Rio Doce (1942), Sociedade Brasileira de Geologia (1946), Petrobrás (1953), Ministério de Minas e Energia (1960) e autarquias vinculadas (Aneel, ANP e DNPM), Comissão Nacional de Energia Nuclear (1962), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (1969) e Projeto RADAM (1970-1985). Nas últimas décadas do século XX são criados diversos serviços geológicos em nível estadual, voltados principalmente à Pesquisa Mineral. A partir de 1990 há o uso crescente de geotecnologias de apoio, como geofísica, geocronologia e geoquímica (Hasui *et al.*, 2012).

- Fase das pesquisas consolidadas (2000 – atual)

Marcada pela realização do 31º Congresso Internacional de Geologia no Brasil no Rio de Janeiro, 2000, conta com o aumento considerável da produção científica e técnica e reconhecimento pela comunidade internacional. São disponíveis mapas básicos mediante utilização do Sistema de Informações Georrefenciadas (SIG), há a criação de redes de pesquisa e reconhecimento de laboratórios nas áreas de geocronologia e geoquímica isotópica como vanguarda mundial (Hasui *et al.*, 2012).

Atividades de prevenção e remediação de catástrofes “naturais” como enchentes, deslizamentos, comumente potencializadas pela ação antrópica, passam a ser alvos da geologia de engenharia, geologia ambiental e geotecnia. A partir de meados da década de 2000 cresce o esforço para a preservação do chamado patrimônio geológico, que inclui o inventário e, frequentemente, a preservação de geossítios (sítios geológicos com importância científica, educacional, histórica, dentre outras). Há a implantação dos primeiros Geoparques, que consistem de um modelo de administração territorial que se estabelece uma área bem definida, visa o desenvolvimento autossustentável e a fixação da população local, por meio de atividades

educacionais, turísticas, comerciais e industriais (que podem incluir a mineração) (Hasui *et al.*, 2012).

Em 2016, Gill publica um artigo onde ele divide as geociências em 11 áreas e as relaciona aos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015b). Essa relação intrínseca entre a geologia e o desenvolvimento (sustentável) é abordada com maiores detalhes nos próximos capítulos.

2.2 DESENVOLVIMENTO

2.2.1 Evolução dos conceitos

O termo ‘desenvolvimento’, utilizado por Truman em 1949 em seu discurso inaugural, foi simplificado à crescimento econômico. De acordo com Rist (2010), ainda tem seu significado difícil de explicar ou descrever, posto que depende de onde e por quem está sendo utilizado. Sua definição ainda não deve ser baseada em valores ou expectativas, mas na prática das atitudes sociais e consequências derivadas.

Para Rist (2010), a essência do ‘desenvolvimento’ é a transformação geral e destruição do ambiente natural e das relações sociais visando o aumento da produção de *commodities* (bens e serviços) orientada, através das leis de mercado, a uma demanda efetiva. O desenvolvimento começa quando a natureza é transformada em recurso.

Segundo Knopp (2008), o desenvolvimento deve ser medido pelo grau em que o sistema social vigente atende às múltiplas necessidades humanas, individuais e coletivas, de modo que possibilite o pleno desenvolvimento das potencialidades do ser humano – e não pelo grau de eficácia e eficiência econômico-produtiva de um território (bairro, cidade, estado, região ou país), ou pela riqueza gerada e acumulada nesse processo.

Durante a Primeira Década das Nações Unidas para o Desenvolvimento (1960-1969), os aspectos social e econômico do desenvolvimento foram entendidos de forma separada. Conforme as propostas de ação publicadas pela ONU em 1962, o conceito chave deve ser a melhora da qualidade de vida (ONU, 1962).

Conforme Sachs (2010), na Segunda Década (1970-1979), a abordagem dos aspectos sociais e econômicos foram unificadas, resultando em uma estratégia global. Na década de 80, também chamada de ‘década perdida para o desenvolvimento’, vários países abandonaram suas conquistas até então em nome do desenvolvimento durante o ‘processo de ajustamento’.

Em 1987, foi estabelecida pela Organização das Nações Unidas a Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente, nomeada Comissão Brundtland, onde se definiu pela primeira vez ‘Desenvolvimento Sustentável’, baseado em três pilares: Sociedade, Economia e Meio Ambiente (Organização das Nações Unidas, 1987).

Na década de 90 seguem duas linhas distintas. O ‘redesenvolvimento’ no Norte, que significa desenvolver de novo o que foi mal desenvolvido ou encontra-se obsoleto. A atenção pública é direcionada para o que era considerado desenvolvido e agora necessita ser substituído, exportado ou destruído. No Sul, no entanto, o ‘redesenvolvimento’ implica na colonização do setor informal da economia (Sachs, 2010).

Conceitualmente e politicamente, o ‘redesenvolvimento’ está tomando a forma do então chamado ‘desenvolvimento sustentável’. Apesar de ser promovido como verde e democrático, o desenvolvimento sustentável foi explicitamente concebido como uma estratégia para sustentar o "desenvolvimento", não para apoiar o florescimento e a permanência da vida natural e social, extremamente diversificada (Sachs, 2010).

O Programa de Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas publicou em 1990 o primeiro Relatório de Desenvolvimento Humano, que reuniu medidas e análises do desenvolvimento socioeconômico mundial, relacionando expectativa de vida, índice de analfabetismo e PIB per capita. Após reunir quantidade significativa de dados, apresentou ‘alvos sociais viáveis’ a serem atingidos até o ano 2000.

No ano 2000 líderes mundiais se reuniram na cúpula da ONU para discutir maneiras de se combater amplamente a pobreza. Assim surgiram as Metas do Milênio para o Desenvolvimento, a serem atingidas até 2015. Foram definidas 8 metas, especificadas a seguir: erradicar a pobreza extrema e a fome; atingir educação básica universal; promover a igualdade de gênero e o empoderamento da mulher; reduzir a mortalidade infantil; melhorar a saúde materna; combater a AIDS/HIV, malária e outras doenças; garantir a sustentabilidade ambiental; estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento (Organização das Nações Unidas, 2015a).

Ao final de 2013, o progresso relativo às metas era desigual. Alguns países haviam atingido vários objetivos enquanto outros, nenhum. Uma conferência da ONU em setembro de 2010 analisou o progresso até a data presente e adotou um plano global para a realização das oito metas até a data prevista. Novos acordos foram firmados sobre a saúde da mulher e da criança e novas iniciativas contra a pobreza, fome e doenças.

Em setembro de 2015, o sucessor das Metas do Milênio foi encabeçado pela ONU através de um processo deliberativo onde 193 Estados Membros estavam presentes, além da sociedade civil global. As Metas para o Desenvolvimento Sustentável, oficialmente conhecida como ‘Transformando nosso mundo: a agenda de 2030 para o Desenvolvimento Sustentável’, são um conjunto de 17 metas globais (Figura 2), com 169 alvos subordinados, cobrindo um largo espectro de questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável. (Organização das Nações Unidas, 2015b).



Figura 2: Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. (1-Eradicação da pobreza; 2-Eradicação da fome; 3-Saúde e bem-estar; 4-Educação de qualidade; 5-Igualdade de Gênero; 6-Água limpa e saneamento; 7-Energia limpa e acessível; 8-Empregos decentes e crescimento econômico; 9-Indústria, inovação e infraestrutura; 10-Reduzir desigualdades; 11-Cidades e comunidades sustentáveis; 12-Consumo e produção responsáveis; 13-Ação climática; 14-Fauna aquática; 15-Fauna terrestre; 16-Paz, justiça e instituições fortes; 17-Parcerias para atingir as metas.) Fonte: Organização das Nações Unidas, 2015.

2.2.2 Espaço, território e territorialidade

Espaço e território não são termos equivalentes. O território é gerado a partir do espaço, logo, o espaço precede o território. Dessa maneira, o espaço pode ser, ou não, “territorializado”. Para se construir um território, as características do espaço são adequadas às necessidades de uma comunidade ou sociedade pelos atores sociais. O território é onde se revelam relações marcadas pelo poder (Raffestin, 1993).

A territorialidade pode ser definida como o conjunto de relações que se originam em determinada sociedade-espaço-tempo, em vias de atingir a maior autonomia possível e compatível com os recursos do sistema. Ela é dinâmica, pois os elementos do sistema variam

de acordo com o tempo (Raffestin, 1993). Ela é formada pelas relações sociais (existenciais e de produção) que se estabelecem no interior dos territórios (Fernandes, 2009).

De acordo com Saquet (2007), o conceito de territorialidade remete ao espaço geograficamente delimitado, porém em uso, interpretado e modificado pelos atores e em contínua transformação. Representa fluidez, cotidianidade, imaterialidade e materialidade, trabalho, conexões e redes; é a construção social da realidade territorial na interação de atores com o meio físico e social no qual estão inseridos.

Para Oosterbeek (2012), é fundamental não se isolar os debates sobre as questões específicas das geociências dentro das discussões sobre território, pois não é possível discutir a gestão dos recursos fora de uma discussão global sobre os territórios. Além disso, debates isolados reforçam a alienação, principal inimigo da sustentabilidade.

2.3 O TERRITÓRIO: UM BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DE OURO PRETO

O tópico aborda a construção do território de Ouro Preto, desde o início de sua ocupação no auge da corrida do ouro, fase de expansão urbana, declínio e retomada do crescimento, econômico e populacional. Relaciona-se, quando possível, a formação do território ao conhecimento geológico disponível à época.

Desde as descobertas de prata nas colônias espanholas na América, a Coroa Portuguesa começa a incentivar a busca de riquezas minerais também em sua colônia. Esses incentivos eram na forma de promessas de honrarias, financiamento de expedições de busca e medidas administrativas que visavam o controle dos possíveis achados antes mesmo de seu descobrimento (Machado, 2009). Várias descobertas de ouro aluvionar de pequena escala ocorreram a partir de 1646, em Paranaguá, Curitiba, Iguape e Cananéia. As descobertas de ouro na região atualmente chamada de Quadrilátero Ferrífero ocorreram primeiramente em 1683, por Garcia Rodrigues Paes, filho e integrante da bandeira de Fernão Dias Paes. A notícia dos descobrimentos motivou novas bandeiras, proliferando-se rapidamente os achados (Machado, 2009).

O início da ocupação em Ouro Preto, chamada à época de Villa Rica, coincidiu com o auge da corrida do ouro, que teve seu ápice por volta de 1730, com intensas atividades mineradoras subterrâneas e a céu aberto, em vales e em encostas, principalmente na Serra de Ouro Preto. A fundação da cidade data de 1698. Em 1720 Villa Rica é designada capital da província (Machado, 2009, Sobreira & Fonseca, 2001). Nesse momento, o conhecimento

geológico no Brasil se encontrava na Fase dos aventureiros. A exploração do ouro era feita instintivamente, de forma rudimentar e predatória. Toda a exploração das riquezas visava o abastecimento da metrópole (Hasui *et al.*, 2012).

Como mostrado na figura 3, os núcleos iniciais de ocupação do final do século XVII eram esparsos e surgiram em torno das capelas. Estavam localizados junto a córrego de exploração aluvionar de ouro ou junto aos morros de maior ocorrência aurífera (Oliveira, 2010).

Com a exaustão das jazidas de ouro mais superficiais e de fácil extração, a partir de 1730 até 1815 tem-se o declínio acentuado da mineração aurífera (Machado, 2009). Entretanto, há a consolidação e expansão da malha urbana até 1765 (figura 3).

Em 1790, motivada pela decadência da mineração no Brasil, inicia-se a Fase Pioneira da Geologia, marcada pelo nascimento e chegada da geologia moderna ao país (Hasui *et al.*, 2012). Ocorre nesse momento a implantação do centro administrativo na Praça do Morro de Santa Quitéria (atual Praça Tiradentes), onde se localizam frente a frente o Palácio dos Governadores (atual Escola de Minas) e a Casa de Câmara e Cadeia (atual Museu da Inconfidência) (FJP, 1975).

De 1765 a 1815 Ouro Preto sofre um declínio marcado pela queda da produção de ouro. Juntamente à exaustão das jazidas ocorre o esvaziamento da cidade, restando apenas buracos nos morros, cicatrizes da mineração. Entre 1815 e 1900, a cidade passa por um período de estagnação econômica, onde sua principal função era a condição de capital da província. (FJP, 1975).

