



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**



TESE DE DOUTORADO

**Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero
Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um
Geoparque da UNESCO**

AUTOR Úrsula Ruchkys de Azevedo

ORIENTAÇÃO Carlos Maurício Noce

CO-ORIENTAÇÃO Carlos Schobbenhaus

**BELO HORIZONTE
Junho de 2007**

COMO CITAR ESTE TRABALHO

Ruchkys, Úrsula de Azevedo. 2007. Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um Geoparque da UNESCO – Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da UFMG, 211p.

Úrsula Ruchkys de Azevedo

**Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero
Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a Criação de um
Geoparque da UNESCO**

Orientador: Carlos Maurício Noce

Co-orientador: Carlos Schobbenhaus

Belo Horizonte
Instituto de Geociências
2007

Assim como uma árvore guarda a memória do seu crescimento e da sua vida no seu tronco, também a Terra conserva a memória do seu passado, registrada em profundidade ou na superfície, nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, registro esse que pode ser lido e traduzido.

Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra

*À Alice, pelos momentos que deixamos de passar juntas
para que este trabalho pudesse ser realizado.
Ao Dionísio pela dedicação e compreensão.
À meus pais, Zélia e Francisco pela amizade e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Carlos Maurício Noce pela orientação segura durante a elaboração deste trabalho e ao Dr. Carlos Schobbenhaus pela dedicada co-orientação;

Aos Professores Dr. Friedrich Ewald Renger e Dr. Fernando Flecha Alkmim pelos debates e sugestões sempre valiosos, e ainda pela participação nas etapas de campo;

Ao geólogo Dionísio Tadeu de Azevedo, meu companheiro, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho e a minha irmã, Angélica Alves Ruchkys pelo auxílio na revisão do texto;

Aos colegas e amigos do grupo de discussão na internet sobre geoturismo em especial aos geólogos Marcos Nascimento, Virginio Mantesso Neto, José Brilha e Kátia Mansur;

À Margareth Patzak da UNESCO pelo envio de material sobre geoparques;

Aos geólogos que responderam ao questionário enviado e contribuíram com a escolha de alguns dos sítios, em especial, à Victor Suckau (Minerações Brasileiras Reunidas), Orivaldo Ferreira Baltazar (Serviço Geológico do Brasil), Marco Aurélio da Costa (AngloGold Ashanti Mineração LTDA) e Jaime Duchini (Mineração Serra dos Oeste LTDA e Mineração Turmalina LTDA);

À minha amiga e colega de trabalho Beatriz Pereira de Magalhães Gomes pelo apoio e sugestões. Aos colegas de pós-graduação pelos momentos de trabalho que passamos juntos, em especial à Maria Márcia Magela Machado;

À Pro-Reitoria de Pós Graduação e Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, pela minha participação no Programa Permanente de Capacitação Docente;

Ao Curso de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais por toda infra-estrutura colocada à disposição.

As empresas de mineração que permitiram o acesso a suas áreas: Vale do Rio Doce; Minerações Brasileiras Reunidas; Anglogold Ashant; Minas Pérola e Extramil;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram de alguma maneira para que este trabalho pudesse ser realizado.

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO	01
1.1. Apresentação	01
1.2. Objetivos	04
1.3. Procedimentos da pesquisa	05
CAPITULO 2 – PANORAMA DA GEOCONSERVAÇÃO NO MUNDO	08
2.1. Patrimônio geológico	08
2.2. Geoconservação	10
2.3. Experiências de geoconservação	13
2.3.1. <i>GRÃ-BRETANHA</i>	13
2.3.2. <i>PORTUGAL</i>	14
2.3.3. <i>FRANÇA</i>	15
2.3.4. <i>ESPANHA</i>	16
2.3.5. <i>ITÁLIA</i>	17
2.3.6. <i>ALEMANHA</i>	17
2.3.7. <i>NOVA ZELÂNDIA E AUSTRÁLIA</i>	18
2.3.8. <i>CHINA E MALÁSIA</i>	18
2.3.9. <i>COLÔMBIA</i>	19
2.3.10. <i>BRASIL</i>	20
CAPITULO 3 - GEOTURISMO E INTERPRETAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO	22
CAPITULO 4 – A UNESCO E A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO	30
4.1. UNESCO: Uma breve apresentação	30
4.2. Integração do patrimônio geológico aos Programas da UNESCO para conservação do patrimônio natural	31
4.2.1. <i>CONVENÇÃO PARA PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO MUNDIAL</i>	31
4.2.2. <i>PROGRAMA O HOMEM E A BIOSFERA</i>	33
4.3. Projeto Geosites	37
4.4. Programa Geoparques	38

CAPITULO 5 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	44
5.1. Localização	44
5.2. Litoestratigrafia	45
5.3. Aspectos geotectônicos	49
5.4. Evolução tectônica	50
CAPITULO 6 – IMPORTÂNCIAS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO PARA A CRIAÇÃO DE UM GEOPARQUE DA UNESCO	52
6.1. Importância geoecológica	52
6.1.1. <i>DIFERENCIAÇÃO DA TERRA EM NÚCLEO, MANTO E CROSTA</i>	52
6.1.2. <i>COMPLEXOS GNÁISSICOS TTG E GREENSTONE BELTS: GERAÇÃO, CRESCIMENTO DE CROSTA CONTINENTAL E SEQUÊNCIAS SUPRACRUSTAIS ARQUEANAS</i>	53
6.1.3. <i>CRATONIZAÇÃO, SUPERCONTINENTES E BACIAS SEDIMENTARES: DO FINAL DO ARQUEANO AO MESOPROTEROZÓICO</i>	55
6.1.4. <i>EVOLUÇÃO DA HIDROSFERA, ATMOSFERA E DA VIDA</i>	56
6.2. Importância associada à história da mineração	58
6.2.1. <i>A OCUPAÇÃO DAS MINAS GERAIS</i>	58
6.2.2. <i>EXPLORAÇÃO DO OURO NO PERÍODO COLONIAL</i>	59
6.2.3. <i>EXPLORAÇÃO DO OURO NO PERÍODO IMPERIAL</i>	61
6.2.4. <i>EXPLORAÇÃO DO FERRO</i>	62
6.3. Outras importâncias	65
6.3.1. <i>VALOR GEOCIENTÍFICO</i>	65
6.3.2. <i>VALOR DIDÁTICO-EDUCATIVO</i>	66
6.3.3. <i>VALOR TURÍSTICO</i>	68
CAPITULO 7 – QUADRILÁTERO FERRÍFERO E PROGRAMA GEOPARQUES DA UNESCO – SELEÇÃO DE SÍTIOS DE INTERESSE GEOECOLÓGICO	71
7.1. Sítio geológico do complexo granito-gnáissico-migmatítico	71
7.1.1. <i>GNAISSE ALBERTO FLORES</i>	71
7.2. Sítios geológicos do Supergrupo Rio das Velhas	74
7.2.1. <i>META-KOMATIÍTOS DO MORRO DO ONÇA</i>	75
7.2.2. <i>META-ARENITOS DA SERRA DO ANDAIME</i>	79
7.3. Sítios geológicos do Supergrupo Minas	83
7.3.1. <i>QUARTZITOS E CONGLOMERADO BASAL DA FORMAÇÃO MOEDA</i>	83

7.3.2. <i>ITABIRITOS DA SERRA DA PIEDADE</i>	87
7.3.3. <i>CARBONATOS DO SINCLINAL DO GANDARELA</i>	91
7.3.4. <i>ESTROMATÓLITOS DA PEDREIRA DO CUMBI</i>	96
7.4. Sítio geológico do Grupo Sabará	101
7.4.1. <i>XISTOS DE IBIRITÉ</i>	101
7.5. Sítios geológicos do Grupo Itacolomi	105
7.5.1. <i>QUARTZITOS ITACOLOMI</i>	105
7.6. Sítio geológico Cenozóico	109
7.6.1. <i>CANGA DA SERRA DO ROLA MOÇA</i>	109
CAPITULO 8 – QUADRILÁTERO FERRÍFERO E PROGRAMA GEOPARQUES DA UNESCO – SÍTIOS ASSOCIADOS À HISTÓRIA DA MINERAÇÃO	113
8.1. Referências geográficas e paisagísticas	113
8.2. Ruínas da casa de fundição clandestina	123
8.3. Fábrica Patriótica	133
8.4. Mina de Passagem	139
8.5. Mina de Cata Branca	146
8.6. Mina de Morro Velho	153
CAPITULO 9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	163
9.1. Características do Quadrilátero Ferrífero para criação de um geoparque	163
9.2. Análise dos critérios da UNESCO para criação de geoparque considerando o Quadrilátero Ferrífero	164
9.3. Discussão final	170
ANEXOS	172
ANEXO 1 – Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra	172
ANEXO 2 – Declaração de Aracaju.	173
ANEXO 3 – Guia operacional da UNESCO para criação de geoparques	174
ANEXO 4 - Mapa de localização dos sítios geológicos selecionados no Quadrilátero Ferrífero	188
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 3.1 – Relação entre a interpretação e os geoturistas. Fonte: Adaptado de Hose (2000)</i>	28
<i>Figura 4.1 – Reserva da Biosfera do Espinhaço envolvendo a área do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Folder de divulgação da Reserva da Biosfera do Espinhaço. Elaboração coordenada por Miguel Ângelo Andrade</i>	36
<i>Figura 5.1 – Mapa de localização do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais</i>	44
<i>Figura 5.2 – Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)</i>	45
<i>Figura 5.3 – Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)</i>	48
<i>Figura 5.4 – Mapa regional do Craton São Francisco, com a localização do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)</i>	49
<i>Figura 6.1 – Circuito do Ouro e sua relação com o Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Departamento de Estradas de Rodagem – DER/MG (2000)</i>	69
<i>Figura 7.1 (A e B) – (A) Vista geral do lajedo do gnaiss Alberto Flores; (B) Vista geral do afloramento do gnaiss Alberto Flores em pedreira abandonada</i>	73
<i>Figura 7.2 (A e B) – (A) Detalhe do gnaiss Alberto Flores e (B) Detalhe do gnaiss Alberto Flores com intrusão de granito cinza</i>	73
<i>Figura 7.3 (A, B e C) – Vista geral do afloramento com corpos isolados de komatiitos</i>	76
<i>Figura 7.4 (A e B) – Detalhes da textura spinifex</i>	77
<i>Figura 7.5 (A e B) – Detalhes da estrutura em almofada. Observar o material interpillow de coloração mais clara</i>	77
<i>Figura 7.6 (A e B) – Visão geral do afloramento de meta-arenito posicionado verticalmente</i>	80
<i>Figura 7.7 (A e B) – Detalhe das marcas de onda preservadas no meta-arenito</i>	81
<i>Figura 7.8 – Estratificações cruzadas no meta-arenito</i>	81
<i>Figura 7.9 – Detalhe das estratificações cruzadas tipo espinha de peixe</i>	81
<i>Figura 7.10 (A e B) – Mega-estratificações cruzadas interpretadas por Baltazar & Pedreira (2005) como terminações de dunas</i>	82
<i>Figura 7.11 – Visão geral do sítio mostrando o contato basal da Formação Moeda e sua divisão em níveis 1, 2 e 3. Ao fundo observar a mina de ferro do Pau Branco</i>	84
<i>Figura 7.12 – Visão geral do afloramento de conglomerado basal da Formação Moeda.</i>	85
<i>Figura 7.13 – Detalhe do conglomerado com seixos de quartzo</i>	85
<i>Figura 7.14 – Vista geral da Serra da Piedade com espesso pacote de itabirito da Formação</i>	

<i>Cauê. Foto de M.M. Machado</i>	89
<i>Figura 7.15 – Detalhe do itabirito caracterizado pela alternância de bandas ricas em quartzo com bandas ricas em hematita</i>	89
<i>Figura 7.16 – Afloramento de itabirito dobrado</i>	89
<i>Figura 7.17 – Visão geral do afloramento de mármore da Formação Gandarela</i>	93
<i>Figura 7.18 – Detalhe dos estromatólitos</i>	94
<i>Figura 7.19 – Detalhe dos oncólitos</i>	94
<i>Figura 7.20 – Visão geral do afloramento de dolomito com coloração avermelhada constituindo uma dobra fechada com os dois flancos mergulhando para o mesmo sentido (inversa)</i>	94
<i>Figura 7.21 – Detalhe do dolomito vermelho laminado</i>	94
<i>Figura 7.22 – Horizonte de brecha com fragmento de metachert</i>	94
<i>Figura 7.23 – Visão geral da pedreira do Cumbi com duas frentes de lavra atualmente desativadas</i>	98
<i>Figura 7.24 (A e B) – Detalhes dos estromatólitos preservados na pedreira do Cumbi</i>	99
<i>Figura 7.25 – Situação atual do sítio em pedreira momentaneamente desativada da Empresa Minas Pérola. No primeiro plano, blocos dos mármore abandonados; no segundo plano, afloramento tomado pela vegetação</i>	100
<i>Figura 7.26 – Visão geral do afloramento de xisto do Grupo Sabará</i>	103
<i>Figura 7.27 – Detalhe do xisto característico da região de Ibirité</i>	103
<i>Figura 7.28 – Vista geral do Pico do Itacolomi no segundo plano localizado no Parque Estadual homônimo, localidade-tipo do Grupo Itacolomi. No primeiro plano vista da cidade de Ouro Preto considerada patrimônio da humanidade pela UNESCO</i>	107
<i>Figura 7.29 – Detalhe das estratificações cruzadas do quartzito Itacolomi na região de Lavras Novas</i>	108
<i>Figura 7.30 – Aspecto geral da ocorrência dos quartzitos Itacolomi na Serra de Ouro Branco</i>	108
<i>Figura 7.31 – Vista geral da canga</i>	111
<i>Figura 7.32 – Detalhe da canga com aspecto brechoso</i>	111
<i>Figura 7.33 – Visão geral do recuo das encostas provocado pela erosão da canga que cobre o itabirito</i>	112
<i>Figura 8.1 – Localização dos principais picos e serras marcos geográficos do QF. Composição R3G4B5 obtida a partir de imagem Landsat 7</i>	114
<i>Figura 8.2 – Mapa geológico do QF elaborado por Claussen (1841) com seus marcos geográficos</i>	114
<i>Figura 8.3 – Serra de Ouro Branco dans la Province de Minas Gerais (Desenho de J.M.</i>	

<i>Rugendas, 1824)</i>	117
<i>Figura 8.4 – Vista atual da Serra de Ouro Branco</i>	117
<i>Figura 8.5 – Villa Ricca (ao fundo Pico do Itacolomi) (Desenho de J.M. Rugendas, 1824)</i>	117
<i>Figura 8.6 – Vista atual do Pico do Itacolomi</i>	117
<i>Figura 8.7 (A e B) – (A) Detalhe da Nova Carta da Capitania de Minas com localização do Pico de Itabira. Fonte: Eschwege (1833); (B) Pico de Itabira. Desenho de F.s. Stephan, 1840. Litografia de A.Brandmeyer</i>	118
<i>Figura 8.8 – Vista atual do Pico de Itabirito: no primeiro plano a cava da mina e no segundo plano o pico que é tombado pelo IPHAN</i>	118
<i>Figura 8.9 – Comboio de diamantes passando por Caeté com a Serra da Piedade ao fundo. Desenho de J.M. Rugendas, 1824</i>	120
<i>Figura 8.10 – Vista da Serra da Piedade Tomada do sul a partir de Caeté. Foto de F.E.Renger (2005)</i>	120
<i>Figura 8.11 – Catas Altas com a Serra do Caraça ao fundo. Desenho de J.M. Rugendas, 1824</i>	121
<i>Figura 8.12 – Vista geral da Serra do Caraça mostrando seu contorno peculiar</i>	121
<i>Figura 8.13 – Local onde se instalou a casa de fundição clandestina de Inácio de Souza. No primeiro plano, as ruínas e no segundo plano a Serra da Moeda</i>	127
<i>Figura 8.14 – Mapa da casa de fundição clandestina entregue por Francisco Borges a Diogo Cotrim. Fonte: http://purl.pt/103/1/catalogo-digital/registo/290/290_cod6699_planta.jpg</i>	130
<i>Figura 8.15 – Planta da situação atual do local onde se encontra o sítio. Fonte: Elaborado por Guimarães et al (2003)</i>	131
<i>Figura 8.16 – Vista lateral das ruínas da casa de fundição clandestina de moeda</i>	132
<i>Figura 8.17 – Vista frontal das ruínas da casa de fundição clandestina de moeda com portal de acesso</i>	132
<i>Figura 8.18 – Planta da Fábrica Patriótica. Fonte: Toenges (1986)</i>	136
<i>Figura 8.19 – Foto de 1935: à esquerda casa de moradia; à direita ruínas da Fábrica Patriótica. Fonte: Arquivo interno CVRD</i>	136
<i>Figura 8.20 – Ruínas da Fábrica Patriótica. No segundo plano Ribeirão do Prata</i>	136
<i>Figura 8.21 – Vista geral das ruínas</i>	138
<i>Figura 8.22 – Ruínas das escadas da casa do administrador</i>	138
<i>Figura 8.23 – Ruínas do aqueduto</i>	138
<i>Figura 8.24 – Antigo martelo de forjar</i>	138
<i>Figura 8.25 – Vista geral do Anticlinal de Mariana observado da Estrada que liga Ouro Preto a Mariana</i>	144
<i>Figura 8.26 (A e B) – (A) Entrada da Mina de Passagem feita por meio de um trolley; (B) Na</i>	

<i>saída da visita os turistas têm oportunidade de ver o ouro no fundo da bateia</i>	144
<i>Figuras 8.27(A e B) – Utilização da Mina de Passagem para o mergulho.</i>	
Fonte: (A) http://www.pbase.com/mandrade/image/26171029	
(B) http://www.scubapoint.com.br/scubapoint/portugues/turismo/nacional/MinaPassagem/Minapassagem.jpg	145
<i>Figura 8.28 - Esboço original da área da Mina de Cata Branca de Stephan de 1840 e gravado por A. Brandmeyer, publicado por Carl P.F. von Martius. Fonte: Hirashima (2003)</i>	151
<i>Figura 8.29 – Vista geral da falha de Cata Branca</i>	151
<i>Figura 8.30 – Detalhe do contato de falha entre a Formação Moeda e o SGRV</i>	151
<i>Figura 8.31 – Uma das antigas entradas da mina, hoje tomada pelas águas</i>	151
<i>Figura 8.32 – Vista de algumas ruínas de Cata Branca</i>	151
<i>Figura 8.33 – Aspecto da Morro Velho no século XIX, mostrando as cicatrizes nas montanhas resultantes da exploração pelo sistema de talho aberto (aplicado no início do séc. XVIII). Fonte: http://www.eesc.usp.br/sap/revista_risco/Risco3-pdf/art2_risco3.pdf</i>	153
<i>Figura 8.34 – Ilustrações da Morro Velho que constam da edição 354 do London Illustrated News, de 1849. Fonte: Hollowood (1955)</i>	156
<i>Figura 8.35 – Construção da nova planta (1886-1892). Fonte: Arquivo Anglogold</i>	158
<i>Figura 8.36 - Inauguração do novo acesso. Fonte: Arquivo Anglogold</i>	158
<i>Figura 8.37 - Sistema de shafts projetado por Chalmers. Fonte: Hollowood (1955)</i>	158
<i>Figura 8.38 – Situação atual do sítio da mina de Morro Velho. Fonte: Arquivo Anglogold</i>	162

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 – Diferentes critérios de classificação do patrimônio geológico</i>	20
<i>Tabela 4.1 – Relação entre o projeto Geosites e o programa World Heritage da UNESCO</i>	39
<i>Tabela 8.1 – Produção de ouro da Morro Velho entre 1894 e 1923</i>	159

Estudos acadêmicos sobre patrimônio geológico e geoconservação ainda são escassos, principalmente no Brasil. Em todo o mundo, em especial na Europa e Ásia, metodologias para conservar o patrimônio geológico têm sido desenvolvidas e aplicadas. A UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura), com base em experiências européias, desenvolveu a partir do final da década de 1990 um programa de conservação e reconhecimento do patrimônio geológico mundial denominado de Programa Geoparques. No Brasil várias áreas podem ser enquadradas no conceito de geoparques proposto pela UNESCO. O Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, ocupando uma área aproximada de 7.000Km² na porção centro-sudeste do Estado, é internacionalmente reconhecido como um importante terreno pré-cambriano com significativos recursos minerais, em especial ouro e ferro. Seu contexto geológico é caracterizado por três grandes conjuntos de rochas principais: complexos metamórficos de rochas cristalinas arqueanas; seqüência do tipo greenstone belt arqueana representada pelo Supergrupo Rio das Velhas; seqüência metassedimentar paleoproterozóica representada pelo Supergrupo Minas. O trabalho apresenta as realizações e iniciativas mundiais atribuídas ao movimento de conservação do patrimônio geológico, discute o Programa Geoparques da UNESCO, e mostra o potencial do Quadrilátero Ferrífero para a criação de um geoparque, a partir da análise dos critérios operacionais da UNESCO para reconhecimento de áreas como geoparques descritos no documento *Operational Guideline for National Geoparks seeking UNESCO's assistance*. Para isso faz uma seleção de sítios geológicos do Quadrilátero Ferrífero representativos de sua história geocológica e da história da mineração em Minas Gerais. A seleção desses sítios está baseada em critérios internacionais e sua descrição segue a recomendação da UNESCO e da SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos). Com base nessas recomendações os sítios são descritos mostrando sua importância em termos globais e/ou regionais e são propostas medidas de proteção. São selecionados onze sítios representativos da história geocológica do Quadrilátero Ferrífero que apresentam correlação global e seis sítios associados à história da mineração. A análise dos sítios e dos critérios da UNESCO mostra que a idéia de criação de um geoparque da UNESCO pode ser aplicada ao Quadrilátero Ferrífero, constituindo um instrumento de divulgação e conservação de um exemplo significativo do patrimônio geológico pré-cambriano da Terra e do patrimônio associado à história da mineração do Brasil.

ABSTRACT

Academic studies on conservation of the geological heritage are scarce mainly in Brazil. However, all over the world, specially in Europe and Asia, methodologies for preserving the geological heritage have been developed and applied. From the end of the 1990s UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), with base upon European experiences, has developed a program of conservation and recognition of the worldwide geological heritage, called Geoparks Program. In Brazil, some areas can be fit into the concept of Geoparks suggested by UNESCO. For example, the *Quadrilátero Ferrífero* in Minas Gerais which covers an approximate area of 7,000 square kilometers, located in the center-southeast of the state is internationally recognized as an important precambrian site with significant mineral resources, in special gold and iron. The geology of the *Quadrilátero Ferrífero* complies an Arquean greenstone belt surrounded by granite-gneiss terrains which are overlaid by a Paleoproterozoic sedimentary succession by Minas Supergroup. The work not only presents the accomplishments and the worldwide initiatives related to the Conservation Movement of the Geological Heritage but also debates the Geoparks Program of UNESCO. Moreover, it shows the potential of the *Quadrilátero Ferrífero* for the development of a Geopark according to the analysis of UNESCO's operational criteria, in order to acknowledge the areas as Geoparks which is described in the document *Operational Guideline for National Geoparks seeking UNESCO's assistance*. Thus, it selects significant geological sites of the *Quadrilátero Ferrífero* from its geologic history and the history of the mining in Minas Gerais as well. The selection of these sites is based on international criteria and the description follows the recommendations of UNESCO and SIGEP (Brazilian Commission of Geological and Paleobiological Sites). Basing on these recommendations, the sites are described showing their importance according to global and/or regional terms and so, protection measures are proposed. There is a selection of twelve sites representatives of the geocology history of the *Quadrilátero Ferrífero* which present global correlation and six sites associated to the history of mining. The analysis of the sites and of the criteria of UNESCO shows that the idea on the creation of a Geopark of UNESCO may be applicable to the *Quadrilátero Ferrífero*, which establish an instrument of propagation and conservation of a significant example of the earth's precambrian geological heritage and of the heritage associated to the history of mining in Brazil as well.

1.1. Apresentação

Utilizar a Geologia apenas com a finalidade de reconhecimento dos recursos naturais constitui uma forma redutora de aplicar o conhecimento geológico, embora esta ciência tenha sido inicialmente aplicada para este fim. A utilização de materiais geológicos iniciou-se com o uso da pedra lascada pelo homem primitivo, com a primeira aplicação de matéria-prima (sílex) nas indústrias paleolíticas, evidenciadas nos artefatos de caça, pesca e defesa. Depois, veio a descoberta do ferro e de outros metais e, finalmente, a exploração e captação das águas, do carvão, do petróleo e do urânio e suas aplicações energéticas e industriais. Com o crescente desenvolvimento das civilizações, as necessidades da utilização desses recursos aumentam e levam à modificação da superfície do planeta e a degradação de várias regiões prejudicando a própria vida.

Buscando formas de atenuar as pressões sobre os recursos naturais e de aumentar sua durabilidade, nos últimos anos, a Organização das Nações Unidas (ONU) começou a discutir e a estudar modelos de desenvolvimento que levassem em consideração não somente questões econômicas, mas também sociais e ambientais. Depois da realização de várias conferências, destacando-se, dentre outras, a Conferência de Estocolmo (1972) e a Conferência do Rio de Janeiro (1992), a proteção e gestão do ambiente, além de terem sido reconhecidas como prioridade dos planejadores e cientistas, chamaram a atenção do público em geral. Para trabalhar a questão ambiental é necessário um entendimento melhor dos vários aspectos naturais, químicos, físicos, biológicos e geológicos que deixaram sua marca na Terra. Estas marcas ainda estão afetando a humanidade e continuarão influenciando seu futuro. Desta forma, um bom conhecimento da herança geológica é um importante fator de aproximação para a sustentabilidade.

Neste cenário de preocupação com a qualidade ambiental, a geologia ganhou novas áreas de atuação, entre as quais uma delas se refere ao reconhecimento de que o passado geológico impresso nos registros fósseis, nos minerais, no relevo e nas rochas constitui, além de um recurso econômico, um patrimônio que deve ser conservado. Dessa forma, a promoção e a conservação do patrimônio geológico entram no século XXI como um dos maiores desafios da comunidade de geociências. Isto se faz necessário uma vez que os fósseis, minerais, o relevo e as paisagens atuais são o produto e o registro da evolução do planeta ao longo do tempo e, como tal, são parte integrante do mundo natural tendo um impacto profundo na sociedade atual.

Vários países, especialmente na Europa e Ásia, vêm desenvolvendo iniciativas de conservação de suas feições geológicas mais significativas que ajudam a entender a evolução geológica e os mecanismos dos processos geológicos. As primeiras iniciativas centram maior atenção na necessidade de inventariar os sítios geológicos existentes em cada país e de promover o seu reconhecimento como patrimônio da humanidade.

De forma mais efetiva, desde o início dos anos 1990, a comunidade científica tem se mobilizado, visando a iniciativas que confirmam um tratamento especial à geoconservação, refletidas no desenvolvimento de projetos e eventos envolvendo a comunidade geológica mundial. Realizou-se, em 1991, o I Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico em Digne-les-Bains na França. O simpósio contou com a participação de especialistas de 30 países de vários continentes, que aprovaram a Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra (Anexo 1). Outros eventos importantes foram a Conferência de Malven, em 1993, e os Simpósios Internacionais II e III sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, nas cidades de Roma e Madri, respectivamente. Estes eventos contribuíram para os avanços na criação de mecanismos e metodologias internacionais eficazes na conservação do patrimônio geológico mundial destacando-se o Projeto Geosites. Em resposta a este movimento crescente de reconhecimento da necessidade de conservação do patrimônio geológico, a UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura), por meio da Divisão de Ciências da Terra, criou, no final da década de 1990, o Programa Geoparques e decidiu conferir um patrocínio não financeiro a iniciativas pontuais que se enquadrem na filosofia delineada para o Programa.

Para a criação de geoparques, a UNESCO aponta as diretrizes para o reconhecimento e conservação do patrimônio geológico, considerando o desenvolvimento de atividades compatíveis com sua proteção, dentre as quais destaca-se o geoturismo, que, para Garofano (2003), significa viajar para descobrir os lugares belos do planeta relacionados ao patrimônio geológico. Assim, a filosofia da UNESCO considera que a geoconservação não deve ser encarada somente sob a ótica geológica, mas também sob o ponto de vista de propósitos educativos e turísticos, na gestão desse patrimônio.

Como salientam Hall & McArthur (1996), um equilíbrio tem de ser atingido entre o que devem ser dois dos objetivos da gestão do patrimônio: garantir sua proteção e, ao mesmo tempo, torná-lo acessível ao grande público. Theodossiou-Drandaki (2000) compartilha desta idéia afirmando que a geoconservação só pode ser alcançada por meio da sensibilização coletiva, especialmente dos jovens, os quais, conhecendo seu patrimônio geológico local, irão apreciar seu valor e, conseqüentemente, protegê-lo. Para o autor, “sem educação não é possível a conservação”.

Neste sentido, uma das principais preocupações da geoconservação é a de tornar o patrimônio geológico acessível ao grande público, recorrendo para isso à criação de estratégias de

acesso público, dentre as quais destaca-se a interpretação. A interpretação é um processo de comunicação de significados e valores inerentes a um patrimônio, para um público em um ambiente informal e recreativo (Tilden 1957, Machlis 1992, Zuefle 1997). O objetivo da interpretação é desenvolver um senso de cuidado e responsabilidade dos visitantes em relação ao patrimônio que visitam. Dessa forma, a interpretação se caracteriza por ser uma atividade de educação patrimonial informal, que é aquela exercida em outros espaços sociais, muito variados, diferentes da sala de aula, não possuindo compromisso com a continuidade.

O valor educativo da geologia consiste no fato de o seu estudo constituir a única forma de sensibilizar as pessoas para a proteção do patrimônio geológico, levando-as à conscientização da importância da geodiversidade (Mateus 2001). A visitação a sítios geológicos pode proporcionar o encontro com a história evolutiva do planeta e, ao mesmo tempo, a descoberta de algo totalmente novo aos sentidos dos visitantes. Nestes locais, é possível o desenvolvimento de estudos científicos, da investigação minuciosa e sistemática em diversos campos do conhecimento. O turismo nestas áreas pode funcionar como opção de lazer, educação, recreação e contemplação da beleza cênica, além de promover a divulgação, proteção e conservação de forma eficiente e interessante.

O Brasil, por sua dimensão, possui uma estrutura geológica variada e distinta, mas um grande número de feições geológicas tem desaparecido em ritmo acelerado, decorrente das pressões impostas pelo desenvolvimento econômico o qual demanda uma grande quantidade de bens minerais. Assim, estão desaparecendo oportunidades para estudar a história da Terra por meio dos registros geológicos. Os locais de interesse geológico definem-se como recursos documentais de caráter cultural e científico, de conteúdo importante para o conhecimento e estudo da evolução dos processos geológicos. O desaparecimento ou tratamento inadequado deste patrimônio pode constituir um grande dano ao patrimônio cultural e científico da humanidade.

Dentre os locais de interesse geológico, destacam-se aqueles com importantes recursos minerais e que, por seus afloramentos, podem contar parte da história de evolução da Terra, como é o caso do Quadrilátero Ferrífero (QF). A escolha do Quadrilátero Ferrífero como objeto de estudo se deu por seu valor representativo para a discussão proposta pela pesquisa, por apresentar um grande valor patrimonial do ponto de vista da geologia, além de ser fonte de muitos trabalhos que variam quanto ao escopo e ao grau de detalhe. O Quadrilátero Ferrífero é campo fértil para o reconhecimento de vários aspectos científicos da geologia que podem ser utilizados com fins turísticos e conservacionistas.

Embora ainda existam remanescentes muito significativos de paisagens e ecossistemas na região, podem ser observados vários processos que contribuem para sua degradação, podendo-se destacar a ocupação desordenada, atividades não planejadas de mineradoras para exploração do minério de ferro e de outros bens minerais e o turismo predatório, que causa impactos distintos nos

locais patrimoniais acessíveis ao público: vandalismo, deteriorização, perda de integridade. Estes processos que levam à degradação do patrimônio mostram a necessidade de proteger o patrimônio geológico e desenvolver medidas que promovam a conservação desta área de modo a garantir que parte desta herança comum seja transmitida em bom estado às futuras gerações.

Neste contexto, insere-se a proposta desta tese, que é dividida em nove capítulos, usando diferentes autores para embasar as discussões. Na *Introdução* é apresentado o tema, a finalidade e os procedimentos da pesquisa. No segundo capítulo, *Panorama da Geoconservação no Mundo* é feita uma discussão sobre patrimônio geológico e geoconservação; no terceiro capítulo, é feita uma análise sobre a importância do geoturismo e da interpretação do patrimônio geológico. Esses dois capítulos têm o auxílio das reflexões de Tilden (1957), Billet (1994), Salvan (1994), Hose (1995), Wimbledon et al. (1996), Barretto (1999), Wimbledon et al. (2000), Dingwall (2000), Baretino (2000), Ayala-Carcedo (2000), Sharples (2002), Pereira (2004), Mansur & Erthal (2004), além de vários outros autores.

No capítulo 4, intitulado *A UNESCO e a Conservação do Patrimônio*, é feito um breve histórico sobre a criação da UNESCO, são apresentados seus programas de conservação do patrimônio e é feita a apresentação do Programa Geoparques bem como de suas bases filosóficas. No capítulo 5, é apresentado o Quadrilátero Ferrífero e é feita uma compilação de trabalhos em litoestratigrafia e evolução tectônica. O capítulo 6 discute a importância do Quadrilátero Ferrífero que justifica a criação de um geoparque, em especial sua importância geocológica e associada à história da mineração. Nos capítulos 7 e 8, apresenta-se um detalhamento de parte do patrimônio geológico do QF que evidencia seu potencial para criação de um geoparque da UNESCO, acompanhado de um mapa com sítios geológicos selecionados (apresentado no anexo 4). As *Considerações Finais* apresentam uma síntese final sobre as principais características do QF que justificam a criação de um geoparque da UNESCO bem como uma análise dos critérios da UNESCO e sua possível aplicação no QF.

1.2. Objetivos

Após ampla investigação sobre o assunto, acredita-se que, atualmente, no Brasil, existem poucas pesquisas que façam uma discussão teórica sobre patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo. Embora sobre o Quadrilátero Ferrífero existam pesquisas sistemáticas em várias áreas da geologia, o patrimônio geológico desta área ainda não foi estudado sob a perspectiva da geoconservação. Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal selecionar e mapear sítios geológicos representativos da história geocológica do QF, bem como da história da mineração e mostrar seu potencial para criação de um geoparque da UNESCO.

Especificamente, os objetivos do estudo são: (1) pesquisar a aplicação de modelos de geoconservação em outras partes do mundo; (2) refletir sobre políticas de proteção do patrimônio geológico e sobre outras possibilidades de uso; (3) descrever os fundamentos da geoconservação; (4) sugerir o uso alternativo dos recursos geológicos por meio da sua utilização pelo turismo (geoturismo).

Desta forma, a contribuição esperada com o desenvolvimento da pesquisa é um mapeamento de alguns sítios geológicos representativos do Quadrilátero Ferrífero e a disponibilização de um método para a conservação deste patrimônio considerando critérios, orientações e procedimentos capazes de refletir sua utilização para o turismo, pesquisa e educação. Para isto, mostra-se a importância e o potencial do Quadrilátero Ferrífero para a criação de um geoparque da UNESCO.

1.3. Procedimentos da Pesquisa

A pesquisa teve início com um levantamento bibliográfico, uma etapa importante para adquirir conhecimento teórico sobre o tema em investigação, além de permitir o descobrimento de novas idéias e métodos que conferem credibilidade ao trabalho. A pesquisa bibliográfica constou de uma revisão teórica da literatura nacional e internacional sobre patrimônio geológico, geoconservação, geoturismo, além de publicações específicas sobre os programas de conservação da UNESCO. A revisão inclui uma descrição geral dos vários conceitos de patrimônio geológico e da geoconservação, uma descrição detalhada de experiências e metodologias utilizadas nesta área, os princípios do geoturismo e sua relação com a interpretação do patrimônio, além de uma análise sobre as diretrizes e critérios da UNESCO para criação de geoparques.

Em relação à revisão de trabalhos anteriores no QF, optou-se por uma abordagem diferenciada considerando-se não somente a geologia, mas também aspectos históricos que enfatizam a importância patrimonial da área. A revisão inclui uma descrição geral do contexto geológico do QF baseada em trabalhos mais recentes e uma revisão sobre os diferentes ciclos da mineração na região incluindo principalmente o ouro e o ferro.

Uma vez definido o objeto de estudo e feita a revisão bibliográfica foi necessário escolher o instrumento de coleta de dados. No caso do levantamento do patrimônio geológico, os instrumentos mais utilizados vêm sendo o questionário e a entrevista, ambos direcionados a profissionais que tenham experiência e trabalhos publicados na área da pesquisa. Em um primeiro momento, optou-se pela utilização de questionários que foram enviados pelo correio para profissionais que desenvolveram dissertações de mestrado ou teses de doutorado no QF, ou que atuam nas empresas de mineração. Infelizmente, poucos profissionais contribuíram com o trabalho e enviaram a resposta.

Diante da baixa receptividade dos questionários, optou-se por selecionar os sítios com base nos critérios internacionais aplicáveis ao Quadrilátero Ferrífero. Para isto, definiu-se, a partir do estudo bibliográfico, que o patrimônio geológico do QF está associado principalmente à história geocológica da Terra e à história da mineração no Brasil. Os critérios de seleção consideraram então: representatividade no contexto geológico regional; potencialidade para o desenvolvimento de estudos multidisciplinares; potencialidade para o desenvolvimento de atividades educacionais, incluindo o geoturismo e pesquisa científica. No caso dos sítios associados à história geocológica considerou-se também sua aptidão para correlações globais.

Além desses critérios associados à importância patrimonial, optou-se por selecionar sítios bem descritos na literatura, com base, principalmente, na análise das descrições de Dorr (1969) e de trabalhos mais recentes nas diferentes unidades do QF. Os sítios associados à importância geocológica foram sugeridos pelo orientador, Professor Carlos Maurício Noce e pelo Professor Fernando Flecha Alkimin que participou da banca do exame qualificação. Alguns destes sítios fizeram parte do guia de campo *IGCP 509: Paleoproterozoic Supercontinents & Global Evolution: The Paleoproterozoic Record of the Craton São Francisco* organizado por Alkimin & Noce (2006). Os sítios associados à história da mineração foram sugeridos pelo Professor Friedrich Ewald Renger, que também participou como avaliador do exame de qualificação. Alguns dos sítios indicados pelos professores coincidiram com as poucas respostas obtidas pelos questionários.

O levantamento de campo foi feito principalmente no primeiro semestre de 2006, com a participação do professor orientador e, em parte, com os professores Renger e Alkmim. A etapa de campo consistiu na descrição dos sítios selecionados, posicionamento por GPS e documentação fotográfica das feições mais importantes. Para caracterizar os sítios do ponto de vista patrimonial, seguiu-se a recomendação da UNESCO e da SIGEP (Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos) incluindo: *localização, importância, descrição e medidas de proteção*. No caso dos sítios associados à história geocológica, no item *importância*, buscou-se contextualizar o sítio em relação à evolução global da Terra, mostrando seu significado em um contexto mundial; no item *descrição*, fez-se uma caracterização específica do afloramento podendo este item contemplar também dados específicos sobre o sítio ou sobre a unidade em que está inserido. No caso dos sítios associados à história da mineração, no item *importância*, considerou-se a relação do sítio com um momento histórico específico para esse contexto; no item *descrição*, fez-se uma caracterização geral do sítio em questão. Dessa forma, as descrições dos sítios resgatam, de maneira mais detalhada, o que foi discutido no capítulo 6, *Importâncias do QF para a Criação de um Geoparque da UNESCO*.

Após a realização do levantamento de campo e descrição dos sítios, foi feita sua organização espacial em um mapa síntese que ilustra o potencial do QF para criação de um geoparque da

UNESCO. Para efetuar este mapeamento, inicialmente, foi organizada a base cartográfica a partir do mapa de Dorr (1969) em escala 1:150.000 e do mapa do Projeto Rio das Velhas da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) (2000) em escala 1: 100.000. Foi realizada a conversão das coordenadas lat-long originais do mapa de Dorr (1969) para o sistema de projeção UTM (Universal Transversal Mercator), *datum* de referência SAD 69. Sobre esta base de dados constituída pelas unidades geológicas do Quadrilátero Ferrífero, foram posicionados os sítios selecionados do patrimônio geológico bem como as estradas que dão acesso a eles. Estes percursos foram obtidos por meio de levantamento de GPS, utilizando receptores Etrex da Garmim. Adicionalmente foram utilizadas as manchas urbanas das cidades inseridas no QF, representadas no Projeto Rio das Velhas da CPRM.

Finalmente, a partir dos resultados obtidos foi feita uma análise do patrimônio geológico do QF em relação aos critérios da UNESCO para a criação de geoparques que é apresentada no capítulo 9, intitulado *Considerações Finais*.

PANORAMA DA GEOCONSERVAÇÃO NO MUNDO

2.1. Patrimônio geológico

De forma geral, a palavra patrimônio está associada à herança, aquilo que é transmitido de geração para geração. Segundo Choay (2001) esta palavra foi requalificada por diversos adjetivos como genético, natural, cultural, etc. que fizeram dela um conceito nômade. Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, no dicionário da língua portuguesa, coloca como o significado de patrimônio:

Bem ou conjunto de bens culturais ou naturais, de valor reconhecido para determinada localidade, região ou país, ou para a humanidade, e que, ao tornar (em) protegido (s), como, p.ex., pelo tombamento, deve (m) ser preservado (s) para o usufruto de todos os cidadãos.

Definições e reflexões mais específicas sobre a natureza do patrimônio geológico são fornecidas por Billet (1994), Salvan (1994), Wimbledon et al. (1996), Ayala-Carcedo (2000), Theodossiou-Drandaki (2000) e Rivas et al. (2001).

Para Billet (1994), o conceito de patrimônio geológico é difícil de determinar. O autor inicia sua reflexão a partir do próprio conceito de patrimônio, como um valor coletivo, não financeiro e relacionado à memória. Chauí (1999) define memória como a evocação do passado, a sua atualização conservando na lembrança o que se foi. A memória permite evocar o passado a partir do tempo presente ou de lembrar o que já não é por meio do que é atualmente. Assim, Billet considera que o patrimônio geológico constitui os traços geológicos da história da Terra, a memória do passado do planeta Terra.

Para Theodossiou-Drandaki (2000), o patrimônio geológico consiste em lugares merecedores de conservação por razões científicas, educativas e estéticas que registram a história da Terra. Rivas et al. (2001) define patrimônio geológico como os recursos naturais não renováveis de valor científico, cultural, educativo e/ou de interesse paisagístico e recreativo, que sejam formações rochosas, estruturas, geoformas, acumulações sedimentares, ocorrências minerais, paleontológicas e outras que permitam reconhecer, estudar e interpretar a evolução da história geológica da Terra e os processos que a têm modelado.

Outros autores adotam o próprio conceito de sítios geológicos para se remeter ao conceito de patrimônio geológico. Para Salvan (1994), o patrimônio geológico é constituído de sítios de

interesse particular do ponto de vista estratigráfico ou tectônico que são definidos por seu conteúdo mineral ou fossilífero. Wimbledon et al. (1996) definem sítios geológicos, que integram o patrimônio geológico, como localidades essenciais para demonstração dos aspectos e estágios chave no desenvolvimento geológico de uma região. Segundo Ayala-Carcedo (2000), o patrimônio geológico, em senso estrito, pode ser classificado em tectônico, vulcânico, estratigráfico, geomorfológico e mineralógico. Para Soria & Meléndez (1998), embora o patrimônio paleontológico registre também a evolução do planeta, ele é, por sua própria natureza, um patrimônio fronteiro entre biológico e geológico.

Dessa forma, o patrimônio geológico, representado pelos sítios geológicos, pode ser definido como recurso documental de caráter científico, de conteúdo importante para o conhecimento e estudo da evolução dos processos geológicos e que constitui o registro da totalidade da evolução do planeta.

O patrimônio geológico é bastante vulnerável e, segundo Costa (1987), está sujeito a vários tipos de ameaças, que na sua maioria devem-se às mais diversas atividades humanas, como a implantação de infra-estruturas rodoviárias, a atividade minerária e a ocupação desordenada de áreas litorâneas. Para Salvan (1994), a principal ameaça que pesa sobre o patrimônio geológico é a falta de conhecimento sobre sua existência; apenas um reduzido círculo de especialistas tem ciência de tal patrimônio. No ensino das ciências naturais, o grande público tem, em geral, um conhecimento reduzido sobre as bases essenciais da ciência da Terra e muito pouca coisa foi feita para remediar esta situação. Em contrapartida, em outros domínios científicos, muitos esforços foram feitos para aproximar o público, como na biologia ou na astronomia. Segundo o autor, a falta de conhecimento constitui um obstáculo importante para a conservação do patrimônio geológico. Outra ameaça refere-se à alteração ou destruição dos sítios geológicos por construção de grandes obras, tais como estradas, barragens e urbanização, mas que, por outro lado, permitem o conhecimento da geologia de um local por tornarem afloramentos rochosos acessíveis.

Soma-se a esses fatores o problema, muito comum em países pouco desenvolvidos, da pirataria ou destruição para o comércio de minerais raros. O patrimônio geológico é não renovável, uma vez destruído não se regenera mais e uma parte da memória do planeta é perdida para sempre. Em face desta situação, é importante promover a geoconservação por meio de medidas administrativas e do incentivo à compreensão do público do valor do patrimônio geológico. Medidas de geoconservação estão sendo tomadas em nível mundial uma vez que, de forma gradativa, a comunidade de geociências vem tomando consciência deste problema.

2.2. Geoconservação

A proteção do patrimônio pode-se dar por meio da conservação ou da preservação. A preservação considera que, para a efetiva proteção, os patrimônios devem ser mantidos intactos, sem quaisquer modificações, intocados. Para Barretto (1999), a preservação como forma de proteção pode levar à destruição do patrimônio por falta de condições financeiras para obras de restauro ou de simples manutenção. A conservação compreende que os patrimônios passem por mudanças, já que representam o testemunho de uma determinada época e se adaptam com o passar do tempo.

Em se tratando do patrimônio geológico, que é classificado como patrimônio natural, a idéia de preservação não cabe, já que este tipo de patrimônio está sujeito à dinâmica natural que leva à sua constante modificação. A forma de proteção indicada para os patrimônios naturais, incluindo o geológico, é a conservação que, para Pellegrini (2000):

Dá aos bens naturais e culturais uma função conveniente, com soluções adequadas implicando o uso adequado de atrativos da natureza e da cultura, porém, evitando-se ou minimizando-se o prejuízo a eles ou sua perda.

O conceito de conservação da natureza tem evoluído ao longo dos tempos. Segundo Thomas (1988), no século XVIII, a “civilização humana” era uma expressão sinônima de conquista da natureza. O mundo ocidental, especialmente a Inglaterra, caracterizava-se por sua alta dependência dos recursos naturais, fosse para o trabalho, o alimento, o vestuário ou o transporte. A valorização, nessa época, era a de um ambiente natural domesticado e dominado pelo homem.

Essa desvalorização do ambiente natural foi sendo gradualmente minada por uma série de processos que tiveram início a partir do século XIX, com o desenvolvimento da história natural que desencadeou o estudo científico dos animais e da vegetação. Todavia, o processo foi bastante gradual. No início do período moderno, mesmo os naturalistas viam o mundo sob uma perspectiva essencialmente humana e tendiam a classificá-lo menos com base em suas qualidades intrínsecas que na sua relação com o homem (Thomas 1988).

O período da Revolução Industrial assistiu a uma série de mudanças na forma como os homens percebiam o ambiente natural à sua volta. Os desenvolvimentos materiais ocasionados pela Revolução Industrial viabilizaram uma exploração muito mais radical dos recursos naturais originando uma atitude de valorização da natureza selvagem como lugar de reflexão e de isolamento espiritual. Neste contexto, as grandes cordilheiras, como os Alpes, passaram de lugares “ameaçadores”, utilizados apenas como rotas de passagem, para lugares atrativos, de contemplação

da beleza cênica. Nesta valorização do ambiente natural e selvagem, é preciso ressaltar, como faz Corbin (1984), o papel dos escritores românticos que fizeram da natureza selvagem o lugar da descoberta da alma humana, do imaginário, do paraíso perdido, da inocência infantil, do refúgio e da intimidade.

Segundo Lebreton (1971) e Diegues (2001), é na segunda metade do século XIX que surge o conceito de proteção da natureza ligado mais a valores estéticos do que a valores científicos. Nesta perspectiva, insere-se o conceito de Parque Nacional como área natural, selvagem, originário dos EUA. A noção de “*wilderness*” (vida natural/selvagem), subjacente à criação dos parques, no final do século XIX, era a de grandes áreas não-habitadas, principalmente após o extermínio dos índios e a expansão da fronteira para o oeste. A criação do Parque Nacional de Yellowstone é um marco do início do desenvolvimento de uma política de proteção dos recursos naturais.

Posteriormente, a idéia de criação de parques se estendeu a vários países, entre eles Canadá (1885), Nova Zelândia (1894), Austrália e África do Sul (1898), México (1898), Argentina (1903), Chile (1926), Equador (1934), Venezuela e Brasil (1937), entre outros. Nestes países foram adotados sistemas próprios de áreas protegidas que são entendidas como porções de um determinado território, limitadas e legalmente instituídas pelo poder público, criadas para proteger tanto o patrimônio natural como o cultural.

Embora o patrimônio geológico faça parte dos símbolos mais familiares associados a áreas protegidas, como no Parque Nacional de Yellowstone (EUA) e no Parque Nacional de Banff (Canadá), que centram sua atenção nos fenômenos geotérmicos, segundo Gonggrijp (2000), a geoconservação é um dos aspectos mais recentes da conservação da natureza e da paisagem. Outros autores como Antunes (1987), Henriques (1998) e Oliveira (2000) compartilham da mesma opinião. Para estes autores, além de pouco numerosas, as áreas protegidas de interesse predominantemente geológico são pouco variadas, o que contrasta com a elevada diversidade e interesse dos aspectos geológicos mundiais.

Na maioria dos países, no contexto das legislações existentes sobre a conservação de áreas protegidas, as referências diretas sobre a proteção do patrimônio geológico aparecem de forma implícita, com denominações como recursos naturais, paisagem e ecossistemas. A ocorrência de valores geológicos enquadrados em áreas protegidas, freqüentemente, é uma mera coincidência. No Brasil, os fenômenos geológicos têm sido protegidos de forma casual, entre os valores biológicos, estéticos e culturais, em vez de serem por seus próprios valores científicos.

No entanto, na medida em que a comunidade de geociências reconhece, de forma explícita, a necessidade de garantir a salvaguarda dos elementos notáveis do patrimônio geológico, esse quadro tende a alterar-se, sendo desenvolvidas medidas específicas de geoconservação em todas as partes do mundo. Segundo Dixon et al. (1997) e Sharples (2002), a geoconservação reconhece que, no

processo de conservação da natureza, o componente abiótico é tão importante quanto o componente biótico e que ambos necessitam igualmente ser protegidos de forma adequada.

Para Pereira (2004), o conhecimento cada vez mais profundo da complexidade do funcionamento e auto-regulação dos ecossistemas teve como consequência um interesse crescente pelos fatores abióticos, repondo a sua importância como peça fundamental na evolução biológica. Para o autor, isto justifica o interesse crescente pelo passado geológico, no sentido de compreender de que forma reagiram os ecossistemas às alterações ambientais. Estas relações procuram-se na memória geológica impressa no registro geológico, que pode ser abordado sob inúmeros aspectos.

Além de seu valor como base e suporte para os aspectos biológicos, culturais e históricos, a geoconservação tem também um valor em si mesma, como forma de proteção das fontes de informação sobre a história geológica da Terra. A importância da geoconservação é ainda maior se considerarmos que as estruturas geológicas são geradas por processos cuja escala temporal é, de um modo geral, de milhões ou bilhões de anos.

Para Sharples (2002), os principais objetivos da geoconservação são: (1) conservar e assegurar a manutenção da geodiversidade; (2) proteger e manter a integridade dos locais com relevância em termos de geoconservação; (3) minimizar os impactos adversos dos locais importantes em termos de geoconservação; (4) interpretar a geodiversidade para os visitantes de áreas protegidas e; (5) contribuir para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos dependentes da geodiversidade.

A geodiversidade refere-se à variação litológica das rochas, à disposição destas em afloramentos representando a sucessão de paleoambientes, à diversidade dos solos e a todos os processos geológicos que modelam a crosta terrestre. O conceito de geodiversidade abrange vários elementos e processos que, em seu conjunto, constituem geotopos, áreas delimitadas com base em determinadas características ou processos geológicos (Nordic Council of Ministers 2000). A Associação Européia para Conservação do Patrimônio (Progeo), define geodiversidade como “a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos geradores de paisagens (relevo), rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que constituem a base para a vida na Terra”.

Para Sharples (2002), a conservação da geodiversidade é importante por ela apresentar valores que podem ser agrupados em três categorias: (1) valores intrínsecos ou de existência; (2) valores ecológicos; e (3) valores patrimoniais. O valor intrínseco significa que um determinado patrimônio geológico possui um valor que, por si só, justifica a sua conservação e a manutenção da sua integridade. O valor ecológico está relacionado, segundo Pereira (2004), à importância da geodiversidade para a manutenção dos processos biológicos que dela dependem. O valor

patrimonial relaciona-se à necessidade de conservar qualquer tipo de patrimônio, incluindo o geológico, para usufruto da humanidade.

A geoconservação é uma responsabilidade internacional. Os lugares de interesse geológico não estão confinados por limites nacionais, a geologia e suas paisagens associadas cruzam limites. A valorização dos bens naturais e culturais é importante para a manutenção de identidades específicas, que garantam às pessoas a referência do seu lugar. O patrimônio geológico guarda os mecanismos para entender o passado da Terra. O interesse crescente por um maior reconhecimento da importância da geoconservação em nível mundial, se traduz em um notável incremento do uso dos mecanismos internacionais de proteção existentes e no desenvolvimento de novos instrumentos dirigidos diretamente à promoção de lugares relevantes do ponto de vista geológico. Experiências de geoconservação acontecem em vários países, incluindo, dentre outros, Grã-Bretanha, Portugal, França, Espanha, Itália, Alemanha, Austrália, Nova Zelândia, China, Malásia, Colômbia e Brasil.

2.3. Experiências de geoconservação

2.3.1. GRÃ-BRETANHA

A Grã-Bretanha foi um dos países pioneiros em iniciativas de geoconservação. Estas tiveram início, em 1944, com a criação do sub-comitê de Reservas Geológicas do Comitê de Investigação de Reservas Naturais (NRIC). Segundo Wimbledon et al. (1996), o trabalho começou com um inventário de 390 localidades relacionadas ao patrimônio geológico da Grã-Bretanha, dividido em quatro categorias: (1) áreas de conservação; (2) monumentos geológicos; (3) seções controladas; e (4) seções registradas.

As áreas de conservação incluem localidades e paisagens naturais em grande escala com processos ativos; os monumentos geológicos incluem aspectos visuais em menor escala; as seções controladas referem-se às exposições rochosas, especialmente seções estratigráficas importantes para atividades científicas; e, nas seções registradas, estão as pedreiras que já foram exploradas. Nesta primeira tentativa de estabelecer uma metodologia de conservação do patrimônio geológico, o sub-comitê contou com a colaboração de 45 especialistas. Nenhuma das categorias criadas foi adotada posteriormente na legislação existente sobre o tema, mas, segundo os autores, quase todas se tornaram Localidades de Especial Interesse Científico (SSSI).

Os trabalhos pioneiros do NRIC foram importantes na formação de uma base de localidades significativas das ciências da Terra, além de estabelecerem os primeiros métodos racionais de seleção. As maiores falhas da NRIC se relacionam à falta de uma tentativa de comparação entre localidades e à falta de um critério de representatividade que orientasse a escolha das localidades.

Na década de 1950 o geólogo Dr. W. Macfadien da Nature Conservancy procurou sanar estas deficiências. Na mesma época, foi elaborada uma definição das localidades da Escócia iniciada pelo Professor J.G. Anderson, que compilou uma lista de 59 propostas de geólogos com trabalhos desenvolvidos na área.

Segundo Wimbledon et al. (1996), esse tipo de abordagem, considerando a opinião de especialistas nas mais diversas áreas da geologia, caracterizou a maioria das tentativas de cobrir áreas de interesse para conservação até os anos 60. Entre os anos de 1960 e 1975, tentou-se sistematizar as localidades selecionadas por interesse, considerando a coluna do tempo geológico. A partir de então, a metodologia vem evoluindo naturalmente das tentativas iniciais de revisar as localidades geológicas de interesse para conservação.

2.3.2. PORTUGAL

Em Portugal, o início do inventário do patrimônio geológico deu-se com a elaboração, por parte da Associação Portuguesa e da Liga para a Proteção da Natureza, do projeto “Patrimônio Geológico de Excepcional Interesse de Portugal”. Segundo Costa (1987), o projeto teve, como principal objetivo, reunir informações dispersas por Serviços Centrais e Universidades, tratando-as de forma coerente e visando a propostas de classificação. O trabalho foi levado adiante pelo Instituto da Conservação da Natureza (ICN) que, em colaboração com o Instituto Geológico e Mineiro (IGM), iniciou a divulgação do patrimônio geológico que ocorre em espaços protegidos.

Segundo Brilha (2005), a partir de 2002, a Progeo-Portugal, buscando organizar o conhecimento disponível sobre o patrimônio geológico de Portugal, definiu catorze categorias temáticas de âmbito internacional, representativas da rica geodiversidade daquele País: (1) província metalogenética W-Sn Ibérica; (2) bacias terciárias da margem ocidental ibérica; (3) costas baixas de Portugal; (4) dinossauros da Ibéria ocidental; (5) fósseis ordovicianos do anticlinal de Valongo; (6) faixa pirítica ibérica; (7) mármore paleozóicos da zona sul portuguesa; (8) mesoceno do Algarve; (9) arquipélago da Açores; (10) o siluriano da zona da ossa morena; (11) rede fluvial, rañas e paisagens de tipo Apalachiano do Maciço Hespérico; (12) registro jurássico na bacia Lusitânica; (13) sistemas cársticos; (14) zona de cisalhamento Varisco. Aproveitando esta mesma filosofia, Pereira et al. (2004) apresentaram uma proposta para definição de categorias geomorfológicas: (1) geoformas graníticas; (2) geoformas carbonatadas e evaporíticas; (3) geoformas vulcânicas; (4) geoformas residuais; (5) geoformas tectônicas; (6) geoformas fluviais; (7) geoformas litorâneas; (8) geoformas glaciais e periglaciais; (9) paisagens culturais.

Portugal apresenta também iniciativas na área educativa em relação à geoconservação com destaque para as atividades do Programa Ciência Viva “Geologia no Verão” que, desde 1998,

contribui para a divulgação das Geociências e do patrimônio geológico português (Agência Nacional para Cultura Científica e Tecnológica 2003). Segundo Barbosa et al. (1999), este projeto veio demonstrar como a geologia pode entusiasmar os leigos, interessados em entender a ligação desta disciplina com as formas que caracterizam as paisagens na superfície da crosta; quais os processos geológicos responsáveis pela gênese dessas formas e quais as estruturas geológicas que lhes dão suporte: verificar e compreender os vestígios das geleiras do passado geológico próximo; as implicações da expansão urbana e industrial *versus* preservação das substâncias minerais úteis e dos aquíferos subterrâneos; os impactos paisagísticos e ambientais criados pelas cicatrizes de exploração de pedreiras, pelo traçado de grandes vias de comunicação em áreas de paisagens protegidas, etc. Para os autores, esta iniciativa é de grande importância para a conscientização da proteção de diferentes locais de interesse geológico.

Pereira (2004) salienta ainda a realização de vários seminários e congressos que abordam a questão do patrimônio geológico, entre os quais destacam-se: o V Congresso Nacional de Geologia, em 1998, no Porto; o I Seminário sobre Patrimônio Geológico Português, em 1999, em Lisboa; o I Congresso Ibérico de Paleontologia, em 2000, em Évora; o Congresso Internacional sobre Patrimônio Geológico e Mineiro, em 2001, em Beja; e o VI Congresso Nacional de Geologia, em 2003, em Monte de Caparica, que contou com um número significativo de comunicações dedicadas ao patrimônio geológico.

Brilha (2005) levanta a produção científica de Portugal sobre geoconservação nos âmbitos de Programa de Pós-Graduação: Branco (1996) apresenta uma proposta de interpretação do patrimônio geológico do Parque Natural do Alvão; Lima (1997) definiu locais de interesse geológico na região do Minho e propõe itinerários educativos; Oliveira (2000) apresenta o potencial pedagógico do patrimônio geológico nas regiões de Anca e do Cabo Mondego; Coelho (2003) caracteriza os sítios geológicos do Parque Natural de Serras de Aire e Candeeiros e apresenta propostas para seu aproveitamento pedagógico; Pereira (2004) apresenta uma metodologia para quantificação do valor econômico da jazida de Cacela (Algarve); Ferraz (2004) propõe o aproveitamento pedagógico do Parque Paleozóico de Valongo.

2.3.3. FRANÇA

Segundo Billet (1994), na França, não existe, propriamente dito, o direito de proteção específico do patrimônio geológico, embora algumas leis se remetam ao patrimônio geológico de forma indireta. Em 1913, foi criada uma lei para proteger monumentos históricos que incluíam cavernas com ocupação pré-histórica e minas antigas com elementos de valores históricos. Em

1930, criou-se a lei de proteção dos monumentos naturais ou sítios de caráter científico, permitindo a salvaguarda de sítios geomorfológicos, blocos erráticos e cavernas por qualidade estética.

Para Billet (1994), a proteção mais concreta vem da lei de 10/07/1976 relativa à proteção da natureza. O artigo 17 desta lei prevê que as partes dos territórios de uma ou mais comunidades podem ser classificadas como Reservas Naturais quando sua conservação apresentar uma grande particularidade. A lei proíbe qualquer modificação, a fim de preservar o interesse científico dos sítios; no entanto, os fósseis e minerais não são protegidos por seu próprio valor e sim como componentes dos lugares.

Nos últimos anos o interesse pela geoconservação continuou, mas com iniciativas locais. Billet acredita que existe a necessidade de criação de uma legislação específica que considere a diversidade deste patrimônio e os problemas relacionados a ele. Afirma ainda a importância de se definir uma lista de espécies minerais e fósseis dignos de proteção. Outros aspectos a serem considerados são: o controle dos circuitos comerciais de pirataria dos recursos geológicos e a proteção das grutas. Salvan (1994) reforça estas idéias considerando essencial recorrer a medidas administrativas para focalizar zonas protegidas e acesso restrito aos sítios geológicos regulamentados. Para o autor, é importante ainda a promoção da herança geológica para o grande público utilizando técnicas que expliquem o significado do patrimônio geológico.

2.3.4. *ESPAÑA*

A Espanha iniciou seu Inventário Nacional de Pontos de Interesse Geológico, em 1978: uma iniciativa do Instituto Tecnológico Geominero (ITGE). Segundo Elizaga (1988), o inventário foi dividido em quatro fases. Inicialmente, foi feita uma revisão e análise documental em nível nacional e internacional, seguida pela elaboração de fichas de dados e divisão do território espanhol em unidades geológicas que permitiram a definição de 100 pontos de interesse nacional.

A segunda etapa do inventário nacional acontece desde 1989 e, segundo Cortés et al. (2000), cobriu aproximadamente 20% do território. Para os autores, algumas críticas devem ser feitas em relação ao uso desta metodologia, como a falta de critérios claros de valoração dos pontos de interesse geológico que permitam sistematizar e homogeneizar ao máximo a seleção dos pontos. Outro aspecto apontado é a confusão existente em relação à definição dos tipos de interesse em função do seu uso. A classificação dos sítios em relação aos tipos de uso: turístico, didático, científico e econômico é feita sem uma definição clara do significado de cada uma destas tipologias.

O patrimônio geológico espanhol está protegido em alguns marcos legais. Segundo Baretino (2000), a Lei de Conservação dos Espaços Naturais e de Fauna e Flora Silvestre de 27 de

março de 1989 define, em seus artigos 13 e 16, as figuras de parque e monumento natural, respectivamente, existindo em ambos os casos referenciais explícitos a valores geológicos.

2.3.5. *ITÁLIA*

Na Itália, as regulamentações para proteção do patrimônio geológico são feitas por órgãos distintos, destacando-se o Ministério do Meio Ambiente, o Ministério de Patrimônio Ambiental e Cultural, a Supervisão Arqueológica e as Administrações Sociais. Segundo D'Andréa & Zarlenga (2000), existem leis nacionais que consideram a proteção do patrimônio geológico. Uma das mais recentes é a Lei de 08 de agosto de 1985, que dispõe sobre a conservação de áreas de valor ambiental especial, permitindo proteger alguns lugares de interesse geológico como geleiras e vulcões.

Outra lei que se destaca é a de 06 de dezembro de 1991, que cria o papel de áreas naturais protegidas. No artigo 1º são definidos como recursos naturais “formações físicas, geológicas, geomorfológicas e biológicas, de maneira singular como um grupo que tem um valor natural e ambiental considerável”. A lei trata ainda sobre as formas de valorar e conservar estes recursos. Os autores também consideram que esta lei dá competência a algumas regiões - como Emila Romagna, Campania, Cardeña, Abruzos, Sicília e Bolzano, entre outras - para criarem parques regionais e reservas naturais.

Considerando um inventário nacional de lugares de interesse geológico e a proteção destes lugares com risco de destruição, D'Andréa & Zarlenga (2000) afirmam a necessidade da criação de uma nova Lei sobre a geoconservação.

2.3.6. *ALEMANHA*

A Alemanha possui uma grande diversidade de paisagens e variedade natural e, segundo Megerle (2005), nesse País, está o sítio geológico mais antigo em termos de proteção - o Drachenfels - a Montanha do Dragão. O sítio consiste de uma antiga cratera vulcânica que estava ameaçada por atividades minerárias e teve sua proteção estipulada em 1836. Para Megerle, a consciência para a real necessidade de proteção do patrimônio geológico tornou-se mais evidente na década de 1990, com o estabelecimento de alguns programas de divulgação do patrimônio geológico e do desenvolvimento de instrumentos para sua proteção legal.

O primeiro geoparque alemão - Gerolstein - foi criado, em 1994, em uma rica área vulcânica, sendo o primeiro a participar do European Geoparque Network. Posteriormente, a área do geoparque incorporou regiões adjacentes, passando a ser denominado Geoparque Vulcaneifel,

reconhecido pelo Programa Geoparques da UNESCO. Atualmente, existem os seguintes Geoparques na Alemanha: Mecklenburgische Eiszeitlandschaft; Brauns-Chweiger Land; Schwabische Alb; Bergstrasse-Odenwald. Nos geoparques alemães, o geoturismo é visto como parte de um manejo holístico considerando a inter-relação do patrimônio geológico com o patrimônio cultural e com o patrimônio biológico.

2.3.7. *NOVA ZELÂNDIA E AUSTRÁLIA*

Na Nova Zelândia, as iniciativas para conservar locais de interesse geológico começaram na década de 1980, quando a Sociedade Geológica compilou uma lista do rico e diverso patrimônio geológico daquele país (Komoo 2005). Subseqüentemente, o Departamento de Conservação realizou um inventário com o reconhecimento de 2500 Locais de Interesse Científico Especial (SSSI) o qual representa uma base para a proteção do patrimônio geológico.

Na Austrália, as iniciativas mais avançadas de geoconservação são desenvolvidas na Tasmânia. O documento “Estratégia de Conservação da Natureza” afirma que “as feições e processos não vivos – tais como as rochas, os fósseis, paisagens, solos e água – são fundamentais aos nossos sistemas naturais e necessitam ser conservados da mesma maneira que os elementos vivos” (Komoo 2005).

2.3.8. *CHINA E MALÁSIA*

A maioria dos locais do geopatrimônio na Ásia não foram identificados nem foram avaliados em termos de seu valor, não sendo, conseqüentemente, possível efetuar sua conservação. Os esforços nacionais incluem iniciativas na China e na Malásia.

A China tem iniciativas sistemáticas para conservação do patrimônio geológico sendo que até 2005 tinha 12 geoparques reconhecidos pela UNESCO. Komoo (2005) afirma que estas iniciativas tiveram início em 1985, com o estabelecimento de reservas naturais geológicas e com o desenvolvimento de instrumentos legais de geoconservação. A China, desde então, estabeleceu formalmente 85 Geoparques Nacionais representativos de sua geodiversidade.

Na Malásia, a necessidade de proteção dos monumentos geológicos e paisagens já haviam sido enfocadas entre 1976 e 1980. Porém, os esforços sistemáticos se tornaram mais efetivos em 1996, com o estabelecimento do Grupo do Patrimônio Geológico (GHG). Segundo Komoo (2005), o grupo foi designado em 1996, para estudar os recursos geológicos e sua possível utilização pelo turismo e, em 1999, para estudar outras medidas de geoconservação. O principal objetivo destes

trabalhos foi a identificação do patrimônio geológico em todo o País e a promoção do aumento da consciência pública sobre a importância deste patrimônio.

Nos outros países da Ásia, a preocupação com a conservação do patrimônio geológico é relativamente baixa e as atividades de geoconservação são tratadas em conjunto com a proteção de outros patrimônios naturais.

2.3.9. COLÔMBIA

Segundo Ruiz-Bedoya (1994), na Colômbia, não existe uma legislação que dispõe de forma específica sobre a proteção do patrimônio geológico. Para o autor, o patrimônio colombiano pode ser dividido em quatro categorias: superexplorado, de acesso muito difícil ou impossível, efêmero ou de utilização imediata e protegido.

Na categoria “superexplorado”, estão os sítios geológicos clássicos e que são próximos a localidades turísticas. Destaca-se a Vila de Leiva, um dos grandes sítios de interesse geológico e turístico da Colômbia, a 200 km ao norte de Bogotá. Na categoria “acesso difícil ou impossível”, estão as regiões inexploradas pelos geólogos, somente conhecidas por imagem de satélite e os territórios afetados por problemas de ordem pública como, por exemplo, territórios ocupados por comunidades indígenas, grupos de guerrilheiros ou sob controle militar. Na categoria “efêmeros”, estão os locais de interesse geológico descobertos quando da exploração de minas ou de fenômenos naturais acidentais como, por exemplo, deslizamentos de terra. Na categoria “protegidos”, só existem sítios protegidos *in situ* em nível municipal.

Ruiz-Bedoya acredita ser necessário a criação de um órgão, constituído por profissionais da geologia, para proteção do patrimônio geológico, além da elaboração de um inventário nacional dos sítios de interesse geológico e de uma campanha educativa para tomada de consciência sobre conceito e a importância do patrimônio geológico. Na Tabela 2.1 é apresentada uma síntese das classificações do patrimônio geológico adotadas em alguns países.

País	Critério adotado	Classificação
Grã-Bretanha	escala de ocorrência	<ul style="list-style-type: none"> • áreas de conservação • monumentos geológicos • seções controladas • seções registradas
Espanha	atividade destinada	<ul style="list-style-type: none"> • turístico • didático • científico • econômico
Colômbia	nível de uso	<ul style="list-style-type: none"> • superexplorado • acesso muito difícil ou impossível • efêmero ou de utilização imediata • protegido

Tabela 2.1- Diferentes critérios de classificação do patrimônio geológico

2.3.10. BRASIL

No Brasil, preocupações com a proteção do patrimônio geológico estão expressas no Artigo 4º da Lei de número 9.985 de 2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O referido artigo coloca em seu inciso VII como um dos objetivos do SNUC “proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural”. No entanto, de forma mais específica, o reconhecimento do patrimônio geológico teve início com a criação da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP, em março de 1997. Entre as diversas instituições que apóiam a SIGEP, estão a Academia Brasileira de Ciências - ABC, a Associação Brasileira para Estudos do Quaternário - ABEQUA, o

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN, o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, a Sociedade Brasileira de Espeleologia - SBE, a Sociedade Brasileira de Geologia - SBG e a Sociedade Brasileira de Paleontologia - SBP. Em 2002, a SIGEP lançou um livro com a descrição de 58 sítios geológicos do Brasil. No momento, a SIGEP está em fase de editoração do segundo volume.

No XLII Congresso Brasileiro de Geologia, realizado em outubro de 2004, na cidade de Araxá/MG, ocorreram dois simpósios que abordaram os temas geoturismo, geodiversidade e geoconservação: “Desenvolvimento Sustentável, Geologia e Turismo” e “Monumentos Geológicos”. Em dezembro de 2004, foi criado pelo geólogo Marcos Antônio Leite do Nascimento um grupo de discussão na Internet baseado no Yahoo Grupos, atualmente com 95 participantes de várias regiões do Brasil, com a finalidade de levantar informações e discutir as temáticas geoturismo, geodiversidade e geoconservação.

Mais recentemente, no XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, em setembro de 2006, na cidade de Aracaju/SE, ocorreu um simpósio intitulado “Geoconservação e Geoturismo: uma nova perspectiva para o patrimônio natural”. Neste evento, foram apresentados 41 trabalhos dando um panorama da situação atual a cerca das atividades relacionadas com a geoconservação e o geoturismo no Brasil. Um dos principais resultados do congresso foi a elaboração e a aprovação, por unanimidade, pela Assembléia da Sociedade Brasileira de Geologia (SBG), da Geocarta de Aracaju, primeira declaração sobre o tema geoconservação e afins feita fora da Europa (Anexo 2). Também neste ano foi reconhecido o primeiro geoparque do Brasil na Chapada do Araripe.

O desenvolvimento de projetos em conservação do patrimônio geológico abre uma nova frente de atuação, ligada ao geoturismo, para os geólogos. No entanto, no Brasil, as iniciativas de geoconservação estão tendo início ainda de forma isolada e pouco articulada. Alguns projetos consideram o geoturismo no seu real significado incluindo a interpretação do patrimônio, mas faltam quaisquer considerações teóricas sobre o uso destes termos. Acredita-se que a tendência seja uma evolução no uso de metodologias na medida em que os trabalhos nesta área forem desenvolvidos no âmbito da academia em teses de doutorado e dissertações de mestrado.

Além do desenvolvimento de metodologias e legislação específica para a geoconservação, um outro aspecto importante é desenvolvimento de atividades compatíveis com a proteção do patrimônio geológico. Neste sentido, destaca-se o geoturismo, que tem um grande potencial para a conservação do patrimônio geológico por meio de atividades de educação e proteção patrimonial.

GEOTURISMO E INTERPRETAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

Acredita-se que a atividade turística, se bem planejada e direcionada, possa contribuir para a proteção do patrimônio, uma vez que esta atividade depende de atrativos bem conservados. A contribuição do turismo para a proteção do patrimônio pode acontecer por meio da sensibilização do turista em relação à importância dos atrativos que visita.

Várias definições são fornecidas para turismo, sendo que as primeiras delas relacionam o turismo apenas à economia. Esta abordagem reducionista, atualmente, dá lugar a um contexto mais abrangente, relacionando o turismo também aos aspectos social, cultural e ambiental. Neste contexto, o conceito de turismo baseia-se na noção de sustentabilidade, uma busca de equilíbrio entre o desenvolvimento econômico (visão inicial de turismo), a preservação das culturas locais e a preservação do ambiente (visão atual de turismo).

Segundo Barretto (1999), Schurllern foi quem primeiro definiu turismo, em 1911, como “os processos, especialmente os econômicos, que se manifestam na chegada, na permanência e na saída de um determinado município, país ou estado”. Este conceito relaciona-se à visão reducionista, ao considerar o turismo apenas do ponto de vista econômico.

Em 1992, no México, De La Torre utiliza um conceito mais amplo de turismo enfocando, além da sua importância econômica, sua importância social e cultural:

Um fenômeno social que consiste no deslocamento voluntário e temporário de indivíduos ou grupos de pessoas que, fundamentalmente por motivos de recreação, descanso, cultural ou saúde, saem do seu local de residência habitual para outro, no qual não exercem nenhuma atividade lucrativa nem remunerada, gerando múltiplas inter-relações de importância social, econômica e cultural.

A Organização Mundial do Turismo (OMT) define turismo como:

As atividades que as pessoas realizam durante suas viagens e estadas em lugares diferentes ao seu entorno habitual, por um período consecutivo inferior a um ano, com finalidade de lazer, negócios ou outras.

Para as pessoas se deslocarem de seu entorno habitual, precisam de motivação, de atrativos que despertem seu interesse. Os atrativos turísticos são definidos por Beni (1998) como: “elementos passíveis de provocar deslocamentos de pessoas, e que integram o marco geográfico-ecológico-cultural de um lugar, podendo, por sua origem, ser subdivididos em naturais e culturais”.

Atualmente, os elementos passíveis de provocar deslocamentos de pessoas são muito variados, o que tem levado a uma segmentação da atividade turística em relação à motivação, criando termos específicos para designar determinados tipos de turismo relacionados a atrativos ou a um público específico. Em relação à segmentação por público específico, podemos citar o turismo de negócios, o turismo pedagógico e o turismo de terceira idade; e, em relação à segmentação por atrativos podemos citar o ecoturismo, turismo rural, turismo cultural e geoturismo.

O termo geoturismo passou a ser comumente utilizado a partir de meados da década de 1990 e uma primeira definição amplamente divulgada apareceu em uma revista profissional de interpretação como:

A provisão de serviços e facilidades interpretativas que permitam aos turistas adquirirem conhecimento e entendimento da geologia e geomorfologia de um sítio (incluindo sua contribuição para o desenvolvimento das ciências da Terra) além de mera apreciação estética (Hose 1995).

Em 2000, o autor faz uma revisão no conceito de geoturismo e acha mais adequado utilizar o termo para designar:

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

Os conceitos fornecidos por Hose para geoturismo consideram a interpretação como forma de sensibilizar o visitante sobre a importância e a necessidade de conservar o patrimônio geológico. A sensibilização do turista como mecanismo para promover a geoconservação é também enfatizada por Salvan (1994), Theodossiou-Drandaki (2000) e Sharples (2002), dentre outros.

O geoturismo pode ser entendido como um segmento da atividade turística que tem o patrimônio geológico como seu principal atrativo e busca sua proteção por meio da conservação de seus recursos e da sensibilização do turista, utilizando para isto, a interpretação deste patrimônio tornando-o acessível ao público leigo, além de promover sua divulgação e o desenvolvimento das ciências da Terra. A interpretação é um componente essencial do geoturismo, pois é ela que encoraja o turista a contribuir para a geoconservação, o que está refletido nas palavras de Tilden

(1957), “através da interpretação a compreensão, através da compreensão a apreciação, através da apreciação a proteção”.

A interpretação como prática já existe desde 1919, tendo início com visitas guiadas nos parques norte-americanos por historiadores, arqueólogos, biólogos, geógrafos, geólogos, dentre outros, que explicavam aos visitantes as características dos lugares visitados. Porém, a primeira definição formalizada de interpretação foi dada por Tilden, em 1957, na publicação do livro “*Interpreting our Heritage*” como:

Uma atividade educativa que objetiva revelar significados e as relações existentes no ambiente, por meio de objetos e experiências, com a utilização de meios ilustrativos, em vez de comunicar informações e fatos.

Os meios ilustrativos a que se refere o autor são os denominados meios interpretativos que se relacionam às maneiras de apresentar as informações podendo ser, dentre outros: publicações, interpretação ao vivo ou pessoal e espetáculos de luz e som. As publicações representam textos apresentados em *folders*, guias, roteiros, placas ou painéis. A interpretação ao vivo é realizada por uma pessoa ou grupo de pessoas que explicam o significado do lugar visitado - este meio de interpretação é o mesmo utilizado pelas primeiras atividades interpretativas nos parques norte-americanos. Os espetáculos de luz e som fazem parte dos programas de multimídia e são bastante sofisticados. Outros meios interpretativos são as interpretações auditivas e os objetos e documentos fixos e protegidos. Para Magalhães-Gomes (2004), o uso da interpretação, além de promover a conservação do patrimônio, valoriza os atrativos turísticos por meio da informação acessível.

Programas interpretativos podem ser desenvolvidos em qualquer lugar onde exista a presença do patrimônio: museus, zoológicos, centros históricos, unidades de conservação e parques temáticos. Nestes programas, os visitantes recebem informações sobre o patrimônio e reagem a elas de forma própria, livre. Devido a esta característica única, os programas interpretativos incorporam várias técnicas artísticas - os meios de interpretação, que levam pessoas com diferentes níveis de interesse a entender relações ecológicas, culturais e o valor do patrimônio.

Aldridge (1973) define interpretação como:

A arte de explicar ao homem o seu lugar no meio ambiente, com a finalidade de aguçar a consciência do visitante sobre a importância dessa interação e despertar nele um desejo de contribuir para a conservação do meio ambiente.

Para Ham (1992), a interpretação envolve a tradução da linguagem técnica de uma ciência natural ou campo relacionado em termos de idéias, de modo que pessoas que não são cientistas

possam prontamente entender. E isto envolve fazê-lo de um modo que seja divertido e interessante para essas pessoas.

Uma definição interessante do ponto de vista do patrimônio geológico é fornecida, em 1999, por uma associação espanhola, *Asociación para la Interpretación del Patrimonio* (AIP), que entende interpretação como “a arte de revelar *in situ* o significado do legado natural, cultural ou histórico, ao público que visita estes lugares em seu tempo livre”.

Devido à natureza do patrimônio geológico, esta última definição é a mais apropriada, uma vez que, além de considerar a tradução da linguagem científica para a linguagem comum das pessoas, afirma que esta atividade deve acontecer *in situ*. Theodossiou-Drandaki (2000) compartilha desta idéia afirmando que, a história da Terra não deve ser aprendida unicamente a partir de informações de segunda mão (documentos e museus), mas também a partir de evidências reais *in situ*. No entanto, é importante salientar que a interpretação do patrimônio geológico pode ocorrer também fora do campo, em museus ou centros de visitantes.

Assim, o geoturismo desempenha um papel fundamental no processo de implementação prática da geoconservação por meio da interpretação, uma vez que contribui para a divulgação e compreensão da importância do patrimônio geológico por parte da opinião pública. Isto vai ao encontro de um dos principais papéis da interpretação que, segundo Aldridge (1973), é “assistir a conservação, que em si mesma tem como alvo garantir que futuras gerações serão capazes de apreciar o patrimônio de uma nação”.

Murta & Goodey (1995) afirmam que um dos principais objetivos da interpretação é “conectar as pessoas com o lugar”, o que faz com que esta atividade cumpra uma dupla função de valorização: a valorização da experiência do visitante, já que apresenta o patrimônio de forma compreensível, e a valorização do próprio patrimônio, transformando-o em recurso turístico.