Em 1810, motivada pela falta de capital e paralisação da mineração, inicia-se no Brasil a Fase das grandes expedições naturalistas estrangeiras na Geologia. Ela foi marcada pela chegada dos naturalistas para desenvolver diversos estudos do meio natural na colônia, englobando a descrição de ocorrências minerais, minas e aspectos geológicos. A partir desses estudos, em 1875, é criada a Comissão Geológica do Império, além de várias outras comissões geológicas pelo Brasil. É iniciada a Fase das comissões geológicas, quando ocorre a criação da Escola de Minas de Ouro Preto em 1876 (Hasui *et al.*, 2012).

Em 1897, a função administrativa foi transferida à Belo Horizonte, tendo como principais consequências o esvaziamento das periferias e a preservação da paisagem e das características básicas do conjunto arquitetônico colonial, incluindo igrejas, capelas e prédios civis e militares de grande porte, juntamente a outras instalações urbanas da época (Sobreira & Fonseca, 2001).

O crescimento da cidade foi retomado em meados do século XX, impulsionado pela mineração de ferro e outros minérios (inclusive o ouro) e pela implantação de algumas siderúrgicas na região. A partir da década de 1960, surge juntamente ao crescimento populacional a necessidade de um planejamento de ocupação territorial, o que não ocorreu, originando uma expansão caótica da malha urbana. Esses assentamentos se instalaram em vários locais onde se desenvolveram atividades de mineração no passado, e que, na maioria das vezes, apresentam características morfológicas e geotécnicas desfavoráveis à ocupação. Isso gerou um quadro problemático no que se refere à segurança da população e das estruturas construídas (Sobreira & Fonseca, 2001).

Em 1980, Ouro Preto foi tombada pela UNESCO como Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade, sendo o primeiro bem cultural brasileiro inscrito na Lista do Patrimônio Mundial.

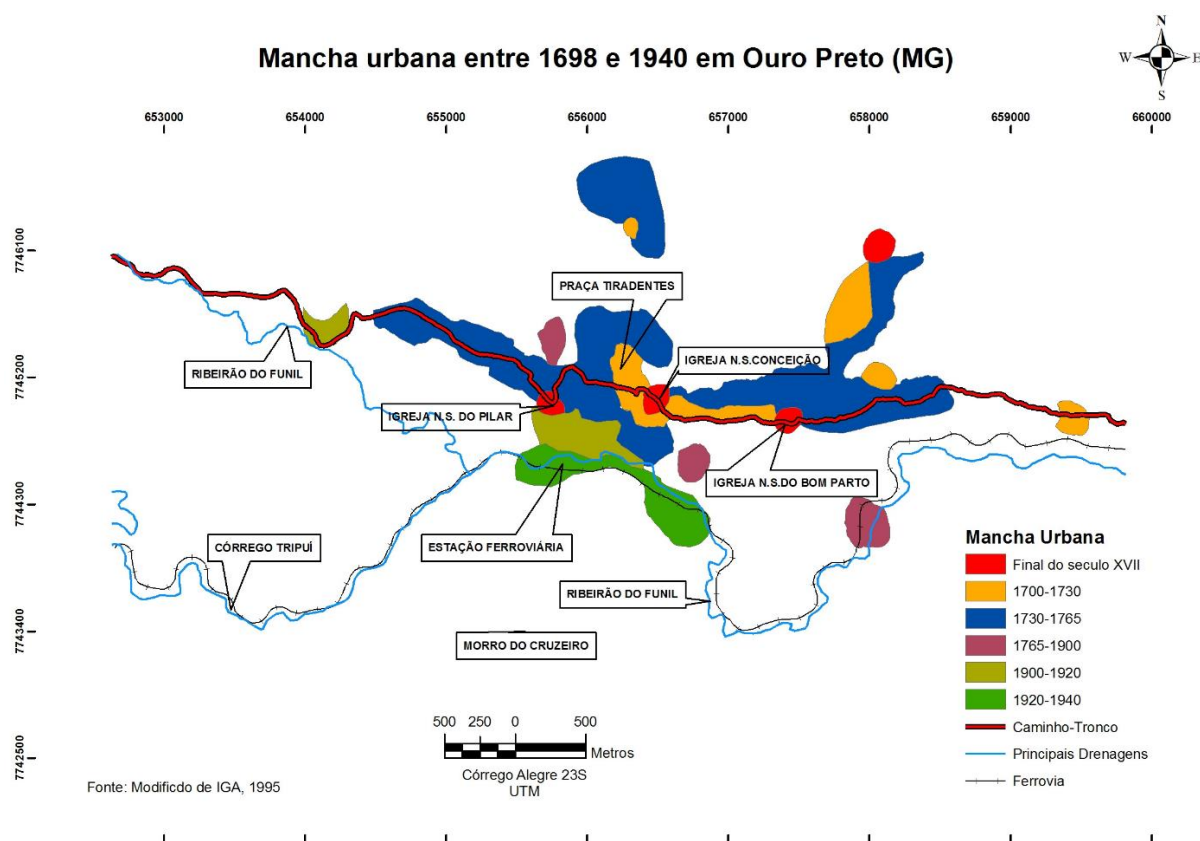


Figura 3: Ocupação urbana em Ouro Preto entre 1698 e 1940 (Fonte: IGA, 1995 *apud* Oliveira, 2010).

CAPÍTULO 3

DESCRIÇÃO GEOLÓGICA

3.1 ASPECTOS FISIOGRAFICOS

3.1.1 Geomorfologia e relevo

O relevo na região do Quadrilátero Ferrífero é determinado pela estrutura e erosão diferencial (Dorr 1969). As variações de altitude estão entre 890m para os vales e 1510m para a crista da Serra de Ouro Preto. Um mapa de declividade de Ouro Preto é apresentado na figura 4. Os relevos altos são marcados pela ocorrência dos Grupos Caraça (quartzitos e filitos) e Itabira (itabiritos e mármore), sendo que os quartzitos e itabiritos, estes recobertos por cangas, devido à sua maior resistência ao intemperismo e erosão, permaneceram como cristas das serras.

No distrito sede de Ouro Preto, as rochas dos Grupos Caraça e Itabira possuem um mergulho preferencial para S em torno de 77,7%, ou 35°, constituindo desta forma, o flanco sul do Anticlinal de Mariana. Estão assinaladas na figura 4 pela coloração avermelhada. As feições observadas no relevo da região como alinhamento de serras, vertentes íngremes, vales profundos e encaixados, são frutos do comportamento diferencial ao intemperismo e erosão que as rochas sofreram e dos intensos eventos tectônicos que afetaram a região (Varajão 1991, Varajão *et al* 2009).

Os granitos e gnaisses migmatíticos ocorrem nas terras baixas devido à sua menor resistência ao intemperismo e erosão, ocorrendo principalmente na porção noroeste do município (coloração verde e amarelo esverdeado) na figura 4. Xistos e filitos ocupam uma posição intermediária e ocorrem normalmente preenchendo sinclinais e anticlinais topograficamente invertidos, e ocorrem na porção centro-norte e leste do município (de coloração amarelo-alaranjada), mostrada na figura 4 (Varajão 1991, Varajão *et al* 2009).

Sobreira (1990) divide a área urbana de Ouro Preto em domínios morfológicos baseados nas características geológico-geotécnicas e de ocupação. Segundo Sobreira (1990) existem dois tipos básicos de encostas, demonstrando o controle do relevo condicionado fortemente pela geologia. Um onde o pendor é concordante com o mergulho das rochas, apresentam menor

declividade, porém são mais instáveis e apresentam processos de erosão acelerados; e outro em que o pendor é oposto ao mergulho, onde mesmo apresentando declividades mais acentuadas, são menos instáveis e menos susceptíveis à ação dos processos intempéricos.

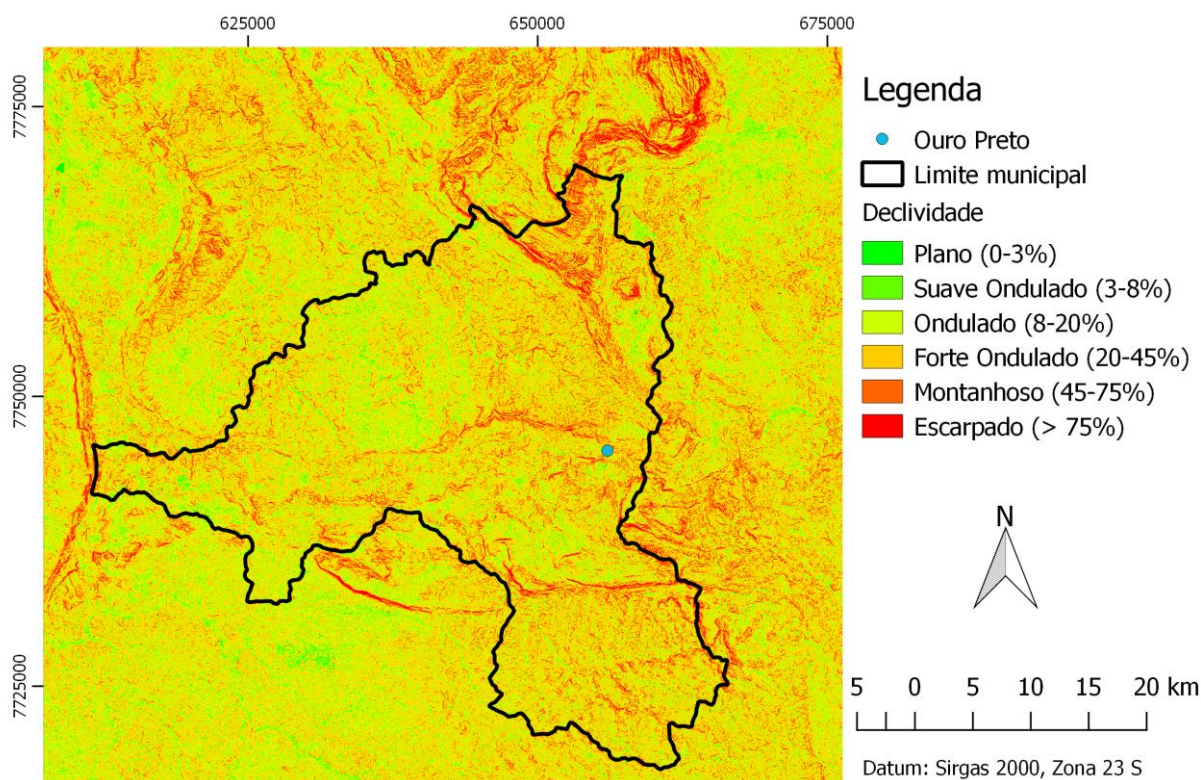


Figura 4: Mapa de declividade do município de Ouro Preto. (Fonte da imagem ASTER: EMBRAPA).

O distrito sede está implantado em um grande vale, limitado ao norte pela Serra de Ouro Preto e a sul pelo Itacolomi. Cerca de 40% da área urbana exibe feições com declividades entre 20 e 45% e apenas 30% com declividade entre 5 e 30%. Zonas escarpadas e montanhosas são comuns em toda área urbana (Gomes *et al.*, 1998).

3.1.2 Hidrografia

O município de Ouro Preto está inserido nas bacias dos rios São Francisco e Doce, sendo os principais rios o Rio das Velhas e o Ribeirão do Funil. A Serra de Ouro Preto representa o divisor de águas entre a bacia do Rio das Velhas e a bacia do Rio Doce. Ao norte está a nascente do Rio das Velhas, que faz parte da Bacia do Rio São Francisco. Já ao sul, desenvolve-se a sub-bacia do Ribeirão do Funil, que por sua vez, faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.

Dentro da cidade de Ouro Preto, o Ribeirão do Carmo, recebe o nome de Ribeirão do Funil e passa a se chamar Ribeirão do Carmo na altura de Mariana. O padrão de drenagem no

Ribeirão do Funil e em um de seus afluentes, o Córrego Tripuí, é dendrítico, como se observa na Figura 5.