Para que a interpretação cumpra a função de “conectar as pessoas com o lugar” é necessário que siga o seis princípios básicos postulados por Tilden em 1957:

1. Qualquer interpretação que não relacione de alguma forma o que está sendo visto ou descrito com os interesses, curiosidades e expectativas do visitante, será estéril;
2. Informação, em sua concepção pura, não é interpretação, mas toda interpretação contém informação;
3. Interpretação é uma arte que combina muitas artes, mesmo que os materiais apresentados sejam científicos, históricos ou arquitetônicos. É um procedimento criativo que utiliza os recursos de vários saberes;
4. A interpretação não deve apenas instruir, mas motivar e provocar;
5. A interpretação deve apresentar um conjunto coerente de informações sobre um objeto ou tema e não apenas uma ou mais partes;

6. A interpretação direcionada a crianças não deve ser mera diluição do que é apresentado aos adultos, requer um enfoque fundamentalmente diferente. O melhor é que sejam feitos programas específicos para este público.

Assim, para que o desenvolvimento de uma interpretação seja bem sucedido, é necessário considerar as características gerais do público, as razões do seu interesse em relação ao patrimônio e as informações a ele relacionadas. Para Miller (1991) e Chen (2003), que trabalham com interpretação nos EUA, a interpretação é um campo fascinante que envolve uma variedade de meios de comunicação, conhecimento dos recursos do sítio e seus visitantes. Uma das tarefas mais desafiadoras é a análise dos visitantes e o emprego de seus padrões e o aprendizado de estratégias para um sítio específico.

Miller (1991) categoriza os geoturistas em três níveis sendo que a maioria é enquadrada no primeiro nível.

Nível 1: geralmente curiosos, de certa forma sem conhecimento, visitantes casuais;

Nível 2: interessado, tendo feito uma decisão relativamente consciente de visitar atrativos ligados ao patrimônio geológico;

Nível 3: tendo feito a decisão consciente de visitar.

Hose (1996a) vem realizando pesquisas sobre o perfil dos geoturistas na Grã-Bretanha e os tipos de interpretação relacionados aos sítios geológicos que, segundo o autor, acontecem desde 1970. Em suas pesquisas, Hose traça um perfil dos geoturistas: freqüentemente são turistas acidentais descobrindo o patrimônio geológico por acaso; muito poucos têm conhecimentos de geologia; os adultos têm geralmente idades superiores a 30 anos; viajam geralmente em casais ou em pequenos grupos familiares com crianças; gostam de centros interpretativos e estão dispostos a pagar apenas entradas moderadas; só observam os painéis interpretativos ao ar livre durante um curto período de tempo.

Este perfil é reflexo principalmente do fato de grande parte dos geocientistas não publicarem suas pesquisas em meios de acesso ao público comum, enquanto, outras áreas relacionadas ao patrimônio se tornam mais acessíveis, como a biologia, a arquitetura e a história. Além disso, muitas interpretações não são apresentadas de forma interessante para o turista, pois enfocam principalmente seu valor científico e não seu valor interpretativo, negligenciando os princípios básicos da interpretação.

Hose (1996a) apresenta um exemplo deste fato em um trecho de uma placa interpretativa em uma pedreira calcária no distrito de Peak:

Pedras calcárias são rochas sedimentares de carbonato de cálcio (CaCO_3). Elas contém conchas e esqueletos antigos pertencentes a organismos. A origem dessas estruturas é complexa embora acredita-se que algas antigas tenham influenciado seu desenvolvimento.

Neste exemplo, faltou a tradução da linguagem científica para uma linguagem comum o que fez com que a interpretação não alcançasse seu objetivo de mudar o comportamento do visitante por meio da sua sensibilização.

Para Taylor (1993):

A mudança de comportamento é fundamentalmente o resultado de mudanças nas crenças. Para se influenciar o comportamento, as pessoas têm que ser expostas à informações que irão produzir mudanças em suas crenças. As crenças estão na base das atitudes de uma pessoa e determinam intenções e comportamentos.

A interpretação do patrimônio geológico deve apresentar a informação em um nível de compreensão apropriado ao geoturista e deve envolver e fascinar indicando a importância daquele patrimônio e de sua conservação. Além disto, deve considerar as experiências que os visitantes já têm e sua curiosidade natural, envolver os visitantes no processo de aprendizagem aguçando sua imaginação e revelar a história geológica do sítio em um contexto global.

Pensando na relação “interpretação e geoturista”, Hose (2000) elabora um quadro para auxiliar na elaboração de planos interpretativos para geoturistas com nível de interesse diferenciado (Figura 3.1).

Como pode ser observado nesta figura, a interpretação do patrimônio geológico pode acontecer *in situ* (em campo) ou fora do campo. A interpretação *in situ*, é realizada utilizando diversos meios como guias, folhetos, painéis, dentre outros, sendo que a escolha pelo meio mais adequado é direcionada pelos diferentes públicos. Os geólogos, acadêmicos e colecionadores têm um nível de exigência maior, tanto em relação à linguagem como em relação ao meio interpretativo, quando comparados com o público leigo. Para o público em geral, a interpretação deve ser feita em linguagem de mais fácil entendimento. A interpretação fora de campo pode utilizar meios como revistas científicas e periódicas, além de exposições em museus e centros de visitantes.

A grande vantagem da interpretação *in situ* é que, o geoturista tem a oportunidade de conhecer o patrimônio geológico no seu contexto de ocorrência, tornando, o entendimento sobre o significado deste patrimônio, mais fácil. É importante que o patrimônio geológico seja apresentado de forma interessante, proporcionando seu conhecimento e sua apreciação para todos os tipos de geoturistas para que estes possam ter interesse em aprender mais sobre os processos geológicos.

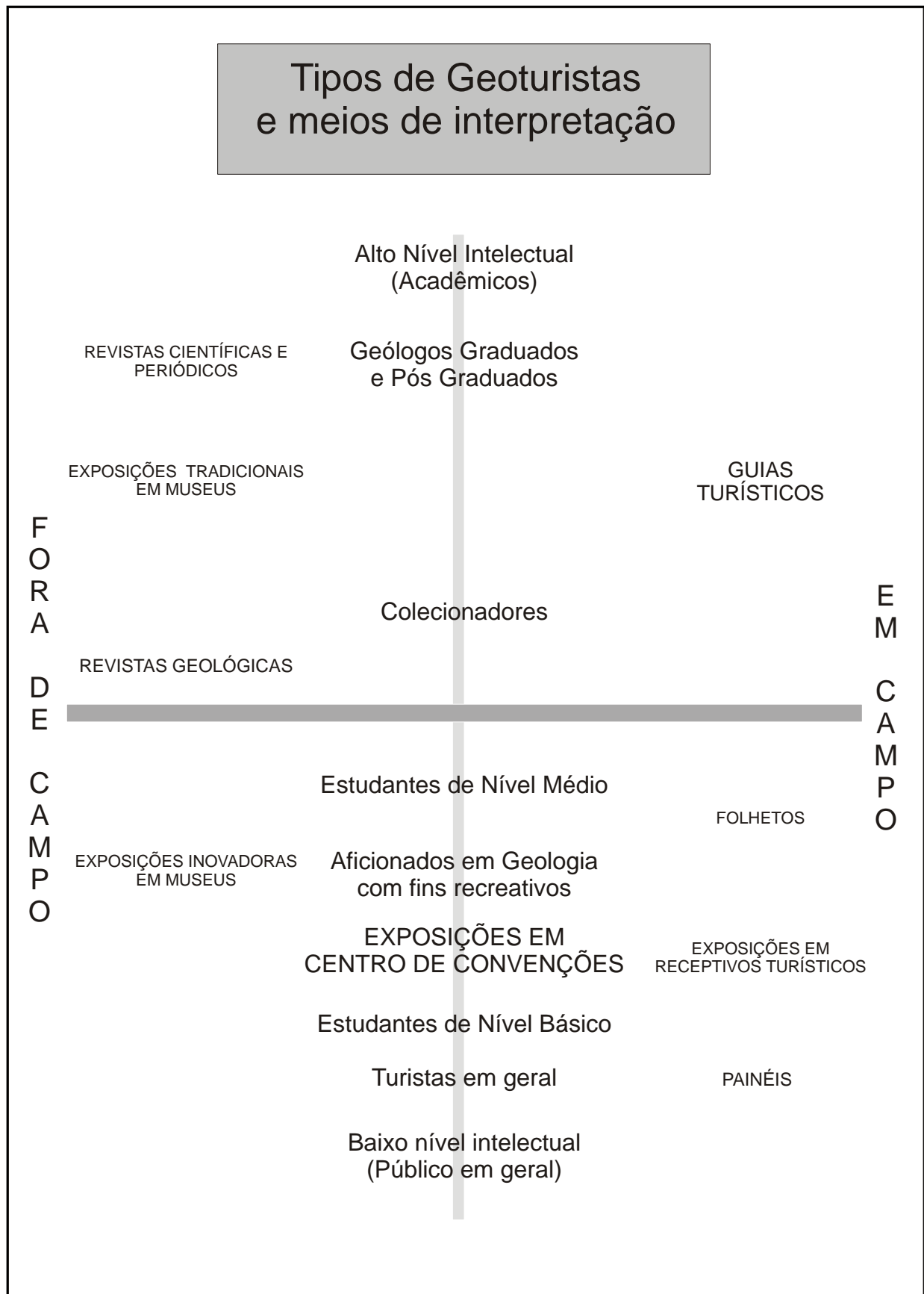


Figura 3.1 – Relação entre a interpretação e os geoturistas. Fonte: Adaptado de Hose (2000)

Baird (1968) apud Hose (1996b), deixa uma mensagem para os geólogos:

Nós temos uma grande oportunidade de aumentar a proeminência e a respeitabilidade de nossa profissão aos olhos do público, à medida que os recursos minerais demandam mais habilidade para se encontrar e refinar, à medida que realizações tecnológicas e de engenharia que contam com aconselhamento geológico se tornam mais comuns, um entendimento de nosso ambiente, da comida, da saúde, dos oceanos, da origem da Terra, se tornam vitais. Nós nos encontramos agora em um período de transição que nos oferece uma oportunidade de mudar nossa abordagem na apresentação de nós mesmos ao público.

O geoturismo oferece uma oportunidade para essa aproximação com o público além de ser um novo produto de turismo direcionado a pessoas motivadas por conhecimento intelectual e por atividades que envolvam aprendizado, exploração, descoberta e imaginação. Esta necessidade de conhecimento faz da interpretação um meio eficaz de prover informação em linguagem acessível tendo um papel importante no aumento do interesse na geoconservação e na geologia, além de promover sua divulgação.

A UNESCO E A CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO

4.1. UNESCO: Uma breve apresentação

A UNESCO é um organismo da ONU (Organização das Nações Unidas) dedicado à reflexão e proposição de ações relativas à educação, ciências, comunicação e cultura no mundo. Na sua constituição, a UNESCO afirma em seu artigo 1º, dentre outras coisas, que “a Organização se propõe a contribuir para a paz e a segurança, mediante a educação, a ciência e a cultura, com a colaboração entre as nações, a fim de assegurar o respeito universal à justiça, a lei, os desejos humanos e as liberdades fundamentais sem distinção de raça, sexo, idioma ou religião”.

A UNESCO surgiu de uma preocupação com a reconstrução dos sistemas educativos, depois do restabelecimento da paz, no período pós-Segunda Guerra Mundial. Vários governos se reuniram em novembro de 1945 e celebraram uma Conferência das Nações Unidas para o estabelecimento de uma organização voltada à educação e à cultura. Dentro de seu espírito, esta nova organização deve estabelecer uma “solidariedade intelectual e moral da humanidade”.

Ao final da Conferência, 37 países firmam a Constituição que marca o surgimento da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura, que entra em vigor a partir de 1946, depois da ratificação de 20 países signatários: África do Sul, Arábia Saudita, Austrália, Brasil, Canadá, Checoslováquia, China, Dinamarca, Egito, Estados Unidos (que se retirou da UNESCO em 1984), França, Grécia, Índia, Líbano, México, Noruega, Nova Zelândia, República Dominicana, Reino Unido (que se retirou da UNESCO em 1985) e Turquia.

A UNESCO tem como um dos seus objetivos “alcançar gradualmente, mediante a cooperação das nações do mundo nas esferas da educação, da ciência e da cultura, os objetivos da paz internacional e do bem-estar geral da humanidade” (UNESCO 2004a). Buscando alcançar seus objetivos a UNESCO desenvolve uma série de instrumentos que, segundo Bo (2003), tal como ocorre com a ação normativa dos demais organismos internacionais, implicam um sistema de deveres e obrigações aos quais se submetem por vontade própria os Estados-Membros. Aos países importa avaliar se a aceitação das obrigações emanadas desses instrumentos é benéfica e útil para a gestão interna do patrimônio. Os instrumentos gerados têm como objetivos construir um quadro de referências que sirva de parâmetro às nações e estimular intercâmbios e programas de cooperação nas áreas de abrangência da UNESCO; a preocupação desta última com o desenvolvimento de tais instrumentos está presente desde a sua fundação.

Em relação aos instrumentos de proteção do patrimônio, Bo (2003), salienta que a partir da vontade dos Estados-Membros, foi elaborado um conjunto particular de iniciativas considerando, a exemplo do que ocorre nos cenários nacionais, o patrimônio como um bem público. Dentre estas iniciativas, o autor cita e analisa: a “Convenção para a Proteção da Propriedade Cultural em Caso de Conflito Armado”, realizada em Haia, em 1954; a “Convenção contra o Tráfico Ilícito de Bens Culturais”, de 1970; a “Convenção sobre a Proteção do Patrimônio Cultural Subaquático”, realizada em Paris, em 2001; as recomendações sobre o patrimônio intangível ou imaterial, discutido e definido desde 1989; a “Convenção sobre Patrimônio Cultural ‘O Homem e a Biosfera’”, de 1971, mais conhecida pela sigla inglesa MAB; e a “Convenção sobre Patrimônio Mundial Cultural e Natural”, de 1972.

Soma-se a estes instrumentos o “Programa Geoparques”, de 1999, direcionado à proteção do patrimônio geológico. As convenções e os programas desenvolvidos pela UNESCO na área patrimonial estabelecem uma rede de proteção orientada por critérios universalmente aceitos e visam, sobretudo, a colaborar com os esforços de cada país para a conservação e preservação do seu patrimônio. Considerando que, segundo o documento “*Operational Guideline for National Geoparks seeking UNESCO’s assistance(2004b)*”, o Programa Geoparques opera em sinergia com o centro de Patrimônio Mundial e com o Programa o Homem e a Biosfera, neste trabalho, serão analisados apenas estes instrumentos que de forma indireta contemplam o patrimônio geológico.

4.2. Integração do patrimônio geológico aos Programas da UNESCO para conservação do patrimônio natural

4.2.1. CONVENÇÃO PARA PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO MUNDIAL

A Convenção de 1972 para a Proteção do Patrimônio Mundial Cultural e Natural constitui um dos instrumentos mais importantes na conceitualização e criação de um patrimônio de valor universal e considera, no Artigo 1, como patrimônio cultural:

- Monumentos: obras de arquitetura, escultura e pinturas monumentais, elementos ou estruturas de natureza arqueológica, inscrições, cavernas e combinações destas que tenham um valor de relevância universal do ponto de vista da história, da arte ou das ciências;
- Conjunto de edificações: conjuntos de edificações separadas ou conectadas, os quais, por sua arquitetura, homogeneidade ou localização na paisagem, sejam de relevância universal do ponto de vista da história, da arte ou das ciências;

- Sítios: obras feitas pelo homem ou pela natureza e pelo homem em conjunto, e áreas que incluem sítios arqueológicos que sejam de relevância universal do ponto de vista da história, da estética, da etnologia ou da antropologia.

No Artigo 2 da mesma Convenção, a UNESCO considera como patrimônio natural:

- Monumentos naturais: constituídos por formações físicas e biológicas ou por um conjunto de formações de valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico;
- Formações geológicas e fisiográficas e as zonas estritamente delimitadas que constituam *habitat* de espécies animais e vegetais ameaçadas de valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico;
- Sítios naturais ou áreas naturais estritamente delimitadas detentoras de um valor universal excepcional do ponto de vista da ciência, da conservação ou da beleza natural.

Para Bo (2003), a Convenção do Patrimônio Mundial é, dentre as convenções de proteção do patrimônio, a que possui maior repercussão política e econômica nos Estados-Membros. Respeitando as legislações nacionais, a Convenção estabelece mecanismo complementar à proteção local sem, contudo, inferir ou impor algum tipo de medida coercitiva.

A Convenção de 1972 reconhece o valor do patrimônio em nível internacional e reúne as noções de cultura e natureza no conceito de patrimônio. Para figurar na lista do patrimônio, existe uma rigorosa seleção na qual os sítios devem responder a um ou mais critérios definidos nas diretrizes operacionais. Toda a documentação deve ser preparada pelo país signatário e é analisada por várias instâncias até a deliberação final.

Em relação aos critérios estabelecidos para inclusão do patrimônio natural estão: (1) estético: paisagens notáveis e de excepcional beleza e condição de paisagem de exceção; (2) ecológico: sítios correspondendo a habitat de espécies em risco ou que detenham processos ecológicos e biológicos importantes; (3) científico: áreas que contenham formações ou fenômenos relevantes para o conhecimento científico da história natural do planeta; (4) integridade dos bens (Scifoni 2003).

Até julho de 2006, um total de 830 sítios foram inscritos na lista de patrimônio mundial, dos quais 644 são culturais, 162 naturais e 24 mistos, em 138 países diferentes. O Brasil tem 17 sítios inscritos na lista e dentre os sítios naturais estão: (1) Parque Nacional do Iguaçu (PR), inscrito em 1986; (2) Costa do Descobrimento – reservas da mata atlântica (BA e ES), em 1999; (3) Reservas da Mata Atlântica do sudeste (SP), em 1999; (4) Parque Nacional do Jaú (AM), em 2000; (5) Área de Conservação do Pantanal (MT e MS), em 2000; (6) Zonas protegidas do cerrado: Parques

Nacionais Chapada dos Veadeiros e Emas (GO), em 2001; (7) Ilhas atlânticas brasileiras: as reservas de Fernando de Noronha e Atol das Rocas (PE e CE), em 2001.

Em relação ao patrimônio natural, Cormier-Salem & Roussel (2000) salientam que, por um lado, a percepção dos significados atribuídos ao patrimônio natural varia de acordo com o ponto de vista social e geográfico, das camadas urbanas às comunidades locais e, por outro, a lógica científica que preside a seleção de um sítio tende a isolar e privilegiar alguns aspectos da biodiversidade em detrimento de outros. Este fato é observado em relação ao patrimônio geológico que tem poucos sítios reconhecidos como patrimônio natural mundial.

Segundo Eder & Patzak (2004), entre os sítios inscritos na lista do patrimônio mundial, apenas 22 estão inscritos primeiramente por seu valor geológico: (1) Grande Canyon, (2) Cavernas de Carlsbad, (3) Vulcões do Havaí, (4) Cavernas de Mammoth, (5) Parque Yellowstone, (6) Parque Yosemite, estes seis primeiros localizados nos Estados Unidos; (7) Parque das Montanhas Rochosas e (8) Parque Provincial dos Dinossauros, ambos no Canadá; (9) Grande barreira de Recifes, (10) Baía do Tubarão, (11) Parque Nacional Ulurukata Tjuta, (12) Sítio Fóssil Mammal de Riversleigh, (13) Naracoorte, todos na Austrália; (14) Cavernas Scocjan, na Eslovênia; (15) Carste de Aggtelek na Hungria e na Eslováquia; (16) Ilhas Aeolian, na Itália; (17) Dorset-East Devon Coast e (18) Giant's Causeway, ambos no Reino Unido; (19) Parque Nacional de Pirin, na Bulgária; (20) Lago Baikal e (21) Vulcões Kamchatka, ambos na Rússia; (22) Sítio Messel Pit Fóssil, na Alemanha.

Considerando que a Convenção do Patrimônio Mundial tem como objetivo reconhecer tanto patrimônios naturais como culturais e que, a partir de 2002, apenas podem ser admitidas, no máximo, 30 inscrições anuais, a tendência é a de que um número limitado de sítios geológicos seja incluído na lista o que, em escala mundial, é pouco significativo para refletir a geodiversidade do planeta.

4.2.2. PROGRAMA O HOMEM E A BIOSFERA (MAB)

O primeiro documento internacional que refletiu uma preocupação com a proteção do patrimônio natural e antecedeu a criação do Programa o Homem e a Biosfera foi editado, em 1962, pela UNESCO, com o título “Recomendações relativas à salvaguarda da beleza e do caráter das paisagens e sítios”. Segundo Scifoni (2003), este documento preconizou como medidas para proteção das paisagens naturais e das transformadas pelo homem, sua inclusão no planejamento urbano e regional e a criação de parques e reservas naturais. Porém, tal documento teve caráter apenas normativo expressando dificuldades de se estabelecerem regras e exigências internacionais.

Embora de caráter apenas normativo, o documento “Recomendações relativas à salvaguarda da beleza e do caráter das paisagens e sítios” constitui um marco em relação à preocupação com o

patrimônio natural e é referência para vários movimentos e convenções sobre conservação do patrimônio, ao colocar que: “Os recursos naturais da Terra e, especialmente, parcelas representativas dos ecossistemas naturais, devem ser preservados em benefício das gerações atuais e futuras...”.

Em 1968, a UNESCO promoveu uma Conferência Intergovernamental que ficou conhecida como Conferência da Biosfera. A Conferência da Biosfera teve como objetivo discutir uma base científica para o uso racional dos recursos da biosfera. Segundo Bo (2003), dentre as recomendações deste encontro, constava solicitação de que a UNESCO programasse pesquisa sobre o homem e a biosfera, indicando que o programa deveria levar em conta problemas específicos dos países em desenvolvimento.

Em 1971, foi utilizada, pela primeira vez, a expressão “reservas da biosfera” para designar áreas onde podem ser conduzidos experimentos para treinamento e educação. Para que as reservas tivessem sucesso, foi incorporada a dimensão socioeconômica buscando atender ao desenvolvimento das comunidades presentes. Desde a primeira utilização da expressão “reservas da biosfera”, o MAB aperfeiçoou este conceito, buscando uma diferenciação em relação a outros mecanismos envolvendo a proteção do patrimônio natural.

As reservas da biosfera são zonas delimitadas no interior dos países e internacionalmente reconhecidas pelo Programa MAB. São criadas com o objetivo principal de conservar a biodiversidade, promover o desenvolvimento sustentável e manter valores culturais associados ao uso dos recursos biológicos. Todas as áreas reconhecidas como reservas da biosfera devem estimular a pesquisa e educação na área ambiental, estimular o desenvolvimento socioeconômico e conservar os recursos genéticos, espécies, ecossistemas e paisagens (UNESCO 1996).

Como acontece com outros programas de reconhecimento do patrimônio em nível mundial, as reservas da biosfera são selecionadas com base em parâmetros científicos, a partir de propostas dos Estados-Membros, seguida de avaliação por comitê de especialistas. Segundo Bo (2003), as reservas selecionadas devem ser regidas pelas legislações nacionais. No sistema jurídico brasileiro, as reservas da biosfera são definidas pelo capítulo VI da Lei nº9985 de 18/07/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), regulamentada pelo Decreto nº4340 de 22/08/2002 o qual apresenta, em seu capítulo XI, intitulado “Das Reservas da Biosfera”, o seguinte artigo:

Art. 41. A Reserva da Biosfera é um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa, e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações.

As reservas da biosfera brasileiras estão vinculadas a COBRAMAB (Comissão Brasileira do Programa Homem e Biosfera) vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. O País possui as seguintes reservas da biosfera, que privilegiam áreas representativas dos grandes biomas nacionais: (1) Mata Atlântica (1993); (2) Cinturão Verde de São Paulo (1993); (3) Cerrado (1993); (4) Pantanal; (5) Caatinga (2001); (6) Amazônia Central (2001). Mais recentemente, em 2005, foi criada a Reserva da Biosfera do Espinhaço que ocupa uma área de 30.700 km² e inclui quase toda a totalidade do Quadrilátero Ferrífero (como mostra a figura 4.1). Assim como os bens inscritos na lista do patrimônio mundial, as reservas da biosfera, que geralmente são áreas territorialmente maiores, podem incluir sítios de interesse geológico, como é o caso da reserva da Biosfera do Espinhaço, que engloba um conjunto montanhoso de extraordinária beleza cênica e importância geocientífica.

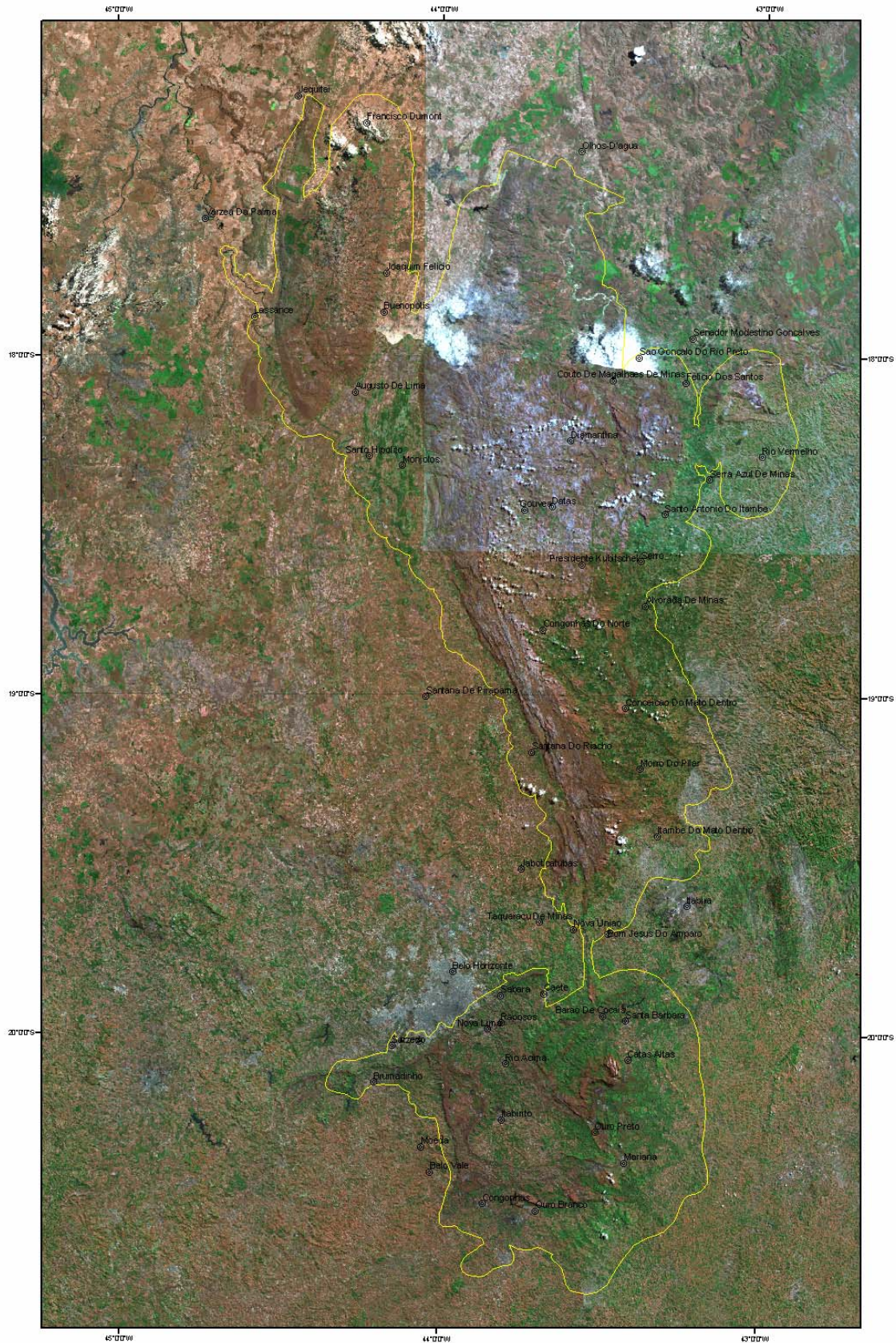


Figura 4.1 – Reserva da Biosfera do Espinhaço envolvendo a área do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Folder de divulgação da Reserva da Biosfera do Espinhaço. Elaboração coordenada por Miguel Ângelo Andrade

4.3. Projeto Geosites

No Segundo Simpósio Internacional sobre conservação geológica, realizado em Roma, em 1996, aconteceu uma grande discussão na tentativa de elaborar uma metodologia efetiva e útil que poderia ser aplicada para a geoconservação em todo o mundo. O projeto, desenvolvido pela União Internacional das Ciências Geológicas (IUGS), ficou conhecido como *Geosites*, que une a comunidade geológica com interesse na conservação.

A realização do I Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, em 1991, foi essencial no desenvolvimento do Projeto Geosites. Neste ano, foi criado um grupo de trabalho responsável pelo desenvolvimento desse tema, que, em 1992, transformou-se em Progeo (Associação Européia para Conservação do Patrimônio Geológico) e que, juntamente com outros grupos de trabalho, proporcionou uma eficaz coordenação sobre conservação do patrimônio geológico.

O objetivo do Projeto Geosites é proporcionar uma base objetiva que sirva de suporte para qualquer iniciativa de âmbito nacional ou internacional para a proteção do patrimônio geológico, mediante a elaboração de um inventário e base de dados de lugares de interesse geológico global. Para ajudar neste trabalho, a IUGS constituiu um novo e específico grupo de trabalho (Global Geosites Working Group – GGWG), que tem como finalidade, apoiar qualquer esforço internacional que facilite a conservação de lugares e terrenos com interesse geocientífico.

Segundo Wimbledon et al. (1996), a GGWG tem como principais objetivos: (1) compilar a lista de lugares de interesse geológico globais; (2) construir a base de dados geosites daqueles lugares e terrenos chave; (3) utilizar o inventário de lugares de interesse geológico para promover a causa da geoconservação e apoiar as ciências geológicas em todas as suas formas; (4) apoiar as iniciativas nacionais e regionais cuja intenção seja realizar inventários comparativos; (5) participar e apoiar encontros e grupos de trabalho que avaliem os critérios e métodos de seleção, ou a conservação, de lugares significativos; (6) avaliar os méritos geológicos desses lugares com a colaboração de especialistas, grupos de investigação, associações, comissões, subcomissões, etc.; (7) assessorar a IUGS e a UNESCO sobre as prioridades para a conservação em contexto global, incluindo o patrimônio mundial.

O método empregado no projeto geosites consiste em identificar aquilo que é especial e representativo de cada país dentro de seu contexto regional. Um elemento importante da metodologia do Projeto Geosites é que a proposta de lugares não depende de sugestões efetuadas a título individual, ou por uma única agência nacional, mas baseia-se em seleções acordadas por todas as partes interessadas e examinadas finalmente por um comitê nacional. Trata-se então, de um processo aberto a consultas.

Segundo Baretino (2000), a metodologia geral do Projeto Geosites pode ser resumida em seis etapas: (1) estabelecimento de uma rede de pesquisadores nacionais de cada país, *experts* temáticos e regionais que abarquem todas as disciplinas necessárias; (2) seleção e definição dos contextos geológicos verdadeiramente relevantes em nível internacional; (3) seleção e definição de lugares de interesse geológico representativos em cada um dos contextos geológicos definidos na etapa anterior; (4) comparação regional e mérito dos lugares de interesse geológico selecionados nos distintos países (sempre em seus contextos geológicos); (5) seleção das listas regionais que incluem os lugares de importância mundial; (6) aceitação por parte do GGWG e inclusão dos lugares de interesse geológico na base de dados Geosites e da IUGS.

A Associação Européia para Conservação do Patrimônio Geológico (Progeo) está participando ativamente do desenvolvimento do Projeto Geosites. Em muitos países, existe algum tipo de inventário de lugares de interesse geológico; em outros, não. A estrutura operativa do Projeto Geosites, baseada na colaboração transnacional, proporciona um mecanismo real de assistência e suporte ao processo de identificação de lugares geológicos para os distintos países.

A seleção de lugares de interesse geológico no método estabelecido pelo Projeto Geosites se baseia no uso de uma matriz comparativa e contextual para a avaliação desses lugares. Esta avaliação proporciona um método para selecionar os lugares e áreas mais valiosas e representativas, e pretende que estes locais sejam uma manifestação dos aspectos do patrimônio geológico em seus próprios padrões espaciais (tempo/espaço) e genéticos (processo/tipologia). Assim, é necessário dispor de critérios que permitam avaliar lugares do mesmo tipo, ou selecionar lugares que concorram com outros dentro de uma área homogênea de um ponto de vista genético.

O Projeto Geosites trabalha por meio da constituição de grupos de trabalho regionais, e estes são legitimados nacionalmente: comitês nacionais, agências ou serviços geológicos. Cada país necessita estabelecer definitivamente seus marcos tectônicos e estratigráficos/temporais por meio de um processo de refinamento. Os países devem agora reconhecer e assimilar distintos sistemas, e começar a selecionar lugares e áreas, segundo as diretrizes e o método proposto.

Segundo Wimbledon et al. (2000), os critérios para seleção dos locais de interesse geológico devem incluir: (1) representatividade; (2) singularidade; (3) aptidão ou idoneidade para correlacionar; (4) possibilidade de promover estudos multidisciplinares globais; (5) disponibilidade e potencialidade para objetivos educacionais e culturais; e (6) complexidade e geodiversidade.

Para ser selecionado, um lugar deverá representar da maneira mais completa e expressiva um fenômeno geo(morfo)lógico de uma certa categoria e, dentro de um contexto espacial e genético, deve permitir uma máxima compreensão sobre a natureza e origem do fenômeno.

A singularidade depende em boa parte do tamanho da área objeto de estudo, e inclui as investigações de caráter mais restrito. É necessário, portanto, considerar padrões mais amplos e

áreas de estudo maiores. A singularidade pode depender de diferentes indicadores: por exemplo, de parâmetros quantitativos: espessura, profundidade, altura, tamanho, frequência (microfósseis), concentração (ocorrências metálicas); taxas de mudança (erosão e sedimentação); parâmetros qualitativos (sucessão estratigráfica especialmente completa, associações ou paragêneses minerais pouco usuais, combinações específicas de fósseis, evidências químicas de episódios vulcânicos significativos); indicadores espaços-temporais (inicial, final, primeira aparição de um complexo florístico, um evento transgressivo).

A UNESCO tem prestado apoio a esse projeto, promovendo um debate sobre a inclusão de sítios geológicos na lista do patrimônio da humanidade. A associação do Projeto Geosites da IUGS com o programa world heritage da UNESCO pode ser visualizada na Tabela 4.1.

IUGS	Patrimônio mundial (world heritage –wh)
1. Estabelecimento de uma rede de informações nacionais	
2. Definição de sistemas de referência regionais/ temporais (frameworks)	
3. Seleção nacional provisional de geosites	
4. Comparação em nível regional e finalização	
6. Aceitação pelo GGWG	5. Seleção nacional de uma lista indicativa de WH das listas regionais
8. Inclusão dos geosites na base de dados da IUGS	7. Proposta de lugares WH por países

Tabela 4.1 – Relação entre o Projeto Geosites e o Programa World Heritage da UNESCO

4.4. Programa Geoparques

Para reforçar os projetos de conservação do patrimônio geológico em seu marco dos programas de reservas da biosfera e do patrimônio mundial, a UNESCO, desde 1997, após a realização da sua 29ª Conferência Geral, desenvolveu o Programa Geoparques a partir de várias fontes, principalmente européias. O Programa, que foi apresentado à comunidade científica em 1999, destaca-se por atender a necessidade específica de reconhecimento e conservação do

patrimônio geológico da mesma forma como o Programa Reserva da Biosfera se destaca por sua ênfase no patrimônio biológico.

O programa trata de uma série de parques geológicos globais. Com a base filosófica da “Declaração dos Direitos da Memória da Terra” de Digne no ano de 1991 (Anexo 1), os geoparques são áreas com características de especial significância geológica, representativas da história geológica de uma região (UNESCO 1999).

A UNESCO apresentou em 2004, numa reunião internacional que ocorreu na sua sede em Paris, uma versão final das “*Operational Guideline for Geoparque Seeking UNESCO’s Assistance*” e, em abril de 2006, disponibilizou o documento “*Applicant’s Self-Evaluation and Progress Evaluation Forms for National Geoparks Seeking Assistance of UNESCO to Become Member of the Global Network of National Geoparks*” ambos apresentam as diretrizes para criação de um geoparque da UNESCO (Anexo 3). Foi estabelecida a “Rede Global de Geoparques Nacionais” que, segundo Eder & Patzak (2004), tem como objetivo proporcionar uma plataforma de cooperação e troca entre especialistas e praticantes dos assuntos do patrimônio geológico sob a tutela da UNESCO. Espera-se que a rede seja um meio eficaz para o desenvolvimento de modelos e padrões para países que integram a proteção do patrimônio geológico em uma estratégia de desenvolvimento econômico.

Para a UNESCO (2004b), um geoparque é:

Um território com limites bem definidos que tenha uma área suficientemente grande para que sirva ao desenvolvimento econômico local com determinado número de sítios geológicos de importância científica especial, beleza ou raridade e que seja representativa da história geológica, dos eventos ou processos de uma área.

Um geoparque deve ter não somente significância geológica, mas também valores ecológicos, arqueológicos, históricos ou culturais são vistos como importantes componentes. Antes de se candidatarem à assistência da UNESCO, os proponentes são orientados a respeitar os termos apresentados no documento “*Operational Guideline for Geoparque Seeking UNESCO’s Assistance*” de 2004, os quais estabelecem, dentre outras coisas, os critérios para que uma área se enquadre na designação de geoparque:

- (1) A área deve se encaixar no conceito de geoparque da UNESCO;
- (2) Os sítios geológicos incluídos dentro da área devem ser protegidos e formalmente gerenciados;

- (3) Deve proporcionar o desenvolvimento ambientalmente e culturalmente sustentável, promovendo a identificação da comunidade local com sua área e estimulando novas fontes de receita, especialmente o geoturismo;
- (4) Deve servir como uma ferramenta pedagógica para a educação ambiental, treinamento e pesquisa relacionada às disciplinas geocientíficas, proporcionando programas e instrumentos que aumentem a consciência pública sobre a importância do patrimônio geológico como museus geológicos e trilhas;
- (5) Deve servir para explorar e demonstrar métodos de conservação do patrimônio geológico e deve contribuir para a conservação de aspectos geológicos significativos que proporcionem informações em várias disciplinas geocientíficas tais como geologia econômica, física, mineração, estratigrafia, mineralogia etc.;
- (6) Medidas de proteção do geoparque devem ser estabelecidas em conformidade com os Serviços Geológicos ou grupos relevantes. O geoparque deve permanecer sob a jurisdição do Estado no qual ele está inserido e é responsabilidade do Estado decidir sobre a proteção de determinados sítios;
- (7) A legislação nacional e local relativa à proteção de sítios geológicos deve ser obedecida e não deve haver comercialização de minerais e fósseis. Somente em certas circunstâncias deve-se permitir a coleção limitada de amostras com propósitos educativos e, preferencialmente, de sítios modificados naturalmente;
- (8) O geoparque deve possuir um plano de manejo contendo uma análise e diagnóstico do território, do geoparque e de seu potencial para o desenvolvimento econômico local;
- (9) A cooperação entre autoridades públicas, comunidades locais, empresas privadas, universidade e grupos de pesquisa deve ser estimulada;
- (10) A designação de uma área como geoparque da UNESCO deve receber publicidade e promoção apropriadas e a UNESCO deve se informar sobre todos os avanços;
- (11) Se o território proposto para um geoparque for idêntico ou se sobrepor a uma área inscrita como patrimônio mundial ou como reserva da biosfera é necessário um esclarecimento antes de submeter à proposta.

No documento, a UNESCO, além de estabelecer os critérios para designação de áreas como geoparques, orienta os Estados-Membros interessados em estabelecer um geoparque nacional, ao apresentar os procedimentos necessários. A proposta deve ser escrita em inglês, submetida em três cópias e dividida em quatro partes: (1) Identificação do território; (2) Importância científica; (3) Análise territorial; (4) Seção de assinaturas. Mesmo sem haver restrição em relação ao *layout* ou tamanho, os proponentes devem respeitar as subdivisões e seus títulos e podem ser requeridas informações complementares.

Na primeira parte, é feita uma identificação geral do território considerando: o país e continente onde está situado; o tamanho do geoparque; e a entidade responsável pela gestão e administração.

Na segunda parte, *Importância Científica*, é estabelecida a importância mais específica do geoparque, como por exemplo: geologia econômica, história da Terra, mineração, geomorfologia, etc.; outros valores patrimoniais da área devem ser discriminados tais como valores histórico-culturais e didático-educativos, pesquisa, etc. Nesta etapa, deve-se informar se a área é contemplada por outros programas da UNESCO de proteção do patrimônio como Reserva da Biosfera ou Patrimônio Mundial.