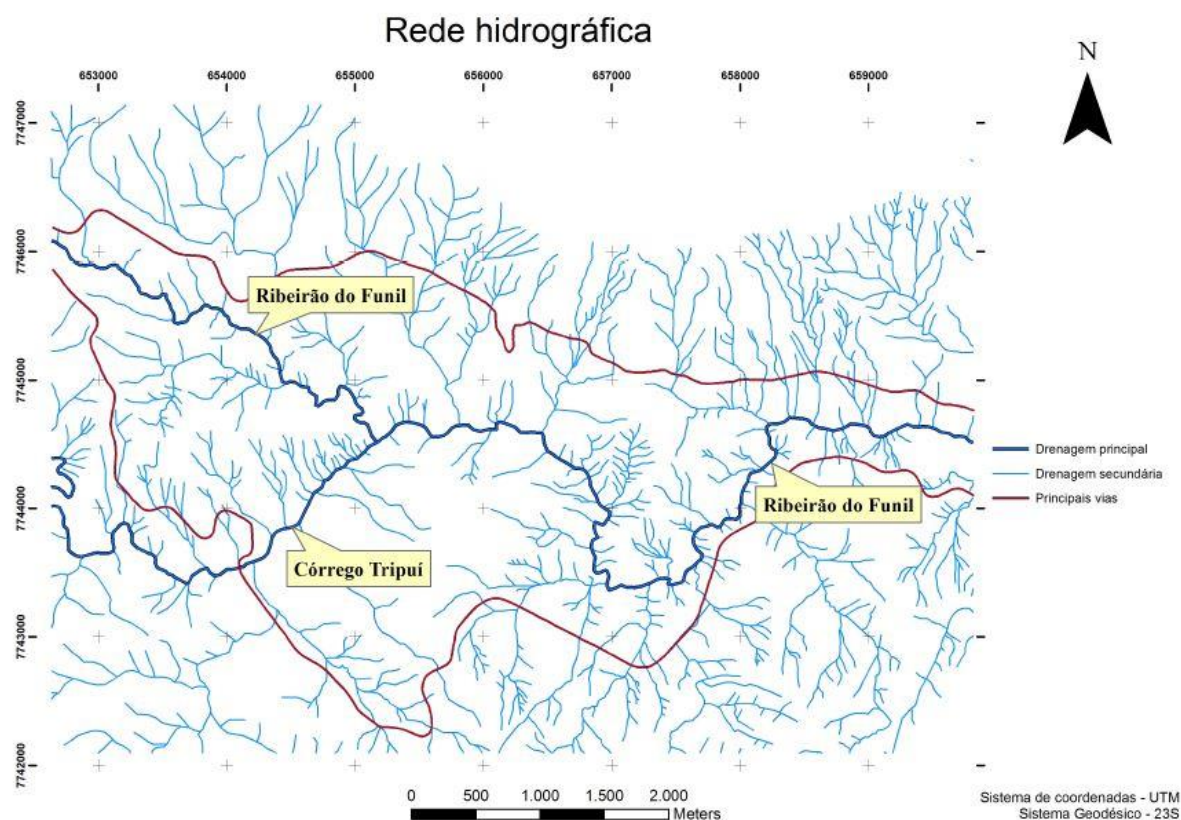


Figura 5: Rede hidrográfica da cidade de Ouro Preto (fonte: Oliveira, 2010).

3.1.3 Vegetação

A vegetação da Serra do Espinhaço, que engloba o Quadrilátero Ferrífero em sua porção Sul, da área foi descrita por Salino & Almeida (2008) como transicional (de cerrado a mata atlântica) nas regiões onde o relevo é menos elevado e de campos rupestres e campos de altitude onde a topografia é acentuada. As áreas baixas são formadas principalmente por Complexos Graníticos-Gnáissicos-Migmatíticos, que facilitam o desenvolvimento de vegetações mais exuberantes, enquanto nas áreas altas onde há a predominância de quartzitos e conglomerados onde a vegetação é rasteira e pouco desenvolvida, como descrita por Crocco-Rodrigues (1991) na região da Serra das Cambotas. Onde há predominância de coberturas lateríticas sobre itabiritos no Quadrilátero Ferrífero, a vegetação é de campos rupestres (Carmo & Jacobi 2013). Há também porções altas com vegetação exuberante que, quando próximas a drenagens são classificadas como matas ciliares, quando não, são provavelmente associadas às intrusões de corpos ígneos.

Segundo Lucon (2011), a área urbana de Ouro Preto apresenta 76% de áreas verdes e 24% de áreas construídas, arruamentos e solo exposto. As áreas verdes são compostas de vegetação herbácea, arbustiva, arbórea e revegetação com eucalipto. De acordo com o Plano Diretor do município (Lei Municipal n.º 93/06), o perímetro urbano de Ouro Preto apresenta 19,37 km² de Áreas de Preservação Permanentes (APP), representando 69% da área total do perímetro urbano. Dentre as APP, 19% encontram-se antropizadas, constituídas de áreas construídas (11%), arruamentos (3%) e solo exposto (5%), favorecendo problemas ambientais tais como processos erosivos, instabilidade e deslizamentos de massa, assoreamento dos corpos d'água, diminuição na qualidade dos recursos hídricos.

3.1.4 Clima

Grande parte da área de estudo encontra-se em região elevada, ocorrendo valores extremos de baixas temperaturas. O clima da região pode ser classificado como tropical de altitude com variações tipo Cwa e Cwb (classificação Köppen), apresentando precipitações abundantes no verão, principalmente nos meses de dezembro e janeiro com verões rigorosos ou brandos com temperatura média do mês mais quente entre 19 °C e 27 °C e temperatura média do mês frio sempre inferior a 18 °C (Rezende 2011).

3.2 ESTRATIGRAFIA

Na área de estudo afloram rochas de três grandes unidades litoestratigráficas: Complexo Granítico-Gnáissico-Migmatítico do Bação (CGGM); Supergrupo Rio das Velhas (SRV); Supergrupo Minas (Dorr, 1969; Moore, 1969; Alkmim & Marshak, 1998), como pode ser visto nas Figura 6 e 7.

Complexo Granítico-Gnáissico-Migmatítico do Bação (CGGM)

O embasamento cristalino do QF, de idade Arqueana (2.9-3.2 Ga), é constituído de gnaisses, migmatitos e duas gerações de grandes plútons de granitos, um de composição cálcio-alcalina, e outra de composição alcalina e geração anorogênica (Carneiro *et al* 1995).

Supergrupo Rio das Velhas (SRV)

Dorr (1969) divide o SRV em dois grupos: na base, o Grupo Nova Lima indiviso, que é constituído de xistos filitos e formações feríferas, de origem vulcânica (komatiitos e basaltos). Acima dele o Grupo Maquiné é composto por em duas formações; a Formação Palmital, composta por quartzitos e filitos; e a formação Casa Forte, composta por quartzitos e

conglomerados. Esta associação de rochas vulcânicas e vulcanossedimentares, em conjunto com as rochas cristalinas constituem uma clássica associação de terreno arqueano *greenstone belt* (Alkmim & Marshak, 1998).

Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas é uma unidade metassedimentar sobreposta ao SRV, que é limitada no topo e na base por discordâncias angulares (Alkmim & Marshak 1998). Esta é a maior unidade estratigráfica do QF, e é composta por quatro grupos, da base para o topo:

Grupo Caraça: apresenta as formações Moeda e Batatal, compostas por quartzitos e filitos, respectivamente.

Grupo Itabira: é constituído de metassedimentos de origem química que são separados na Formação Cauê, composta predominantemente por itabiritos; e a Formação Gandarela que é composta por carbonatos, e principalmente mármore dolomíticos.

Grupo Piracicaba: sequência de metassedimentos clásticos deltáicos e marinhos rasos que aparece em contato discordante na base com o Grupo Itabira (Alkmim & Noce, 2006).

Grupo Sabará: é a unidade mais nova do Supergrupo Minas e encontra-se na base em contato discordante com o Grupo Piracicaba. A formação constitui-se de metapelitos, diamictitos, conglomerados e arenitos que parecem apresentar mudança na área fonte em relação às unidades mais antigas do Supergrupo Minas.

Grupo Itacolomi

De acordo com Alkmim & Marshak (1998) e Dorr (1969), o Grupo Itacolomi é constituído por arenitos grosseiros e conglomerados polimíticos contendo clastos de formação ferrífera (provavelmente da Formação Cauê), indicando que a área fonte dos sedimentos continha rochas do Supergrupo Minas. Segundo datações por zircões detríticos, o Grupo Itacolomi é da mesma idade ou ligeiramente mais jovem que o Grupo Sabará, e significativamente mais jovem que as outras unidades do Supergrupo Minas.

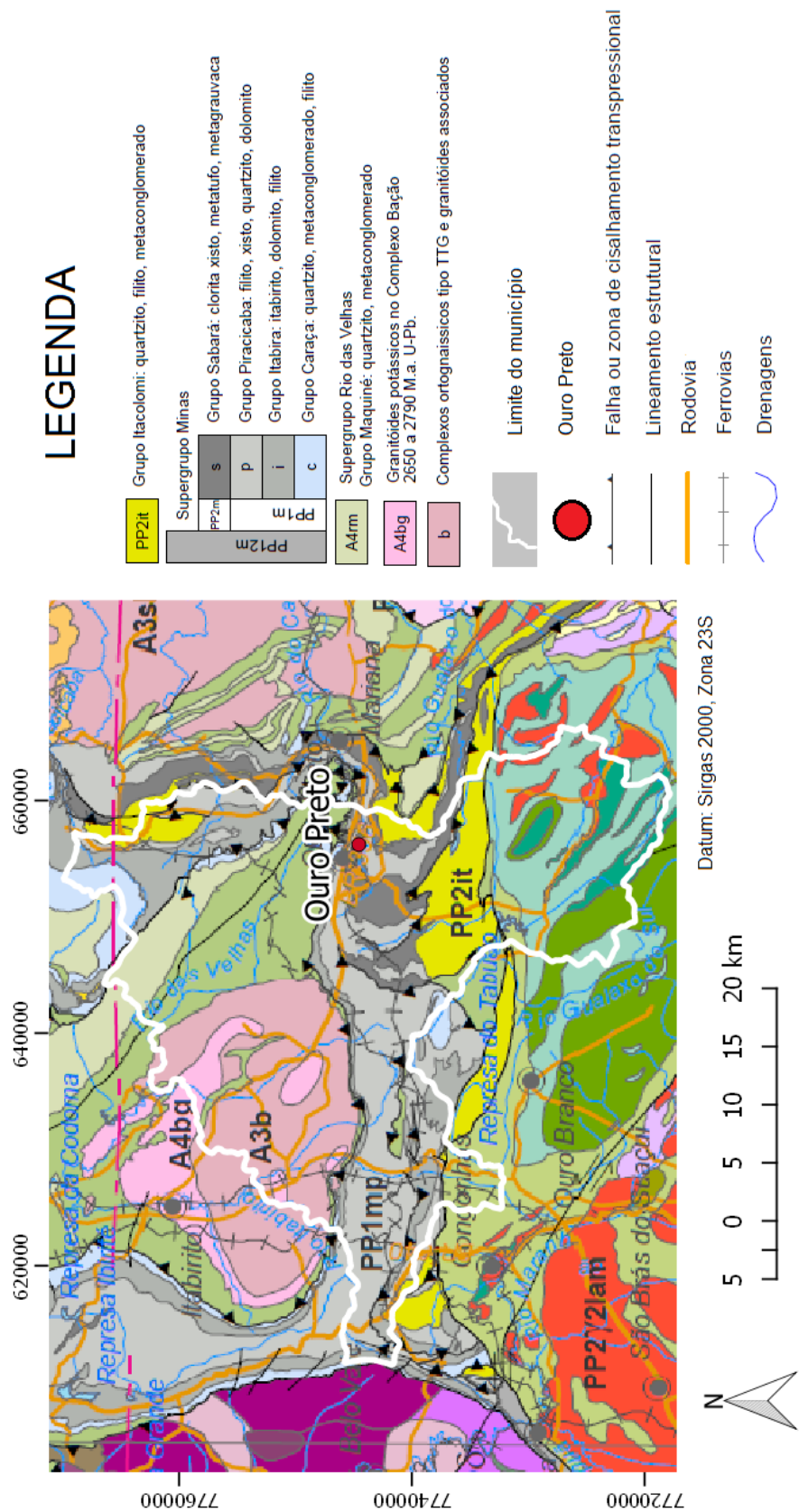


Figura 6: Mapa geológico de Ouro Preto (modificado Codemig, 2014).