Na terceira parte, deve ser feita uma descrição mais ampla da área do geoparque bem como dos sítios do patrimônio geológico nele inseridos: suas características geográficas (localização, tamanho, coordenadas, etc.); seu nível de proteção (existente e planejado). Para cada sítio do patrimônio geológico é necessário apresentar: as considerações específicas para a proteção; a descrição das ameaças que podem levar a sua degradação, com propostas de soluções; a apresentação de documentação cartográfica e fotográfica e as principais informações (cenário geológico, datações existentes, litologia, etc.). É preciso também anexar a bibliografia geológica disponível para a área e todos os documentos que possam levar a um melhor entendimento sobre o patrimônio geológico do geoparque.

Ainda nesta parte, a UNESCO solicita informações das ações planejadas para o desenvolvimento sustentável indicando os recursos locais que são insuficientemente valorizados e em que direção os principais setores econômicos locais desenvolvem suas atividades. Vários dados são solicitados incluindo, dentre outros: densidade populacional, presença de vilas e cidades, vantagens e limitações geográficas, infra-estrutura e acessibilidade a serviços, evolução do mercado de trabalho.

A parte final refere-se à seção de assinaturas dos envolvidos na criação do geoparque nacional, que inclui a do responsável pela gestão; a do serviço geológico ou a de outras instituições de relevância geocientífica; a de entidade governamental (Ministério, etc.) e a da Comissão Nacional da UNESCO.

As propostas para a denominação de um geoparque podem ser efetuadas por organismos governamentais, ou por organizações não governamentais, sempre que se acredite que o estabelecimento de um geoparque não entre em conflito com os interesses do Estado ou com a legislação. As propostas são avaliadas por um Conselho Consultivo Internacional de Geoparques, constituído por um grupo de *experts* internacionais, que recomendará ao Diretor Geral da UNESCO a atribuição ou não do selo de excelência “UNESCO Geoparque”.

No Brasil, a CPRM lançou em 2005, por meio Departamento de Gestão Territorial, o Projeto Geoparques, cabendo a coordenação executiva a Carlos Schobbenhaus e a coordenação regional aos representantes das diversas unidades regionais da CPRM. Segundo Schobbenhaus (2005), o projeto objetiva identificar, classificar, descrever, catalogar, georeferenciar e divulgar os parques

geológicos do Brasil, bem como definir diretrizes para seu desenvolvimento sustentável. Exemplos de áreas com potencial de se tornarem futuros geoparques são, dentre outros: Ametistas (RS); Aparecida da Terra (RS/SC); Floresta Petrificada (RS); Vila Velha (PR); Iguaçu (PR); Itu (SP); Serra da Canastra (MG); Quadrilátero Ferrífero (MG); Fernando de Noronha (PE); Chapada do Araripe (PE/CE); Sete Cidades (PI); Lençóis Maranhenses (MA); Chapada dos Guimarães (MT); Serra da Bodoquena (MS); Aragarinha (GO/MT); Roraima (AM). A execução do projeto deverá envolver parcerias por meio de convênios e participação de pessoas especializadas, universidades, órgãos federais e estaduais, sociedades civis e outras entidades.

Em 2006, foi reconhecido pela UNESCO o primeiro geoparque do Brasil *Geoparque Araripe* que está localizado no Estado do Ceará, com uma área aproximada de 5.000 Km². Segundo o site de divulgação do geoparque (<http://www.geoparkararipe.org>), sua candidatura foi uma iniciativa do Governo do Estado do Ceará, representado pela Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Educação Superior, coordenado pela Universidade Regional do Cariri – URCA. O Geoparque Araripe é formado por nove sítios de interesse, definidos pela relevância geológica e paleontológica, localizados nos municípios de Santana do Cariri; Missão Velha; Crato; Juazeiro do Norte e Barbalha.

CAPITULO 5

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

5.1. Localização

O Quadrilátero Ferrífero (QF) localiza-se na porção centro-sudeste do Estado de Minas Gerais ocupando uma área aproximada de 7.000 km². Segundo Dorr (1969), esta região foi assim denominada por Gonzaga de Campos devido aos depósitos de minério de ferro que ocorrem numa área que tem como vértices as cidades de Itabira, a nordeste, Mariana, a sudeste, Congonhas, a sudoeste e Itaúna, a noroeste, envolvendo, além da Capital do estado, várias cidades originadas da atividade minerária, entre elas, Nova Lima, Sabará, Santa Bárbara, Itabirito e Ouro Preto (Figura 5.1).



Figura 5.1 – Mapa de localização do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais

Conforme descrito por Barbosa & Rodrigues (1967), o QF corresponde a um bloco de estruturas do Pré-Cambriano, elevadas em seus quatro lados por erosão diferencial. Assim, quartzitos e itabiritos formam cristas nas altitudes de 1300 a 1600 metros; tais cristas correspondem ao alinhamento da Serra do Curral, ao norte, da Serra do Ouro Branco, ao sul, da Serra da Moeda, a oeste e, a leste, do conjunto formado pela Serra do Caraça e a ponta sul da Serra do Espinhaço.

5.2. Litoestratigrafia

O conhecimento geológico detalhado do QF, no que se refere à cartografia geológica, teve início com o Programa de Mapeamento Geológico realizado pelo USGS e DNPM, entre 1945 e 1962. Destes trabalhos resultaram mapas de 35 quadrículas, em escala 1: 25 000, apresentados em uma série de publicações sintetizadas por Dorr, em 1969, na escala 1: 150 000. Na síntese final, o autor apresenta uma coluna estratigráfica para o QF que, com algumas modificações, mantém-se atual até os dias de hoje. Um mapa geológico simplificado da área é apresentado na Figura 5.2.

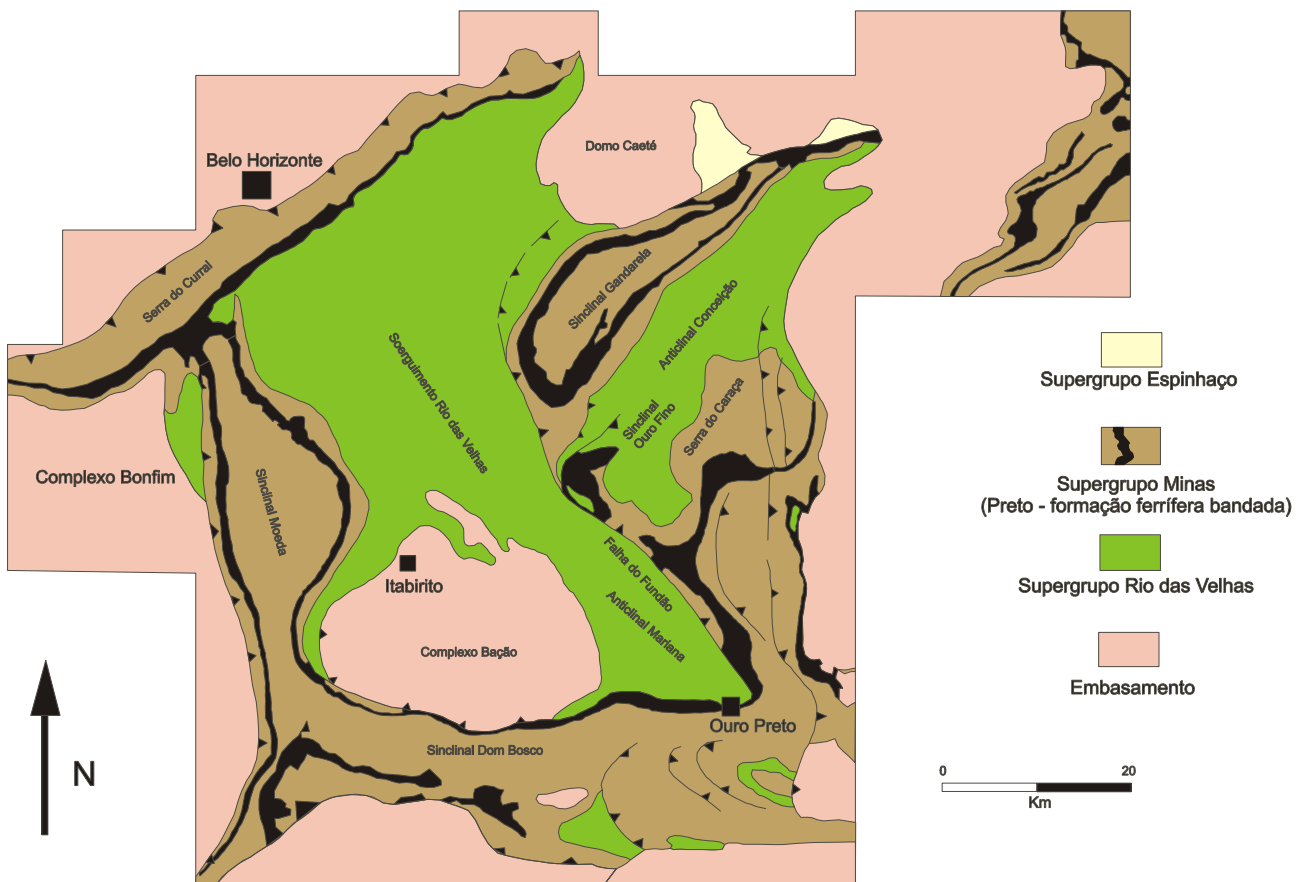


Figura 5.2 – Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)

O contexto estratigráfico do QF é caracterizado por três grandes conjuntos de rochas: complexos metamórficos de rochas cristalinas arqueanas; seqüências do tipo *greenstone belt* arqueana representada pelo Supergrupo Rio das Velhas e; seqüências metassedimentares paleo e mesoproterozóicas representadas pelo Supergrupo Minas, Grupo Sabará, Grupo Itacolomi e Supergrupo Espinhaço.

Os complexos metamórficos de rochas cristalinas arqueanas são formados por uma diversidade litológica com exposição nas adjacências e na porção central do QF; são estruturados

em domos sendo constituídos por gnaisses polideformados de composição tonalítica a granítica e, subordinadamente, por granitos, granodioritos, anfibolitos e meta-ultramafitos, gerados no Arqueano e remobilizados nos eventos proterozóicos (Herz 1970, Cordani et al. 1980, Machado et al. 1989, Belo de Oliveira & Teixeira 1990, Romano et al. 1992, Machado & Carneiro 1992, Noce 1995).

O Supergrupo Rio das Velhas é considerado por Almeida (1977), Schorscher (1986) e Amaral (1976), como uma seqüência do tipo *greenstone belt*. As rochas que compõem esta unidade foram inicialmente consideradas da “Série” Rio das Velhas, dividida por Dorr (1969) nos grupos Nova Lima e Maquiné. Em 1976, tal série é redefinida como Supergrupo por Ladeira. A partir de então, várias propostas de denominação e divisão estratigráfica têm sido apresentadas para esta unidade, e, apesar das divergências quanto às subdivisões, há certo consenso em dividir o Supergrupo Rio das Velhas nos dois grupos originais de Dorr, Nova Lima e Maquiné.

O Grupo Nova Lima é a unidade basal do Supergrupo Rio das Velhas sendo constituído por filitos, filitos grafitosos, clorita-xistos, sericita-xistos, metagrauvascas, rochas máficas e ultramáficas, formações ferríferas do tipo algoma, metacherts e metadolomitos. Algumas subdivisões estratigráficas informais são propostas por Ladeira (1980), Oliveira et al. (1983), Belo de Oliveira (1986), Vieira & Oliveira (1988), Vieira et al. (1991). Para Noce (1995), a dificuldade de estabelecer uma subdivisão estratigráfica aceita para todo o Grupo Nova Lima advém da intensa deformação, processos de alteração pervasivos e profundo intemperismo, aliados à ausência de cartografia de maior detalhe em muitas áreas.

Em 1996, o DNPM e a CPRM concluíram o Projeto Rio das Velhas, que teve como objetivo mapear o Greenstone Belt Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero em escala adequada aos trabalhos de prospeção e pesquisa mineral. O mapeamento foi feito para 27 quadrículas, na escala 1: 25 000 e, sintetizado em um mapa geológico na escala 1: 100 000. Uma reimpressão foi feita em 2000. Neste trabalho, as rochas do Supergrupo Rio das Velhas são agrupadas em associações de litofácies geneticamente relacionadas. O Grupo Nova Lima foi dividido nas seguintes associações de litofácies, da base para o topo: (1) associação metavulcânica-plutônica máfica-ultramáfica; (2) metavulcano-sedimentar química; (3) metassedimentar química-pelítica; (4) metavulcano-sedimentar clástica; (5) metassedimentar clástica marinha (ressedimentada).

O Grupo Maquiné é a unidade de topo do Supergrupo Rio das Velhas e tem ocorrência restrita à porção centro-leste do QF. É dividido por Dorr (1969) nas formações, da base para o topo: Palmital, constituída por quartzitos sericíticos, filitos quartzosos e filitos; e Casa Forte, originalmente definida por Gair (1962), constituída por quartzitos sericíticos, cloríticos a xistosos e filitos. No Projeto Rio das Velhas, citado anteriormente, o Grupo Maquiné foi reconhecido como

uma associação metassedimentar clástica não-marinha, com uma fácies litorânea (Formação Palmital) e outra fluvial (Formação Casa Forte).

O Supergrupo Minas foi originalmente denominado de “Série” Minas, por Derby (1906) e sua organização estratigráfica, em essência, permanece a mesma desde então, sendo dividido em três Grupos: Caraça, Itabira e Piracicaba (Dorr 1969). Esta unidade sobrepõe-se geralmente às rochas dos complexos metamórficos e Supergrupo Rio das Velhas em contato tectônico.

A base da unidade é o Grupo Caraça que apresenta as Formações Moeda, inferior, e Batatal, superior. A Formação Moeda é constituída por quartzitos com intercalações de filito e níveis conglomeráticos. Na Formação Batatal, predominam filitos sericíticos, por vezes carbonosos ou ferruginosos. A unidade intermediária é o Grupo Itabira constituído por uma seqüência de metassedimentos químicos iniciada pela Formação Cauê seguida da Formação Gandarela. A Formação Cauê é composta por itabirito, itabirito dolomítico, dolomito ferruginoso e filito. A Formação Gandarela é formada por dolomitos, filito dolomítico e dolomito silicoso. A unidade de topo é o Grupo Piracicaba com as seguintes formações da base para o topo: Cercadinho, Fecho do Funil, Taboões e Barreiro. A Formação Cercadinho caracteriza-se pela alternância de quartzitos e filitos, freqüentemente ferruginosos. A Formação Fecho do Funil é constituída por filitos, filitos dolomíticos e lentes de dolomito. Os ortoquartzitos de granulometria fina da Formação Taboões e os filitos e filitos grafitosos da Formação Barreiro são de ocorrência restrita.

O Grupo Sabará corresponde à Formação Sabará (Dorr 1969) elevada à categoria de Grupo por Renger et al. (1994). É constituído por clorita xistos e filitos, metagrauvascas, metaconglomerados, quartzitos e raras formações ferríferas. Suas rochas afloram praticamente em todo o QF, exceto no Sinclinal Moeda.

O Grupo Itacolomi é restrito às porções sudeste e sul do QF, sendo constituído por quartzitos, quartzitos conglomeráticos e lentes de conglomerados com seixos de itabirito, filito, quartzito e quartzo de veio.

O Supergrupo Espinhaço ocorre na porção nordeste do QF, representado pelo pacote quartzítico da Serra de Cambotas. Para Crocco-Rodrigues (1991), a posição estratigráfica desta unidade, inicialmente correlacionada ao Grupo Tamanduá de Simmons & Maxwell (1961), foi sempre controversa, por incluir pacotes de rochas distintos, tectonicamente justapostos.

No contexto geológico regional do QF, além da seqüência estratigráfica descrita anteriormente, destaca-se também a presença de rochas básicas e metabásicas intrusivas que cortam as seqüências supracrustais e os terrenos granito-gnáissicos especialmente a oeste de Belo Horizonte. Uma coluna estratigráfica da área é apresentada na Figura 5.3.

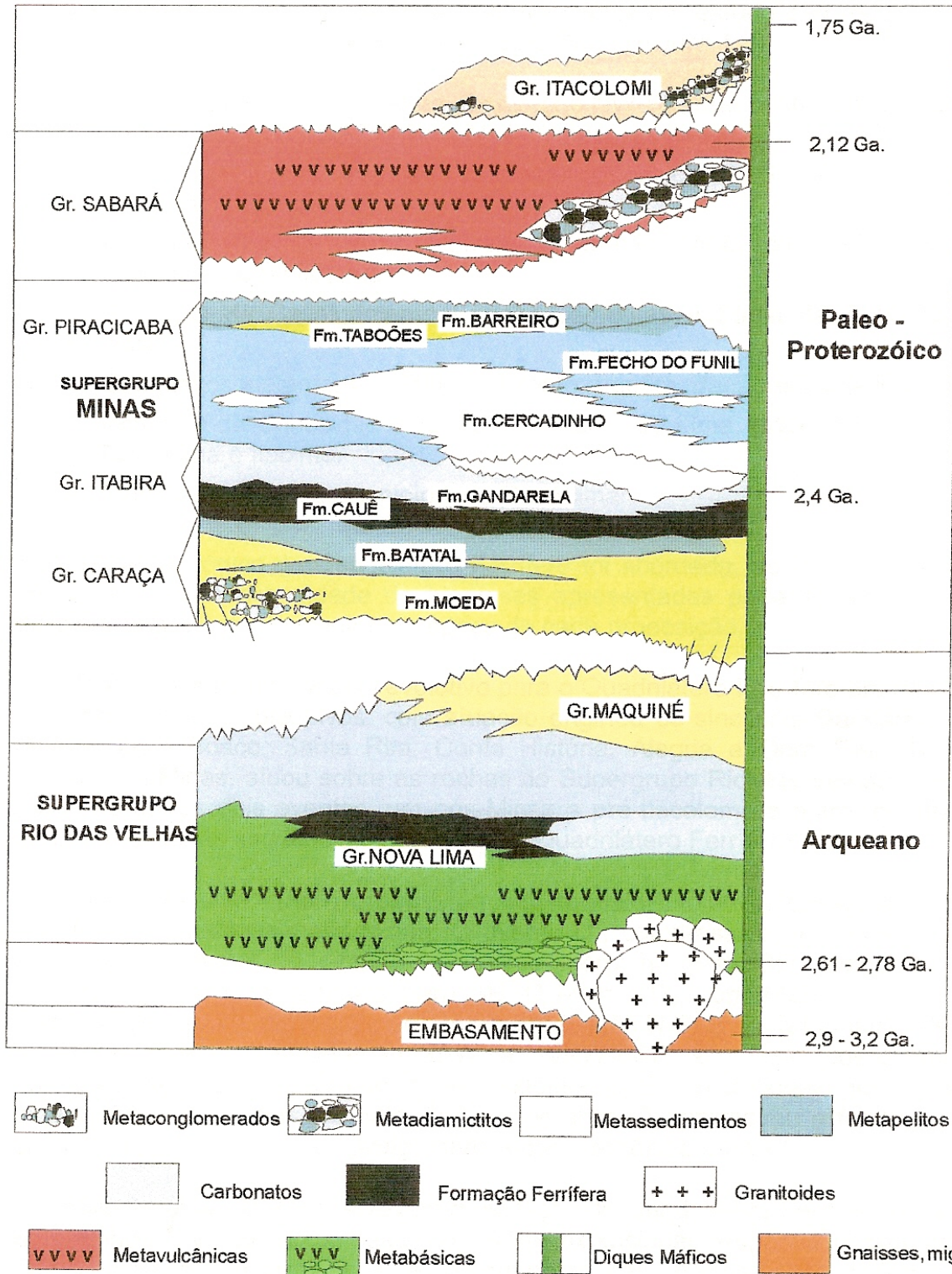


Figura 5.3 – Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)

5.3. Aspectos geotectônicos

O Quadrilátero Ferrífero representa parte da exposição do substrato do Craton São Francisco Meridional e foi palco de vários eventos geodinâmicos que ocorreram durante o Arqueano e o Proterozóico. O Craton São Francisco é compreendido por Alkmim et al. (1993) como a porção continental que restou estável a partir de uma grande placa litosférica neoproterozóica que passou por processos de subducção e colisão (Figura 5.4).

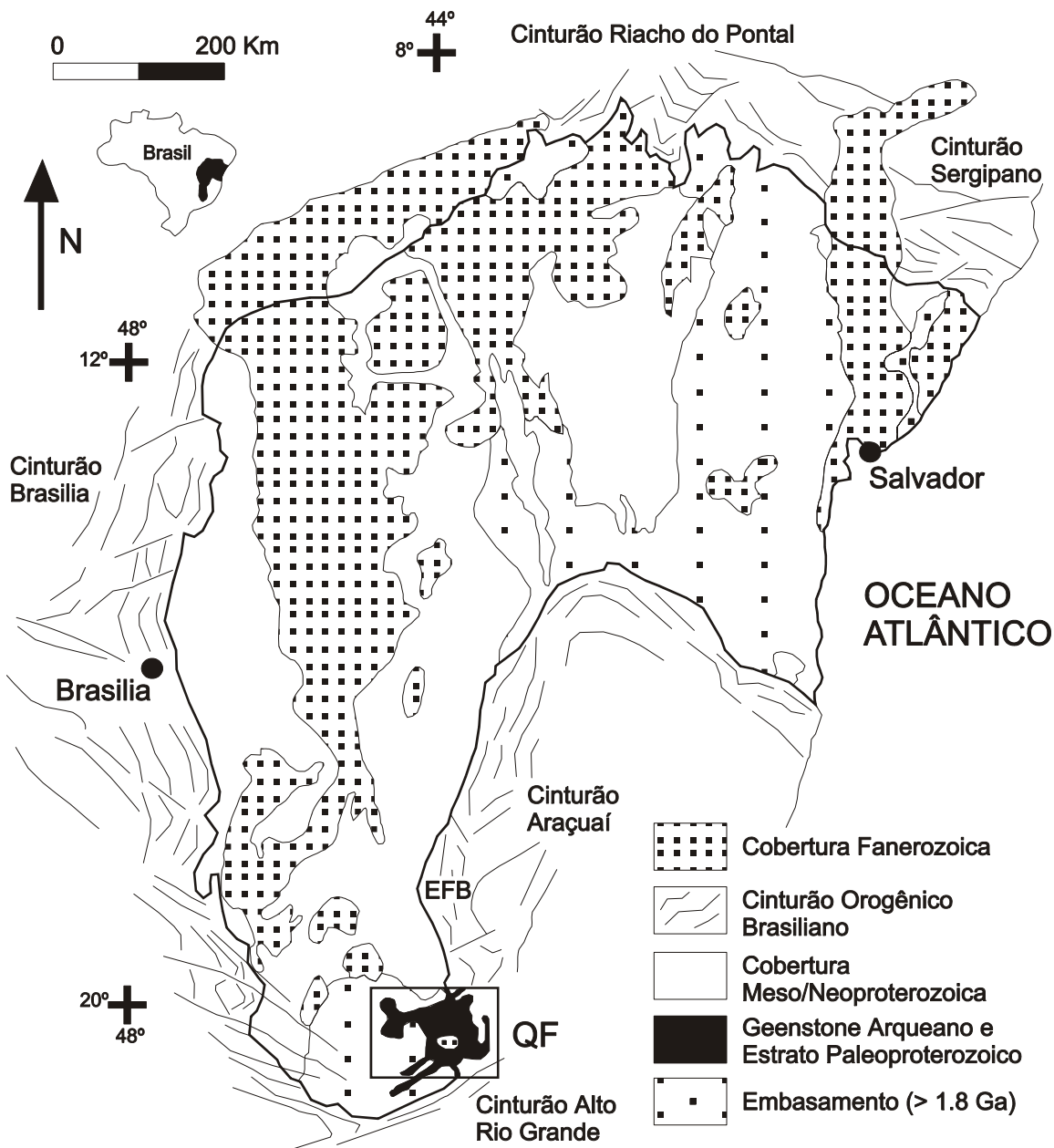


Figura 5.4 – Mapa regional do Craton São Francisco, com a localização do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)

Segundo Dorr (1969), as principais estruturas do QF são: os sinclinais Moeda, Dom Bosco, Gandarela, Ouro Fino, Santa Rita, Itabira e Monlevade, Vargem do Lima; a Serra do Curral e o Arqueamento Rio das Velhas. O contorno do QF é delineado por estas estruturas sinclinais que são preenchidas por sedimentos do Supergrupo Minas e moldados por domos granito-gnáissicos.

O Sinclinal Moeda tem direção N-S, extensão aproximada de 40 km, apresentando conexão com a Serra do Curral, a norte, e com o Sinclinal Dom Bosco, a sul. O Sinclinal Gandarela se orienta segundo a direção NE-SW, com estilos estruturais distintos a sudoeste e nordeste. O Sinclinal Ouro Fino é uma estrutura definida apenas pelas unidades dos Grupos Caraça e Itabira. O Sinclinal de Santa Rita possui orientação N-S e foi dobrado posteriormente segundo a direção NW. Os sinclinais de Itabira e Monlevade são duas estruturas sinformais muito similares e separadas das demais estruturas por unidades gnáissicas. O Sinclinal Vargem do Lima é invertido com eixo NW-SE e vergência para SW, em sua maior extensão, infletindo-se fortemente para NE na sua extremidade noroeste. A Serra do Curral limita o QF na porção norte e o Arqueamento Rio das Velhas é uma feição geológica de extensão superior a 100 km e largura máxima de 47 km (Endo 1997).

Para Alkmim & Marshak (1998), o padrão observado no mapa geológico do QF define uma estrutura em domos e quilhas com geometria semelhante à estruturas em domos e quilhas observadas em várias províncias crustais arqueanas e paleoproterozóicas do mundo. Neste modelo, o embasamento arqueano (gnaisse, migmatitos e granitóides) ocorre em domos (Bação, Bonfim, Caeté, Santa Rita, Florestal e Itaúna) cercados por quilhas contendo o Supergrupo Rio das Velhas e o Supergrupo Minas. As quilhas incluem grandes sinclinais (Moeda, Dom Bosco e Pitangui-Pequi) e um grande homoclinal (Serra do Curral).

5.4. Evolução tectônica

Durante anos, vários modelos tectônicos foram propostos para explicar o complexo padrão do QF; entre os principais modelos, destaca-se o trabalho de Alkmim & Marshak (1998), os quais, baseados em resultados de estudos estruturais e avaliando dados compilados, sugerem que o QF passou por pelo menos quatro fases de deformação. Os autores apresentam uma síntese da evolução tectônica da região:

- (1) Formação dos terrenos granito-greenstone arqueanos: o embasamento de rochas cristalinas mais antigas da região do QF tem idade de 3200Ma, todos os fragmentos de crosta continental desta idade serviram como embasamento, no qual, entre 2800-2700Ma depositaram-se sucessões sedimentares e de rochas verdes (Supergrupo Rio das Velhas), provavelmente em uma margem convergente. O plutonismo granitóide criou

um clássico cinturão arqueano granito-greenstone, com domos de granitos cercados por porções de greenstone;

- (2) Formação da bacia Minas: entre 2600-2400Ma, a região do QF passou de uma porção plataformal continental para uma bacia de margem passiva. O início desta bacia representa um evento distensional, como indicado pela distribuição de fácies e ambiente de deposição do grupo Caraça (Renger et al. 1993);
- (3) Evento Transamazônico (D1): aproximadamente em 2100Ma, a região do QF é envolvida por um cinturão de dobramentos e cavalgamentos com vergência para noroeste, resultando no desenvolvimento de zonas de cisalhamento e dobras em escala regional, bem como, subordinadamente, em dobras parasíticas. O desenvolvimento de um cinturão de dobramentos e cavalgamentos Transamazônico ocorreu logo após a deposição do Grupo Sabará, em 2125Ma.
- (4) Colapso Orogênico Transamazônico (DC): entre 2095 e 2051Ma, estabeleceu-se, regionalmente, um regime distensional com o desenvolvimento de terrenos em domos e quilhas;
- (5) Rift Espinhaço (DE): a formação da bacia Espinhaço, a leste, se reflete no QF com a intrusão de diques de diabásio em torno de 1750Ma. Entre 1000-900Ma ocorre desenvolvimento de um episódio distensional propiciando a formação de uma bacia oceânica (Pedrosa Soares et al 1992). Não está claro se o Evento Espinhaço representa uma continuação do colapso orogênico Transamazônico, ou se é um evento completamente independente;
- (6) Brasileiro (D2): o segundo evento compressional ocorreu entre 700-430Ma e criou um cinturão de dobramentos e cavalgamentos com vergência para oeste que reativou antigas estruturas do QF. Este evento representa um dos últimos orógenos colisionais que formaram o supercontinente Gondwana resultando, também, na reativação de zonas de cisalhamento e falhas que bordejam os domos.

IMPORTÂNCIAS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO PARA A CRIAÇÃO DE UM GEOPARQUE DA UNESCO

6.1. Importância geocológica

As rochas que afloram no Quadrilátero Ferrífero datam do Arqueano e Paleoproterozóico, que juntamente com o Hadeano (Intervalo que marca os primórdios de formação do planeta), ocupa cerca de 8/10 da história de evolução da Terra. Os controles primários na evolução geológica da Terra Pré-Cambriana foram determinados pela interação entre a tectônica de placas, super-plumas mantélicas, química do sistema oceano-atmosfera, evolução da vida e pelos processos de sedimentação.

Encontram-se no Quadrilátero Ferrífero elementos geológicos representativos de parte da evolução Pré-Cambriana. Este registro está preservado nos seus diferentes conjuntos de rochas que contam sua história geológica a qual inclui diversos eventos como magmatismo e tectonismo e mudanças na atmosfera, hidrosfera, biosfera e nos sistemas de sedimentação. Para entender a inserção do Quadrilátero Ferrífero na evolução geológica global é necessário conhecer as características da Terra no Hadeano, Arqueano e Paleoproterozóico.

6.1.1. DIFERENCIAÇÃO DA TERRA EM NÚCLEO, MANTO E CROSTA

O registro geológico do intervalo de tempo entre 4,5 – 3,8 Ga (Eon Hadeano, o prefixo *Hade* vem do grego e significa inferno) é extremamente escasso. Esse intervalo remonta ao início da história do planeta e, por conseguinte, da formação do sistema solar, iniciada provavelmente durante um evento de colapso de núcleo de supernova, em aproximadamente 4571Ma (Nelson 2004).

Acredita-se que a Terra tornou-se diferenciada em núcleo metálico e manto silicatado em aproximadamente 20 milhões de anos, a partir desse evento de supernova, após sua formação. Para Eriksson et al (2004), os dados que corroboram esta idéia vêm de dados isotópicos ^{187}Re de meteoritos de ferro e de meteoritos de metais e silicatos (pallasites), que sugerem que a formação de núcleos metálicos ocorreu em menos de 50 milhões de anos, a partir da formação do sistema solar.

A diferenciação da Terra foi possível, em parte, pelo elevado fluxo de calor no manto, estimado em 2 a 3 vezes maior do que no Fanerozóico, o que conferiu um regime mantélico mais caótico. Segundo Nelson (2004), no início, crostas komatiíticas e basálticas de alto teor de Mg

derivaram de elevadas fusões parciais de fontes mantélicas; essas crostas iniciais tiveram vida curta, e eram comumente fragmentadas por impactos de meteoritos sendo rapidamente recicladas no manto. Em determinados locais, onde o calor sob a crosta era mais intenso, ocorriam processos de diferenciação magmática que levaram à formação dos primeiros núcleos siálicos.

Esse período é marcado por uma história complexa e a evolução Hadeana da Terra, assim como a evolução no início do Arqueano, permanece amplamente especulativa. Porém, existe um consenso para o fato de que a formação da crosta granito-greenstone e a ocorrência de lavas komatiíticas são essencialmente Arqueanas.

6.1.2. COMPLEXOS GNÁISSICOS TTG E GREENSTONE BELTS: GERAÇÃO, CRESCIMENTO DE CROSTA CONTINENTAL E SEQUÊNCIAS SUPRACRUSTAIS ARQUEANAS

Os primeiros núcleos proto-cratônicos siálicos começaram a se formar em quatro bilhões de anos, sendo que seqüências do tipo greenstone e granito-gnaisses de composição tonalito-trondhejemito-granodiorito (TTG) aparecem nos registros geológicos mais antigos preservados. Segundo Myers (2001), a mais antiga e preservada crosta continental está representada por uma associação de rochas caracterizadas por um cinturão linear de rochas máficas (greenstone) em contato descontínuo, e definido por falhamentos, com volumosos corpos granitóides TTG correspondendo ao Gnaiss Acasta (noroeste do Canadá) datado em 3,96Ga.

A produção de grandes volumes de magma TTG é um passo essencial para a formação da crosta continental arqueana. A composição siálica da crosta continental deve ser o resultado da fusão parcial de um precursor máfico; os TTGs são geralmente considerados como reflexo de fusão parcial de basaltos hidratados. Segundo Zegers (2004), alguns fatores foram importantes para a formação de TTGs como a alta produção de calor no Arqueano e uma crosta oceânica muito espessa, análoga a platôs oceânicos modernos (Kusky & Kidd 1992; Condie 1997; Polat et al 1998). Para produção de magmas TTGs, podem ser considerados dois principais modelos geodinâmicos: (1) subducção e fusão parcial de crosta oceânica hidratada (Martin 1986; Drummond & Defant 1990; Davies 1992; Martin & Moyen 2002); (2) diferenciação crustal *in situ* e delaminação (Zegers & Van Keken 2001).

O modelo de geração de magmas TTG por fusão da crosta oceânica em subducção apresenta um paralelo atual na gênese dos magmas adakíticos cenozóicos na cordilheira andina do Chile (Moyen 2004). Já o modelo de diferenciação e delaminação *in situ* (Zegers & Van Keken, 2001), pressupõe uma crosta máfica de grande espessura, onde parte de sua base é convertida em eclogito ou granulito rico em granada. Este novo material, por apresentar densidade mais alta que o topo do manto, de composição harzbugitica, sofreria delaminação promovendo com isto reciclagem do

material litosférico e convecção mantélica. Dependendo das condições termobarométricas e conteúdo de água, este processo poderia ocasionar fusão parcial com geração de magma TTG com alto teor em Al e material residual contendo granada (Zegers 2004).

Posteriormente à formação da crosta inicial do Arqueano e antes da sua estabilização final, grandes volumes de granito formaram-se por fusão da crosta TTG pré-existente. O posicionamento destes corpos provavelmente aconteceu na forma de lacólitos sub-horizontais o que é consistente com a geometria geralmente tabular de plútons graníticos do Arqueano (Zegers 2004).

No QF, os complexos granito-gnáissicos que formam o embasamento arqueano, são o registro da crosta continental primitiva e das intrusões graníticas posteriores; segundo Machado & Noce (1993), para essas rochas, existe um acervo de datações U-Pb que evidencia um longo período evolutivo de geração e retrabalhamento entre 3200 e 2600Ma.

Assim como gnaisses TTGs, rochas vulcânicas são também componentes significativos dos terrenos arqueanos, sendo encontradas em greenstone belts; sua gênese é comumente associada com sistemas de subducção e plumas mantélicas (Mueller & Thurston 2004). Segundo Eriksson et al (1998), de alguma forma, a tectônica de placas arqueana com colisões rápidas de micro-placas e atividade vulcânica associada pode ter conduzido à formação de greenstone belts que representam seqüências vulcano-sedimentares. Dentre as rochas encontradas nos greenstone belts, os komatiítos são as mais características, ainda que não exclusivas desse período. Os komatiítos são rochas vulcânicas ultramáficas que derivaram de magmas com composição química próxima à do manto peridotítico. A temperatura mais elevada do manto, no Arqueano, promoveu fusão parcial em taxas mais elevadas conduzindo à produção de magmas mais magnesianos. A temperatura de um magma komatiítico com 30% de MgO é de aproximadamente 1700°C (Arndt 1994). Além de rochas komatiíticas, os greenstone belts arqueanos apresentam também rochas vulcânicas toleíticas, félsicas, e vulcanoclásticas. Associados com essas litologias dominantes, são observados poucos remanescentes de rochas sedimentares, incluindo carbonatos, BIFs, pelitos, arenitos e conglomerados (Windley 1995).

No Quadrilátero Ferrífero o Supergrupo Rio das Velhas representa um cinturão do tipo greenstone belt que contém importantes depósitos de Au. Segundo Carneiro (1992), Noce (1995) e Noce et al (2005), o Supergrupo Rio das Velhas foi depositado no intervalo de tempo de aproximadamente 70 milhões de anos, a partir de 2790 Ma. Trata-se, portanto, de um greenstone belt neoarqueano, aproximadamente contemporâneo a diversos cinturões do mesmo tipo encontrados, por exemplo, na Província Superior (Canadá) e no Cráton Yilgarn (Austrália).

6.1.3. CRATONIZAÇÃO, SUPERCONTINENTES E BACIAS SEDIMENTARES: DO FINAL DO ARQUEANO AO MESOPROTEROZÓICO

No QF, o período entre 2860 e 2700Ma parece estar relacionado a uma progressiva aglutinação de blocos continentais mais antigos, resultando em volumoso magmatismo granítico e formação do greenstone belt Rio das Velhas (Carneiro 1992; Machado et al 1992; Noce 1995). As últimas manifestações de plutonismo granítico que se estendem até aproximadamente 2600Ma encerram a cratonização da área. Assim, o desenvolvimento do Supergrupo Rio das Velhas caracterizou um evento de crescimento crustal que promoveu a consolidação de um núcleo continental. Em nível global, as taxas de crescimento crustal continental flutuaram através do tempo e estão relacionadas a ciclos de supercontinentes. Os ciclos de supercontinentes incluem a aglutinação de crosta continental, caracterizada por episódios tectônicos com grande atividade vulcânica e sísmica; seguida por fragmentação acompanhada por períodos de relativa quiescência. Para Condie (2004) e Ohmoto (2004), eventos de formação e quebra de supercontinentes podem refletir na elevação global do nível do mar e em mudança significativa na química dos oceanos.

Segundo Eriksson et al (2004), em aproximadamente 2,5 Ga, os continentes tinham atingido 80% do seu volume atual, cobrindo 27% da Terra (os valores atuais são de aproximadamente 41%). Para Aspler & Chiarenzelli (1998), alguns registros sedimentares e magmáticos indicam a existência de dois supercontinentes no final do Arqueano, quando se observa um pico no crescimento de crosta continental: (1) supercontinente envolvendo os blocos da América do Norte, Báltico e Sibéria, denominado de Kernoland; (2) supercontinente envolvendo os cratons de Zimbábue, Kaapval, Pilbara, São Francisco e blocos do embasamento arqueano da Índia. Segundo Aspler & Chiarenzelli (1998), o registro sedimentar sugere que a fragmentação do supercontinente que envolvia o Craton São Francisco começou em 2,65 Ga. Após a fragmentação, as sucessões de margem passiva definiram as bordas dos fragmentos do supercontinente; vários ciclos de Wilson, parciais e completos, são interpretados em terrenos que faziam parte deste supercontinente.

O Supergrupo Minas no QF representa uma dessas sucessões de margem passiva, cuja deposição inicia-se na época da transição Arqueano-Proterozóico. A sedimentação do Supergrupo Minas teve início em ambiente inicialmente continental e posteriormente marinho, com formação de arenitos, conglomerados, pelitos, dolomitos e formação ferrífera bandada. Segundo Renger et al. (1994), o período inicial da sedimentação do Supergrupo Minas, é representado pela deposição da Formação Moeda, seguido de um período de estabilidade tectônica, marcado pela deposição dos sedimentos plataformais que constituem as Formações Batatal, Cauê e Gandarela.

O fechamento da bacia Minas no evento Transamazônico (ca. 2,1-2,0 Ga) associa-se à estabilização de uma extensa área continental, que vai registrar um próximo evento importante

apenas por volta de 1,7Ga, ao final do Paleoproterozóico (Noce 1995). Este evento está associado a uma primeira tentativa de fraturamento desta massa continental, gerando a bacia de sedimentação onde se depositou o Supergrupo Espinhaço. O Supergrupo Espinhaço é o registro do Mesoproterozóico (que tem início em 1600Ma), no Quadrilátero Ferrífero, e está representado, nesta área, pela Serra das Cambotas. A partir de 1,6 Ga, os ciclos de formação de supercontinentes e as associações de vários regimes sedimentares com o ciclo de Wilson tornam-se bem desenvolvidos.

6.1.4. EVOLUÇÃO DA HIDROSFERA, ATMOSFERA E DA VIDA

Ao processo de formação e consolidação da Terra no Hadeano e no Arqueano estão associadas à formação da atmosfera e da hidrosfera. Existe uma estreita relação entre a vida, a atmosfera e a composição química dos oceanos; esta relação permite que as assinaturas biogeoquímicas (ex: isótopos de carbono e enxofre) encontradas no registro de rochas sedimentares possam ser utilizadas no estudo da biosfera e atmosfera inicial da Terra.

Acredita-se que a atmosfera primitiva era composta por CO₂, vapor de H₂O e outros gases (principalmente CH₄, SO₂, NO₃ e H₂S) liberados como consequência da diferenciação da Terra. Segundo Kasting & Ono (2006), o CO₂ e o CH₄ tiveram um papel fundamental como gases estufa principais na atmosfera inicial da Terra. Como a temperatura no Hadeano era muito elevada, estas combinações permaneciam na forma gasosa, sendo que o oxigênio não existia em estado livre. A evolução da atmosfera controlou em parte a história geológica dos oceanos; esta teve início com a progressiva diminuição da temperatura o que levou à condensação do vapor de água presente na atmosfera. Segundo Eriksson et al (1998), a presença de rochas sedimentares de 4,0-3,8 Ga indica a existência de oceanos não congelados e água corrente na superfície da Terra. A maior parte do volume atual da água (90%) estava na superfície da Terra na forma líquida em 4,0 Ga (Condie 1997).