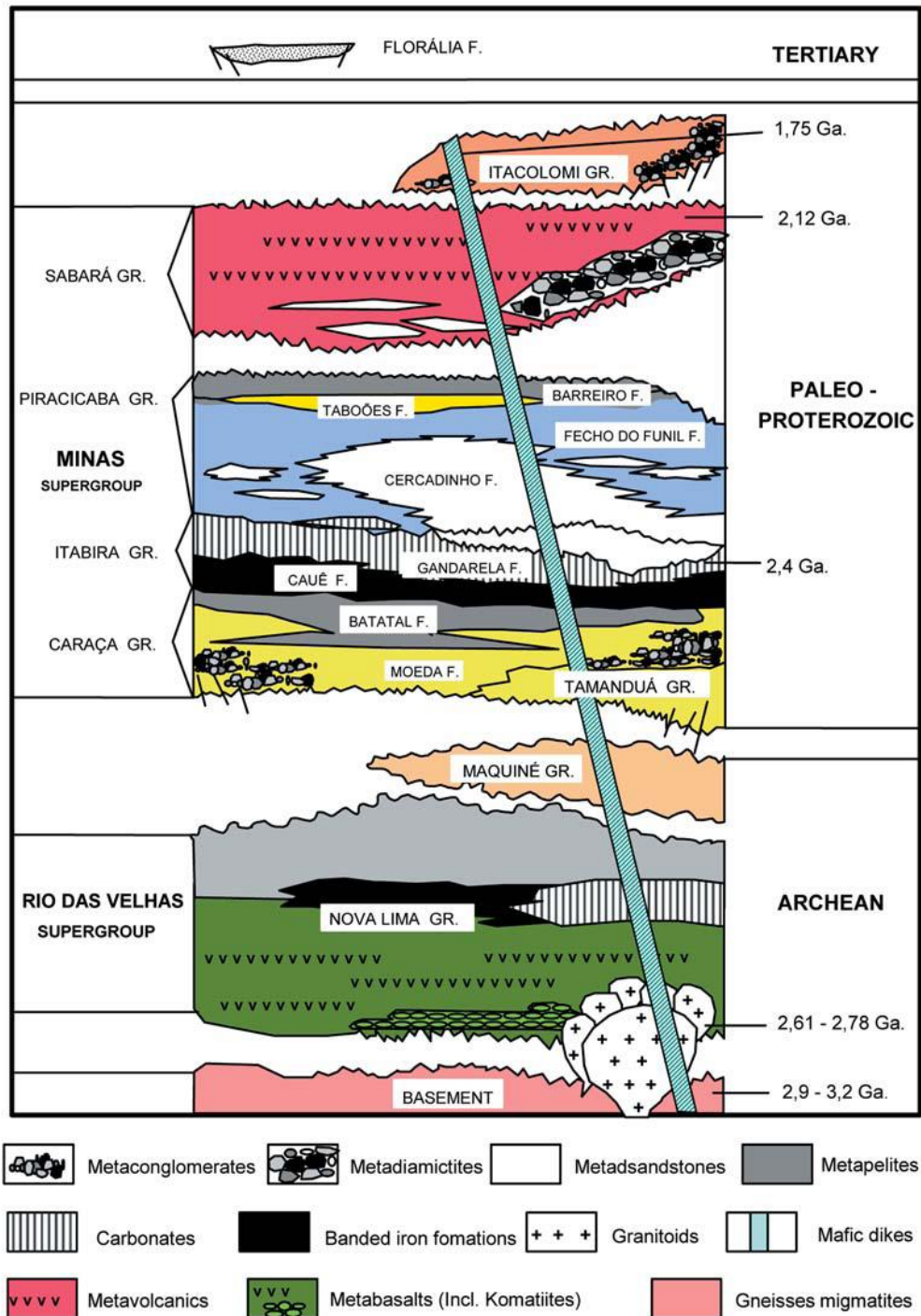


Figura 7: Coluna estratigráfica modificada de Alkmim & Marshak 1998 (Alkmim & Noce 2006).

3.3 GEOLOGIA ESTRUTURAL

3.3.1 Arcabouço geológico regional

As megaestruturas geológicas presentes na região são sinclinais e anticlinais, subordinados a uma geometria de domos e quilhas dos terrenos graníticos-*greenstone*, geradas durante um evento de extensão crustal paleoproterozóica (Marshak *et al.*, 1992), tais como ilustrados na Figura 8.

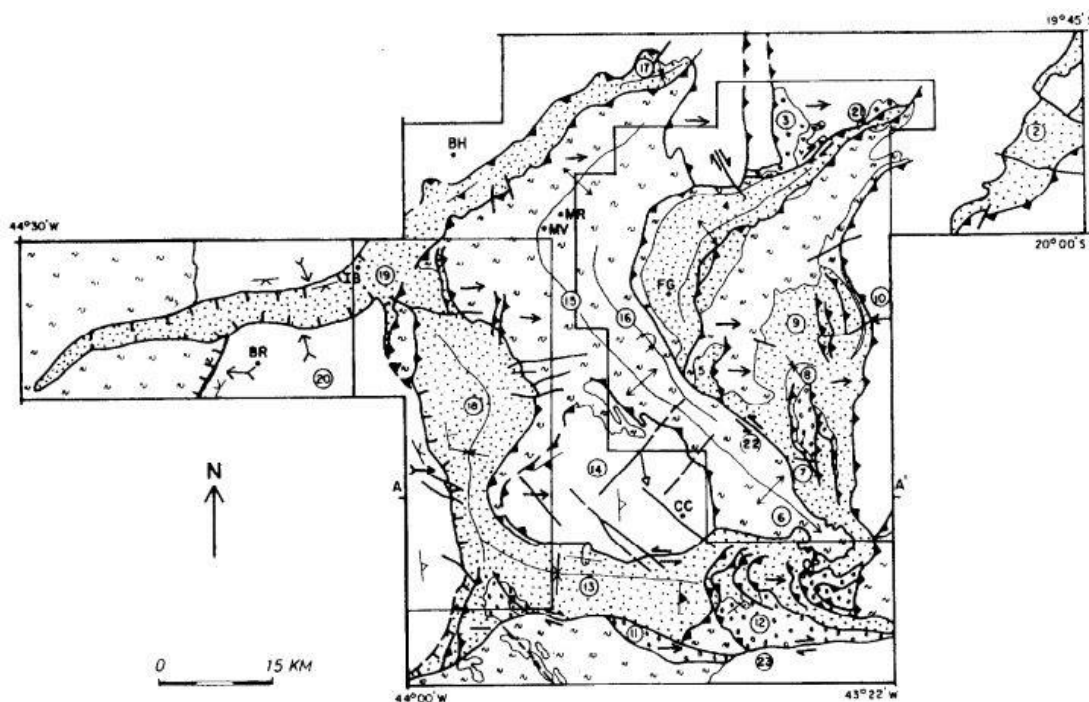


Figura 8: Mapa estrutural mostrando as principais estruturas do QF (modificado de Chemale *et al.*, 1994).

Megaestruturas e feições geográficas: 1= Synclinorium Itabira, 2= Synclinorium João Monlevade, 3= Serra das Cambotas, 4= Sinclinal Gandarela, 5= Sinclinal Ouro Fino, 6= Anticlinal de Mariana, 7= Sinclinal Conta História, 8= Sinclinal Alegria, 9= Serra do Caraça, 10= Falha Fazendão, 11= Serra de Ouro Branco, 12= Serra de Itatiaia, 13= Sinclinal Dom Bosco, 14= Complexo Bação, 15= Rio das Velhas, 16= Sinclinal Vargem do Lima, 17= Sinclinal Piedade, 18= Sinclinal Moeda, 19= Serra do Curral, 20= Complexo Bonfim, C= Falha das Cambotas, E= Falha do Engenho, F= Falha do Fundão.

No município de Ouro Preto, as principais estruturas presentes são a Anticlinal de Mariana, a norte, e as Serras de Itatiaia e Itacolomi, a sul.

3.3.2 Evolução Estrutural

Afetado por dois ciclos orogenéticos distintos, Transamazônico (~2,1Ga) e Brasileiro (~500Ma), o QF encontra-se polideformado por eventos extensionais e compressionais (Alkmim & Marshak, 1998 e Chemale *et al.*, 1994). Uma síntese da evolução geotectônica do QF está apresentada na Tabela 1

Tabela 1: Síntese da evolução tectônica do QF e regiões adjacentes (modificado de Chemale *et al.*, 1994).

UNIDADES LITOLÓGICAS OU LITODÊMICAS	IDADE (Ma)	REGIME TECTÔNICO E OUTRAS CARACTERÍSTICAS
Geração de terrenos granítico-gnáissicos antigos	>2920	Tectônica compressional com a produção de um complexo arranjo estrutural
Fase inicial do <i>Greenstone belt</i> Rio das Velhas	>2880	Tectônica extensional com a geração de komatiitos e toleitos
Magmatismo intermediário a ácido, associado à deformação e metamorfismo do SGRV e dos complexos granítico-gnáissicos	2780 a 2703	Tectônica compressional, com predomínio de deformação <i>strike-slip</i> que produziu uma lineação mineral horizontal a sub-horizontal sobre uma foliação de <i>trend</i> N-S com mergulho vertical (orogênese Rio das Velhas)
Deposição do SGM (unidade intermediária, Grupo Itabira foi depositado há aprox. 2400Ma)	<2703 a >2060	Fase inicial de rifteamento seguida de depósitos plataformais (como uma bacia intracratônica)
Remobilização isotópica das rochas Arqueanas. Pegmatitos e anfibolitos (prováveis granitos?) nos TTG's e SGRV e contato metamórfico e de baixo grau nas rochas do SGM já formadas	2060 a 2000	Tectônica extensional com desenvolvimento de zonas de cisalhamento dúctil-rúptil, resultando na ascensão dos TTG's e formação dos sinclinais regionais interconectados
Intrusão de diques máficos	1700 a 1500	Tectônica extensional associada ao rifteamento do Cráton São Francisco (Mesoproterozóico)
	1200 a 900	Tectônica extensional durante a abertura do proto-oceano Brasiliano/Pan-Africano
Geração de rochas de baixo grau metamórfico (localmente em fácies anfibolito)	650 a 500	Tectônica compressional relacionada ao cinturão orogenético brasileiro
Tectonismo mesozóico com a formação de diques básicos e bacia sedimentar	<130	Tectônica extensional durante a separação dos continentes americano e africano

3.4 GEOLOGIA ECONÔMICA

A região do Quadrilátero Ferrífero é uma província metalogenética extremamente importante, com grandes concentrações econômicas de ferro, ouro, manganês, alumínio, topázio imperial, esteatito, calcário e outros bens minerais. Sendo o QF majoritariamente composto de terrenos arqueanos e paleoproterozóicos polideformados (Alkmim & Marshak, 1998 e Chemale *et al.*, 1994), as orogêneses sofridas, juntamente ao metamorfismo e hidrotermalismo, foram responsáveis pela remobilização e concentração de vários elementos e minerais de interesse econômico.

Na área de estudo, município de Ouro Preto, destacam-se os depósitos de ferro (de extrema importância na receita do município), as mineralizações de ouro (valor histórico) e topázio imperial (raridade mundial).

As formações ferríferas tratam-se das BIF's tipo *Lake superior* e ocorrem exclusivamente na Formação Cauê, Supergrupo Minas. Apresentam estrutura rítmica com alteração entre camadas de óxido de ferro e camadas de silicatos (principalmente) ou carbonatos (subordinadamente), com espessura variando aproximadamente entre 0,2 e 2,0mm. Minérios do tipo Algoma são menos comuns e sua ocorrência é limitada ao Supergrupo Rio das Velhas (Roeser & Roeser, 2013).

O ouro da região pode ser encontrado em sua forma primária ou secundária. Sua forma secundária, aluvionar, foi a primeira a ser encontrada e lavrada, a partir do final do século XVII (Machado, 2009). De sua forma primária, nas rochas, ele ocorre nas rochas quartzo-carbonáticas xistosas do supergrupo Rio das Velhas em paragêneses clássicas com sulfetos de ferro (Pirita, FeS_2), cobre (calcopirita, CuFeS_2) e arsênio (arsenopirita, FeAsS). Além disso, o ouro encontra-se em zonas de falhamentos dentro dos itabiritos do supergrupo Minas, oriundo da remobilização de unidades do Supergrupo Rio das Velhas (Roeser & Roeser, 2013).

As ocorrências de topázios de coloração amarela até vermelho-vinho em Ouro Preto localizam-se tanto a Norte quanto a Sul da Anticlinal de Mariana. Relacionam-se geralmente à mármores calcíticos ou dolomíticos, em zonas de desdobramento. Essas zonas são, provavelmente, relacionadas a um magmatismo rico em sílica, associado a eventos tectônicos terciáriocretáceos. Essas rochas, tanto a geradora quanto a hospedeira, encontram-se hoje altamente intemperizadas (Roeser & Roeser, 2013).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 OCUPAÇÃO URBANA

No caso do presente trabalho, foi analisada somente a ocupação do distrito sede de Ouro Preto. A cidade está implantada em um grande vale, limitado ao norte pela Serra de Ouro Preto e a sul pelo Itacolomi. Cerca de 40% da área urbana exhibe feições com declividades entre 20 e 45% e apenas 30% com declividade entre 5 e 30%. Zonas escarpadas e montanhosas são comuns em toda área urbana (Gomes *et al.*, 1998).