Com a condensação do vapor de água e o consequente estabelecimento do ciclo da água, ocorre a interação da atmosfera, litosfera e hidrosfera, e os ciclos geoquímicos são estabelecidos. Segundo Ohmoto (2004), o dióxido de enxofre formava o ácido sulfúrico que reagia com as rochas formando sulfatos. Chuvas ácidas também eram comuns e levavam à decomposição das superfícies dos continentes formados, transportando para o oceano íons como Fe²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na²⁺. Progressivamente, o oceano e a atmosfera têm sua composição química modificada, mas o oxigênio continua ausente na atmosfera; os níveis em 4,0 Ga seriam na ordem de 10⁻³ inferiores aos níveis existentes atualmente.

O oxigênio é produzido por fotossíntese. Segundo Schopf (2004), o registro de 85% da vida pré-cambriana, com 30 ocorrências no Arqueano e mais de 2800 ocorrências no Proterozóico, é dominado por micróbios procariotes (bactérias e cianobactérias). Para Schopf (1995), em 3,5 Ga, existiam em solução nos oceanos os elementos essenciais à constituição da vida e, embora a atmosfera fosse praticamente desprovida de oxigênio, alguns membros de cianobactérias que viviam nos mares liberavam O_2 como produto de seu metabolismo. O oxigênio ainda não está livre, pois, assim que liberado, é imediatamente consumido pela oxidação de compostos redutores da atmosfera, hidrosfera e litosfera: o metano oxida-se em gás carbônico; os sulfetos oxidam-se em sulfatos; o ferro ferroso se oxida em ferro férrico (Tardy 1997), originando formações ferríferas bandadas (Banded Iron Formation - BIFs). A deposição de BIFs foi feita, principalmente, entre 2500 e 2400 Ma e corresponde a aproximadamente 15% do total de estratos das rochas sedimentares do Proterozóico, que é conhecido como “Idade do Ferro”. A acumulação de oxigênio na atmosfera somente foi possível depois que a maioria dos minerais reduzidos foi oxidada.

Dois processos principais mudaram a atmosfera na passagem do Arqueano para o Paleoproterozóico: o aumento de O_2 e uma diminuição dos gases estufa. Karhu & Holland (1996) postulam um suposto “grande evento de oxidação” entre aproximadamente 2,4-2,0 Ga, sendo caracterizado por mudanças químicas significativas. Segundo Kasting & Ono (2006), este aumento na concentração de O_2 na atmosfera é coincidente com a primeira glaciação no Paleoproterozóico, que está bem documentada em praticamente todos os continentes atuais: na América do Norte, África e Austrália. Para Young (2004), alguns fatores podem ter contribuído para essa glaciação global: a formação de carbonatos com o aparecimento das primeiras plataformas carbonáticas gigantes e os processos associados ao ciclo dos dois supercontinentes arqueanos.

Assim, a ocorrência de grandes plataformas carbonáticas e a presença de formações ferríferas no registro Pré-Cambriano, em especial no Paleoproterozóico, é indicativa de mudanças na composição química da paleoatmosfera. No Quadrilátero Ferrífero, estas mudanças estão registradas nas rochas do Supergrupo Minas. A Formação Cauê é uma unidade clássica da geologia mundial, representativa dos extensos pacotes de formação ferrífera bandada depositados no início do Paleoproterozóico. A Formação Gandarela é essencialmente formada por rochas carbonáticas, que também constituem corpos expressivos na Formação Fecho do Funil, e, ambas as unidades exibem registro fossilífero (estromatólitos). Diamictitos encontrados no topo, ou próximo ao topo da Formação Gandarela, foram recentemente descritos por Alkmim & Noce (2006) e poderiam representar o registro de um evento glacial.

6.2. Importância associada à história da mineração

6.2.1. A OCUPAÇÃO DAS MINAS GERAIS

A região onde se insere o QF tem sua história marcada pelo desenvolvimento de atividades relacionadas à extração de recursos minerais, inicialmente o ouro e, posteriormente, o ferro e manganês. O início da ocupação de Minas Gerais se deu desde meados do século XVII pelas expedições pesquisadoras de minerais preciosos. Segundo Ab'Saber et al. (2000), estas entradas no sertão foram estimuladas por cartas régias enviadas pela Coroa Portuguesa aos paulistas prometendo prêmios e honrarias àqueles que descobrissem minerais preciosos. O fato que desencadeou este processo foi a grave crise econômica e financeira de Portugal na metade do século XVII, acentuada pela decadência da indústria açucareira do Brasil, mediante a concorrência antilhana.

A descoberta de ouro em Minas Gerais é atribuída, por muitos pesquisadores, a Antônio Rodrigues Arzão, em 1693. Na região do QF, dois eventos foram marcantes: a expedição pesquisadora de minerais preciosos de Fernão Dias e a descoberta de ouro em Ouro Preto. Estes eventos influenciaram o povoamento do QF que se deu inicialmente a partir de dois eixos principais, Sabará (influência da bandeira de Fernão Dias) e Mariana e Ouro Preto (influência da descoberta de ouro no ribeirão do Tripuí).

Antonil, em sua obra *Cultura e Opulência do Brasil de 1711*, afirma que o verdadeiro descobridor de ouro em Minas Gerais foi um mulato que achou, no ribeirão do Tripuí, “granetes cor de aço”, que foram vendidos em Taubaté e examinados no Rio de Janeiro onde apurou-se que se tratava de ouro finíssimo. A expedição pesquisadora de prata e esmeraldas de Fernão Dias Paes Leme partiu de São Paulo em julho de 1674 e era composta por mais de trinta paulistas e muitos índios além do seu imediato, Matias Cardoso de Almeida, o genro Manuel de Borba Gato, e o filho, Garcia Rodrigues Paes. Nula, quanto às riquezas que procurava, a expedição foi importante pela descoberta de ouro em Sabará por Borba Gato.

Estas descobertas e uma série de expedições que se seguiram prepararam a grande fase das explorações auríferas e o povoamento do QF com a fundação, em 1711, das vilas de Mariana, Vila Rica de Ouro Preto e Vila Real de Sabará. Vários arraiais e vilas dentro ou próximos do QF tiveram sua origem ligada à mineração do ouro destacando-se, dentre outros: Caeté, Congonhas, Catas Altas, Santa Bárbara, Barão de Cocais, Cachoeira do Campo, Ouro Branco, Nova Lima, São Gonçalo do Rio Acima e Piedade do Paraopeba.

Barbosa & Rodrigues (1967) chamam a atenção para as quatro fases da exploração do ouro no QF, sendo que as três primeiras aconteceram no período colonial e permitiram, de forma

definitiva, a fixação do povoamento na região; a última aconteceu no período imperial utilizando técnicas modernas de extração.

6.2.2. EXPLORAÇÃO DO OURO NO PERÍODO COLONIAL

No período colonial, a exploração aurífera limitou-se ao ouro de aluvião empregando mão-de-obra escrava e técnicas rudimentares de extração do ouro encontrado na superfície da terra e no leito dos rios. A exploração predatória destas ocorrências deixava a paisagem totalmente degradada como observado nos relatos de Saint Hilaire, que esteve no Brasil entre 1816 e 1822:

Apenas se deixa para trás Capão (Capão do Lana, onde se encontrava a mina de topázio imperial), a paisagem toma um ar de tristeza que conserva quase sempre até Vila Rica. Não se descobrem de todos os lados senão campos desertos, sem cultura e sem rebanho. Se avistam algumas casas, ordinariamente estão em ruínas, os contornos das montanhas são na maior parte ásperos e irregulares; continuamente se avistam escavações para lavagens de ouro; a terra vegetal foi eliminada, com ela desapareceu a vegetação e nada mais ficou que montes de cascalho...

Paul Ferrand, em 1894, também demonstrou preocupação com a situação ambiental deixada pela exploração do ouro:

Por toda a parte, inclusive na própria cidade (Ouro Preto) são encontrados vestígios dos trabalhos primitivos: montanhas revolvidas das quais as encostas rasgadas fornecem testemunho voraz da agressão humana; imensos reservatórios limitados por espessos muros de pedra, cimentada com terra endurecida pelo tempo, têm dimensões de difícil justificativa...

Vieira Couto, em 1799, relata que o ouro se extraía nos montes ou nos rios e, por consequência, dividia as minas de montes e minas de rios. Ferrand (1894) distinguia dois tipos de depósitos: os depósitos de aluvião e os filões (veios). Os depósitos de aluvião consistiam de três categorias: os depósitos dos leitos dos rios; os tabuleiros que ocupavam as margens dos rios e as grupiaras, que constituíam os depósitos mais elevados, nos flancos das montanhas. Os depósitos de filão podiam acontecer no vale, no flanco ou no seio das montanhas.

Ferrand fez um relato detalhado sobre as técnicas de mineração utilizadas. Nos trabalhos dos leitos dos rios, os homens, desprovidos de outros meios, extraíam o ouro entrando na água para remexer as areias com estacas afiadas, que recolhiam em seguida em pequenos recipientes, posteriormente substituídos por bateias, onde procedia manualmente a separação dos grãos de ouro. Os trabalhos nas margens dos rios (serviços de tabuleiro) e os trabalhos nos vales das montanhas utilizavam o *método das catas*. As catas consistiam de escavações em forma de funil onde o

minerador ia tirando a camada de terra e saibro até atingir o depósito de cascalho. À medida que o ouro era descoberto, as cavas eram aprofundadas até atingir a rocha dura. Nos trabalhos nos flancos das montanhas (serviços de grupiaras), os mineradores utilizavam a diferença de nível para fazer passar correntes de água sobre toda a massa, que era arrastada e recolhida embaixo.

Segundo o documento “Modo de minerar nos morros de Vila Rica e Mariana” presente no Códice Costa Matoso, no século XVIII, as técnicas de mineração empregadas na extração do ouro eram classificadas em: catas de talho aberto; serviços de buraco; serviços de minas. As catas de talho aberto formaram grandes crateras com paredes superiores a 10 metros de altura, correndo risco de desabamento. Foram utilizadas em terrenos de terra fofa e procediam ao desmonte dos barrancos por meio de alavancas e água corrente. Os serviços de buracos incluíam a escavação nas laterais e dentro das catas de talho aberto em busca de veios mais ricos em ouro. Os serviços de minas eram escavações guiadas pela experiência de cada um e constituíam-se de avanços com balisas.

Ferrand (1894) também faz um relato sobre os trabalhos no interior das montanhas que utilizavam os procedimentos da arte das minas. Os mineiros procediam à escavação de uma galeria que seguia as linhas ricas dos veios. Quando atingiam uma parte muito profunda, alargavam à direita, à esquerda, acima, embaixo, aumentando a escavação.

Assim, na primeira fase, a extração era feita seguindo o eixo dos rios onde o ouro era descoberto. Na medida em que este ouro se esgotava, exploravam-se os depósitos também nas encostas das montanhas, atingindo-se os terraços de 30/40 metros acima do nível do rio, o que caracterizava a segunda fase. Em alguns lugares uma terceira fase ocorreu com a exploração dos terraços de 60/70 metros acima do rio.

Na terceira fase os teores de ouro decrescem, utilizavam-se técnicas rudimentares para as minas e, não tendo meios de aprofundar a exploração, ocorre a fase de exaustão do ouro. A partir da segunda metade do século XVIII, a população foi abandonando as minas e passou a se dedicar a outras atividades econômicas, como a agricultura e o comércio. Vários fatores levaram ao declínio das minas: a política econômica adotada pela própria metrópole com a existência de uma legislação confusa e repressora, administração inadequada, falta de preocupação em melhorar as técnicas de mineração e a falta de espírito associativo dos proprietários de lavras.

Para Couto & Costa (2003), o fator fundamental que levou ao esgotamento das minas foi o desconhecimento técnico dos mineradores. Enquanto a extração foi limitada apenas ao leito e margens dos rios, as técnicas utilizadas, embora rudimentares, foram suficientes. Quando este ouro se exauriu e atingiu as rochas primárias, formadas por minério duro, as escavações não conseguiram prosseguir.

A mistura de raças e culturas na época colonial tornou o QF um berço cultural e civilizador permitindo o surgimento de um movimento artístico ligado a arquitetura, literatura e música. A arte barroca floresceu com obras-primas que podem ser observadas em várias cidades do QF, destacando-se as obras de Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho, e de Manuel da Costa Ataíde. Na música, a região também contou com ilustres artistas, tais como José Joaquim Emérico e Pe. José Maurício. Além disso, o QF foi também o berço do primeiro movimento literário expressivo do Brasil, que teve a participação de Cláudio Manuel da Costa, Tomás Antônio Gonzaga e Alvarenga Peixoto.

6.2.3. EXPLORAÇÃO DO OURO NO PERÍODO IMPERIAL

A quarta fase da extração do ouro no QF ocorreu utilizando métodos mais modernos de exploração de galeria ou a céu aberto. Segundo o livro publicado pela Morro Velho “Morro Velho – História, Fatos e Feitos”, somente com a abertura dos portos brasileiros ao comércio estrangeiro em 1808 é que se vislumbrou uma solução para a recuperação do ouro no Brasil.

Em 1811, foi contratado o mineralogista e geólogo Wilheem Ludwig Von Eschwege que, ao chegar ao Brasil, ficou encarregado de levantar a situação das minas de ouro em Minas Gerais, estudar formas de melhorar a produção, bem como avaliar as possibilidades de implantar novas técnicas de mineração capazes de reabilitar a falida indústria minerária do País.

A situação das minas era muito ruim: Eschwege calculou que não havia mais que 6000 pessoas empregadas na extração do ouro em 1820, número bem inferior aos cerca de 80.000 empregos em 1750. Eschwege inferiu que o número de lavras em operação decrescia a cada ano sendo que a produção anual média entre 1811 e 1820 não atingiu sequer 10% do ouro produzido nos anos do auge da exploração (Eschwege 1833). Cunha et al (1996) afirmam que dois terços das lavras trabalhavam com dez escravos ou menos e, em 76% das explorações; a produtividade por trabalhador se situava abaixo dos 70 gramas produzidos por ano, em média, pelos fiscoadores, cuja renda não ultrapassava o nível de subsistência.

Em meio à crise, ninguém se arriscava e tampouco possuía recursos para formar empresas mineradoras. Segundo as leis vigentes, as empresas mineradoras poderiam ser somente nacionais, não prevendo nenhuma forma de participação do capital estrangeiro. O decreto de 16 de setembro de 1824 permitiu, porém, ao inglês Edward Orenford fazer nas terras auríferas do Brasil já independente um estabelecimento de mineração para extrair não só ouro como outros metais.

A partir desse momento, acreditando na insistência de especialistas que afirmavam que as jazidas não estavam esgotadas e que com a utilização de técnicas mais avançadas a mineração poderia oferecer bons resultados, os ingleses identificaram a oportunidade de fundar sociedades

anônimas e adquiriram lavras promissoras em Minas Gerais. A primeira foi a *Imperial Brazilian Mining Association*, que foi implantada em 1824 e adquiriu as minas de ouro de Congo Sôco, na região de Caeté.

Das empresas organizadas para explorar em larga escala o ouro brasileiro, segundo Libby (1984), o empreendimento mais bem sucedido foi a Mina de Morro Velho, em Congonhas do Sabará (atual Nova Lima), adquirida, em 1834, pela *St. John D'EL Rey Mining Company*. Outras empresas foram: a *The Ouro Preto Gold Mines of Brazil*, da Mina de Passagem; a *The Brazilian Company Limited*, da Mina de Cata Branca.

Com a entrada do capital inglês, as técnicas de mineração utilizadas no século XVIII, deram lugar à implementação de maquinários sofisticados voltados à atividade extrativista, como pilões e rodas hidráulicas. No entanto, nessa mesma época, outras atividades econômicas atraíam a atenção da população e do próprio governo provincial, em especial a criação de gado, agricultura e plantação do café que, já em 1831, despontou como primeiro colocado das exportações brasileiras.

Em âmbito internacional, a situação também não era promissora, pois o ouro brasileiro perdeu destaque pela descoberta de ouro em outros países como nos EUA (1848), Austrália (1851), África do Sul (1886) e Alasca (1896). Neste cenário, a exploração de ouro no Brasil, com poucos recursos e desprovida de incentivos, teve uma queda brusca.

Simultaneamente à quarta fase de extração do ouro e, mesmo antes, ocorre a fase das forjas de ferro. Esta última, inicialmente rudimentar, caracterizou-se por variações nos modos de se fundir, utilizando desde panela e fogões domésticos até métodos mais aperfeiçoados.

6.2.4. EXPLORAÇÃO DO FERRO

A exploração do ferro tem grande importância econômica para o Brasil. Quaresma (2001) afirma que o minério de ferro é um dos principais itens de exportação do País, representando cerca de 80% dos bens minerais.

No Brasil, a atividade metalúrgica do ferro foi exercida desde o início da colonização por artífices ferreiros que utilizavam matéria-prima importada e sempre estavam presentes entre os grupos de portugueses que desembarcavam no País. Os primeiros registros da produção artesanal inicial de ferro no Brasil existem desde o século XVI, feita por um noviço jesuíta chamado Mateus Nogueira. Sua produção, feita em instalações precárias na Província de São Paulo, incluía utensílios de primeira utilidade que eram fabricados a partir de barras de aço importadas (Azevedo & Paula 2003). Landgraf et al (1994) relatam que, em 1590, Afonso Sardinha foi responsável pela primeira industrialização do ferro na região de São Paulo.

Segundo Rosierè et al (2005), as atividades de mineração de ferro na região do Quadrilátero Ferrífero (em Itabirito) já ocorriam no ciclo do ouro; mas, mediante um aproveitamento incipiente de imensas reservas e por meio de fábricas de ferro de pequeno porte. A metalurgia do ferro desse período é pouco documentada e, para Landgraf et al (1994), parece ter sido marcada pelo aproveitamento dos conhecimentos africanos de extração do ferro já que apresentavam uma técnica rudimentar, porém eficaz.

A partir de 1777, ocorreram vários fatores que levaram a um maior interesse no desenvolvimento de minas e forjas de ferro (processo milenar de redução direta do minério por meio do carvão vegetal em fornos de pequenas dimensões) no Brasil. Segundo Azevedo & Paula (2003), um fator importante foi a chegada ao Brasil de D. Rodrigo de Sousa Coutinho, um político habilidoso e competente administrador que assumiu o Ministério da Marinha e Negócios Ultramarinos, de 1796 a 1803, sendo portanto, o responsável pela política das colônias.

Outro fator importante foi a fundação, em 1779, da *Academia Real de Ciências em Portugal*, que estimulava pesquisas para avaliar a situação econômica de Portugal e de suas colônias. Furtado (1994) afirma que o principal objetivo destes estudos era diagnosticar o atraso português em relação às outras nações européias, encontrar o porquê de tal situação e propor alternativas.

Aproveitando o interesse da Coroa em pesquisas sobre a colônia, D. Rodrigo de Sousa Coutinho convidou Vieira Couto, que foi designado pela Rainha D. Maria I, a diagnosticar a situação do Brasil para fornecer subsídios às reformas. Vieira Couto era brasileiro, naturalista, mineralogista e médico formado em matemática e filosofia em Coimbra; em 1799, o estudioso escreveu suas observações no documento *Memória sobre a Capitania das Minas Gerais* publicado em 1874.

Na segunda parte do documento, Vieira Couto afirmava que o território brasileiro era rico em produções metálicas além do ouro. Em seus relatos citou a prata, o ferro, o cobre, o chumbo, o estanho, o enxofre e o nitro. Sobre o ferro escreveu:

(...) o ferro este metal tão necessário a todas as artes, a todos os ofícios (...) (...) metal mais precioso ao homem do que o ouro e a prata (...) (...) não sei por que fatalidade, ainda até hoje não nos temos abaixado para levantarmos da terra estas riqueza que ela tão largamente nos oferece: porque razão estamos a sustentar com nosso dinheiro as fundições da Suécia, da Alemanha (...).

Segundo Manthorne (1996), antes da abertura dos portos brasileiros a todas as nações - que só ocorreu, em 1808, com a chegada da corte de Dom João - viajar, particularmente para forasteiros, dentro dos domínios portugueses do Novo Mundo, foi virtualmente proibido pelas autoridades. Depois da abertura dos portos, um dos primeiros estrangeiros de língua inglesa que teve permissão

para viajar, em 1809, para regiões de mineração e pelo interior do Brasil, foi o mineralogista inglês John Mawe (1764-1829).

Mawe fez um relato de sua viagem no livro *Viagens no interior do Brasil* (publicado em 1812), contando sua visita a algumas cidades; sobre a Capitania de Minas Gerais, fez uma referência à situação das fundições de ferro:

É realmente para desejar que se instalem estabelecimentos desse gênero (fundições) por ser tão caro o ferro em Conceição e tão pobres os habitantes, que raramente os burros são ferrados, o que é incomodo para o cavaleiro e perigoso para os animais, que dão queda contínuas, sobretudo subindo colinas argilosas, depois de um tempo chuvoso.

A chegada da família Real ao Brasil foi fundamental para o desenvolvimento da siderurgia. D. Rodrigo de Souza Coutinho assumiu seu segundo mandato de ministro, agora no Brasil, no Ministério dos Negócios Estrangeiros e da Guerra (cargo que ocupou até 1812, quando faleceu). Segundo Azevedo & Paula (2003), foi nas suas administrações que a indústria siderúrgica brasileira recebeu o apoio e financiamentos que permitiram a instalação das três primeiras unidades no País: Real Fábrica de Ferro do Morro do Pilar (MG); Real Fábrica de Ferro de São João de Ipanema-Araçoiaba (SP); Fábrica de Ferro Patriótica em Congonhas (MG). Neste período, a indústria siderúrgica no Brasil teve a colaboração e experiência de alguns pesquisadores que contavam com a indicação e o apoio financeiro da Coroa, destacando-se: Manoel da Câmara Ferreira Bitencourt e Sá, nascido em Itacambira, na Comarca de Serro Frio; o sueco Carl Hedberg; os alemães Varnhagen e Eschwege.

Outras fundições de ferro de menor porte foram instaladas na região do Quadrilátero Ferrífero, mas o produto acabava saindo mais caro que o importado da Europa. Landgraf et al (1994) destacam que o francês Monlevade, formado na Escola Politécnica de Paris, instalou forjas catalãs com maquinários ingleses às margens do rio Piracicaba. Em 1853 já produzia 30 arrobas diárias de ferro na Usina de São Miguel (cidade de Rio Piracicaba).

Na região de Itabira do Campo (atual Itabirito), em 1891, a lavra de minério de ferro, ainda primitiva, foi impulsionada pela construção de um alto forno de dimensões reduzidas, construído de blocos de granito entalhados manualmente e revestido com tijolos refratários. Em virtude da baixa qualidade de sua construção, o forno operou durante dois a três meses e, em 1892, a usina foi vendida à Sociedade de Forjas e Estaleiros que investiu elevadas somas para seu melhoramento (Rosierè et al 2005).

Um fator determinante para a evolução da mineração de ferro, da siderurgia e da metalurgia em Minas Gerais foi, em 1875, a fundação da Escola de Minas de Ouro Preto, que contribuiu com a formação de profissionais que ajudaram a instalar as primeiras usinas no País.

Segundo Rosierè et al (2005), em 1900, o engenheiro Queiroz Jr. comprou a empresa, então denominada Sociedade Usina Queiroz Junior LTDA, e construiu, em 1910, o primeiro alto forno de aço da América do Sul. A usina encontra-se ainda em operação; e conserva, junto à Rodovia dos Inconfidentes em um dos acessos a Itabirito, parte do antigo alto forno.

No século XX, a mineração de ferro, a siderurgia e metalurgia evoluíram tornando-se os setores que mais contribuem para a economia de Minas Gerais. Spier (2005) afirma que o QF responde por cerca de 60% da produção de minério de ferro brasileira, a maior parte ainda oriunda de minérios de alto teor em ferro, denominados minérios hematíticos, ou simplesmente hematitas.

As atividades da extração mineral, principalmente de ouro e ferro, marcam a paisagem atual do QF e foram importantes no desenvolvimento da sua história e da sua cultura. O grande número de cidades e arraiais históricos, as minas e frentes de extração mineral, as pequenas áreas agrícolas, as antigas usinas siderúrgicas, as estações ferroviárias, as atrações turísticas, as escolas famosas, entre outros, são fatores que confirmam o grande valor histórico cultural da região do QF (Barbosa & Rodrigues 1967).

6.3. Outras importâncias

6.3.1. VALOR GEOCIENTÍFICO

O interesse científico pelo QF está bem expresso na quantidade de trabalhos desenvolvidos na região, os quais tiveram início com as pesquisas de Vieira Couto e, posteriormente, de Eschwege, que publicou, entre 1811 e 1833, na Europa, vários trabalhos sobre as riquezas de Minas Gerais. Além de Eschwege, estiverem no Brasil os naturalistas Spix e Martius, que fizeram uma expedição em Minas Gerais e descreveram a geologia de regiões que fazem parte do QF: as rochas micáceas da estrada para Vila Rica de Ouro Preto, as jazidas primárias de topázio de Capão do Lana, José Corrêa e Chapada, o cinábrio do Tripuí, a mina de passagem em Mariana, a mina do Padre Freitas (Morro Velho), além de Cachoeira do Campo, Sabará, Caeté e Cocais. Destacam-se também a visita dos estudiosos Mawe, Saint-Hilaire e Burton.

Em 1875, foi fundada a Escola de Minas de Ouro Preto que proporcionou uma multiplicação de estudos e publicações sobre o QF, incluindo obras publicadas em outras línguas e divulgadas em cidades estrangeiras como Londres, Paris e Nova York. Henry Gorceix, juntamente com conhecidos técnicos franceses, foi convocado para a direção da Escola de Minas que, em pouco tempo, adquiriu conceito internacional. Para Barbosa & Rodrigues (1967), a Escola de Minas teve dois reflexos importantes: o renascimento da extração de ouro em bases tecnológicas mais desenvolvidas, com as

minas de Passagem, Gongo Sôco, Nova Lima, Cata Branca, Cocais, Capão e a implantação de uma indústria siderúrgica em que as forjas foram substituídas pelos altos fornos.

Os trabalhos de Gonzaga de Campos (1907-1909) e a comunicação de Orville Derby, em 1908, no Congresso Internacional de Geologia realizado em Estocolmo, sobre o grande potencial em minério de ferro que possuía Minas Gerais, tornaram o QF ainda mais conhecido.

Segundo Santos (1973), após os trabalhos de Henri Gorceix, Luiz Felipe Gonzaga de Campos e Orville Derby, seguiram-se muitos outros, baseados principalmente na importância econômica do QF refletida no minério de ferro e na siderurgia, destacando-se os trabalhos de Harder & Leith (1911), Merriman (1914), Nottmeywe (1913), Sanders (1921), Conover (1922), Luis Flores de Moraes (1933), Luciano Jacques de Moraes (1937), Otávio Barbosa (1937), Othon Henri Leonardes (1938). Entre 1945 e 1962, o “United States Geological Survey”, em cooperação com o Departamento Nacional da Produção Mineral, desenvolveu o projeto de mapeamento geológico do QF. O projeto contou com a participação de vários profissionais sob a coordenação de John Van Nostrand Dorr. Do trabalho resultaram mapas na escala 1: 25.000 de 35 quadrículas cuja síntese final foi apresentada por Dorr, em 1969, juntamente com uma coluna estratigráfica. A partir deste mapeamento e com o desenvolvimento de técnicas de pesquisa, o QF continua despertando o interesse de muitos pesquisadores em várias áreas do conhecimento geológico: geocronologia, estratigrafia, geotectônica, mineração, meio ambiente, dentre outras.

6.3.2. VALOR DIDÁTICO-EDUCATIVO

O valor educativo das geociências resulta da sua imprescindibilidade para construção de raciocínios coerentes sobre o mundo natural (Orion 1998). O estudo da geologia integra múltiplos saberes oferecendo a possibilidade de diversificar os ambientes de aprendizagem. Neste contexto, destacam-se as atividades de campo nas quais o valor didático-educativo da geologia pode ser evidenciado na observação *in situ* do resultado dos vários processos que estão marcados no registro geológico de afloramentos e da paisagem. Tais atividades são uma estratégia importante de ensino/aprendizagem que despertam o interesse do aluno.

Mateus (2001) sugere que as atividades de campo em geologia considerem as seguintes questões:

1. introduzir globalmente o sistema a estudar, conduzindo os alunos na procura da resposta a questões como: Quais os seus constituintes elementares? Quais os fatores que, regra geral, influenciam os processos condicionantes do seu desenvolvimento? Como se manifestam estes últimos? De que forma se processa a interação entre o sistema em estudo com outros sistemas? Quais os fluxos que se estabelecem entre o sistema em análise e o ambiente?

2. selecionar como objeto de estudo um exemplo representativo do sistema a estudar, explicando a razão de ser da escolha efetuada;
3. contextualizar geologicamente o exemplo selecionado recorrendo à interpretação de cartas geológicas (eventualmente complementada por outras cartas temáticas), na medida em que estas sintetizam o conteúdo de informações imprescindíveis ao reconhecimento do registro geológico de uma determinada região;
4. promover atividades investigativas de campo, solicitando aos alunos o registro individual das observações e medições realizadas *in situ* (mostrando, por exemplo, a pertinência dos conhecimentos básicos adquiridos na interpretação do que estão a observar e a importância dos dados que podem ser obtidos com o auxílio de equipamento auxiliar, como a lupa ou a bússola);
5. utilizar meios adequados à referência geográfica das observações no terreno como cartas topográficas e fotografias aéreas;
6. introduzir questões/problemas específicos cuja resposta possa ser obtida através da realização de tarefas práticas adicionais tais como: a recolha e posterior caracterização de amostras/exemplares devidamente referenciados com vista à identificação dos constituintes básicos do objeto em análise, a projeção em carta apropriada (introdução do conceito de escala) de elementos colhidos durante o trabalho de campo, a concepção e a elaboração de modelos, ou a realização de atividades experimentais relevantes para a resolução dos problemas levantados;
7. discutir os resultados obtidos, integrando-os de forma a caracterizar os principais componentes do sistema e compreender os processos que condicionam a sua evolução global;
8. avaliar o significado/pertinência da análise efetuada à luz das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O QF apresenta um grande valor didático-educativo podendo se enquadrar nos conteúdos programáticos de várias disciplinas dos cursos de geologia, geografia e engenharia de minas, dentre outros. Este potencial é destacado pelos aspectos litostratigráficos, estruturais e pela importância econômica. Em relação aos aspectos litostratigráficos, a diversidade mineralógica e litológica do QF permite abordar as principais características das rochas, seus diferentes graus de metamorfismo e o ciclo das rochas. Além disto, é possível proceder à coleta de amostras, tendo em vista a realização de atividades complementares no laboratório, permitindo, por exemplo, observações de paragêneses minerais.

Em relação aos aspectos estruturais, a evolução do QF proporcionou uma estruturação dômica marcada pelos diversos sinclinais e anticlinais distribuídos pelos compartimentos que o constitui tornando possível a observação, em campo, de contrastes muito bruscos na topografia, principalmente em trechos onde movimentos tectônicos provocaram fortes desnivelamentos. Esta característica permite o entendimento da relação das cotas altimétricas com as características

litológicas e estruturais da região. A evolução tectônica ainda marca, nas rochas, feições que podem ser observadas macroscopicamente, como as fases de deformação a que foram submetidas; tais feições estão impressas por meio de foliações, padrões interferenciais de dobramentos, cavalgamentos, fraturas, falhas e zonas de cisalhamento, ou microscopicamente, como diferentes texturas.

Em relação à riqueza econômica do QF, seu valor didático-educativo relaciona-se à diversidade de bens minerais – formação ferrífera bandada, minério de manganês, ouro, bauxita, topázio imperial, dentre outros – o que permite a compreensão da importância econômica da região e sua relação com a história do Brasil e de Minas Gerais.

Todas essas características estão distribuídas em muitos afloramentos, em diferentes escalas de observação, localizados à beira de estradas, nas redes de drenagem ou na paisagem. A geodiversidade associada à facilidade de acesso e proximidade da Capital faz do QF um excelente laboratório para o aprendizado da geologia.

6.3.3. VALOR TURÍSTICO

A aptidão turística do QF se deve a vários fatores relacionados aos patrimônios natural e cultural. Além de possuir várias unidades de conservação, a região está inserida em dois produtos turísticos já definidos e que se complementam: o Circuito do Ouro e a Estrada Real.

O patrimônio natural do QF está presente em diversas áreas protegidas por lei, que conservam seus recursos naturais, incluindo, além de várias formações rochosas (relacionadas ao patrimônio geológico), nascentes de rios, cachoeiras e vegetação nativa de ecossistemas variados como cerrado, campo rupestre e remanescentes de Mata Atlântica. Na região, as áreas protegidas por lei se enquadram em categorias diferentes do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), incluindo as de uso indireto e direto. Nas unidades de conservação de uso indireto, somente são permitidas atividades ligadas à pesquisa científica e/ou à educação ambiental e ao turismo. Nas unidades de conservação de uso direto, são permitidas outras atividades como mineração, pecuária ou agricultura, desde que se desenvolvam com o compromisso da sustentabilidade.

Dentre as unidades de conservação de uso indireto, destacam-se, na região: (1) o Parque Estadual do Itacolomi, nos municípios de Ouro Preto e Mariana; (2) o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, nos municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Ibirité e Nova Lima; (3) o Parque das Mangabeiras, no município de Belo Horizonte; (4) a Estação Ecológica do Tripuí, em Ouro Preto; e (5) a Estação Ecológica de Fechos em Nova Lima. Já dentre as unidades de conservação de uso direto, destacam-se: (1) a Área de Proteção Ambiental (APA) Seminário Menor de Mariana, em

Mariana; (2) a APA Cachoeira das Andorinhas, em Ouro Preto; (3) a APA Sul, nos municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Ibirité, Itabirito, Nova Lima, Rio Acima, Santa Bárbara, Raposos, Mário Campos e Sarzedo.

Em relação ao patrimônio cultural, é importante salientar que o QF faz parte do Circuito do Ouro, assim denominado pela Secretaria de Estado de Turismo de Minas Gerais que apóia um programa de desenvolvimento do turismo no Estado, baseado em circuitos que unem municípios com uma mesma vocação turística. Desta forma, o Circuito do Ouro constitui um conjunto de trechos rodoviários que ligam as cidades que têm sua história relacionada com o ciclo da mineração do ouro, incluindo Ouro Preto, Mariana, Congonhas, Sabará, Ouro Branco, Itabirito, Santa Bárbara, Santa Luzia, Caeté, Nova Lima, Belo Vale, Raposos, Cata Altas, Barão de Cocais, Bom Jesus do Amparo, Itabira, São Gonçalo do Rio Abaixo e Rio Acima (Figura 6.1).

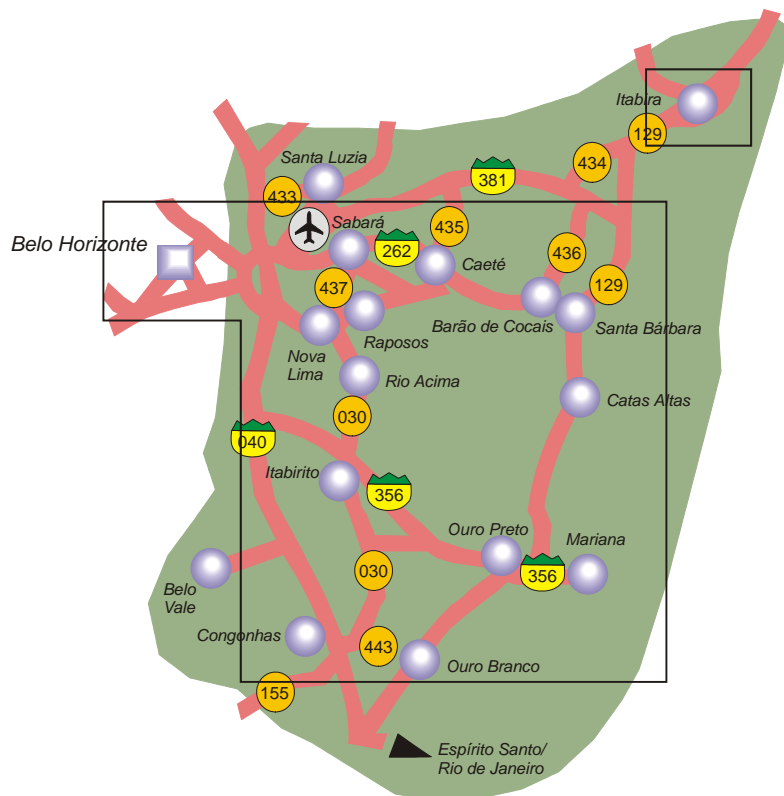


Figura 6.1 – Circuito do Ouro e sua relação com o Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Departamento de Estradas de Rodagem – DER/MG (2000)

No Circuito do Ouro existem trechos da Estrada Real (ER) que guardam registros passados remanescentes do Período Imperial como pontes, bueiros, galerias fluviais e pluviais, muros e muretas de pedra, restos de piso, minas antigas, além de povoados esquecidos. Segundo Santos (2001), o conceito de Estrada Real é historicamente impreciso e de difícil delimitação. Para o autor, o termo deve ser utilizado para designar: “estradas públicas de propriedade da coroa portuguesa e depois do governo imperial brasileiro”.

A lei do Estado de Minas Gerais que dispõe sobre o Programa de Incentivo ao Desenvolvimento do Potencial Turístico da Estrada Real, número 13.173 de 1999, usa o referido termo para designar “os caminhos e suas variantes construídos nos séculos XVII, XVIII e XIX, no território do Estado”. Assim, o termo Estrada Real se refere à união de três grandes caminhos de acesso às minas trilhados pelos colonizadores em momentos diferentes. Segundo Santos (2001), o marco inicial é a bandeira de Fernão Dias (1674-81) e seu marco final posiciona-se por volta de 1750, quando a economia mineradora atinge seu ápice.

O traçado dos três grandes caminhos de acesso às minas: Caminho Velho, Caminho Novo e Caminho para o Distrito Diamantino – aproveitou vias antigas, possivelmente oriundas de milenares trilhas indígenas. O Caminho Velho ligava São Paulo de Piratininga e as vilas do vale do Paraíba à região do Rio das Velhas e foi, na fase inicial das descobertas auríferas, a principal rota de chegada e de abastecimento da região das minas. O Caminho Novo foi contratado pela Coroa Portuguesa e aberto por Garcia Rodrigues Paes com o objetivo de ligar diretamente o Rio de Janeiro às minas. O Caminho para o Distrito Diamantino ligava dois centros dentro da mesma capitania das Minas Gerais: Vila Rica e o arraial do Tijuco.

A ER foi construída pela Coroa Portuguesa com o objetivo de fiscalizar a circulação das riquezas e mercadorias e funcionava como um poderoso meio de controle do território. Por ser a única forma de acesso à região mineradora, por ela deveriam passar os senhores e os escravos. Foi usada também por soldados, mercadores, músicos, aventureiros e intelectuais, tendo desempenhado um importante papel no desenvolvimento econômico, social, político, militar e científico de Minas Gerais. Vários pesquisadores estrangeiros, como Saint-Hilaire e Spix e Martius, utilizaram a Estrada Real em suas peregrinações pelo Brasil e se referem a diferentes trechos dela nos seus relatos de viagem, como no trecho transcrito abaixo:

Não querendo passar por uma região que eu conhecia, continuei a seguir, além de Itambé, pela estrada real que, sempre a leste da grande cadeia, vai de Mariana a Vila do Príncipe, e não deixei essa estrada senão entre as aldeias de Cocais e Catas Altas (Saint Hilaire).

A Estrada Real, ao longo de sua existência, passou por sucessivas mudanças causadas, inicialmente, pela urbanização e, posteriormente, pela industrialização. Segundo Santos (2001), longos trechos foram cobertos por rodovias modernas ou por largas estradas ainda não pavimentadas. Outros trechos se perderam, desapareceram em meio a pastagens e matas secundárias. No entanto, a estrada conserva ainda parte de um conjunto arqueológico, histórico, paisagístico e cênico que deve ser recuperado e conservado por sua importância para história de Minas e do Brasil e por seu grande potencial para o turismo.

QUADRILÁTERO FERRÍFERO E PROGRAMA GEOPARQUES DA UNESCO – SELEÇÃO DE SÍTIOS DE INTERESSE GEOECOLÓGICO

Neste capítulo é apresentada a seleção de alguns sítios de interesse geocológico abarcando a maioria das unidades litoestratigráficas do Quadrilátero Ferrífero. Sua localização e vias de acesso são apresentadas no mapa do anexo 4.

7.1. Sítio geológico do complexo granito-gnáissico-migmatítico

7.1.1. GNAISSE ALBERTO FLORES

Localização

O sítio está localizado no município de Brumadinho (coordenadas UTM 585.242/7.769.069). O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela Rodovia Fernão Dias, BR 381, em direção a São Paulo. Segue-se até o trevo para Mário Campos e Sarzedo, de onde se toma a direção para Brumadinho. O sítio localiza-se a aproximadamente 4,5 km desta cidade, na margem da estrada não pavimentada que segue para Bonfim.