Para Roeser & Roeser (2013), além das questões relacionadas ao meio urbano e à urbanização, a maioria dos impactos ao meio ambiente está relacionada à exploração de recursos minerais, dada a riqueza geológica da região. Esses impactos podem ser decorrentes da mineração atual ou das antigas minerações de ouro. Eles se dividem basicamente em dois tipos: os de natureza física e os químicos.

Dentre os impactos físicos pode-se citar principalmente os problemas geotécnicos enfrentados pela cidade como a movimentação de encostas e erosão dos morros.

Com o crescimento natural da cidade de Ouro Preto, comprimida entre serras em uma região de relevo acidentado e onde inexistem zonas de expansão consistentes, a ocupação das vertentes e encostas tornou-se inevitável e irreversível, gerando cenários propícios a eventos geotécnicos críticos, como deslizamento de encostas (Fontes, 2011).

De acordo com Sobreira e Fonseca (2001), a necessidade de criação de novas áreas urbanas em função do crescimento da população, a partir dos anos 1960 não foi acompanhada por planejamento prévio adequado, levando à ocupação de áreas onde se desenvolveram atividades de mineração aurífera no passado. Na maioria das vezes essas áreas apresentam características morfológicas e geotécnicas desfavoráveis, gerando, assim, um quadro problemático no que se refere à segurança da população e das estruturas presentes nessas áreas.

Segundo Fernandes (2000), a cidade carece do uso do conhecimento das propriedades e das características dos seus terrenos de forma a se desenvolver harmonicamente, viabilizando um crescimento ordenado num espaço geotecnicamente inadequado. Esses riscos estão ligados

à susceptibilidade natural das encostas a movimentos de massa, associados a uma ocupação desordenada e a outros fatores, tais como baixo poder aquisitivo da população e ausência de melhores tecnologias na construção civil. As transformações sofridas pela cidade, em função dos assentamentos urbanos crescentes, interferiram de maneira acelerada e intensa na estabilidade das encostas.

A ocupação do espaço físico e o modo de produção do espaço urbano tem proporcionado o surgimento de problemas de risco como escorregamentos e enchentes. A capacidade de previsão desses fenômenos é inerente ao planejamento urbano ao caracterizar áreas mais suscetíveis. Essas previsões compreendem o uso dos recursos naturais, hídricos e minerais, a disposição dos resíduos e como as manifestações do meio físico interagem com o meio construído. Um dos instrumentos adotados para prever o comportamento futuro dos terrenos frente às alterações impostas pelo uso urbano é a cartografia geotécnica (de Oliveira, 1996).

O mapa de uso e ocupação do solo mostrado na figura 9, extraído de Fontes (2011), divide as áreas urbanas em alto padrão construtivo (ocupação planejada), médio padrão construtivo (planejada/espontânea), baixo padrão construtivo (espontâneo e áreas de lavra já abandonadas), áreas comerciais, industriais e de mineração. Esse mapa, aliado ao zoneamento de áreas críticas em relação à escorregamentos de terra (figura 10), podem auxiliar na definição de áreas propícias à expansão urbana e na definição e monitoramento de áreas de risco.

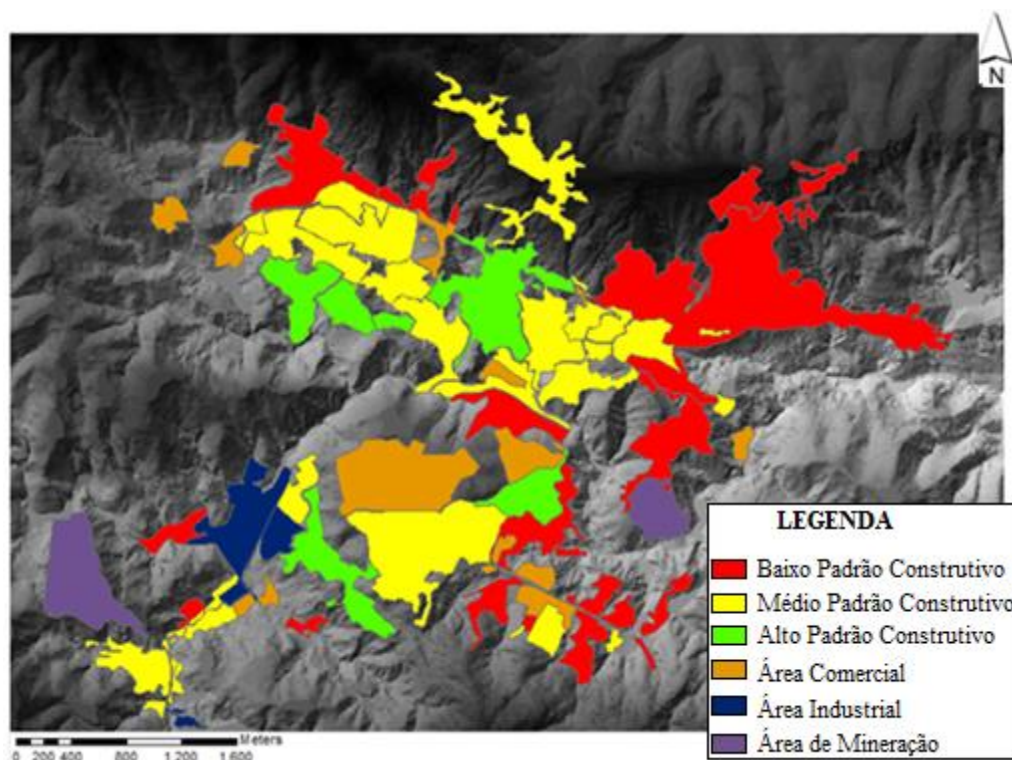
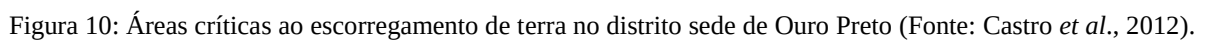


Figura 9: Mapa de uso e ocupação do solo distrito sede de Ouro Preto (Fonte: modificado de Fontes, 2011).



É possível observar que as áreas com maior risco ao escorregamento de terras coincidem àquelas de baixo padrão construtivo ao longo da Serra de Ouro Preto.

Dentre os impactos químicos podem-se citar principalmente a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, bem como o solo, por arsênio, cádmio, chumbo, alumínio e mercúrio.

As águas de Ouro Preto, no geral, apresentam-se levemente ácidas e com baixos valores de condutividade elétrica e íons dissolvidos. Podem ser classificadas como bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas sódicas (Noce, 2013).

As principais fontes naturais de arsênio na região de Ouro Preto estão relacionadas às rochas que hospedam depósitos auríferos sulfetados, em unidades dos Grupos Nova Lima, Caraça e Itabira. Essas rochas por si só já elevam o valor do *background* geoquímico local para arsênio. Porém esse fator é agravado tendo em vista que o abastecimento municipal de água se utiliza também de nascentes em antigas minas de ouro situadas na Serra de Ouro Preto. As comunidades afetadas por essas anomalias são as residentes nos bairros Alto da Cruz, Antônio Dias e Padre Faria (Borba *et al.*, 2004, Noce, 2013).

As fontes antrópicas de arsênio são causadas pela oxidação dos sulfetos pela abertura de minas e galerias. Em águas coletadas em algumas minas auríferas subterrâneas e bicas de Ouro Preto, foram encontradas concentrações de As total variando de 0,045 a 283µg/L. As maiores concentrações de As são encontradas nos aquíferos hospedados em rochas que possuem sulfetos e carbonatos, embora as concentrações dos aquíferos que possuem somente sulfetos também foram elevadas (Borba *et al.*, 2004, Noce 2013).

De acordo com a Portaria 1.469 de 29/12/2000 do Ministério da Saúde, a quantidade máxima permitida de arsênio em águas para consumo humano deve ser menor que 10µg/L. Logo, grande parte das águas provenientes das minas auríferas da cidade são classificadas como impróprias para consumo humano.

O cádmio também está associado às mineralizações auríferas sulfetadas e é encontrado de forma não uniforme e pontual em unidades dos Grupos Piracicaba, Itabira, Caraça e Nova Lima. Os valores encontrados em águas de minas de ouro e de bicas chegaram a 64µg/L, bem acima de 5µg/L, o máximo permitido pelo Ministério da Saúde. As comunidades expostas a essa contaminação são as residentes nos bairros Veloso, Morro São Sebastião, Alto da Cruz e Padre Faria (Noce, 2013).

Pereira (2006) também estudou a contaminação das águas para abastecimento urbano da cidade de Ouro Preto e constatou concentrações acima das permitidas pela Portaria 1.469/2000 dos elementos arsênio, chumbo e alumínio. Para o arsênio, as maiores concentrações ocorrem nos bairros que utilizam águas de antigas minas e bicas para abastecimento. A contaminação por chumbo ocorre de forma generalizada e pode ser atribuída ao abastecimento público municipal. A contaminação por alumínio é atropogênica, pela adição de sulfato de alumínio às águas na Estação de Tratamento de Águas Itacolomi, visando a clarificação da mesma.

A contaminação por mercúrio também está associada a mineração aurífera, principalmente garimpos. Para se extrair o ouro de aluvião, garimpeiros utilizam-se do mercúrio para criar uma liga com o ouro (amalgama) após sua lavagem em bateia. Sua utilização é oficialmente proibida, porém ainda é largamente utilizada (Roeser & Roeser, 2013). Esse mercúrio contamina águas superficiais e subterrâneas, solos, e é bioacumulado ao longo da cadeia trófica. O problema da contaminação é mais grave em Mariana, tendo em vista a posição topográfica das duas cidades.

Em Ouro Preto, as concentrações de mercúrio encontradas no Córrego Cinábrio, afluente do Córrego Tripuí, chegam a até 0,28µg/L. Elas se relacionam ao depósito local de cinábrio já conhecido. Em outros locais podem estar relacionadas a ocorrências de cinábrio desconhecidas e/ou antiga atividade garimpeira (Cruz, 2002).

4.2 ECONOMIA MINERAL

Tendo em vista que uma das especificidades da Indústria Mineral é o caráter finito dos recursos, os municípios deveriam utilizar essa renda como forma de promoção de alternativas de desenvolvimento econômico (Carvalho *et al.*, 2012). Porém, a única restrição para a utilização desse recurso prevista na lei, em seu artigo 8º, é que ele não seja usado em pagamento de dívida nem do quadro de pessoal.

A tributação representa uma oportunidade de desenvolvimento aos municípios de relevante produção mineral. Porém é necessário se atentar à elaboração de políticas que visem a diversificação das atividades produtivas, dada a transitoriedade das receitas advindas dessa fonte. Além disso, é importante salientar os riscos decorrentes da flutuação dos preços das *commodities* no mercado internacional (Carvalho *et al.*, 2012).

Além da CFEM, o município ainda recolhe de tributos sobre a atividade minerária o ISSQN (Imposto Sobre Serviço de Qualquer Natureza) e o ICMS (Imposto Sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias).

O Gráfico 1 mostra a arrecadação da CFEM do município de Ouro Preto no período entre 2004 e 2016. A arrecadação proveniente do minério de ferro corresponde a quase totalidade dos valores, como se pode observar pela sobreposição das curvas em alguns pontos. A queda acentuada 2009 foi reflexo da crise econômica internacional ocorrida ao final 2008, afetando fortemente o valor do minério de ferro nos mercados internacionais e, por conseguinte, as arrecadações do ano subsequente (Carvalho *et al.*, 2012).

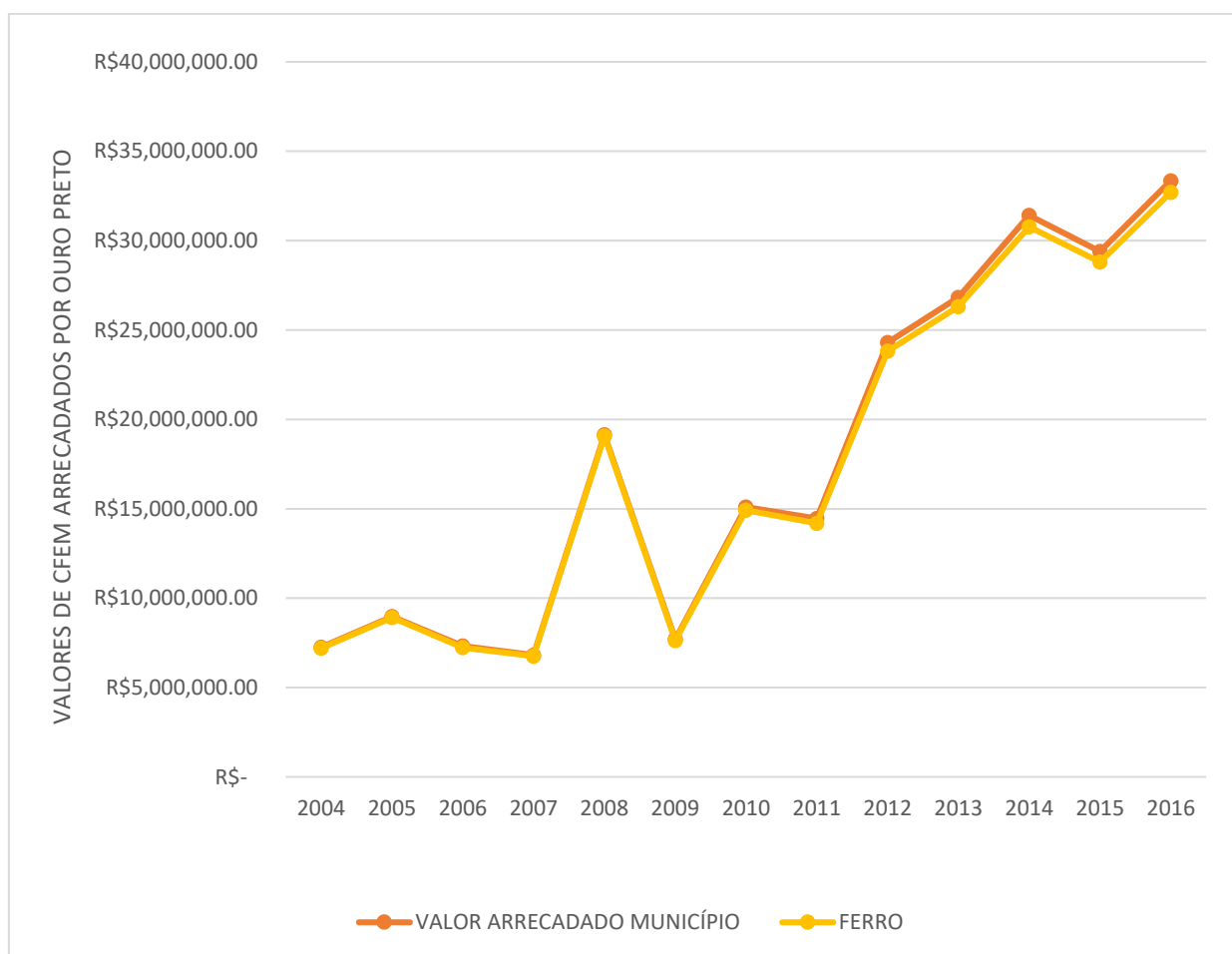


Gráfico 1: Valores arrecadados de CFEM pelo município de Ouro Preto, entre 2004 e 2016. (Fonte dos dados: DNPM, gráfico elaborado pela autora)

Para exemplificar a relevância Ouro Preto em contexto nacional, pode-se observar no gráfico 2, onde se vê que a arrecadação de CFEM total correspondeu a 2,8% e para o ferro a 6,2% da arrecadação nacional em 2014.

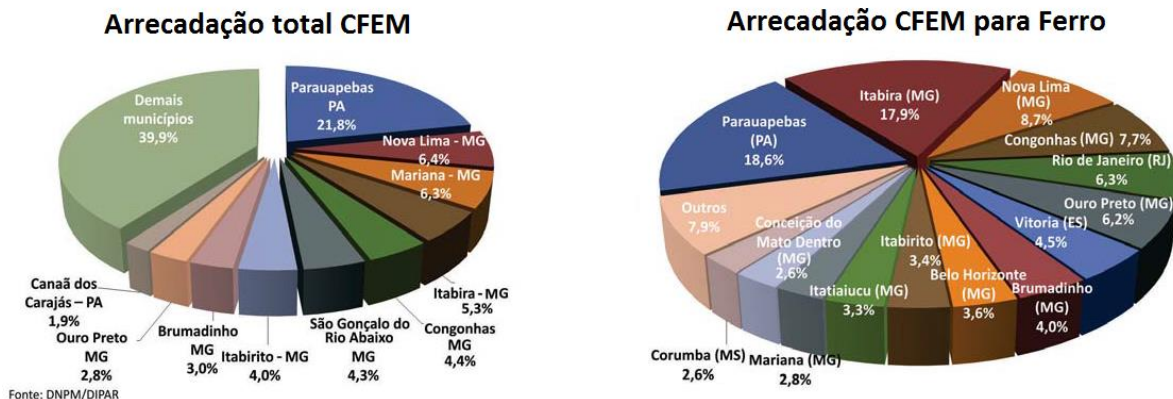


Gráfico 2: Arrecadação de CFEM total e para ferro em 2014 (fonte: DNPM, 2015)

De acordo com Carvalho *et al.* (2012), entre os anos de 2008 e 2010, a arrecadação resultante do setor mineral para o município de Ouro Preto esteve entre 35 e 40% do total arrecadado. Isso demonstra a dependência da arrecadação municipal desse setor, especificamente.

Atualmente 32% da área total do município de Ouro Preto encontra-se em fase de requerimento de pesquisa mineral, majoritariamente para ferro, seguido de ouro e manganês. Metade da área total se encontra na fase de autorização de pesquisa mineral, principalmente para ouro, ferro e esteatito, respectivamente. 9% da área total está requerida para uma diversidade de substâncias e 12% se encontra na fase de concessão de lavra. Dados detalhados para cada substância podem ser observados na Figura 11.

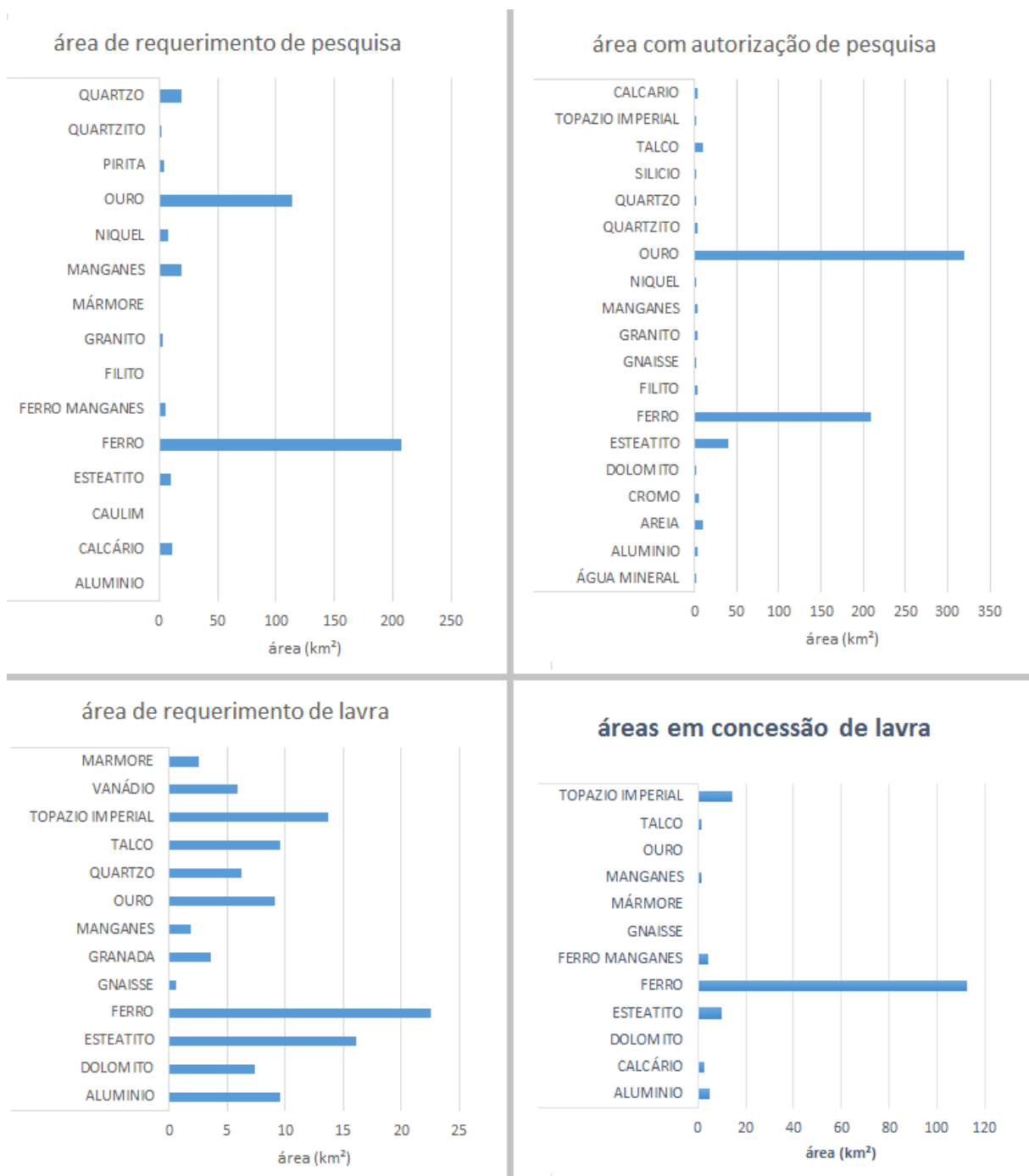


Figura 11: Fases do processo minerário para o município de Ouro Preto (Fonte dos dados DNPM, gráficos de elaborados pela autora).

Como pode se observar no Gráfico 3 as principais empresas mineradoras (em termos de área) presentes em fase de concessão de lavra em Ouro Preto são a Vale (ferro e manganês), Gerdau Açominas (ferro e manganês), Micapel Mineração (esteatito), Samarco (ferro), Topázio Imperial Mineração (topázio imperial), Mineração Geral do Brasil (ferro) e a Companhia Siderúrgica Nacional (ferro e manganês).

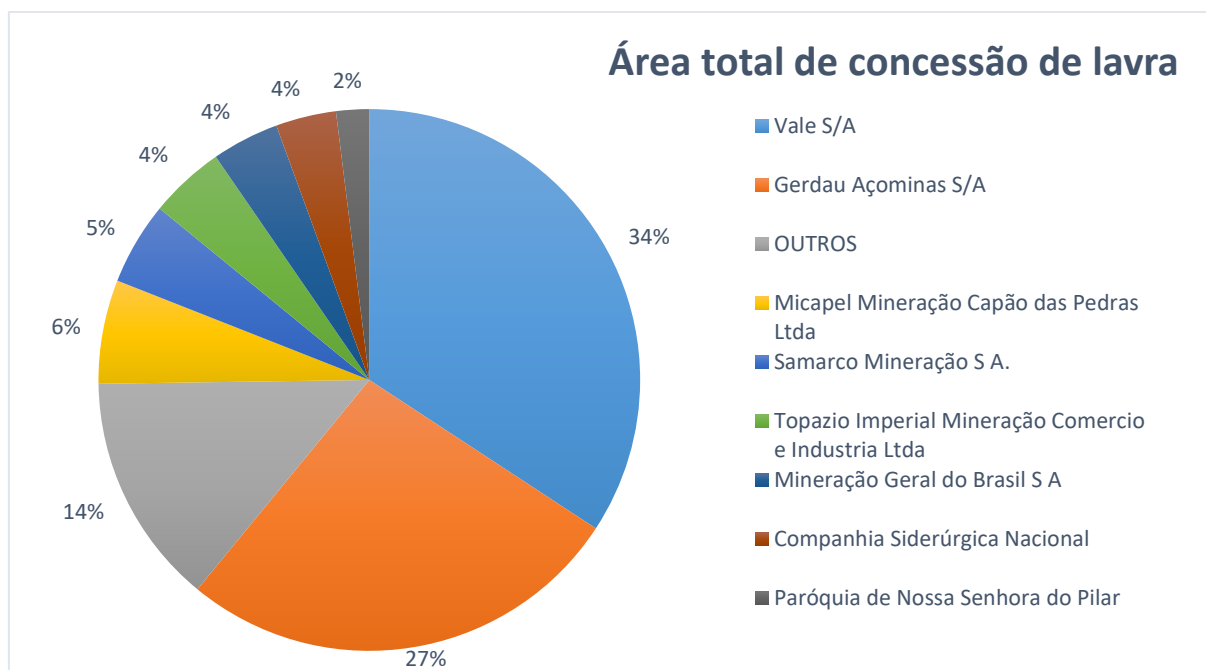


Gráfico 3: Principais empresas mineradoras em Ouro Preto (fonte dos dados: DNPM, gráfico elaborado pela autora).