Importância do sítio

Os gnaisses de composição tonalito-trondhjemitó-granodiorito (TTG), juntamente com seqüências do tipo greenstone belt, são os constituintes mais característicos dos crátons arqueanos. As primeiras crostas continentais da Terra e os primeiros núcleos protocratônicos que começaram a se formar em quatro bilhões de anos eram compostos por gnaisses desse tipo. Os modelos de geração de gnaisses TTG, e conseqüentemente da crosta continental primitiva da Terra, foram apresentados no capítulo 6.1.2. Um dos modelos mais difundidos pressupõe um processo de geração desses magmas em zonas de subducção, sugerindo que a tectônica de placas já operava nessa época da história da Terra, ainda que não necessariamente da mesma forma que opera atualmente. Assim, o estudo desses gnaisses pode fornecer informações sobre a origem das primeiras crostas continentais da Terra e sobre a dinâmica do planeta nas etapas iniciais de sua história.

No Quadrilátero Ferrífero, as rochas mais antigas de composição TTG são agrupadas no complexo granito-gnáissico-migmatítico constituído por uma grande variedade de tipos petrográficos, sendo dividido em complexos que recebem denominações locais diferentes: Complexo Bação; Complexo Bonfim; Complexo Belo Horizonte; Complexo Caeté; Complexo Santa Bárbara.

Bons afloramentos do complexo granito-gnáissico-migmatítico são escassos devido à ocupação de várias áreas e localidades tipo por construções urbanas ou exposições muito afetadas pelos processos intempéricos. Alguns dos melhores afloramentos encontram-se no complexo Bonfim, que aflora na região entre a Serra da Moeda, a leste, e a Serra do Curral, a norte.

Os primeiros estudos sobre o Complexo Bonfim se devem a Herz (1970); posteriormente, esse complexo foi pesquisado em detalhe por Carneiro (1992). Com base nos resultados de sua tese de doutorado, Carneiro (1992) reconheceu na porção setentrional deste complexo oito unidades litostratigráficas constituídas por vários tipos de rochas ígneas ou metamórficas: (1) diabásios Santa Cruz; (2) metadiabásios Conceição do Ingá; (3) granitos Brumadinho; (4) anfibolitos Candeiais; (5) tonalitos Samambaia; (6) gnaisses Souza Noschese, (7) anfibolitos Paraopeba; (8) gnaisses Alberto Flores.

Uma das exposições ainda bem preservadas do Complexo Bonfim refere-se aos gnaisses Alberto Flores, que têm composição química, predominantemente, trondhejemítica e são a unidade mais antiga do Complexo Metamórfico Bonfim setentrional (Carneiro 1992), constituindo-se em um registro da primeira crosta siálica arqueana da porção meridional do Craton do São Francisco.

Descrição do sítio

Os gnaisses Alberto Flores são encontrados em vários locais do Complexo Metamórfico Bonfim, mas as melhores exposições encontram-se no sítio proposto, em uma pedreira desativada (Figura 7.1).

O afloramento é caracterizado por rochas de coloração acinzentada, apresentando textura fanerítica, granulação média a grossa e estrutura bandada. Localmente, apresenta-se migmatizado e intrudido por rochas félsicas (Figura 7.2). Machado & Carneiro (1992) obtiveram pelo método U-Pb idade de 2.772 ± 6 Ma para o Gnaisse Alberto Flores interpretado como idade do metamorfismo associado ao Evento Rio das Velhas. O protólito magmático do gnaisse tem uma idade mínima de 2920 Ma, e o veio granítico visto na Figura 7.2, cortando discordantemente a estrutura gnáissica, foi datado em 2703 ± 20 Ma (Machado & Carneiro 1992).



Figura 7.1 (A e B) – (A) Vista geral do lajedo do gnaiss Alberto Flores; (B) Vista geral do afloramento do gnaiss Alberto Flores em pedreira abandonada



Figura 7.2 (A) – Detalhe do gnaiss Alberto Flores



Figura 7.2 (B) – Detalhe do gnaiss Alberto Flores com intrusão de granito cinza

Medidas de proteção

O sítio encontra-se em área privada e se constitui de uma pedreira desativada utilizada na construção civil. Atualmente, a área é utilizada para pastagem, sendo que o sítio não sofre nenhum tipo de ameaça aparente. Como já foi dito, são poucos os bons afloramentos desses gnaisses; neste sentido, é importante a manutenção da área que pode ser direcionada a pesquisa científica e a atividades educativas para escolas que se encontram no município de Brumadinho.

O proprietário poderia ser consultado sobre a possibilidade de utilização do sítio com fins educativos e científicos. Neste sentido, sugere-se o desenvolvimento de um programa de educação ambiental que possibilite diferentes tipos de experiência à comunidade escolar, de modo que compreendam as relações ambientais entre o passado e o presente. Este programa pode considerar aspectos como: conceito de rochas e minerais; as rochas de composição granítica e sua distribuição; a importância e o significado de rochas tão antigas como o gnaisse Alberto Flores.

7.2. Sítios geológicos do Supergrupo Rio das Velhas

7.2.1. META-KOMATIÍTOS DO MORRO DO ONÇA

Localização

Os meta-komatiíto do Morro do Onça estão localizados no município de Crucilândia, cerca de 100 km a sudoeste de Belo Horizonte (coordenadas UTM 566.564/ 7.753.180), a sul da Serra do Curral. O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela Rodovia Fernão Dias, BR 381, em direção a São Paulo, até o posto de gasolina (Alto Posto Vale Verde), de onde se segue por uma estrada de terra em bom estado de conservação que dá acesso ao sítio, a aproximadamente 16 km.

Importância do sítio

Os komatiíto têm sido estudados em muitas áreas cratônicas arqueanas associados a cinturões de rochas verdes como, por exemplo: Pilbara (Austrália); Província Superior (Canadá); Kaapval (África). Segundo Pinheiro (1998), nestas áreas, os komatiíto geralmente estão restritos a níveis estratigráficos basais de ciclos vulcano-sedimentares, representados por seqüências de derrames de lavas com dezenas a centenas de metros de espessura, alternando-se com seqüências toleíticas de espessura similar ou maior.

Rochas komatiíticas são praticamente exclusivas dos greenstone belts arqueanos, fornecendo informações importantes sobre as condições termais e sobre a composição do manto nessa época. Arndt (1994) considera os komatiíto como uma das características mais distintivas do Arqueano, sendo uma importante fonte de informação sobre as condições geodinâmicas e físico-químicas da geração de magmas nesse período. O magma komatiítico tinha temperaturas elevadas (1700°C), e seu rápido resfriamento gera uma estrutura típica para os komatiíto denominada de spinifex, que se caracteriza pela orientação aleatória de cristais esqueléticos de olivina ou piroxênio. A diminuição e o desaparecimento dos komatiíto no registro geológico indicam uma mudança nos regimes termais do manto.

No Quadrilátero Ferrífero, os komatiíto foram inicialmente descritos no Greenstone Belt Rio das Velhas no Córrego do Quebra Osso, região de Santa Bárbara (Schorscher 1978; Sichel & Valença 1983); Córrego dos Boiadeiros (Padilha 1984; Padilha et al. 1985); Congonhas (Schrank et al. 1984). A ocorrência do Morro da Onça (Noce et al. 1990; Pinheiro 1998) é particularmente expressiva por suas dimensões e por encontrar-se bastante preservada da deformação.

Descrição do sítio

Na região, a seqüência metassedimentar do Supergrupo Minas, no prolongamento da Serra do Curral, intercepta uma extensa faixa de rochas supracrustais do tipo greenstone belt, pertencente ao Grupo Nova Lima, incluindo meta-komatiítos (Noce et al. 1990).

No Morro da Onça, ocorrem komatiítos de estrutura maciça sob a forma de pequenos corpos de dimensões métricas, isolados e espaçados, metamorfizados, que localmente preservam textura *spinifex* (Figuras 7.3 e 7.4). Esta é caracterizada por feixes de cristais de anfibólio dispostos em um arranjo paralelo e radial imersos em uma matriz fina. O desenvolvimento desta textura nas partes superiores dos corpos komatiíticos é devido à rápida cristalização da lava ultramáfica. Pinheiro (1998) descreve um processo de serpentinização dos cristais alongados de olivina primária e um zoneamento textural marcado pela variação no comprimento dos agregados de cristais de tremolita, serpentina e, subordinadamente, clorita, pseudomórficos sobre os cristais laminares-placoides de olivina primária.

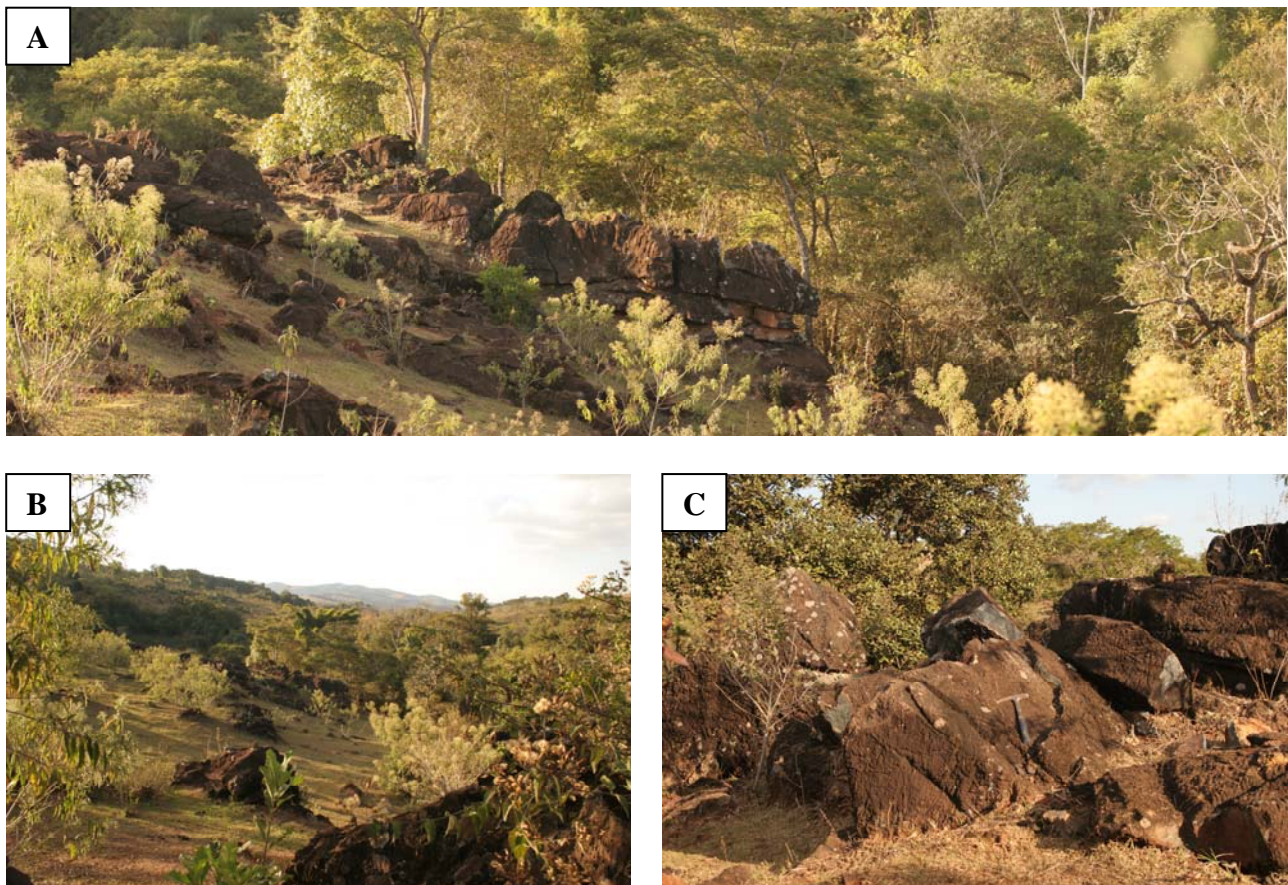


Figura 7.3 (A, B e C) – Vista geral do afloramento com corpos isolados de komatiítos

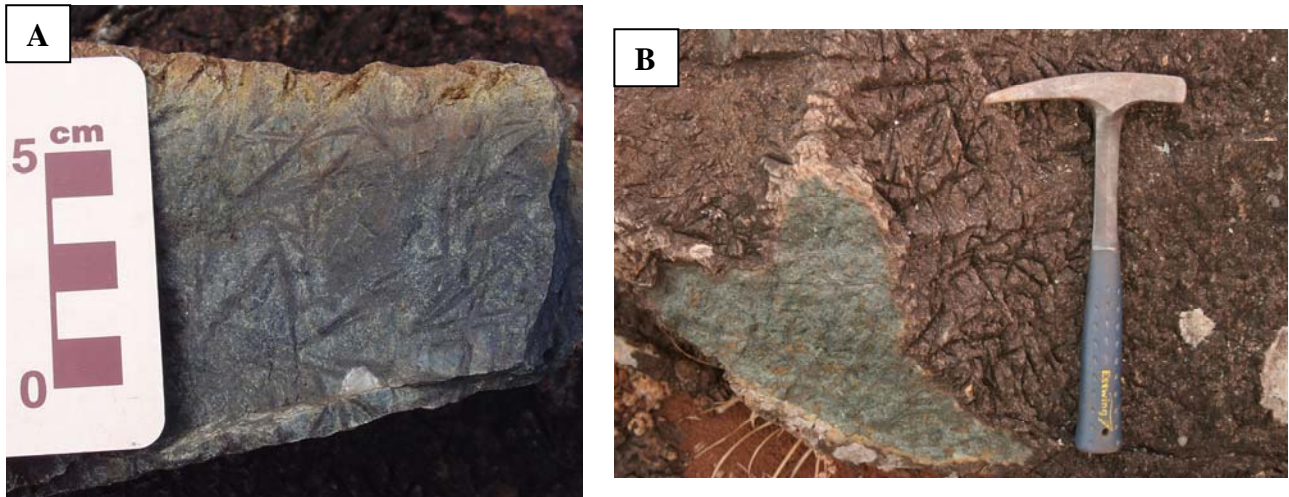


Figura 7.4 (A e B)- Detalhes da textura spinifex

Estruturas em almofadas evidenciando derrames subaquáticos estão presentes nos afloramentos do Morro da Onça. Estas rochas apresentam estrutura maciça e granulação fina; a identificação da estrutura em almofada é facilitada pela presença de material *interpillow* que mostra coloração mais clara. De maneira geral, as estruturas em almofadas apresentam formas circulares a elipsoidais com pedúnculos nem sempre bem definidos, provavelmente devido a um empacotamento mais acentuado (Figura 7.5). Para Wilson & Versfeld (1994), vários são os fatores que controlam o tamanho das almofadas, podendo-se destacar: o volume e a composição da lava expelida, a temperatura e a viscosidade do magma. Pinheiro (1998) atribui a ocorrência de almofadas pequenas no Morro da Onça a uma composição altamente magnésiana da lava original como salientado por Nisbet et al. (1977).

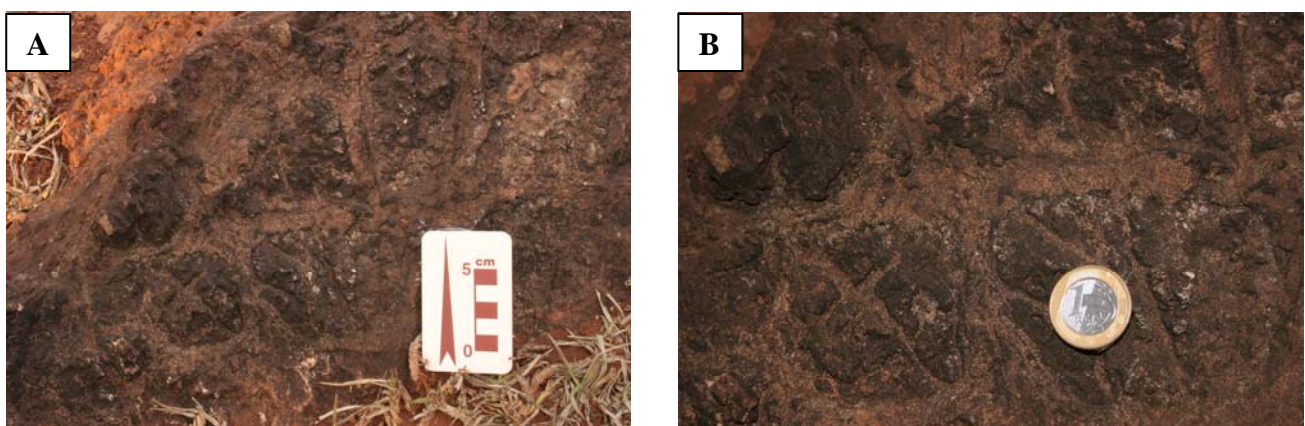


Figura 7.5 (A e B) – Detalhes da estrutura em almofada. Observar o material *interpillow* de coloração mais clara

Medidas de proteção

O contexto geológico do Morro da Onça, que se constitui em uma ótima exposição de rochas komatiíticas arqueanas com textura spinifex e estrutura em almofada preservada, torna este sítio importante do ponto de vista didático e educativo para alunos de áreas associadas às ciências da Terra, além de uma importante fonte para pesquisa em nível de pós-graduação sobre a evolução crustal no Arqueano.

O afloramento encontra-se em área privada de fazenda, mas em bom estado de conservação. A área é utilizada atualmente como pasto não sendo observado nenhum outro tipo de atividade que coloque em risco a integridade do afloramento.

O uso da área para prática de campo com alunos de graduação já é utilizado pela Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Ouro Preto e Universidade de São Paulo. Os trabalhos de campo na região podem constituir-se em ameaça ao sítio com destruição parcial ou total dos afloramentos existentes. Neste sentido, devido à importância do sítio do ponto de vista didático e científico, sugere-se que sejam adotadas medidas de sensibilização da comunidade geocientífica, considerando a retirada de material somente quando estritamente necessária para análise em laboratório.

Também seria interessante o desenvolvimento de programas de visitas guiadas para grupos específicos que pudessem ter interesse em conhecer a ocorrência. Se considerarmos a criação de um geoparque no QF, é importante que mesmo os sítios geológicos não direcionados à atividade geoturística tenham um programa específico para esta finalidade.

7.2.2. META-ARENITOS DA SERRA DO ANDAIME

Localização

Para caracterização geocológica do sítio, meta-arenitos da Serra do Andaime foram selecionados três afloramentos próximos um dos outros. O sítio está localizado no município de Itabirito na Serra do Andaime, cerca de 65 km a sudeste de Belo Horizonte, porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero (UTM 623.130/ 7.768.184; UTM 622.750/ 7.768.684; UTM 625.065/ 7.769.664). O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela Rodovia BR 040, em direção ao Rio de Janeiro, até o trevo para Ouro Preto (km 351), de onde se segue pela Rodovia dos Inconfidentes (BR 356) até a primeira entrada para a cidade de Itabirito. Em frente a esta entrada, toma-se a antiga estrada de terra Itabirito-Rio Acima; a aproximadamente 8,3 km, entrar à esquerda, os dois primeiros pontos estão a aproximadamente 3 km desta entrada. Para o terceiro ponto, retornar a estrada principal (Itabirito-Rio Acima) e seguir em direção a Rio Acima por aproximadamente 5 km; o afloramento fica do lado direito, na beira da estrada.

Importância do sítio

Segundo Eriksson et al (1998), no Arqueano, o registro de rochas sedimentares está associado à própria dinâmica de placas que permitiu o desenvolvimento de terrenos greenstone a partir das rápidas colisões entre microplacas e atividade vulcânica concomitante. Condie & Mueller (1998) baseados em vários autores, sugerem que a principal fonte de quartzo para os primeiros arenitos arqueanos foram rochas granitóides fortemente intemperizadas pelas condições da atmosfera.

A interpretação de paleoambientes e de processos sedimentares dos registros de rochas mais antigas preservadas em greenstone arqueanos é difícil devido às mudanças dinâmicas que ocorreram no sistema oceano-atmosfera, na biosfera e na tectônica de placas. Os paleoambientes mais prováveis de deposição estão associados a ambientes fluviais entrelaçados e marinho raso. A deposição em ambiente marinho raso pode ser dominada pela ação de marés ou tempestades. Condie & Mueller (1998) salientam que, no Arqueano, os ambientes marinhos rasos podem ter sido caracterizados por sistemas mais uniformes de circulação já que provavelmente a plataforma era mais larga e com inclinação mais suave do que as plataformas atuais. Rochas sedimentares arqueanas depositadas nesses ambientes são arenitos bem classificados e maduros. Conservam muitas estruturas sedimentares como estratificação cruzada, marcas de onda e laminação paralela.

As estratificações cruzadas, normalmente, são interpretadas como dunas que migraram nos diferentes subambientes em resposta a ação de correntes.

Os meta-arenitos da Serra do Andaime são interpretados por Pedreira (1995) e Baltazar & Pedreira (2000) como uma associação litorânea originados em ambiente marinho raso no Arqueano, sendo, portanto, um registro de uma das primeiras praias do Brasil. Os afloramentos indicam as litofácies desse ambiente: água rasa com influência de maré e dunas costeiras.

Descrição do sítio

Os meta-arenitos da Serra do Andaime foram mapeados por Wallace (1965) na quadrícula Pico de Itabirito. No mapeamento do autor, os meta-arenitos foram descritos como pertencentes à Formação Cercadinho e, no mapa síntese de Dorr (1969), foram incorporados ao Grupo Nova Lima. No mapeamento em detalhe do Supergrupo Rio das Velhas feito pela CPRM em 2000, os meta-arenitos foram mapeados no Grupo Maquiné (Formação Palmital – Unidade Andaimés).

O primeiro afloramento consiste de um meta-arenito micáceo de coloração cinza-clara, com granulação fina e marcas de onda centimétricas preservadas em camadas posicionadas verticalmente (Figuras 7.6 e 7.7).

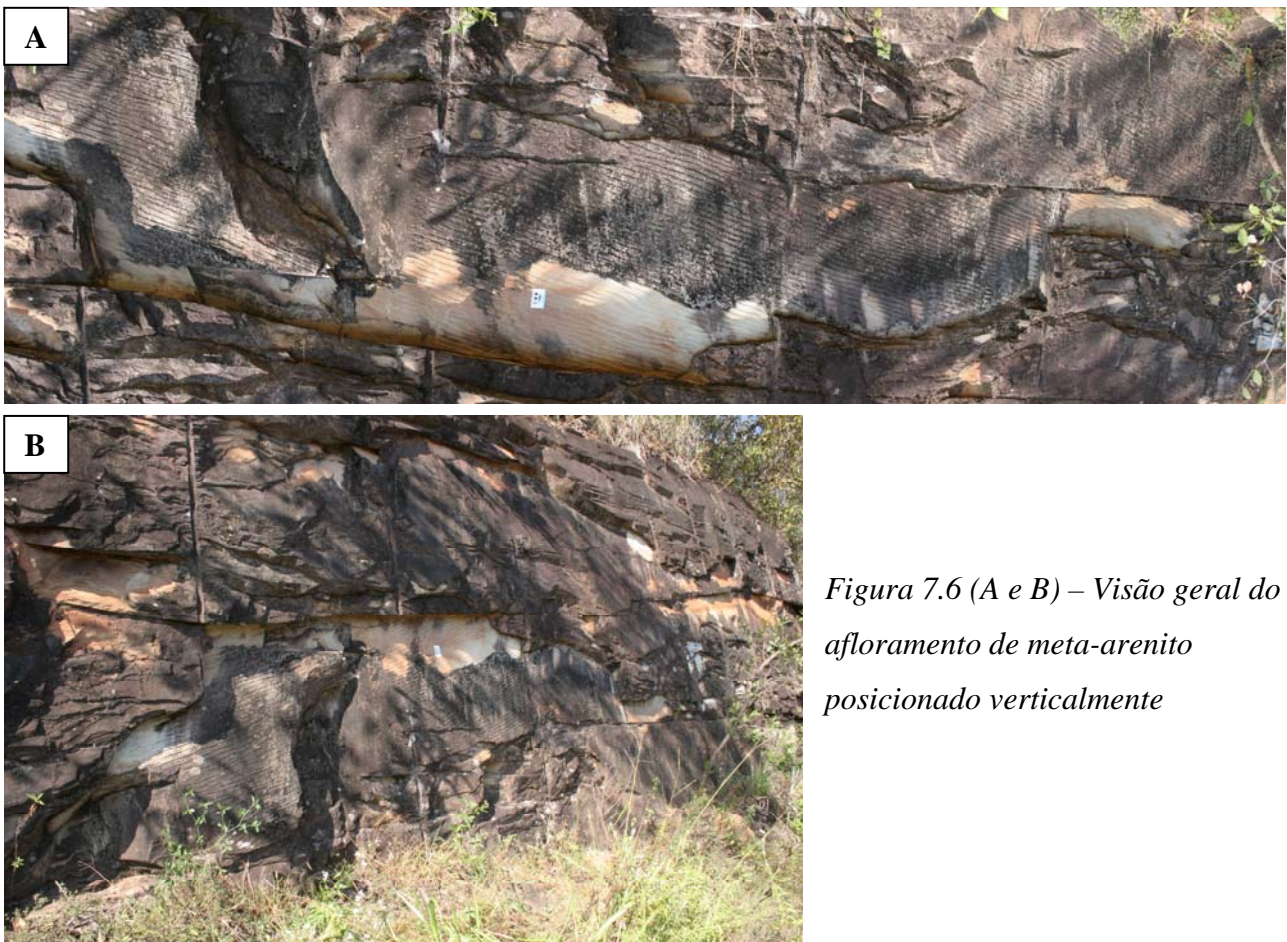


Figura 7.6 (A e B) – Visão geral do afloramento de meta-arenito posicionado verticalmente

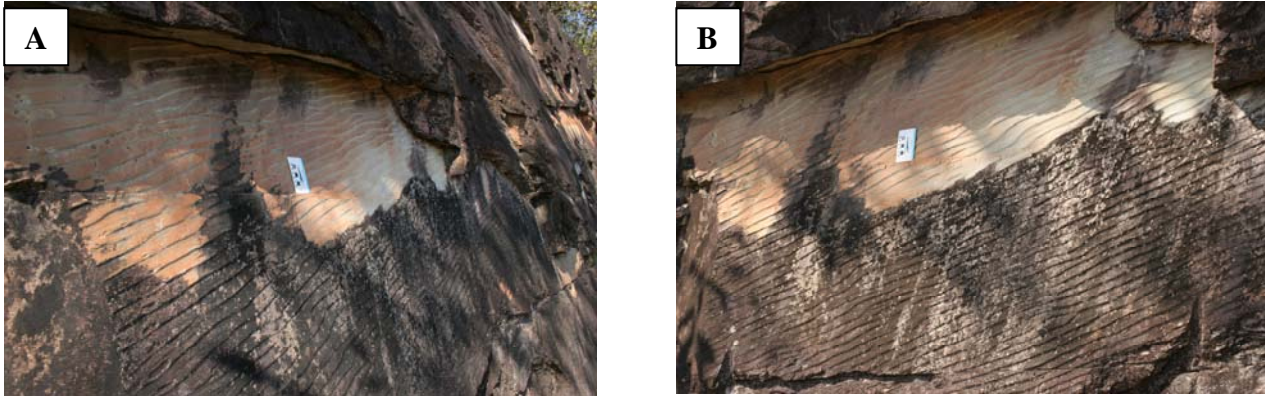


Figura 7.7 (A e B) – Detalhe das marcas de onda preservadas no meta-arenito

O segundo afloramento, aproximadamente a 600 metros do primeiro, é um meta-arenito de coloração cinza-escuro, com granulação mais grosseira que o primeiro. Apresenta estruturas preservadas, como estratificações cruzadas tabulares tipo espinha de peixe com cerca de 50 cm de espessura e pequenas ondulações (Figuras 7.8 e 7.9). Na interpretação de Pedreira (1995), as marcas de onda indicam deposição em água rasa sujeita à influência de maré, com regime de fluxo bidirecional refletido nas estratificações cruzadas tipo espinha de peixe.



Figura 7.8 – Estratificações cruzadas no meta-arenito



Figura 7.9 - Detalhe das estratificações cruzadas tipo espinha de peixe

O terceiro afloramento consiste de meta-arenito com estratificação cruzada tabular de grande porte em conjuntos alternados com espessuras centimétricas e milimétricas (Figura 7.10). Baltazar & Pedreira (2000) interpretam a ocorrência dessas mega-estratificações como terminações de dunas do tipo barcanas associadas a processos de maré. As dunas do tipo barcanas ocorrem em áreas onde o suprimento de areia é limitado, as superfícies regionais são relativamente planas e onde existe uma limitada ou ausente cobertura vegetal.

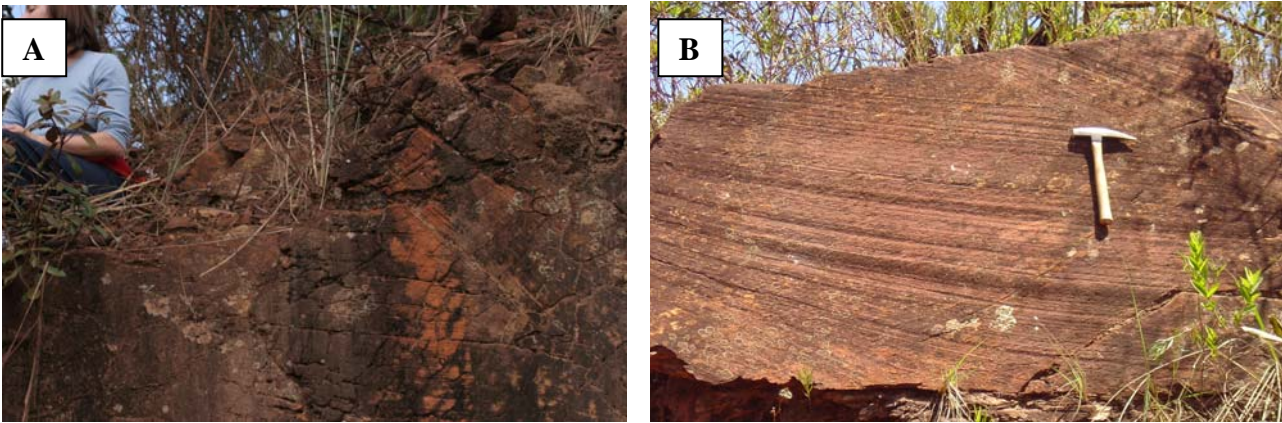


Figura 7.10 (A e B) – *Mega-estratificações cruzadas interpretadas por Baltazar & Pedreira (2005) como terminações de dunas*

Medidas de proteção

Os dois primeiros sítios estão localizados na beira de uma estrada secundária praticamente sem utilização visível e conservam as mesmas características de quando foram descritos pela primeira vez por Wallace em 1965. O terceiro sítio está localizado em uma estrada com utilização um pouco mais intensa, mas também não corre nenhum risco de descaracterização. Devido à proximidade destes sítios com a Rodovia dos Inconfidentes, que leva a Ouro Preto, sugere-se que o sítio seja utilizado para atividades educativas e também para o geoturismo. Uma idéia interessante seria desenvolver uma sinalização interpretativa para o local por meio de placas ou painéis que poderiam ser posicionados na Rodovia dos Inconfidentes em frente ao acesso da estrada de terra.

A sinalização interpretativa poderia explicar a dinâmica nas praias atuais mostrando as diferenças e semelhanças com as praias arqueanas. Mediante esta comparação, os visitantes poderiam aprender sobre a dinâmica da sedimentação e sobre as estruturas geradas e preservadas que podem ser observadas nos afloramentos. O mesmo conteúdo poderia ser adaptado para visitas guiadas com escolas dos municípios próximos.

7.3. Sítio geológico do Supergrupo Minas

7.3.1. QUARTZITOS E CONGLOMERADO BASAL DA FORMAÇÃO MOEDA

Localização

O sítio está localizado na Serra da Moeda, cerca de 17 km ao sul de Belo Horizonte (coordenadas UTM 605.694/ 7.775.225). O acesso pode ser feito a partir de Belo Horizonte pela BR 040, no sentido Rio de Janeiro, até a entrada do Condomínio Retiro das Pedras; neste ponto, vira-se para sul de onde se segue por uma estrada de terra por cerca de 6 km.

Importância do sítio

O limite Arqueano-Proterozóico marca a cratonização dos primeiros blocos continentais arqueanos em nível global, cuja algutinação gerou largas áreas estáveis. Esse período é caracterizado também por uma relativa quiescência tectônica em grande parte influenciada, segundo Windley (1995), pela mudança dramática nos regimes de energia da crosta e do manto superior.

O crescimento e espessamento da crosta continental durante o Arqueano permitiram que, no início do Paleoproterozóico, as placas respondessem a processos de deposição e deformação tais como se observa atualmente. Devido à rigidez, dimensões e à espessura da crosta formada, as rochas sedimentares adquiriram maior preponderância e se acumularam em grandes bacias, caracterizando depósitos muito espessos onde o registro sedimentar foi controlado por mudanças no tipo de ambiente tectônico, na composição da atmosfera e hidrosfera, no desenvolvimento da vida e na contribuição de áreas-fonte, dentre outras.

Segundo Condie (1997), as rochas supracrustais Paleo e Mesoproterozóicas podem ser classificadas em assembléias litológicas. Uma destas assembléias é constituída por quartzitos maciços ou com estratificação cruzada, conglomerados que indicam área-fonte de terrenos granito-gnáissicos, podendo apresentar formações ferríferas e chert; um exemplo de seqüência supracrustal com essas características é o Supergrupo Transvaal da África do Sul correlato ao Supergrupo Minas. Comparando essa assembléia com sucessões equivalentes do Fanerozóico, o autor sugere que elas podem se desenvolver em plataformas tectonicamente estáveis.

Nesse contexto de relativa quiescência global e existência de uma plataforma arqueana recém-consolidada, foi implantada a proto-bacia Minas com sedimentação inicialmente continental e posteriormente marinha. Para Alkmim & Marshak (1998), o Supergrupo Minas começou a se depositar em aproximadamente 2.5Ga, ao longo de uma bacia de margem passiva desenvolvida na

plataforma continental preexistente. A Formação Moeda marca o início desta deposição sendo as características de suas rochas um reflexo das condições ambientais e tectônicas vigentes durante esse período.

Descrição do sítio

A Formação Moeda representa uma seqüência clástica principalmente arenosa; as mais típicas e acessíveis exposições estão na serra homônima. A subdivisão da Formação Moeda foi proposta por Wallace (1965) em três membros da base para o topo: Membro 1 – constitui-se de uma camada lenticular do conglomerado basal e uma espessa seqüência de quartzito de granulação média a grosseira, puro ou sericítico. O conglomerado apresenta fragmentos do Grupo Nova Lima, uma evidência para a natureza de não conformidade do contato do Supergrupo Minas com o Supergrupo Rio das Velhas; Membro 2 – constitui-se de quartzito muito fino, quartzito-sericítico, com lentes de filito de várias dimensões; Membro 3 – constitui-se de quartzito médio com lentes de conglomerado (Figura 7.11).



Figura 7.11 – Visão geral do sítio mostrando o contato basal da Formação Moeda e sua divisão em níveis 1,2 e 3. Ao fundo observar a mina de ferro do Pau Branco

O primeiro registro da abertura dessa bacia é marcado pelos metaconglomerados piríticos, auríferos e uraníferos que se encontram na parte basal da Formação Moeda. A presença de pirita detrítica é indicativa da natureza não oxidante da atmosfera no período de deposição dos conglomerados. Acredita-se que essa unidade tenha sido depositada em ambiente fluvial, onde os conglomerados basais representam o preenchimento de antigos vales cavados nas rochas mais antigas. Renger et al (1994) sugerem que a protobacia Moeda seria alimentada pela erosão das rochas dos domos gnáissicos adjacentes em processo de soerguimento por duas áreas-fonte distintas: o Complexo Bonfim e o Complexo Belo Horizonte. Pires (2005), considerando os aspectos deposicionais dos metaconglomerados auríferos, acredita que se trata ou de *paleoplácers*

fortemente modificados pela atuação de processos hidrotermais ou de depósitos hidrotermais típicos onde zonas de cisalhamento paralelas ao acamamento tiveram importante papel na precipitação do ouro. Em ambas as situações, o ouro poderia ser proveniente tanto do Supergrupo Rio das Velhas quanto dos próprios conglomerados da Formação Moeda. Os depósitos tipo *placers* são importantes do ponto de vista econômico e podem ocorrer em canais fluviais onde, em determinadas condições de fluxo de correntes, ocorre uma concentração mecânica de minerais pesados, sendo esse processo controlado por fatores que envolvem, dentre outros, a composição química da fonte de sedimentos, o clima e o gradiente topográfico.

Para Dorr (1969), a fácies mais fina (Membro 2) representa os *silts* mal selecionados depositados em águas mais tranquilas em torno de um depósito deltáico. No topo, Membro 3, a Formação Moeda mostra recorrência de sedimentação conglomerática, o que pode ser interpretado como um reflexo sedimentológico de perturbações tectônicas da bacia (Renger et al 2004). Assim, o Grupo Caraça foi depositado em um sistema fluvial-deltáico (Formação Moeda) em uma plataforma que foi lentamente afundando com deposição de sedimentos pelíticos e químicos (Formação Batatal) com evolução para ambiente de mar raso (Grupo Itabira).

Esse sítio foi escolhido por permitir uma visão panorâmica dos três membros da Formação Moeda. O pacote está sobreposto aos filitos do Grupo Nova Lima. O conglomerado basal é caracterizado por matriz sericítica com seixos de quartzo, quartzito e xisto com dimensões variáveis desde alguns centímetros a decímetros (Figuras 7.12 e 7.13).



Figura 7.12 – Visão geral do afloramento de conglomerado basal da Formação Moeda



Figura 7.13 – Detalhe do conglomerado com seixos de quartzo

Medidas de proteção

Os afloramentos da Formação Moeda encontram-se em bom estado de conservação sendo bastante expressivos no QF. O sítio é adequado para utilização pelo geoturismo já que esta formação pode ser vista em vários trechos de estradas que ligam cidades turísticas facilitando sua observação. Sugere-se o desenvolvimento de um programa interpretativo com colocação de placas ou painéis em pontos estratégicos de observação. A interpretação para este sítio pode incluir uma explicação sobre a atuação da tectônica de placas, a formação de bacias sedimentares, os ambientes de sedimentação e ainda a importância econômica dos metaconglomerados auríferos e sua relação com outras ocorrências mundiais.

7.3.2. ITABIRITOS DA SERRA DA PIEDADE

Localização

O maciço da Serra da Piedade está localizado na divisa dos municípios de Sabará e Caeté, MG, cerca de 50 km a nordeste de Belo Horizonte (coordenadas UTM 638.700/ 7.807.700; altitude 1746 m). O acesso ao pico pode ser feito a partir de Belo Horizonte pela BR 262 até o trevo de Caeté, de onde se segue por uma estrada asfaltada com aproximadamente 6 km de extensão, que sobe a serra.

Importância do sítio

Além da importância associada à história da mineração como referencial paisagístico, a Serra da Piedade é importante do ponto de vista geológico apresentando boas exposições de itabiritos da Formação Cauê, que representa a seqüência mais espessa de formações ferríferas do Quadrilátero Ferrífero.

A deposição das camadas conhecidas como BIF's (Banded Iron Formation) foi feita, principalmente, entre 2600 e 1800Ma, correspondendo a aproximadamente 15% do volume total das rochas sedimentares do Proterozóico. As BIF's do Paleoproterozóico são do tipo Lago Superior constituídas de rochas com laminação milimétrica a centimétrica. A maioria das BIF's, são das fácies silicatada e carbonatada, raramente contêm material clástico e são associadas faciologicamente com chert, dolomito, quartzito, argilito e rochas vulcânicas. A presença dessas rochas no registro Pré-Cambriano, em especial no Paleoproterozóico, é indicativa de mudanças na composição química da paleoatmosfera. Estes depósitos são o resultado da oxidação do ferro pelo aumento do oxigênio no ambiente.

Segundo Spier (2005), no Quadrilátero Ferrífero as BIFs são regionalmente conhecidas como itabiritos e, com base em sua composição mineralógica, são descritos três tipos principais dessas rochas que representam variações faciológicas laterais e verticais: quartzo itabirito (*fácies quartzosa*), itabirito dolomítico (*fácies carbonática*) e itabirito anfíbolítico (*fácies argilosa*). O autor sugere que variações laterais e verticais no ambiente de sedimentação da Formação Cauê, causadas por transgressões e regressões do mar, seriam responsáveis por mudanças na composição da água durante sua deposição propiciando a formação desses diferentes tipos de itabiritos.

Além da importância geoecológica para compreensão dos fenômenos que levaram à evolução da vida, dos oceanos e da atmosfera no Pré-Cambriano, os itabiritos apresentam grande importância econômica e, no Quadrilátero Ferrífero, há várias minas de ferro hospedadas dentro de

formações ferríferas bandadas onde a lixiviação de minerais de ganga (principalmente quartzo e dolomita) promoveu o enriquecimento residual em ferro na rocha.

Descrição do sítio

Eschwege publicou em 1832 a primeira descrição geológica da Serra da Piedade, vislumbrando o fornecimento de minério de ferro durante séculos para o mundo inteiro:

Da Vila de Caeté vale bem a pena subir a vizinha Serra da Piedade, cuja crista principal é extensa de cerca de uma légua, dirigindo-se de leste para oeste para o Rio das Velhas, e reunindo-se por sua base a leste com as serras de São João [das Cambotas] e da Lapa [Serra do Cipó]. Sem parar, passando pelos arraiais de Mondéos e de N. S. da Penha, se chega após uma hora de viagem ao alto da serra, onde foi erguida a pequena capela de Piedade. Perto da ponte sobre o Rio Sabará e perto do arraial de Mondéos até o da Penha, a rocha predominante é o gnaisse, cujas camadas são dirigidas na 12^a hora [Az 180°]. O gnaisse é de granulação muito grossa, apresentando em sua superfície um feldspato muito alterado e a mica com uma cor prateada. Sobre esta rocha primitiva estende-se o xisto argiloso avermelhado, sobre o qual, aqui e ali, arrancados da parte mais alta da serra, se espalham blocos das diversas variedades de minério de ferro do itabirito. O xisto argiloso continua até os pontos mais elevados e íngremes da serra, e por baixo dele se acha o itacolumito, apresentando, porém, uma passagem tão rápida ao ferro especular, ao especularita xisto e ao ferro magnético (a formação do itabirito) que o itacolumito logo desaparece, vindo então um minério puro de ferro em camadas verticais segundo a 3^a hora [Az 45°]. As camadas deste minério são freqüentemente estriadas pelo quartzo em listras, e o quartzo apresenta-se ora muito compacto e intimamente ligado ao minério de ferro, ora em grãos isolados, que se desagregam sobre a superfície das rochas, dando a estas assim um aspecto corroído. Nas vertentes da serra aparece também, por vezes, a tapanhoa canga, formando uma capa sobre as rochas ferruginosas. A espessura total do minério de ferro até sua maior altura, que se acha a 5460 pés ingleses, não é inferior, segundo meus cálculos, a mais ou menos 1000 pés, espessura esta jamais ainda observada em nenhuma parte do mundo. As propriedades magnéticas dessas massas de minério de ferro se comportam como no Pico de Itabira. Embora não tivesse chovido aqui há quase um mês, e estivesse a serra completamente limpa de nuvens e neblinas, contudo gotejava sem cessar dos rochedos mais altos uma água cristalina, que em sua base se perdia de novo entre as fendas, mas para, a cerca de 100 passos mais abaixo, jorrar em uma fonte abundante que oferece, sem nenhuma partícula de minério, a água mais deliciosa aos moradores do hospício e aos peregrinos que vão em visita à capela.

Na descrição de Eschwege, o termo itabirito já é utilizado pelo autor para designar uma rocha maciça, às vezes, com textura xistosa a granular, composta de especularita, hematita e, por

vezes, magnetita. Em nota no *Pluto Brasilenses*, Eschwege, que também utiliza o termo xisto hematítico para a mesma rocha, esclarece que denominou essa rocha de xisto hematítico e não de xisto especular, devido à predominância da hematita. Burton afirma que Eschwege criou a palavra *itabirito* a partir do nome *Itabira*. De fato, Rosière et al (2005) salientam que o Pico de Itabira foi considerado por Eschwege o *locus typicus* do itabirito.

Na Serra da Piedade, os afloramentos de itabiritos atingem uma seqüência espessa e bem expressiva em termos didáticos e científicos (Figura 7.14). Podem ser facilmente observadas as alternâncias de bandas milimétricas a centimétricas, ricas em hematita, com bandas ricas em quartzo, localmente apresentando lentes de hematita compacta (Figura 7.15). Os afloramentos estão bastante oxidados com meso e micro-dobramento (Figura 7.16). Cobrindo as formações ferríferas, desenvolveu-se uma cobertura de canga.



*Figura 7.14 – Vista geral da Serra da Piedade com espesso pacote de itabiritos da Formação Cauê
Foto de M.M. Machado*



Figura 7.15 – Detalhe do itabirito caracterizado pela alternância de bandas ricas em quartzo com bandas ricas em hematita



Figura 7.16 – Afloramento de itabirito dobrado

Medidas de proteção

O “Conjunto Arquitetônico e Paisagístico do Santuário de Nossa Senhora da Piedade” foi tombado pelo IPHAN em 26/09/1956, o que levou segundo Scliar (1992), frei Rosário Joffily, responsável pelo Santuário da Serra da Piedade, a escrever ao Diretor do Patrimônio Histórico Nacional, pedindo a suspensão das atividades minerárias para extração do ferro:

(...) desde que fiquei responsável pela Serra da Piedade, empenhei-me com quantas forças tenho em zelar por essa jóia das montanhas mineiras. Nem era possível aceitar de boa mente fosse prejudicado o pico singular que a 600 quilômetros do litoral tem um passado histórico remontando a Gandavo; que um século mais tarde foi meta primordial da bandeira de Fernão Dias, está em pleno cenário das bandeiras, ligada à Guerra dos Emboabas, etc.; além de ser, na humildade, o mais antigo santuário da região.

O Departamento Nacional da Produção Mineral acolheu o pedido do Patrimônio Histórico Nacional, em ofício de 15 de julho de 1957 a frei Rosário, comunicando que:

(...) relativo à inscrição das terras de propriedade deste Santuário no Livro do Tombo e dos estragos que os trabalhos de mineração... vêm causando à referida propriedade, comunico V.Sa. que o aludido concessionário foi intimado a paralisar imediatamente os trabalhos que vem realizando (...)

Em 2005, o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA-MG) concluiu o tombamento da Serra da Piedade como monumento natural, arqueológico, etnográfico e paisagístico com uma área de cerca de 2000 hectares. A área abrange além do Santuário de Nossa Senhora da Piedade, o Observatório Astronômico da UFMG e os radares do Cindacta, que controlam o espaço aéreo da região. A delimitação do monumento natural abrange mais de 80 nascentes, com mananciais que garantem abastecimento das populações de Sabará, Caeté e Ribeirão Vermelho.

Embora o tombamento tenha levado à desativação e à proibição de atividades minerárias na área determinada, a Serra ainda convive com a falta de educação ambiental de seus visitantes — que, muitas vezes, coletam espécies decorativas ou jogam lixo — e das queimadas intencionais ou acidentais.

Neste sentido, acredita-se que medidas de proteção devem incluir programas de interpretação ambiental e geocológica para os turistas e de educação ambiental para as comunidades do entorno. Para os turistas, sugere-se que o patrimônio da Serra associado aos aspectos geológicos, religiosos, biológicos, dentre outros, seja apresentado de forma interpretativa, para que, entendendo o valor científico e histórico desse rico patrimônio, os visitantes possam apreciá-lo e contribuir de forma efetiva para sua conservação.

7.3.3. CARBONATOS DO SINCLINAL DO GANDARELA

Localização

O sítio, composto por dois afloramentos, está localizado a aproximadamente 70 km de Belo Horizonte (coordenadas UTM 639.272/ 7.781.062; 639.331/ 7.781.478). O acesso pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela MG 030, em direção a Nova Lima e Rio Acima. A partir desta cidade, segue-se por estradas vicinais durante aproximadamente 28 km até a Serra do Gandarela. Os afloramentos localizam-se em um local conhecido como Fazenda Gandarela.

Importância do sítio

A ocorrência de carbonatos no registro Proterozóico é um dos indícios da mudança paleoambiental: a dissolução dos gases atmosféricos nas águas conduz à formação do ácido carbônico (H_2CO_3) que é fixado sob a forma de carbonato de cálcio ou de magnésio. Toda a história do Proterozóico é caracterizada pela presença de eventos tectônicos, ambientais e biológicos notáveis que levaram à modificação da composição de isótopos de carbono na água do mar. A análise de isótopos de carbono a partir de carbonatos vem sendo utilizada para reconstrução da composição química da água do mar e da atmosfera bem como para estudos de correlação climática global. São vários os processos que podem levar ao fracionamento dos isótopos, sendo que os valores de $\delta^{13}C$ variam ao longo do tempo geológico, em função de mudança na taxa de troca gasosa entre a atmosfera e oceano, de mudanças no balanço do carbono devido à variação na sua quantidade nos diferentes reservatórios (atmosfera, oceano, litosfera e biosfera). Segundo Bekker et al. (2003), os aumentos positivos do isótopo de carbono na composição da água do mar são geralmente interpretados como indicativos de altas taxas de deposição de matéria orgânica acompanhada pelo aumento na produção de oxigênio enquanto a diminuição nos valores de $\delta^{13}C$ pode estar associada a períodos glaciais ou períodos de extinção em massa.

A produção de sedimentos carbonáticos envolve três ambientes deposicionais com diferentes subambientes: a planície de maré, a plataforma e a bacia. São vários os fatores que podem influenciar na sua formação podendo-se destacar, dentre outros, o clima e a tectônica, que juntos controlam as variações do nível do mar. Tucker (1990) afirma que um dos principais requisitos para a produção de rochas carbonáticas está associado à baixa atividade tectônica que leva à ausência de significativos fluxos de sedimentos siliciclásticos no ambiente deposicional; a produção máxima dessas rochas ocorre em águas rasas, condição presente nos interiores e bordas de plataformas, onde a produtividade orgânica promove elevada produção biogênica e abiogênica de

carbono. Os ambientes modernos de deposição de rochas carbonáticas são isolados da influência de grandes descargas de sedimentos siliciclásticos: Bahamas, Caribe, oeste da Austrália, Indonésia e atóis do Pacífico, e sua origem é basicamente orgânica.

A deposição de rochas carbonáticas no Proterozóico, embora exija também ambientes associados à baixa atividade tectônica, parece não ter sido basicamente orgânica. Knoll & Sweet (1990), sugerem que no Proterozóico havia uma concentração de carbonato de cálcio relativamente maior do que o nível atual; dessa forma, qualquer desequilíbrio químico levaria à precipitação inorgânica que também poderia ser promovida de forma indireta, por bioindução, na qual cianobactérias retiram CO_2 da água, favorecendo a precipitação de CaCO_3 . Para Veizer et al (1989), as rochas carbonáticas proterozóicas foram influenciadas pela composição química da água do mar que tinha suas propriedades químicas modificadas por sua interação com rochas vulcânicas e sedimentares. No registro Pré-Cambriano, os dolomitos são abundantes, mas sua origem é bastante discutida, Bekker et al. (2003), analisando a composição isotópica de carbono em dolomitos do Paleoproterozóico, acreditam que sua origem está associada a uma possível dolomitização diagenética sin-sedimentar influenciada pela composição de soluções na água do mar.

As rochas carbonáticas constituem uma importante ferramenta para auxiliar no entendimento de fenômenos geológicos pretéritos, já que registram mudanças ambientais como variação do nível do mar, mudanças climáticas e evolução de determinados grupos de seres vivos, os quais podem ser analisados a partir da composição isotópica do carbono presente nessas rochas. Bekker et al (2003) salientam a importância paleoecológica da Formação Gandarela onde os dados de $\delta^{13}\text{C}$ dos carbonatos podem fornecer um registro da composição do isótopo do carbono da água do mar antes dos eventos glaciais que marcaram o Paleoproterozóico; tal composição não tem outras evidências pesquisadas e analisadas no Brasil. Esses dados são importantes para entender os motivos da diminuição dos níveis de CO_2 e CH_4 atmosféricos necessários para uma condição de glaciação global. Os carbonatos da Formação Gandarela (mais antiga que os eventos glaciais) têm valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando de -1.6 a 1.4‰. Os dados sugerem que a água do mar do período anterior ao evento glacial não era altamente enriquecida em ^{13}C o que não confirma a hipótese de que o período glacial foi decorrente da alta taxa de deposição de carbono orgânico ou resultante da oxidação do metano. Os autores associam as primeiras glaciações do Paleoproterozóico a um processo de rifteamento de um supercontinente posicionado a baixa e média latitude. Esta posição contribuiu para mudanças climáticas.

Descrição do sítio

Os dois afloramentos encontram-se na localidade-tipo, próximo à antiga Fazenda Gandarela, conforme definido por Dorr (1969). Nesta área, a formação é espessa e com excelente exposição o que permitiu sua individualização em três membros, realizada por O'Rourke (1957) com base diferença de coloração: mármore dolomítico vermelho, cinza e branco. Esta divisão somente é válida para a localidade-tipo onde os membros são separados por finas lentes de itabirito parcialmente dolomíticos.

O primeiro afloramento é um mármore de cor cinza clara com lâminas plano-paralelas brancas contendo oncólitos, que são grãos não esqueléticos carbonáticos com laminação micrítica irregular ao redor de um núcleo, os quais derivam do crescimento de bactérias ou cianobactérias em associação com processos de mineralização inorgânica. Também podem ser observados estromatólitos colunares preservados (Figuras 7.17, 7.18 e 7.19). Amostras coletadas neste afloramento fornecem uma idade isocrônica Pb-Pb de 2419 ± 19 Ma (Babinski et al 1995). Devido à preservação de estruturas orgânicas e à pouca deformação, os autores interpretaram esta idade como sendo a da deposição da unidade.



Figura 7.17 – Visão geral do afloramento de mármore da Formação Gandarela

A segunda exposição fica situada na mina da EXTRAMIL, corresponde a dolomitos laminados e maciços vermelhos (Figura 7.21) com maior conteúdo de ferro ou manganês que os outros dois tipos. Na porção superior do afloramento, pode ser observado um horizonte de brechas com fragmentos de metachert e carbonato, em uma matriz que é rica em hematita e dolomita (Figura 7.22).



Figura 7.18 – Detalhe dos estromatólitos



Figura 7.19 – Detalhe dos oncólitos



Figura 7.20 – Visão geral do afloramento de dolomito com coloração avermelhada constituindo uma dobra fechada com os dois flancos mergulhando para o mesmo sentido (inversa)



Figura 7.21 – Detalhe do dolomito vermelho laminado



Figura 7.22 – Horizonte de brecha com fragmento de metachert

Segundo Dorr (1969), foram feitas várias análises químicas que indicam que a maior parte da Formação Gandarela é constituída por mármore dolomítico, sendo localmente mármore calcítico. Souza & Muller (1984) identificam uma rocha calcária laminada branca, na porção inferior do pacote. Para Dorr, não é possível saber a composição dos sedimentos originais, mas a distribuição irregular do mármore calcítico indica que ocorreu dolomitização. É evidência inegável da atividade biológica vigente à época da deposição a existência de estruturas oncolíticas originadas por algas encontradas nos mármore de cor cinza.

Embora o Grupo Itabira seja dividido em uma unidade inferior, a Formação Cauê e uma superior, Formação Gandarela, não existe uma nítida separação entre elas, ao invés disso, dolomitos e itabiritos ocorrem intercalados. O Grupo Itabira é um registro de uma transgressão regional com deposição química ou bioquímica típica de plataforma estável de margem continental passiva (Dorr 1969). A relação entre as unidades é enfatizada por Rosière & Chemale Jr. (2000) que salientam a existência de uma diminuição progressiva no aporte de Fe na bacia associado à diminuição de espessura da lâmina de água e ao desenvolvimento da plataforma carbonática (Formação Gandarela). Para Bekker et al (2003), a presença de estromatólitos e oncólitos bem preservados nos carbonatos da seqüência indicam deposição em ambientes rasos de elevada energia.

Medidas de proteção

O acesso ao sítio é bastante difícil devido a várias bifurcações ao longo do trecho de estrada de terra; assim, sugere-se que o sítio seja utilizado principalmente para pesquisa científica e trabalhos de campo com alunos de cursos de graduação em áreas afins com a geologia. Os afloramentos que não estão sendo lavrados atualmente encontram-se em bom estado de conservação, no entanto, a operação da mina pode ser uma ameaça na medida em que desestabiliza o terreno podendo levar à queda de blocos e à descaracterização das ocorrências.

Considerando a importância do sítio no contexto geológico global, é importante o desenvolvimento de estratégias de uso compartilhado entre a mineração (uso atual do sítio) e as atividades de pesquisa científica. Uma sugestão é que parte da ocorrência não seja utilizada para fins econômicos, mas que seja resguardada para uso científico e de investigação. Para isto, é necessário que a empresa seja sensibilizada sobre a importância dos afloramentos. O governo também poderia ter um papel fundamental neste sentido, incentivando, por meios fiscais ou associados à responsabilidade ambiental, as empresas do setor mineral a conservarem parte de suas exposições rochosas para pesquisa, educação ambiental e/ou turismo, dependendo de cada contexto.

7.3.4. ESTROMATÓLITOS DA PEDREIRA DO CUMBI

Localização

O sítio está localizado em Cachoeira do Campo, na Fazenda do Cumbi, (coordenadas UTM 636.482/ 7.742.259), a aproximadamente 79 km de Belo Horizonte. O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela Rodovia BR 040, em direção ao Rio de Janeiro, até o trevo para Ouro Preto (km 351), de onde se segue pela Rodovia dos Inconfidentes, no sentido Ouro Preto (BR 356). Após Cachoeira do Campo, antes da ponte sobre o Ribeirão Maracujá, virar a direita e seguir por aproximadamente 11 km em estrada não pavimentada.

Importância do sítio

O registro fóssil das rochas pré-cambrianas é muito escasso em comparação ao que está presente em rochas mais jovens, no entanto, é bastante rico em estruturas sedimentares resultantes da atividade de cianobactérias – os estromatólitos. Os estromatólitos fossilizados são encontrados em todos os continentes, em rochas sedimentares de todas as idades, mas sua principal ocorrência é em rochas pré-cambrianas, onde atingiram o máximo de diversidade e desenvolvimento. Devido à relativa abundância de estromatólitos em rochas pré-cambrianas, esse período é denominado por Hoek et al (1998) como “era dos estromatólitos” ou “idade das cianobactérias”. Os estromatólitos, embora raramente preservem a comunidade microbiana que lhe deu origem, correspondem a indícios indiretos da vida pretérita e podem fornecer uma idéia sobre o ambiente em que esta se desenvolveu. Depósitos modernos que ainda não foram litificados podem ser vistos em crescimento na Austrália, Brasil, Golfo do México e Flórida. Devido à lenta taxa de mudança evolutiva das cianobactérias, cujas inovações evolutivas ocorreram em nível bioquímico e intracelular, Schopf (1995) as considera como *fósseis vivos* e atribui seu sucesso à sua flexibilidade ecológica, à sua facilidade de distribuição (por correntes marinhas, vento e furacão, por exemplo), ao seu modo de reprodução (assexuado) e ao desenvolvimento de populações de grande tamanho e extraordinária resistência.

A palavra estromatólito é de origem grega e significa *stroma* (manta, tapete) e *lithos* (pedra). Schopf (1995) define estromatólitos como estruturas biossedimentares megascópicas, tipicamente finamente laminadas, produzidas pelas atividades metabólicas e de crescimento de comunidades microbianas bentônicas, sobretudo cianobactérias, e processos físico-químicos do meio-ambiente relacionados à sedimentação, erosão, insolação, imersão/emersão, etc. Dessa forma, essas estruturas

são produzidas pela associação de processos sedimentológicos e biológicos que resultam da interação de cianobactérias e bactérias com o meio em que vivem.

A maioria dos estromatólitos formam-se, comumente, em ambiente marinho-raso-carbonático, podendo ser preservados em calcários. Seu desenvolvimento depende de vários fatores ambientais e biológicos. Sirvastava (2004) enumera as condições favoráveis à formação de estromatólitos: presença de um substrato sobre o qual os estromatólitos podem se desenvolver; sistema aberto contendo água; presença de componentes químicos que satisfaçam o metabolismo de uma microbiota; fonte de energia (luz, temperatura) para possibilitar a atividade metabólica; população de organismos bentônicos ou outros organismos; matéria mineral de pequeno tamanho que possa ser aprisionada e/ou precipitada; processos de litificação e diagênese para garantir a preservação dos recém-formados.

Assim, o desenvolvimento e a morfologia dos estromatólitos estão condicionados a fatores ambientais e biológicos. Fairchild & Sallun Filho (2004) explicam o processo de formação dos estromatólitos que se inicia quando uma comunidade de microrganismos consegue se fixar a um substrato e proliferar formando uma esteira microbiana de cianobactérias que secretam uma substância pegajosa protegendo as células e mantendo a população unida e aderida ao substrato. Com o tempo, a acumulação de sedimentos depositados obriga a comunidade a criar uma nova esteira logo acima. Enquanto as cianobactérias e os demais organismos conseguem captar a luz e evitar soterramento, as lâminas vão se sucedendo. O sucessivo empilhamento de esteiras microbianas e sua subsequente litificação comumente resultam na formação de estromatólitos.

Os estromatólitos desempenharam um importante papel em relação à transformação da Terra no planeta habitável que é hoje, quando, no Pré-Cambriano, as cianobactérias se estabeleceram como os produtores primários de oxigênio dominantes no ecossistema sendo responsáveis pela elevação da taxa de oxigênio na água do mar e, posteriormente, pelo oxigênio presente na atmosfera. Segundo Schopf (1995), evidências fósseis sugerem que determinadas cianobactérias já existiam há aproximadamente 3.5 Ga. Baseado na premissa de Knoll (1985) segundo a qual “a constituição biológica de comunidades de esteiras microbianas (proterozóicas) foi, provavelmente, bastante semelhante à de comunidades modernas de ambientes comparáveis”, Schopf sugere que a linhagem inicial das cianobactérias era adaptada ao ambiente primordial rico em CO₂, deficiente em oxigênio e sem uma camada de ozônio capaz de absorver luz UV.

Segundo Santos et al (1995), vários autores apóiam a existência de fotossíntese desde 3.5 Ga baseados nos baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ próximos a - 26‰ encontrados em rochas carbonosas arqueanas. Os dois principais reservatórios de carbono na crosta terrestre são os de carbono orgânico, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ próximos a - 26‰ e os de carbono de origem em sedimentos carbonáticos, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ próximos a 0‰. A grande diferença na composição isotópica de

carbono desses dois reservatórios se deve principalmente ao processo da fotossíntese, que favorece significativamente o ^{12}C em detrimento ao ^{13}C .

Esses dados indicam a existência de carbono orgânico desde o Arqueano, provavelmente produzido por um ancestral das cianobactérias. Muito provavelmente, a pequena quantidade de oxigênio presente no Arqueano produzido por essas cianobactérias foi consumida localmente para oxidar o ferro. Com a oxidação das rochas da superfície, mais oxigênio pôde ser mantido livre na atmosfera. Assim, os estromatólitos pré-cambrianos constituem um importante registro de mudanças climáticas, paleogeográficas e ambientais além de serem a evidência indireta mais antiga da vida; foram os primeiros produtores primários de oxigênio e os primeiros recicladores de carbono, permitindo a proliferação e o desenvolvimento de outras formas de vida.

Descrição do sítio

A Formação Fecho do Funil é composta por filitos dolomíticos, dolomitos argilosos e filitos. Na descrição de Dorr (1969), ocorrem lentes de mármore dolomítico quase puro com 30 metros ou mais de espessura. Para esse autor a deposição da Formação Fecho do Funil indica elevação gradual do nível do mar. No Cumbi, o dolomito aparece na forma de três lentes intercaladas dentro de filitos carbonáticos e cinzentos, a seqüência é capeada por filitos carbonosos da Formação Barreiro.

Na pedreira do Cumbi (Figura 7.23), os mármore são de coloração rosada, branca e cinza-clara e abrigam belas exposições preservadas de oncólitos e estromatólitos colunares. Os estromatólitos apresentam formas entre circulares e elípticas densamente agrupadas e faixas paralelas não uniformes. A laminação interna foi quase toda destruída pela recristalização da rocha (Figura 7.24).



Figura 7.23 – Visão geral da pedreira do Cumbi com duas frentes de lavra atualmente desativadas

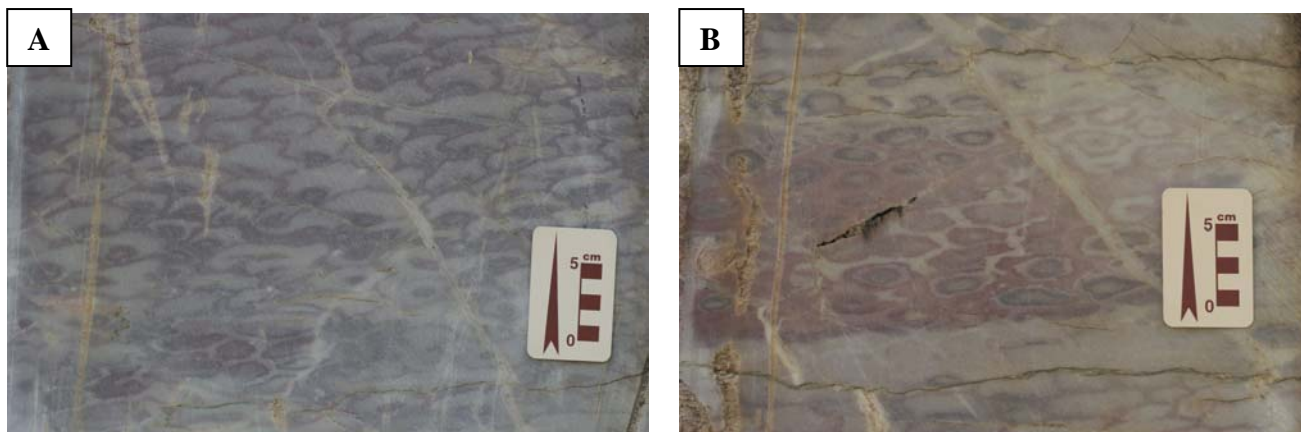


Figura 7.24 (A e B) – Detalhes dos estromatólitos preservados na pedra do Cumbi

Babinski et al (1995) dataram os mármore dolomíticos do Cumbi pelo método Pb-Pb obtendo idade de 2110 ± 110 Ma. Esse resultado é interpretado como idade de um evento metamórfico associado ao Evento Transamazônico que causou perturbação no sistema isotópico. Segundo Bekker et al. (2003), os valores de $\delta^{13}\text{C}$ para amostras da Formação Fecho do Funil variam de $+ 5.6\text{‰}$ a $+ 7.4\text{‰}$; esses valores elevados são similares àqueles encontrados nos carbonatos depositados entre 2.22 e 2.10 Ga e fornecem uma evidência adicional para uma anomalia biogeoquímica global nesse período, o “fenômeno Lomagundi”, ocorrido no intervalo entre 2.33 e 2.06 Ga. Para Bekker et al. (2003), os valores relativamente altos de $\delta^{13}\text{C}$ são uma evidência de que a época glacial foi sucedida por uma melhora climática com uma atmosfera rica em oxigênio.

Sial et al (2006) afirmam que essa anomalia isotópica é interpretada de diversas maneiras: (a) seqüestro em grande escala ou soterramento de ^{12}C orgânico no compartimento inferior de um oceano estratificado que gradualmente elevou seu complemento pesado em águas superficiais; (b) íntima associação de carbonatos ricos em ^{13}C com abundantes estromatólitos, o que corresponde a uma substancial elevação do nível de oxigênio atmosférico.

Medidas de proteção

Os estromatólitos são uma das fontes mais importantes de documentação paleontológica pré-cambriana, representam um momento único da história geológica da vida na Terra. A pedra do Cumbi é um importante afloramento de construções biossedimentares que apresenta valiosas exposições de estromatólitos. As análises de isótopos de carbono provenientes desse afloramento permitem correlações globais com carbonatos do Paleoproterozóico. A pedra é explorada pela Empresa Minas Pérola para aplicação como rocha ornamental onde recebe denominações comerciais como mármore aurora pérola vermelho ou aurora pérola prateado. A pedra está

momentaneamente desativada tendo sido todo o afloramento tomado por mato com presença de vários blocos dispostos no local (Figura 7.25).

Dada a sua importância científica, sua proteção é essencial para uma compreensão da evolução geocológica do Quadrilátero Ferrífero no contexto global do Pré-Cambriano. Segundo Carmo & Carvalho (2004), está prevista uma reestruturação da legislação sobre o setor mineral que deveria considerar uma harmonização entre a atividade mineira e a preservação de fósseis, quando estes últimos ocorrem em áreas de lavra. Esse é o caso da lavra do Cumbi; sugere-se que seja reservada uma parte do afloramento onde os estromatólitos estejam bem preservados para pesquisa científica e mesmo educação ambiental com visitas guiadas direcionadas a Universidades ou escolas de Ensino Médio presentes no Quadrilátero Ferrífero.

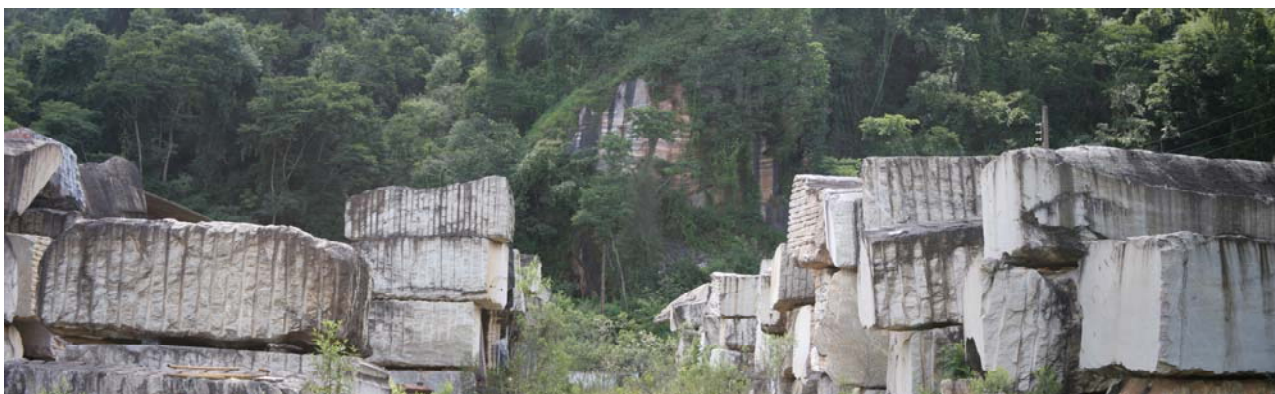


Figura 7.25 – Situação atual do sítio em pedreira momentaneamente desativada da Empresa Minas Pérola. No primeiro plano, blocos dos mármore abandonados; no segundo plano, afloramento tomado pela vegetação

Devido à proximidade do sítio com a cidade de Ouro Preto, também seria interessante sua utilização para o geoturismo com visitas interpretativas guiadas e agendadas. Uma outra alternativa interessante é a implantação de sinalização interpretativa próxima da rodovia para que os turistas que estão em trânsito possam visitar e compreender a importância dos estromatólitos na evolução da vida na Terra. A linguagem pode utilizar comparações com os ambientes atuais onde estão se formando estromatólitos e até mesmo mostrar o uso destas ocorrências como rocha ornamental.

7.4. Sítio geológico do Grupo Sabará

7.4.1. XISTOS DE IBIRITÉ

Localização

O sítio está localizado no município de Ibirité (coordenadas UTM 599.145/ 7.785.552). O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela Rodovia Fernão Dias, BR 381, em direção a São Paulo, até o trevo para Mário Campos e Sarzedo, de onde se segue em direção a Ibirité. O afloramento fica no centro de Ibirité próximo à Rua Pedro Narciso Campos no Bairro Central Park; o acesso é feito por uma trilha de terra ao lado da casa de número 229. O sítio se encontra em um corte da linha férrea.

Importância do sítio

A história da crosta da Terra é marcada por processos contínuos de ciclos tectônicos que envolvem quebra de massas continentais, dispersão, abertura de oceanos, deriva, fechamento de oceanos, acreção com aglutinação de massas ou fragmentos da litosfera. Segundo Campos Neto et al (2004), um ciclo tectônico pode envolver grande intervalo de tempo e a contemporaneidade entre episódios tafrogênicos (extensão, acreção de litosfera e construção de cadeias de montanhas submarinas) e episódios mais curtos de convergência de placas e soerguimento continental de cadeia de montanhas (orogênese). O continente sul-americano foi partícipe de vários processos de acreção que estão documentados por sucessivos depósitos sin-orogênicos (*flysh*) e tardi/pós-tectônico (molassa).

Os processos maiores de aglutinação com junção de vários orógenos entre diferentes placas e terrenos podem formar supercontinentes que influenciam na composição isotópica da água do mar, glaciações, picos em atividade ígnea, dentre outras na dinâmica global. Segundo Evans (2006), o registro geológico contém amplas evidências para aglutinação de cratons, com um ou mais supercratons ou supercontinentes durante o Paleoproterozóico. Na América do Sul, um processo importante de colagem aconteceu durante o Evento Transamazônico (2,2 – 1,9Ga). Segundo Alkmim & Marshak (1998), o Evento Transamazônico apresenta o registro das fases de colisão e colapso de um ciclo de Wilson, comparável, em termos tectônicos, aos eventos de colisão e colapso do Fanerozóico. O Evento Transamazônico foi responsável pela aglutinação de diversos blocos crustais arqueanos em uma massa continental de grandes dimensões da qual o embasamento do Cráton do São Francisco é um remanescente (Alkmim & Noce 2005).

No Quadrilátero Ferrífero, o Evento Transamazônico levou ao desenvolvimento do cinturão orogênico Mineiro (Teixeira *et al.* 2000). Segundo Alkmim & Marshak (1998), o Cinturão Mineiro foi criado em resposta a uma contração com vergência para NW, relacionada com a acreção de um arco de ilha e/ou terrenos exóticos nas margens leste e sudeste do Cráton do São Francisco. Neste evento, pode ter ocorrido o consumo de crosta oceânica e geração de tonalitos de origem mantélica e trondhjenitos (2,162 – 2,124 Ga), seguido por intrusões de granitos crustais sin a pós-colisionais (Teixeira *et al.* 2000). O conhecimento da natureza, idade e distribuição de orógenos antigos é importante para o entendimento da evolução tectônica e paleogeográfica continental. O Quadrilátero Ferrífero preserva a bacia de antepaís de direção ENE-WSW associada ao evento Transamazônico que limita o cinturão Mineiro (Alkmim & Noce 2006).

As características dos processos sedimentares do Grupo Sabará indicam instabilidade tectônica com soerguimento de novas áreas-fonte, aumento da erosão e do gradiente de transporte, contribuições de sedimentos vulcanoclásticos; muitas rochas turbidíticas e ocorrência de três tipos de conglomerados que são portadores, pela primeira vez, de seixos de granito e gnaiss. Essas características permitiram que vários autores associassem o paleoambiente deposicional do Grupo Sabará a seqüências do tipo *flysh* depositada em uma bacia do tipo antepaís (Renger *et al.* 1994; Noce 1995; Alkmim & Marshak 1998). A deposição dessa unidade, com idade máxima de 2125Ma (Machado *et al.* 1992), é contemporânea aos processos orogênicos afetando o QF. Reis *et al.* (2002) a partir de um estudo multidisciplinar, integrando dados petrográficos, petrológicos, litoquímicos, de fácies sedimentares, estratigráficos e tectônicos, sugerem um modelo deposicional de leques submarinos para o Grupo Sabará.

Durante o Paleoproterozóico, a aglutinação de terrenos por episódios orogênicos podia resultar no desenvolvimento de províncias do tipo domos-e-quilhas que podem ser observadas em vários terrenos crustais dessa idade em todo o mundo. Essas províncias constituem-se de rochas supracrustais em forma de quilhas cercadas por domos circulares e elípticos de gnaisses, migmatitos, e/ou granitóides, e eram geradas devido à estrutura crustal paleoproterozóica: a crosta podia apresentar gradientes térmicos mais elevados e era rica em seqüências supracrustais muito densas (devido ao elevado conteúdo de ferro das rochas sedimentares), podendo sua arquitetura final ser desenvolvida em quatro estágios: 1) O desenvolvimento de um orógeno compressional envolvendo uma densa seqüência supracrustal que é espessada provocando uma sobrecarga do embasamento que começa a se aquecer; 2) Durante o colapso orogênico, ocorre uma fase extensional inicial que promove transporte de calor para níveis crustais mais rasos devido à depressurização; 3) As quilhas de rochas supracrustais deslizam entre os blocos do embasamento ao longo de zonas de cisalhamento extensionais profundas; 4) Durante o estágio final da extensão, as partes mais altas dos domos tornam-se localmente invertidas. Finalmente, o movimento

continuado ao longo das zonas de cisalhamento soergue as quilhas de rochas supracrustais que se aqueceram em profundidade (Marshak et al 1997).

Este processo causou o desenvolvimento de uma auréola metamórfica ao longo do contato entre os domos gnáissicos e as rochas supracrustais, feição descrita por Herz (1970). A auréola metamórfica é particularmente bem desenvolvida no contato entre o domo gnáissico de Belo Horizonte e os filitos do Grupo Sabará, seguindo a vertente norte da Serra do Curral.

Descrição do sítio

A Formação Sabará foi nomeada por Gair (1962) e elevada a categoria de Grupo por Renger et al (1994). Sua localidade-tipo é no vale do Rio das Velhas ao norte da cidade de Sabará. As rochas dominantes são grauvacas-subgrauvacas-xistos–metatufos-filitos-metarenitos-metachert, subordinadamente podem ocorrer metachert ferruginoso, metadiamicritos e formações ferríferas.

O sítio proposto está localizado no centro da cidade de Ibirité em corte da estrada de ferro da MRS Logística SA. O afloramento é constituído por xistos de coloração arroxeadada com porfiroblastos de estaurólita em uma matriz fina composta por quartzo, feldspato e mica (Figuras 7.24 e 7.25). Este afloramento situa-se dentro da auréola metamórfica descrita anteriormente, que nesta região de Ibirité exibe cerca de 3 km de largura (Jordt-Evangelista et al 1992). Bruekner et al (2000) obtiveram das amostras coletadas neste local uma idade de $2095 \pm 65\text{Ma}$ (Sm-Nd), considerada como idade de geração da auréola de metamorfismo associada ao Evento Transamazônico.



Figura 7.26 – Visão geral do afloramento de xisto do Grupo Sabará



Figura 7.27 – Detalhe do xisto característico da região de Ibirité

Medidas de proteção

A localização do sítio não permite nenhum tipo de degradação embora o afloramento esteja tomado por mato. A utilização mais adequada é para pesquisa científica e realização de trabalhos de campo com alunos de geologia e áreas afins. Pode-se considerar também o uso para educação ambiental direcionada a escolas de Ensino Médio do município de Ibitité e municípios vizinhos. Neste caso, é aconselhável que o acesso ao sítio seja mantido em bom estado de conservação e que as visitas sejam feitas de forma orientada, visando à contemplação: do contexto geológico do QF e sua evolução; da tectônica de placas e a formação de supercontinentes; dos processos metamórficos. O potencial educativo do sítio poderia assim ser utilizado como forma de sensibilização da comunidade local sobre a importância do patrimônio geológico.

7.5. Sítios geológicos do Grupo Itacolomi

7.4.1. QUARTZITOS ITACOLOMI

Localização

Para caracterização geocológica do Grupo Itacolomi foram selecionados três sítios: a localidade-tipo no Pico de Itacolomi em Ouro Preto (UTM 656.181/ 7.746.408); corte na estrada de acesso a Lavras Novas (UTM 650.341/7.738.486); afloramento na Serra de Ouro Branco (UTM 646.502/ 7.734.413). O acesso aos sítios pode ser feito a partir de Belo Horizonte seguindo para Ouro Preto. O primeiro sítio está localizado no Parque Estadual do Itacolomi, cuja entrada fica a aproximadamente três quilômetros depois do primeiro acesso a Ouro Preto. Para acessar o segundo e o terceiro sítio deve-se utilizar a estrada que liga Ouro Preto a Ouro Branco (Estrada Real), a partir do trevo de Saramenha.

Importância dos sítios

Da mesma forma que o sítio do Grupo Sabará, o Grupo Itacolomi também tem sua importância global associada ao registro do Evento Transamazônico desenvolvido em duas fases, uma compressional e outra extensional. A primeira fase, compressional, gerou a bacia *foreland* com deposição da seqüência tipo *flysh*, que caracteriza o Grupo Sabará. Já na fase extensional ocorre deposição de sedimentos do tipo molassa, que são produzidos por erosão de montanhas. Para Alkmim & Marshak (1998), o registro da deposição da fase extensional do orôgeno Transamazônico no Quadrilátero Ferrífero está representado pelo grupo Itacolomi. Machado et al (1996) obtiveram, pelo método U-Pb em zircões detríticos dos quartzitos Itacolomi, valores entre 2059 a 2157 Ma, sugerindo que a deposição dessa unidade foi posterior à etapa colisional do Evento Transamazônico.

Além da importância associada ao ciclo orogênico, o Grupo Itacolomi representa uma deposição típica de ambiente fluvial do Proterozóico. Alkmim (1987) analisou a seqüência sedimentar da Serra de Ouro Branco (correlacionada pelo autor ao Grupo Itacolomi) e, a partir de um mapeamento litofaciológico e estrutural em escala 1:10000, interpretou o ambiente deposicional como um sistema fluvial entrelaçado com leques aluviais em bacias intermontanas estreitas. Os leques aluviais são feições deposicionais que ocorrem tipicamente adjacentes às áreas montanhosas.

O ambiente deposicional proposto por Alkmim (1987) é condizente com as características esperadas para sistemas fluviais no Proterozóico; segundo Mueller & Miall (1998) após o aparecimento de áreas cratônicas, e com a possibilidade de supercontinentes pré-cambrianos, os continentes dessa época foram provavelmente caracterizados por grandes sistemas entrelaçados perenes.