4.3 GEOLOGIA SOCIAL

Com o propósito de apresentar uma revisão e facilitar a visualização do papel da geologia na promoção dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015b), Gill (2016) elaborou uma síntese, em forma de matriz, relacionando os 17 ODS com 11 aspectos chave da geologia. Os aspectos considerados foram a agrogeologia, mudanças climáticas, energia, geologia de engenharia, riscos geológicos, patrimônio geológico e geoturismo, hidrogeologia e contaminantes geológicos, recursos minerais, ensino de geociências, capacitação geológica e uma categoria mista. Esses 11 aspectos, por sua vez, foram divididos em duas categorias. Os 8 primeiros se enquadram na categoria ‘Elementos da Terra, Processos e Gestão’ e os 3 restantes na categoria ‘Habilidades e Prática’.

A visualização de como a Geologia pode ajudar a atingir os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), de acordo com cada aspecto supracitado das geociências, está presente na Figura 12. A Tabela 2 foi elaborada (Gill, 2016) para dar suporte a interpretação da Figura 12. As células marcadas na matriz indicam que para se atingir o dado ODS, requer-se um entendimento do aspecto geológico destacado.

Tabela 2: Descrição dos 8 aspectos das geociências (modificado de Gill, 2016).

ELEMENTOS DA TERRA, PROCESSOS E GESTÃO	DESCRIÇÃO
Agrogeologia	Uso de rochas e recursos minerais para melhorar a agricultura melhorando a fertilidade do solo e a retenção da água e diminuindo a erosão.
Mudanças climáticas	Uso do registro geológico para entender mudanças climáticas no passado e aplicar esse conhecimento para entender como o clima poderá mudar no futuro.
Energia	Identificar e informar sobre potenciais fontes de energia (como geotérmica, hidrocarbonetos, etc) e materiais primários requeridos para o suprimento de energia e infraestrutura (como minério de urânio para usinas nucleares, minério de ferro para usinas eólicas, cádmio para placas fotovoltaicas, etc). Contribuir para extração e armazenamento seguros e para o desenvolvimento da infraestrutura energética.
Geologia de Engenharia	Aplicação das geociências para a engenharia, dando suporte ao planejamento e construção de infraestruturas em todas as escalas (como barragens, rodovias, túneis, portos, gasodutos, etc).
Riscos Geológicos	Compreensão da ciência física por trás da geração de riscos naturais, incluindo deslizamentos de terra, terremotos, tsunamis e erupções vulcânicas. Analisar a exposição através da produção de mapas risco geológico. Apoiar esforços para reduzir a vulnerabilidade através da educação geológica e iniciativas de capacitação.
Patrimônio Geológico e Geoturismo	Utilização da geologia e paisagens para o turismo, ajudando na conservação da geodiversidade e construindo um maior crescimento e apreciação das geociências por turistas e pela comunidade local.
Hidrogeologia e contaminantes geológicos	Entender e gerir sustentavelmente os recursos hídricos. Usar as geociências para monitorar e remediar contaminação, incluindo compreender a origem, transporte e o destino dos contaminantes.
Recursos minerais	O uso das geociências para identificar os recursos minerais, para uma variedade de usos (como minérios para a produção de metais, calcário para cimento, etc).

Definições dos Grupos			Geociências										Habilidades e Práticas		
Materiais da Terra, Processos e Gestão	Entendimento dos "Materiais da Terra, Processos e Gestão" como importantes a um ou mais alvos/meios de implementação relacionados ao dado ODS.		Materias da Terra, Processos e Gestão										Habilidades e Práticas		
Habilidades e Prática	Compartilhamento ou mudanças das "Habilidades e Práticas" como importantes a um ou mais alvos/meios de implementação relacionados ao dado ODS.												Habilidades e Práticas		
			Agrogeologia	Mudanças climáticas	Energia	Geologia de Engenharia	Riscos Geológicos	Patrimônio Geológico e Geoturismo	Hidrogeologia e contaminantes	Recursos Minerais	Educação#	Capacitação geológica#	Categoria Mista		
Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS)															
1	Erradicação da pobreza	Acabar com a pobreza em todas as suas formas e em todo lugar.													
2	Erradicação da fome	Acabar com a fome, alcançar segurança alimentar e melhorar a nutrição, promover agricultura sustentável													
3	Saúde e bem estar	Assegurar vidas saudáveis e promover o bem estar para todos em todas as idades													
4	Educação de qualidade	Assegurar educação de qualidade, inclusiva e justa, e promover oportunidades de aprendizado ao longo de toda a vida, para todos.													
5	Igualdade de gênero	Alcançar igualdade de gênero e empoderamento de todas mulheres e garotas													
6	Água limpa e saneamento	Assegurar a disponibilidade e o manejo sustentável da água e saneamento para todos.													
7	Energia Limpa	Garantir a todos o acesso à energia moderna, sustentável, confiável e acessível.													
8	Empregos decentes e crescimento econômico	Promover um crescimento econômico continuado, inclusivo e sustentável, empregos completos e produtivos a todos.													
9	Infraestrutura e inovação	Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, nutrir inovações.													
10	Reduzir as desigualdades	Reduzir a desigualdade dentro e entre países.													
11	Cidades e comunidades sustentáveis	Fazer cidades e assentamentos humanos mais inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.													
12	Consumo responsável	Assegurar o consumo sustentável e os padrões de produção.													
13	Ação climática	Tomar medidas urgentes no combate das mudanças climáticas e seus impactos.													
14	Fauna aquática	Conservação e uso sustentável dos mares, oceanos e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.													
15	Fauna terrestre	Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres... *													
16	Paz e Justiça	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, fornecer acesso à justiça e construir instituições efetivas, responsáveis e inclusivas, em todos os níveis.													
17	Parceria para as metas	Fortalecer os meios de implementação e revitalização da parceria global para o desenvolvimento sustentável.													

NOTAS

ODS da Organização das Nações Unidas (2015b)

* (Abreviado) Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, manejo de florestas, combate a desertificação, parar e reverter a degradação do solo e parar a perda de biodiversidade.

#O ensino de geociências e a capacitação geológica são importantes em algum nível a todos os objetivos

Categoria Mista

[a] Promover igualdade de oportunidade a todos (incluindo acesso ao ensino de geociências). Eliminação de todas as formas de violência e discriminação contra mulheres e garotas nas esferas pública e privada.

[b] Suporte à pesquisa e ao desenvolvimento.

[c] Promover a igualdade de oportunidades, pondo fim à discriminação

[d] Dividir a responsabilidade de melhorar as práticas sustentáveis, particularmente no setor privado.

[e] Aumento da cooperação internacional para a proteção e pesquisa marinha.

[f] Transparência nos pagamentos e contratos, ajudando no combate à corrupção.

Figura 12: A Geologia e os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (modificado de Gill, 2016).

4.4 PROPOSTAS DE AÇÃO

No caso do município de Ouro Preto, já foram citados anteriormente vários problemas relacionados à geologia ambiental e geologia de engenharia (principalmente causados pelas antigas extrações de ouro na região e também ao não planejamento territorial e urbano) e a extrema dependência da arrecadação municipal da verba gerada pela extração de recursos minerais (principalmente o ferro).

A partir da análise combinada da figura 12 e da tabela 2, pode-se sugerir que profissionais da área da geologia atuem nas variadas áreas das geociências, juntamente a administração pública municipal, para ajudar na promoção do Desenvolvimento Sustentável no município. Alguns exemplos são propostos a seguir.

Agrogeologia: Utilização de rochas e minerais de disponibilidade local (como o pó de esteatito, subproduto da produção de artesanatos de pedra sabão e o dolomito) para melhorar a fertilidade do solo.

Escolha de terrenos propícios à agricultura, com menor propensão à erosão e deslizamentos de terra. Tendo em vista a alta declividade no distrito sede de Ouro Preto e a contaminação das águas e solos na Serra de Ouro Preto, essas áreas se tornam impróprias à agricultura. Podem ser indicadas para tal regiões do embasamento cristalino (como os distritos de Amarantina e Cachoeira do Campo) devido à sua baixa declividade e a não contaminação dos solos.

Com isso, incentivar a agricultura local e ajudar a promover a autossuficiência do município em relação à produção de alimentos. Dessa maneira, auxiliar na erradicação da pobreza e da fome, assegurar saúde e bem-estar através do consumo de alimentos de qualidade cultivados localmente.

ODS contemplados: 1, 2, 3, 15.

Energia: Buscar fontes alternativas de geração de energia, tendo em vista a oferta de materiais primários do município (por exemplo, analisar a viabilidade da construção de um parque eólico, dada a abundância de minério de ferro como matéria prima disponível).

Auxiliar no desenvolvimento da infraestrutura, planejamento e gestão energética. Dessa maneira auxiliar na erradicação da pobreza pela criação de empregos decentes, crescimento econômico associado, geração de energia limpa e consumo responsável.

ODS contemplados: 1, 7, 8, 12.

Geologia de Engenharia, Riscos Geológicos e Planejamento Territorial: Aliar os trabalhos já executados dentro da Universidade Federal de Ouro Preto aos do IGEO (Instituto Geotécnico de Ouro Preto) de mapeamento geotécnico e monitoramento de encostas e taludes instáveis para auxiliar no planejamento territorial e urbano do município, atuando juntamente a Prefeitura, definindo áreas propícias à urbanização, agricultura, instalação de indústrias e áreas para mineração. Oferecer suporte ao planejamento e construção de obras de infraestrutura em todas as escalas. Dessa maneira contribuir para a erradicação da fome, construção de infraestrutura resiliente, corroborar para que a cidade se torne cada vez mais segura, inclusiva e sustentável.

Dentre os trabalhos já existentes, destacam-se: FJP 1975 e Carvalho 1982.

ODS contemplados: 2, 9, 11.

Patrimônio Geológico e Geoturismo: Tendo em vista as riquezas geológicas, beleza cênica e o fato da cidade ter sido tombada pela UNESCO como Patrimônio Mundial em 1980, aproveitar esse potencial para desenvolver o turismo, ajudando na conservação da geodiversidade e contribuindo para a divulgação das geociências por parte de turistas e da comunidade local.

Lopes *et al.* (2011) aborda o geoturismo como uma alternativa ao desenvolvimento local e cita o caso do Quadrilátero Ferrífero. Azevedo (2010) defende o potencial para criação de um Geoparque da UNESCO no Quadrilátero Ferrífero, definido 19 Geossítios em diferentes localidades, sendo 4 deles localizados em Ouro Preto. Ostanello (2012) faz a avaliação e catalogação de trilhas e locais de interesse geológico dentro do Parque Estadual do Itacolomi, em Ouro Preto, sugerindo a inserção de seus resultados no contexto do Geoparque Quadrilátero Ferrífero. Outro ponto de interesse geoturístico que deve ser destacado é a Serra de Ouro Preto, devido à grande concentração de antigas minas de ouro, mundéus, além das ruínas do Morro da Queimada.

A partir dessas medidas, diminuir a dependência da arrecadação total da cidade do setor mineral, auxiliar na erradicação da pobreza, gerar empregos decentes e crescimento econômico, incentivar o consumo responsável e, desta maneira, corroborar para que a cidade se torne mais segura, inclusiva e sustentável.

ODS contemplados: 1, 8, 11, 12.

Hidrogeologia e contaminantes: Tendo em vista os vários estudos desenvolvidos dentro da Universidade Federal de Ouro Preto sobre a contaminação de águas superficiais e

subterrâneas do município de Ouro Preto (sede e distritos), sugere-se a integração desses dados por parte da administração municipal visando o monitoramento da qualidade das águas, mapeamento dos contaminantes (origem, trajeto e destino) e elaboração estratégias para mitigação de danos ambientais causados por esses contaminantes. Interdição de reservatórios contaminados e instalação de placas educativas nos chafarizes com água contaminada.

Auxiliar no planejamento de obras de saneamento, tratamento de água e esgoto. Auxiliar na gestão sustentável dos recursos hídricos.

Dentre esses trabalhos podem ser citados: Borba *et al.* (2004), Guimarães-Silva, A. K. *et al.* (2007), Gonçalves, J. A. C. (2011), Noce, T. S. (2013).

ODS contemplados: 6, 11, 12, 13, 14, 15

Recursos Minerais: Incentivar a pesquisa mineral de bens como areia, cascalho, argila (para cerâmica), gnaiss e dolomito e auxiliar na gestão sustentável dos recursos minerais pelo município. Auxiliar na erradicação da pobreza, consumo responsável dos recursos, geração de energia limpa, empregos decentes e crescimento econômico.

ODS contemplados: 1, 7, 8 12.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O início da construção do território de Ouro Preto remonta ao final do século XVII, ligada a corrida do ouro. Pouca ou nenhuma era a preocupação o planejamento da ocupação territorial ou com a gestão dos recursos minerais encontrados. Ao longo dos anos, a população da cidade aumentou, trazendo juntamente com ela problemas ambientais e riscos geológicos. O cenário atual da cidade é de extrema dependência econômica do setor mineral contaminação dos recursos hídricos e ocupação territorial em áreas de risco.

Através dos dados reunidos no trabalho pode-se dizer que é de extrema importância que o ensino de geologia seja multidisciplinar e tenha uma abordagem social e ampla, possibilitando a formação de uma nova geração de geocientistas capazes de construir um pensamento crítico da conjuntura global (e local) econômica e sociopolítica, compreendendo e abordando a sustentabilidade.

Sugere-se a aplicação do modelo de Gestão Integrada de Território (GIT). Este modelo adiciona ao modelo tradicional de sustentabilidade baseado nos pilares da economia, sociedade e meio ambiente os mecanismos de gestão territorial conducentes à governança (Andrade & Rossetti, 2009).

A Gestão Integrada deve englobar as áreas específicas das geociências citadas anteriormente no âmbito da gestão municipal, aliando os dados já levantados e existentes visando a elaboração de um Plano Diretor Municipal condizente com a realidade do município. Assim sendo, pode-se combater a alienação por parte dos gestores e da população - principal inimiga da sustentabilidade - ordenando o crescimento do município, melhorando a gestão dos recursos geológicos (minerais, energéticos, hídricos), valorizando o patrimônio geológico e diversificando as fontes de arrecadação municipal.

Para tanto, é essencial uma didática que valorize o papel da tecnologia para as sociedades humanas, partindo das ainda existentes tradições culturais, o que por sua vez, implica uma nova relação entre as geociências e as humanidades. Esta é a razão pela qual uma gestão eficiente dos recursos geológicos só pode ser feita no âmbito de uma gestão integrada do território (Oosterbeek, 2012.).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F. F. & MARSHAK, S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, n.90, p.29-58.
- ALKMIM, F. F. & NOCE, C. M. 2006. The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. *Field Guide & Abstracts*, 114 p.
- ANDRADE, A. & ROSSETTI, J. P. 2009. Governança Corporativa. *Fundamentos, desenvolvimento e tendências*. São Paulo, Ed. Atlas, 584 p.
- AZEVEDO, U. R. 2007. Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. Instituto de Geociências/UFMG, Tese de Doutorado, Belo Horizonte. v. 17, n. 07, p. 189.
- BORBA, R. P., FIGUEIREDO, B. R., & CAVALCANTI, J. A. 2004. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). *Rem: Revista Escola de Minas*, 57(1), 45-51.
- Cambridge Dictionary. Disponível em: <http://www.igc.usp.br/index.php?id=158> Acessado em 23 jan 2017
- CARMO, F. F. & JACOBI C. M. 2013. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, v. 64, p. 527-541.
- CARNEIRO, M. A., NOCE, C. M., TEIXEIRA, W., 1995. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero sob o ponto de vista da Geocronologia. *Revista da Escola de Minas*, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (Brazil) 48, 264-274.
- CARVALHO, C. G., SILVA, J. M. D., CURI, A., & FLORES, J. C. D. C. 2012. A dependência da arrecadação do município de Ouro Preto do setor mineral. *Revista da Escola de Minas*, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto (Brazil), 65(3), 385-392
- CARVALHO, E. T. 1982. Carta Geotécnica de Ouro Preto. Universidade de Lisboa, Lisboa. Dissertação de Mestrado, 95p.
- CASTRO, J. M. G.; SOBREIRA, F. G.; GOMES, R. C.; GOMES, G. J. C. 2012. Proposição de procedimento preventivo de riscos geológicos em Ouro Preto - BR com base em histórico de ocorrências e sua correlação com a pluviosidade. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42, p. 58-66.
- CHEMALE JR. F., ROSIÈRE C. A., ENDO, I. 1994. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, 65: 25-54.
- CROCCO-ROGRIGUES, F. A. 1991. *Sistemas de cavalgamento e geologia estrutural da Serra das Cambotas, Quadrilátero Ferrífero (MG)*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Dissertação de Mestrado, 141 p.
- CRUZ, L. V. 2002. Avaliação Geoquímica Ambiental da Estação Ecológica do Tripuí e Adjacências, Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 147p.
- DE OLIVEIRA, M. A. 1996. Geologia e urbanização: estudo de caso na periferia da zona sul do município de São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Dissertação de Mestrado, 134p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. 2015. Sumário Mineral. 135p.
- DORR II, J. V. N. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 641-A:1-110.
- FERNANDES, D. 2009. Território e Territorialidade: algumas contribuições de Raffestin. *Revista Perspectivas em Políticas Públicas*, 2(4), 59-68.

- FERNANDES, G. 2000. Caracterização geológico-geotécnica e propostas de estabilização da encosta do Morro do Curral – Centro de Artes e Convenções de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 153p.
- FIGUEIRÔA, S. F. de M. 2000. Um olhar sobre o passado: história das ciências na América Latina. Ed. da Unicamp, Campinas; Imprensa Oficial, São Paulo, 282p.
- FIGUEIRÔA, S. F. de M. 2012. Em busca do ouro... e de muitas coisas mais. In: *Geologia do Brasil*. Ed. Beca, São Paulo, 788-796p.
- FJP. 1975 . Fundação João Pinheiro. *Plano de conservação, valorização e desenvolvimento de Ouro Preto e Mariana*. (relatório síntese). Belo Horizonte.
- FONTES, M. M. M. 2011. Contribuição para o desenvolvimento da metodologia de análise, gestão e controle de riscos geotécnicos para a área urbana da cidade de Ouro Preto. Núcleo de Geotecnia. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 132p.
- GILL, J. C. 2016. Geology and the Sustainable Development Goals. *Episodes*, 40(1), 70-76.
- GOMES, R.C., ARAÚJO, L.G., BONUCCELLI, T. e SOBREIRA, F.G. 1998. Condicionantes Geotécnicos do Espaço Urbano de Ouro Preto / MG. XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. p. 363-370.
- GONÇALVES, J. A. C. 2011. A contaminação natural por arsênio em solos e águas subterrâneas na área urbana de Ouro Preto (MG). Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 98p.
- GUIMARÃES-SILVA, A. K., MACHADO, D. A., NALINI JUNIOR, H. A., LENA, J. C. 2007. A qualidade das águas na região dos garimpos de topázio imperial na sub-bacia do rio da Ponte, Ouro Preto-MG. *Rem: Revista Escola de Minas*, v. 60, n. 4, p. 603-611.
- HASUI, Y., CARNEIRO, C. D. R., ALMEIDA, F. F. M, BARTORELLI, A. 2012. *Geologia do Brasil*. Ed. Beca, São Paulo, 900p.
- IAEG, 1992. Statutes. *Newsletter*, n. 19, Paris, França, 8p.
- KELLER, E.A. 2008. *Introduction to Environmental Geology*. Unpublished work. Ed. Pearson Prentice Hall, New Jersey, Estados Unidos.
- LOPES, L. S. O; ARAÚJO, J. L. L.; CASTRO, A. J. F. 2011. GEOTURISMO: Estratégia de geoconservação e de desenvolvimento local/Geotourism: Geoconservation Strategy and Local Development. *Caderno de Geografia*, v. 21, n. 35, p. 1-11.
- LUCON, T. N. 2011. Análise espacial das áreas verdes do perímetro urbano de Ouro Preto (MG). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado 171p
- KNOPP, G. 2008. *Cultura e desenvolvimento local: um estudo do Programa Bairro-Escola da Cidade de Nova Iguaçu*. Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 159p.
- MACHADO, M. M. M. 2009. *Construindo a Imagem Geológica do Quadrilátero Ferrífero: Conceitos e Representações*. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Tese de Doutorado, 256p.
- MARSHAK, S., ALKMIM, F. F., JORDT-EVANGELISTA, H. 1992. Proterozoic crustal extension and generation of dome-and-keel structure in an Archaean granite-greenstone terrane. *Nature*, v.357, p. 491-493.
- MATA-PERELLÓ, J.M., MATA-LLEONART, R., VINTRO-SANCHES, C., & RESTREPO-MARTINEZ, C. 2012. Social Geology: A new perspective on geology. *Dyna*, 79(171), 158-166.
- MOORE, S. L. 1969. Geology and ore deposits of the Antônio dos Santos, Gongo Soco and Conceição do Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais Brasil. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.,341-I.

- MORA, G. 2013. The need for geologists in sustainable development. *GSA Today*, v. 23, n. 12, p. 36-37.
- NOCE, T. S. 2013. Avaliação da composição geoquímica das águas de antigas minas de ouro da Serra de Ouro Preto, SE do Quadrilátero Ferrífero. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Monografia, 98p.
- OLIVEIRA, L. D. 2010. Ocupação urbana de Ouro Preto de 1950 a 2004 e atuais tendências. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 137p.
- OOSTERBEEK, L. 2012. Recursos, Tecnologias, Tradições e Gestão Integrada do Território. *Para Desenvolver a Terra*, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra (Portugal), p.17-23.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1987. Report of the World Commission on Environment and Development. Disponível em <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm> Acessado em 27 abr 2017
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015a, The Millennium Development Goals: Report, United Nations, Geneva, 75 p.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015b, Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development: United Nations, Geneva, 35 p.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 1962. *The UN Development Decade: Proposals for Action*, Nova Iorque, Estados Unidos, 125p.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 1990. *Human Development Report*, Nova Iorque, Estados Unidos, 189p.
- PEREIRA, M. A. 2006. Estudo de elementos-traço em águas de abastecimento urbano e a contaminação humana: um caso de Ouro Preto, MG. Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Tese de Mestrado, 94p.
- PINHEIRO, A. L., SOBREIRA, F. G., LANA, M. S. 2003. Influência da expansão urbana nos movimentos em encostas na cidade de Ouro Preto, MG. *Rem: Revista Escola de Minas*, v. 56, n. 3, p. 169-174.
- RAFFESTIN, C. 1993. *Por uma Geografia do Poder*. São Paulo: Ática.
- REZENDE, R.A., 2011. *A fragmentação da flora nativa como instrumento de análise da sustentabilidade ecológica de áreas protegidas – Espinhaço Sul (MG)*. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.
- RIST, G. 2010. Development as a buzzword. In: *Deconstructing Development Discourse – Buzzwords and Fuzzwords*. Ed. Oxfam GB, Warwickshire, UK, 19-27p.
- ROESER, H. M. P., & ROESER, P. A. 2013. O Quadrilátero Ferrífero-MG, Brasil: Aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. *Revista Geonomos*, 18(1): 33 – 37.
- SACHS, W. 2010. *The Development Dictionary: A Guide to Knowledge as Power*. 2ª edição. Ed. Zed Books, Nova Iorque, Estados Unidos, 332p.
- SALINO, A. & ALMEIDA, T. E. 2008. Diversidade e Conservação das Pteridófitas na Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Megadiversidade* 4 (1-2): 50-70.
- SANJAD, N. 2004. Charles Frederich Hartt e a institucionalização das ciências naturais no Brasil. *História Ciências Saúde-Manguinhos* 11(2):449-455.
- SAQUET, M.A. 2007. *Abordagens e concepções sobre território*. São Paulo, S.P.: Expressão Popular.
- SOBREIRA F.G. & FONSECA M.A. 2001. Impactos físicos e sociais de antigas atividades de mineração em Ouro Preto, Brasil. *Geotecnica*, 92, p. 5-28.

SOBREIRA, F.G. 1990. Levantamento de áreas de risco geológico no espaço urbano de Ouro Preto. Relatório Final do Projeto – Convênio EM/UFOP/MinC.

STEWART, I. S.; GILL, J. C. 2017. Social geology—integrating sustainability concepts into Earth sciences. *Proceedings of the Geologists' Association*, 128 (2017) 165–172.

TOLEDO, M.C. 2002. O que é a geologia? Disponível em <http://www.igc.usp.br/index.php?id=158> Acessado em 23 jan 2017

TRUMAN, H. S. 1949. Inaugural Address. Disponível em: https://www.trumanlibrary.org/whistlestop/50yr_archive/inagural20jan1949.htm Acessado em 20 jan 2017

UNESCO, <http://whc.unesco.org/en/list/124> Acessado em 02 mai 2017

VARAJÃO, C.A.C. 1991. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, n.2, p.138-145.

VARAJÃO, C.A.C. et al. 2009. Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (^{10}Be) e da pedogênese. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1409-1425.