O estilo fluvial entrelaçado deve ser considerado como o mais provável em tempos sem vegetação, já que nesta situação os processos mecânicos e químicos do intemperismo produziam muitos detritos, desenvolvendo sistemas fluviais muito maiores do que os conhecidos na atualidade. Com ausência da ação de raízes, o material detrítico seria rapidamente removido, e a estabilidade do canal seria baixa, tendo por resultado um preponderante alargamento dos canais com abundante carga. Um exemplo é o Grupo Pretoria do Supergrupo Transvaal da África do Sul, que se desenvolveu em vastos sistemas entrelaçados de delta em uma bacia lacustre distal (Mueller & Miall 1998). O Supergrupo Transvaal foi correlacionado às rochas supracrustais paleoproterozóicas do Quadrilátero Ferrífero por Renger et al (1994).

Descrição dos sítios

A primeira descrição dos quartzitos do Itacolomi se deve a Eschwege que os considerava como uma nova rocha em vista de sua grande distribuição e características próprias, sendo denominada por ele de itacolumito ou quartzito itacolomi:

Sua massa principal é constituída de quartzo de estrutura xistosa, finamente granulada. Raramente possui granulação grosseira. Nos grandes membros dessa formação nunca se encontra aquela camada delgada, mas sobressaem-se sempre poderosos bancos, de granulação fina e também grosseira, e às vezes, tão espesso, que muitas vezes não se pode perceber a direção da camada.

Tschudi (1866) reproduziu a descrição do geólogo suíço Dr. Heusser que escalou o pico do Itacolomi em 1859:

O itacolumito, a rocha da qual o Itacolomi é formado, é um arenito friável com textura xistosa. O afloramento das camadas forma as incontáveis pontas já mencionadas, que apontam, todas, para o oeste ou para o nordeste. A inclinação para leste é de 5° a 10°. É provável que esse ângulo tenha sido originariamente maior. Esse baixo mergulho deve ser atribuído à erosão e à conseqüente separação das camadas. Nos planos de xistosidade, vê-se uma corrosão peculiar que lembra o fenômeno do *karste*, só que em uma escala bem menor. A diferença da rocha pode contribuir também, em parte, para a diversidade do intemperismo.

Dorr (1969) salienta que a unidade estratigráfica Série Itacolomi (Guimarães 1931) não deve ser confundida com uma rocha conhecida como o itacolumito — um quartzito micáceo flexível nomeado originalmente no Quadrilátero Ferrífero, mas de ocorrência conhecida em muitas partes do mundo. A localidade-tipo da Série Itacolomi de Dorr é o pico do Itacolomi que foi descrito por Eschwege e Heusser, além de afloramentos ao sul de Ouro Preto (Figura 7.28).

A localidade-tipo está na porção central do Sinclinal Dom Bosco e compreende uma espessura aproximada de 1800 metros. O pacote é dominado por quartzitos sericíticos com ocorrência acentuada de conglomerado na parte oriental do Pico do Itacolomi, interpretados por Alkmim (1987) como a porção proximal dos deltas aluviais. O quartzito basal apresenta grãos grosseiros de quartzo em uma matriz de granulação fina composta de quartzo, sericita e moscovita, podendo ocorrer estratificação cruzada. Nessa localidade-tipo, o Grupo Itacolomi repousa em discordância erosiva e angular sobre xistos e filitos do Grupo Sabará.



Figura 7.28 – Vista geral do Pico do Itacolomi no segundo plano localizado no Parque Estadual homônimo, localidade-tipo do Grupo Itacolomi. No primeiro plano vista da cidade de Ouro Preto considerada patrimônio da humanidade pela UNESCO

O segundo afloramento está localizado na margem da estrada de terra que vai para Lavras Novas, na área conhecida como Chapada. Consiste de uma seqüência espessa de quartzito e conglomerados. Os quartzitos apresentam coloração esbranquiçada e granulação fina à média, com estruturas sedimentares preservadas caracterizadas por estratificações cruzadas de médio porte (Figura 7.29). A terceira exposição corresponde aos quartzitos da Serra de Ouro Branco que foram caracterizados e mapeados em detalhe por Alkmim (1987), caracterizados por granulação média a grosseira (Figura 7.30).



Figura 7.29 – Detalhe das estratificações cruzadas do quartzito Itacolomi na região de Lavras Novas



Figura 7.30 – Aspecto geral da ocorrência dos quartzitos Itacolomi na Serra de Ouro Branco

Medidas de proteção

Os sítios estão em bom estado de conservação, localizados em regiões de grande apelo turístico sendo o geoturismo a utilização mais indicada. Para este fim, sugere-se o desenvolvimento de um amplo programa interpretativo associando diferentes meios como: guia de campo, placas, painéis, folder; que poderiam estar disponíveis aos visitantes em pontos turísticos de Ouro Preto e Mariana. Nestes pontos, a história geocológica do QF pode ser contada com maior ênfase para o modelo deposicional do Grupo Itacolomi; além disso, pode-se aproveitar a associação da Serra de Ouro Branco e do Pico do Itacolomi com a história da mineração.

7.6. Sítio geológico Cenozóico

7.6.1. CANGA DA SERRA DO ROLA MOÇA

Localização

O Parque Estadual do Rola Moça está localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte nos municípios de Belo Horizonte, Nova Lima, Ibirité e Brumadinho, com sede administrativa no município de Nova Lima (coordenadas UTM 601.103/ 7.781.528). O acesso pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela BR 040, no sentido Rio de Janeiro, até Bairro Jardim Canadá, de onde se segue por uma estrada asfaltada por aproximadamente 3 km até a portaria do Parque. O sítio fica localizado a aproximadamente 4 km da entrada do Parque.

Importância do sítio

Eschwege e Burton analisaram o significado do termo canga, derivado do tupi *tapanhoacanga* onde *acanga* significa cabeça sendo a palavra comumente utilizada para denominar locais, por exemplo: caia-acanga (cabeça de macaco) e tapanhu-acanga (cabeça de negro). Eschwege (1822) acredita que o termo *tapanhoacanga* foi inicialmente utilizado pelos mineradores locais, em virtude da morfologia crespada com desenvolvimento de estruturas botrioidais, no terreno onde essa crosta predomina.

Na definição de Dorr et al (1952), a canga é um manto superficial que capeia outras rochas, com cimento limonítico, variando de fragmentos de minério compacto cimentados por limonita (67% Fe) até material terroso cimentado por limonita (35% Fe). A canga pode ser considerada como semelhante à laterita ferruginosa.

A formação da canga ou laterita ferruginosa se deve ao processo de intemperismo do itabirito, que, em regiões tropicais, pode promover um enriquecimento de ferro no topo do perfil, que depende essencialmente da dissolução da sílica por intermédio das águas pluviais. Segundo Bigarella et al (1996), a formação de couraças ferruginosas é consequência da ação de soluções ferruginosas descendentes que procedem da lixiviação dos solos situados mais acima, sendo que sua cimentação deve-se primordialmente ao ferro.

Os processos de laterização e a consequente formação de canga são relativamente recentes, estando comumente relacionados a processos de aplainamento do relevo gerados por atuação de processos tectônicos. No caso das cangas do Quadrilátero Ferrífero, vários autores associam a formação de lateritas ao desenvolvimento da superfície de aplainamento Sul-Americana definida

por King (1956), considerada Paleógena. Segundo Varjão (1991), trata-se de uma superfície de erosão, tangenciando o topo das colinas.

Dorr et al (1952) acreditam que a erosão das rochas do Quadrilátero Ferrífero foi lenta, com a formação de um extenso peneplano, desde pelo menos o fim do Paleozóico até o Terciário. No fim do Terciário, a região foi consideravelmente elevada e canais profundos e escarpados vêm sendo cavados pela erosão. Tanto no período de peneplanação quanto em períodos posteriores de formação de terraços do Terciário, formaram-se grandes lençóis de canga.

Spier (2005) fez um estudo geocronológico do perfil de intemperismo dos itabiritos do Quadrilátero Ferrífero. Neste estudo, ele datou os minerais de manganês presentes em amostras das minas de Sapecado e Andaime e obteve idades variando de $61,5 \pm 1,2$ Ma a $14,2 \pm 0,18$ Ma, sendo a maior parte entre 51 e 41 Ma, com pico em 46,7 Ma. Os resultados obtidos pelo autor sugerem uma prolongada história de intemperismo na região com o atual estágio de desenvolvimento já atingido há 50 Ma, no Paleógeno. No Neógeno, o avanço da frente de alteração foi limitado uma vez que as soluções intempéricas devem ter se tornado ineficientes na promoção desse avanço.

Ao longo da evolução da paisagem do QF, o intemperismo — que atuou de forma diferencial nas rochas — favoreceu a formação de um relevo particular e distinto das áreas adjacentes. A canga, considerada como solo fóssil, testemunha várias mudanças climáticas refletindo condições paleoambientais diferentes das atuais. Segundo Bigarella et al (1996), as condições para o desenvolvimento de lateritas incluem: clima quente; precipitação abundante; longo período de estabilidade geológica; topografia uniforme; altitude adequada. O clima atual do QF caracteriza-se pela alternância anual de estações úmida e seca, com precipitação média anual de 1725 mm. Estas não seriam necessariamente as condições reinantes na época da laterização.

Descrição do sítio

Eschwege, no Pluto Brasilienses, descreve a camada de canga, também denominada pelo autor de conglomerado ferrífero, em uma região próxima a Ouro Preto, sendo sua descrição válida para outras coberturas de canga do Quadrilátero Ferrífero que apresentam as mesmas características embora com espessuras distintas:

Essa grande camada, que propriamente deve ser considerada camada de rocha ferrífera, compõem-se de seixos, raramente rolados, de xisto hematítico (itabirito), de especlarita e de magnetita e limonita, os quais estão ligados uns aos outros, desordenadamente, por um cimento ferruginoso. O cimento é, em alguns sítios, tão escasso, que apenas pode ser distinguido, misturando os fragmentos de hematita e deixando, às vezes, entre um e outro fragmento, pequenas cavidades.

Spix e Martius também fazem observações sobre a ocorrência de canga no Morro de Vila Rica e descrevem a canga da seguinte maneira:

A camada de jazida de minério de ferro, aqui chamada de tapanhoacanga, ou só canga, é uniformemente espalhada sobre grande parte da superfície (...). (...) A massa da jazida consiste em argila mais ou menos avermelhada por óxido de ferro, e sobretudo, de caulinita (...). (...) Nessa massa, encontra-se grande porção, em pedaços de ângulos obtusos, de uma limonita compacta, ora em fragmentos pequenos, ora do tamanho de um pé e mais.

Na Serra do Rola Moça é possível observar a camada de canga nas partes altas da serra, onde adquire aspecto variado, na maioria das vezes, nodular e brechoso, caracterizando-se por uma coloração vermelho-castanha e dureza elevada (Figuras 7.31 e 7.32). A canga cobre, à semelhança de uma crosta, o itabirito e, por ser quimicamente estável e muito resistente à erosão, sustenta o relevo. Devido a essas características, em alguns pontos é possível observar o recuo paralelo das encostas ao redor de perfis capeados pela canga (Figura 7.33).



Figura 7.31 – Vista geral da canga

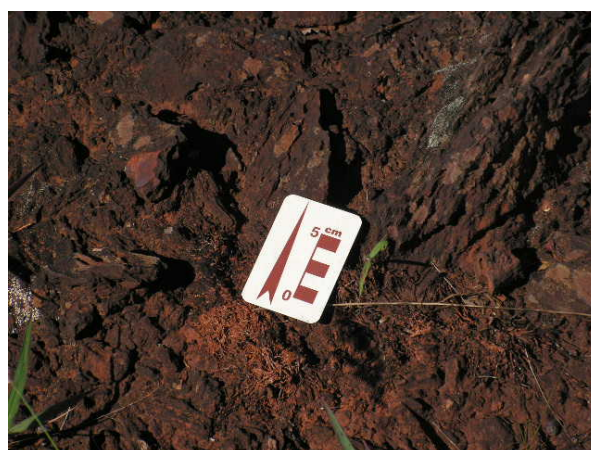


Figura 7.32 – Detalhe da canga com aspecto brechoso

As áreas cobertas pela canga suportam uma cobertura de campo rupestre — também denominado de campo ferruginoso, típico do Quadrilátero Ferrífero. Nestas áreas, a vegetação cresce sobre um solo composto de fragmentos muito duros (canga nodular) ou sobre rochas com fendas onde as raízes podem penetrar



Figura 7.33 – Visão geral do recuo das encostas provocado pela erosão da canga que cobre o itabirito

Medidas de proteção

Embora o sítio esteja em bom estado de conservação e esteja localizado na área do Parque Estadual do Rola Moça, criado em setembro de 1994 pelo Decreto Estadual 36.071/94, algumas ameaças — dentre as quais, o turismo predatório e os incêndios criminosos — são comuns no local, e podem afetar o sítio proposto. O uso mais indicado para o sítio é o geoturismo sendo importante também o desenvolvimento de um programa de sensibilização ambiental direcionado aos problemas associados ao turismo predatório e aos incêndios criminosos.

Sugere-se o desenvolvimento de um programa interpretativo salientando a importância geoecológica da canga, suas características e processos de formação e sua relação com a vegetação. Nas áreas cobertas pela canga, desenvolve-se uma cobertura de campo rupestre denominada de campos ferruginosos, que são típicos do Quadrilátero Ferrífero e considerados os maiores atrativos do Parque Estadual do Rola Moça. Além desses elementos, o programa deve abarcar também: o significado geomorfológico da canga e sua importância como indicador climático e o interesse despertado por esse tipo de ocorrência em vários viajantes naturalistas que estiveram no QF.

Podem ser utilizados vários meios interpretativos, mas os mais indicados são as placas e painéis em locais estratégicos de observação.

QUADRILÁTERO FERRÍFERO E PROGRAMA GEOPARQUES DA UNESCO – SELEÇÃO DE SÍTIOS ASSOCIADOS À HISTÓRIA DA MINERAÇÃO

Neste capítulo é apresentada a seleção de alguns sítios associados à história da mineração. Sua localização e vias de acesso são apresentadas no mapa do anexo 4.

8.1. Referências geográficas e paisagísticas

Localização

As referências paisagísticas são tratadas neste trabalho como sítios não pontuais que podem ser observados de diferentes pontos do Quadrilátero Ferrífero. Nesse sentido, sua localização não considerará uma coordenada geográfica específica. A Serra de Ouro Branco corresponde ao limite sul do QF, situando-se próxima a cidade homônima. O Pico do Itacolomi está localizado no Parque Estadual do Itacolomi em Ouro Preto. O Pico de Itabira (atual Pico de Itabirito) está localizado no município de Itabirito, na Serra das Serrinhas. A Serra do Curral corresponde ao limite norte do QF estando a cidade de Belo Horizonte localizada em seu sopé. A Serra da Piedade está localizada na divisa dos municípios de Sabará e Caeté, corresponde ao extremo NE da Serra do Curral. A Serra do Caraça localiza-se na porção nordeste do QF, e divide os municípios de Catas Altas e Mariana. A figura 8.1 mostra a localização das serras e picos - marcos geográficos e paisagísticos do QF, e a figura 8.2 mostra sua representação no primeiro mapa geológico do QF elaborado por Claussen em 1841.

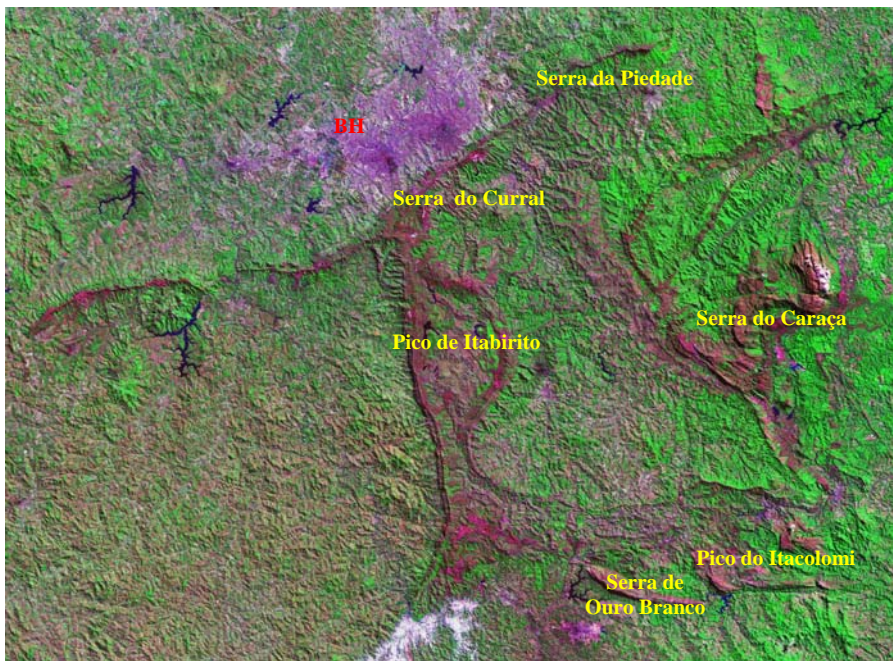


Figura 8.1 – Localização dos principais picos e serras marcos geográficos do QF. Composição R3G4B5 obtida a partir de imagem Landsat 7

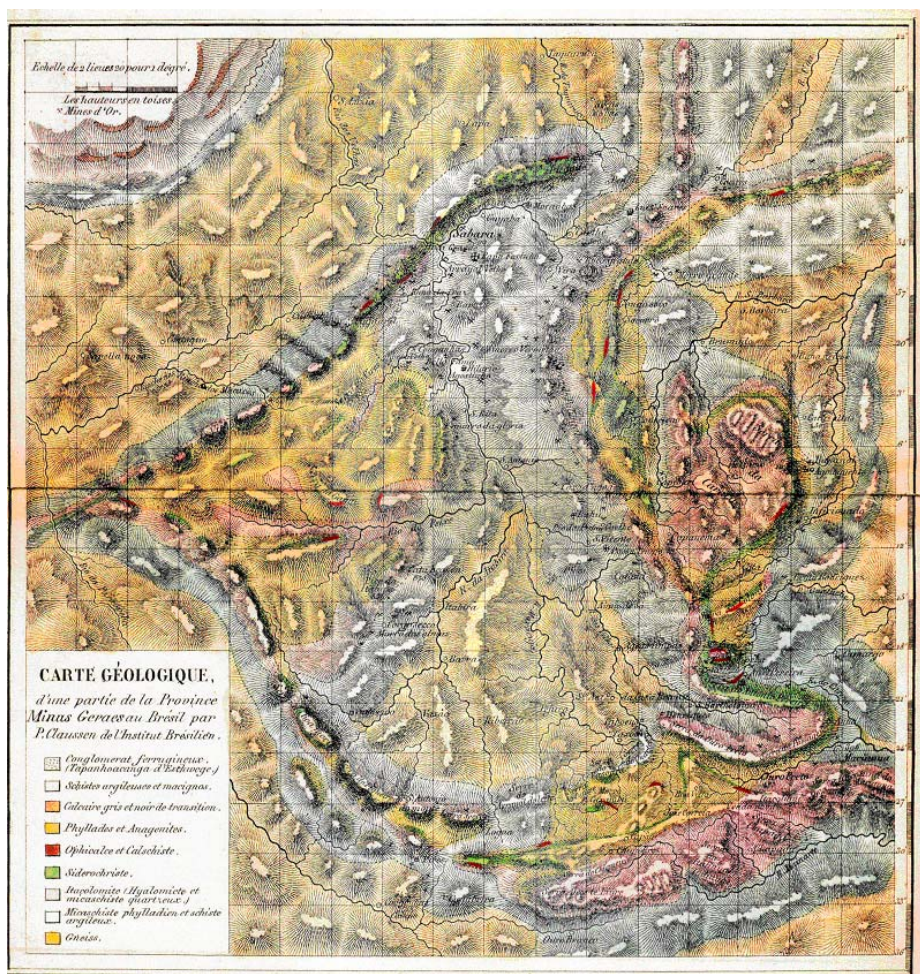


Figura 8.2 – Mapa geológico do QF elaborado por Claussen (1841) com seus marcos geográficos

Importância dos sítios

No final do século XVII, as descobertas de ouro nas imediações de Sabará e Ouro Preto provocaram um grande deslocamento de pessoas para a região central de Minas Gerais. Os picos e serras mais elevados que se destacavam na paisagem — como a Serra de Ouro Branco, o Pico do Itacolomi, o Pico de Itabira, a Serra do Curral, a Serra da Piedade e a Serra do Caraça — serviam como referências geográficas para o deslocamento dos bandeirantes e depois dos tropeiros, caixeiros viajantes, mercadores de gado e, finalmente, para os viajantes naturalistas que se aventuravam pelas Minas Gerais. Os caminhos percorridos, muitas vezes, não passavam de “picadas”, trilhas abertas precariamente no meio do mato ou nas margens dos rios. Os marcos sinalizadores de roteiros para as minas eram identificados e nomeados por denominações indígenas e religiosas, dentre outros. Matos (1837) salienta que nos Setecentos os bandeirantes definiam os nomes dos lugares em atos impregnados de simbolismo quanto à posse do território e as redes toponomásticas criadas buscavam identificar e nomear os marcos sinalizadores de entrada e trânsito no espaço natural ainda virgem.

Lima Júnior (1978) em sua obra *A Capitania das Minas Gerais*, discorrendo sobre o Distrito de Minas Gerais, descreve suas características mostrando como as serras e picos se destacam na paisagem servindo como referência geográfica:

O Distrito das Gerais é constituído por um grande planalto, formado, principalmente, pela Serra da Mantiqueira e suas ramificações. Vai declinando suavemente a oeste, em direção ao Rio Grande e às cabeceiras do São Francisco; ao norte e ao nordeste, respectivamente, acompanhando as águas dos rios das Velhas e Doce. Sobre esse planalto erguem-se novas serranias, cheias de montes e maciços as mais das vezes rochosos.

Na literatura descritiva de viajantes que muito contribuíram para o conhecimento do território brasileiro — incluindo conhecimentos atinentes ao meio físico, à fauna e flora e às pessoas que aqui viviam — encontram-se várias observações sobre esses marcos paisagísticos tão importantes para a história da mineração em Minas Gerais. Dentre os viajantes que estiveram no Brasil em diferentes épocas e que discorrem sobre as serras e picos, referenciais geográficos do Quadrilátero Ferrífero, utilizou-se, no presente trabalho: Mawe (1807-1811); Eschwege (1811-1817); Spix e Martius (1817-1820); Saint-Hilaire (1816-1822); Tschudi (1857-1858; 1860-1861) e Burton (1867-1868).

Sobre a Serra de Ouro Branco (Figuras 8.3 e 8.4), chamada anteriormente de Serra do Deus-te-Livre, Mawe faz uma breve observação após passar pela aldeia de Ouro Branco; no entanto, não nomeia a serra, afirmando apenas que, após percorrer um pequeno trecho cercado por belos vales

depois da aldeia, alcançou o “pé de uma montanha terrificante e coroada de nuvens”. A subida era tão escarpada que Mawe preferiu vencê-la a pé em vez de montado, até alcançar o cume. Eschwege, na obra *Jornal do Brasil*, também enfatiza a característica escarpada da serra: “Encontrava-me próximo do íngreme Morro do Deus-Te-Livre, denominada também Serra do Ouro Branco”. Spix e Martius referem-se à serra de maneira mais poética: “Atrás da Quinta do Rodeio, *pinturescamente* situada, eleva-se a Serra de Ouro Branco, mais alta e mais escarpada do que a da Soledade, inclinando-se na direção E.S.E. para O.N.O.”. Saint-Hilaire, por sua vez, utiliza somente a denominação de Serra de Deus Livre, considerando que a serra fazia parte da cadeia ocidental (serra da Mantiqueira), sendo seus cumes descobertos e pedregosos. Tschudi, no primeiro volume da obra *Viagens através da América do Sul*, faz uma observação sobre a origem do nome *Ouro Branco* que se refere à descoberta, em tempos remotos, no arraial de mesmo nome, de ouro de bom toque e de cor clara já com as lavras esgotadas. Burton, de forma correta, associa o nome antigo da Serra de Deus-Te-Livre aos perigos de sua travessia. Todas as descrições sobre a Serra de Ouro Branco salientam sua grande variedade de espécies da flora com destaque especial para as canelas-de-ema .

Sobre o Pico do Itacolomi (Figuras 8.5 e 8.6), nome de origem indígena que significa “pedra com seu filho”, Spix e Martius, que subiram o pico, deixam claro sua marca na paisagem “o Itacolomi, ensombrado na base pela negrura das matas e destacando-se de todos os vizinhos com o seu píncaro rochoso e nu, domina toda a região”. Tschudi relata que o ponto mais alto do Itacolomi é o ressalto à esquerda, próximo à depressão sinuosa da montanha, e que o rochedo menor tem, próximo à ponta orientada para o maior, uma fenda onde viveu, durante vários anos, um ermitão de origem espanhola. A beleza e a imponência do pico impressionaram o viajante:

Somente no segundo dia de estada em Ouro Preto é que avistei, à tarde, o pico do Itacolomi localizado defronte a cidade. Até então, ele estava encoberto por nuvens densas e escuras. Sua visão me surpreendeu. A rocha nua e fraturada, as encostas cobertas por vegetação escassa, a rocha do pico com uma forte inclinação para o lado e na base de outro rochedo, quase na forma de uma coluna, posicionado na direção contrária a primeira forma, em seu conjunto, uma paisagem pitoresca e rara.

Burton também se impressiona com o Pico do Itacolomi associando-lhe a mais bela paisagem vista de Ouro Preto:

A vista mais bela está a alguns passos para o sul, onde avistamos no horizonte, elevando-se acima do paredão das montanhas, o Itacolomi, a “Pedra e o Indiozinho”. Um alto e negro bloco monolítico projeta sua forma regular contra o céu, curvando-se em um ângulo de 45°. Ao seu lado, fica um bloco relativamente pequeno, que os homens vermelhos, pitorescos em sua linguagem não escrita, compararam a uma criança, de pé ao lado da mãe. Talvez o

nome faça alusão a alguma esquecida metamorfose de fábula indígena e, talvez, também, tenha sido idéia de algum poeta mineiro.



Figura 8.3 – Serra de Ouro Branco dans la Province de Minas Gerais (Desenho de J.M. Rugendas, 1824)



Figura 8.4 – Vista atual da Serra de Ouro Branco



Figura 8.5 – Villa Ricca (ao fundo Pico do Itacolomi) (Desenho de J.M. Rugendas, 1824)



Figura 8.6 – Vista atual do Pico do Itacolomi

O Pico de Itabira (atualmente conhecido como Pico de Itabirito) foi descrito por Burton na oportunidade em que visitou a mina de Cata Branca (Figuras 8.7 (A e B) e 8.8). O nome original do pico, Itabira, na língua indígena significa segundo Vieira Couto (1801), moço ou rapariga de pedra. Rosière et al (2005) salientam que, na realidade, o termo Itabira significa pedra ou rocha brilhante, ou por outra interpretação: empinada (ita = pedra, rocha, metal; byra = erguer-se, levantar-se). Na época de exploração do ouro na mina de Cata Branca, o pico também era conhecido por esse nome pelos mineiros da Cornualha. A imponência do pico fez com que fosse incluído, juntamente com o Pico do Itacolomi e a Serra do Caraça, na Carta da Capitania de Minas Gerais feita por Eschwege

em 1822 e apresentada no 1º volume do *Pluto Brasilienses*; também foi ilustrado por F.J. Stephan em 1840. Burton descreve o pico da seguinte maneira:

A paisagem do norte é um quadro. Estávamos, agora, em presença das grandes formações de itacolumito e itabirito. O sol poente, encimado por nuvens muito brancas, alinhadas com nuvens carmesins, lançava raios de ouro sobre o acastelado penhasco de Itabira do Campo (...). (...) Antes de chegarmos àquele ponto, nós o havíamos avistado, então, se parecia com um morro coroado por dois blocos de alvenaria um tanto fora do prumo (...). (...) Visto daqui, as rochas do alto do pico parecem um tridente, com as três pontas altas e negras e, contornando para leste, muitas vezes o veríamos, elevando-se de súbito e único, como a chaminé do Rio da Prata.



Figura 8.7(A) – Detalhe da Nova Carta da Capitania de Minas Gerais com localização do Pico de Itabira.

Fonte: Eschwege (1833)

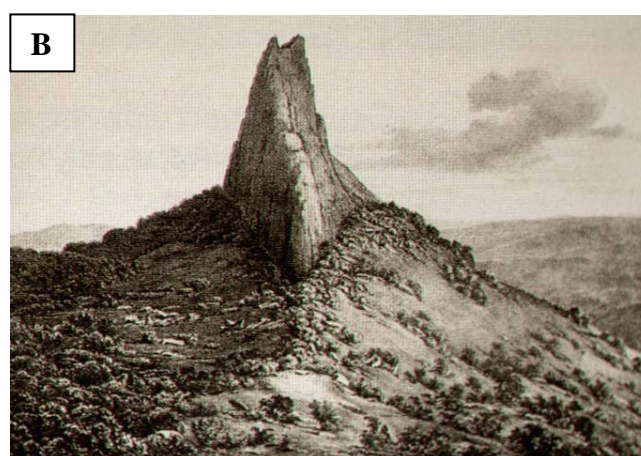


Figura 8.7 (B) – Pico de Itabira. Desenho de F.S. Stephan, 1840. Litografia de A.Brandmeyer



Figura 8.8 – Vista atual do Pico de Itabirito: no primeiro plano a cava da mina e no segundo plano o pico que é tombado pelo IPHAN

A Serra do Curral tem seu nome associado ao antigo Curral Del Rey (atual Belo Horizonte). Segundo Lima Júnior (1953), em meados de 1709, companheiros de uma das armadas de Dom João V pediram dispensa dos serviços na Marinha Real e, fascinados pelas notícias que chegavam das minas de ouro partiram para essa Província. Nesse grupo, estava Francisco Homem Del-Rei, piloto da nau “Nossa Senhora da Boa Viagem”, que foi estabelecer-se em terras da sesmaria de Manuel da Borba Gato, em uma área de águas vertentes com um curral de gado que abastecia os estabelecimentos de mineração. Em 1716, Francisco, que havia construído uma capela de pau e palha, requereu licença ao Bispo do Rio de Janeiro para celebração de uma missa. Nada conseguindo, endereçou longa petição ao Rei; quando a licença chegou já se formava um povoado, então denominado Curral Del-Rei. A Serra conserva ainda parte do nome original do arraial que se desenvolveu em sua base. Burton escreve que o “Curral” é a extremidade meridional de uma cadeia que divide o Paraopeba e o curso superior do São Francisco do curso do Rio das Velhas; o autor faz referência ainda sobre a visibilidade do local por longas distâncias:

A Serra do Curral é curiosamente desagregada em rochedos e proeminências (...). (...) Ficou visível durante muitas milhas, e a avistáramos mesmo do rio. Parece ser ela o limite setentrional da região montanhosa metalífera, especialmente no que se refere às grandes formações piritíferas, e, para além dela, começam os terrenos mais planos e mais cultiváveis, especialmente os grandes campos de pedra calcárea.

A Serra da Piedade (Figuras 8.9 e 8.10) forma a extremidade oriental do conjunto da Serra do Curral; nas palavras de Burton, “a enorme Serra da Piedade se curva, para encontrar a do Curral”. A história da serra está estreitamente ligada às lendas que povoavam o imaginário dos portugueses e dos bandeirantes paulistas. Uma dessas lendas dizia respeito à existência de uma serra misteriosa que resplandecia aos raios do sol, denominada pelos índios de Itaberabuçu (Ita = pedra; bira = reluzente; uçu = grande). A lenda da montanha resplandecente vivia na imaginação dos portugueses desde 1600 e, para Vasconcellos (1946), estimulou várias expedições aos sertões que tomavam diferentes caminhos, podendo-se citar, dentre outras, a expedição de Fernão Dias Paes Leme, que acabou por fixar-se na Quinta do Sumidouro em Lagoa Santa. Em 1701, esteve na região o governador do Rio de Janeiro, Artur de Sá e Meneses, na sua primeira viagem a Minas Gerais; ao avistar a Serra da Piedade, questionou Borba Gato sobre a existência de esmeraldas e prata. Mesmo com a informação da não existência destes minerais, o governador designou de forma imprópria e apressada, a futura cidade de Sabará de Sabarabuçu, sendo a Serra da Piedade também conhecida com este nome por algum tempo (Ruchkys et al 2006).

Os naturalistas austríacos J.B. von Spix e C.F.P. von Martius, na ocasião em que estiveram em Caeté, subiram a Serra da Piedade e escreveram no 2º volume da obra *Viagem pelo Brasil*:

Essa montanha de rocha eleva-se a noroeste da vila, inteiramente isolada no vale (...). (...) Soberbo é o panorama que se descortina do alto desta montanha, de mais ou menos 5.400 pés de altitude, em cuja ascensão gastamos quatro horas; estão deitados como gigantes em torno dela: o Pico de Itabira, perto de Sabará; a Serra do Caraça, perto de Catas Altas; a Serra da Lapa (atual Serra do Cipó), etc.; e, diante de nós, a oeste, resplandecia a Lagoa Santa.



Figura 8.9 – Comboio de diamantes passando por Caeté com a Serra da Piedade ao fundo. Desenho de J.M. Rugendas, 1824



Figura 8.10 – Vista da Serra da Piedade tomada do sul a partir de Caeté. Foto de F.E.Renger(2005)

Serra do Caraça é o nome genérico para um conjunto de montanhas que abriga as maiores altitudes do Quadrilátero Ferrífero. O nome *Caraça* é explicado por vários autores de maneira diferente; como avaliado por Burton, Saint-Hilaire observa que a palavra é, ao mesmo tempo, portuguesa e guarani. Na explicação deste último autor, “cara” e “haça”, ou “caraçaba”, corrigida para Caraça, significa desfiladeiro. Outros atribuem o nome da serra devido à sua semelhança com um rosto enorme. Para o próprio Burton, *Caraça* é explicado em português como carranca de pedra. A palavra é feminina, mas sempre toma o artigo masculino “o Caraça”, a cara feia. Segundo o autor, isto confirma a lenda de que recebeu seu nome de algum negro quilombeiro que viveu naquelas elevações.

Saint-Hilaire, ao visitar o Caraça, em 1816, reservou maior atenção aos aspectos da flora, à construção da ermida e ao próprio Irmão Lourenço. Em relação à paisagem onde o santuário foi edificado, Saint-Hilaire relata que se encontra em uma planície rodeada por montanhas elevadas onde quase tudo é rocha nua. Teve a oportunidade de subir a um dos picos dessas montanhas: “Chegados ao alto do pico, que parece ter a altura de 6.000 pés acima do nível do mar, descortinamos um desses panoramas imensos que impressionam muito mais pela extensão do que

agradam pela beleza; dominávamos uma longa seqüência de morros (...). Spix e Martius, que passaram dois dias no Caraça, mostram em seus relatos a imponência da Serra que “domina com os seus contornos alcantilados e audazes toda a região em volta”; também subiram ao cume da montanha de onde avistaram o pico do Itacolomi. Tschudi também salienta que o Caraça se destaca na paisagem: “a serra se levanta ao oeste com seus rochedos íngremes, escarpados e de contornos pontiagudos”. Burton avistou a Serra do Caraça por longo trecho de seu percurso para Catas Altas sem cansar de admirá-la: “é um espetáculo espantoso, aquele *Carão*, uma enorme massa de ferro, elevando-se a vários milhares de metros acima das altas chapadas” (Figuras 8.11 e 8.12).



*Figura 8.11 – Catas Altas com a Serra do Caraça ao fundo.
Desenho de J.M. Rugendas, 1824*



Figura 8.12 – Vista geral da Serra do Caraça mostrando seu contorno peculiar

Descrição dos sítios

As serras e picos que destacam na paisagem do Quadrilátero Ferrífero apresentam elevações que variam aproximadamente de 1700 a 2000 metros de altitude, sendo as maiores altitudes as do Pico do Inficionado (2068 metros) e a do Pico do Sol (2072 metros), ambos na Serra do Caraça.

Sustentando o topo das serras encontram-se rochas metassedimentares do Supergrupo Minas ou do Grupo Itacolomi. A Serra de Ouro Branco e o Pico do Itacolomi são constituídos por quartzitos do Grupo Itacolomi; o Pico de Itabirito, a Serra do Curral e a Serra da Piedade são constituídas por formações ferríferas bandadas da Formação Cauê do Grupo Itabira. Nas palavras de Dorr et al (1952), “as rochas ferríferas atualmente formam cristas e os minérios puros freqüentemente constituem salientes impressionantes nas encostas superiores”. A Serra do Caraça é composta essencialmente por quartzitos da Formação Moeda do Grupo Caraça.

Medidas de proteção

Quase todos os sítios incluídos como referencial geográfico e paisagístico são protegidos por lei, com exceção da Serra de Ouro Branco onde deve ser criado um Parque Estadual no corrente ano. O pico do Itacolomi está localizado no Parque Estadual do Itacolomi, criado em 1967, pela Lei nº 4.495; o pico de Itabira foi tombado pelo IPHAN, em 1962, sendo reconhecido pela SIGEP como sítio geológico de importância estrutural, histórica e geográfica. A Serra do Curral foi eleita pelos belo-horizontinos, em 1995, símbolo da Capital e tem parte de sua área tombada como patrimônio municipal desde 1991. A Serra da Piedade foi tombada pelo IPHAN em 1956 e, em 2005, teve seu tombamento concluído pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico (IEPHA-MG); além disso, também é reconhecida pela SIGEP como sítio geológico do QF. A Serra do Caraça foi transformada em Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) pelo Decreto 98.914, de 1990; a Gruta do Centenário, no Pico do Inficionado, é reconhecida pela SIGEP como sítio geológico.

Para todos estes sítios, sugere-se o uso geoturístico, com a colocação de placas interpretativas em locais próximos a eles e em pontos estratégicos do QF de onde tais sítios podem ser visualizados. As informações devem mostrar importância desses locais como marcos paisagísticos associados à história do bandeirismo no Brasil e também podem incluir informações associadas à sua importância geocológica. As placas podem ser colocadas nas rodovias e estradas que dão acesso aos sítios, chamando a atenção do visitante sobre sua importância e despertando seu interesse em conhecê-los.

8.2. Ruínas da casa de fundição clandestina

Localização

O sítio está localizado no município de Moeda, (coordenadas UTM 606.918/ 7.756.399). O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela Rodovia BR 040, em direção ao Rio de Janeiro, até o acesso para Moeda (aproximadamente 33 km depois do Viaduto da Mutuca), de onde se segue por mais 3,8 km em direção oeste. Neste ponto, virar à direita e seguir por estrada de terra até o lugarejo de São Caetano da Moeda.

Importância do sítio

A Política Portuguesa aplicada ao Brasil sempre esteve voltada para resguardar ao Reino os direitos patrimoniais, visando à arrecadação e ganhos de natureza financeira. Eschwege, em o *Pluto Brasilienses*, faz uma avaliação sobre as medidas adotadas pela Coroa em relação à mineração do ouro, afirmando que nenhuma das leis que foram surgindo ao longo dos anos teve por finalidade a proteção da mineração do ouro; ao contrário, todas elas apenas visavam ao aumento da produção, assegurando os lucros à Coroa. Prado Júnior (1942) também coloca de maneira bem clara esta relação entre Portugal e o Brasil:

A política portuguesa adotada no Brasil é antes de tudo um negócio do rei, e todos os assuntos que se referem à administração pública são vistos deste ângulo particular. Assim os problemas políticos e administrativos que sucinta a colônia americana são sempre abordados de um ponto de vista estritamente financeiro. Para a política portuguesa, não havia aqui uma sociedade ou uma economia de que se ocupar, fosse embora em função dos interesses portugueses, mas tão somente de finanças a cuidar.

Buscando garantir seus rendimentos a Coroa portuguesa instituiu várias medidas fiscais relativas à produção, cobrança e a circulação do ouro para controlar as quantidades extraídas nas minas. Dentre os sistemas adotados para cobrança, destaca-se o Quinto, um imposto cobrado pela Coroa portuguesa que correspondia a 20% de todo ouro encontrado na colônia.

A exclusividade do rei sobre os direitos minerais foi definida pela primeira vez nas Ordenações Manuelinas. As Ordenações são compilações de leis que constituíram a base do direito Português e vigoraram tanto para o reinado quanto para suas colônias, nos seguintes períodos: Afonsinas (1446-1521); Manuelinas (1521-1603) e Filipinas (1603-1867). As Ordenações Manuelinas tiveram uma primeira edição em 1514, mas a versão definitiva foi editada em 1521.

Segundo Carrara (2004), D. Manuel, em 17 de outubro de 1516, no capítulo 237 das Ordenações Manuelinas, declara como direito real “os vieiros e minas de ouro ou prata ou qualquer outro metal, os quais todo o homem em todo o lugar, com tanto que antes que o comece a cavar, de entrada pague a El-Rey”. Em seguida, D. João III (que ascendeu ao trono em 1521) fixou o imposto devido à Coroa em um quinto de toda a produção de metais e pedras preciosas que fossem introduzidas no circuito comercial. Além de leis e decretos específicos, as Ordenações vigoraram no Brasil enquanto foi colônia de Portugal.

Durante o primeiro momento de ocupação e exploração do território mineiro e à medida que os descobrimentos de ouro se ampliavam, a Coroa se preocupou em garantir os processos de exploração e seus rendimentos, assegurando seu poder de dominação na região. Ao que tudo indica, no princípio dos descobrimentos de ouro, a Coroa ainda tinha uma noção muito vaga do que se estava passando nos distritos mineiros e, em 1701, solicitou a Dom João de Lencastre — então governador do Brasil — a enviar um relatório da situação. Segundo Costa et al. (2003), escrevia D. João de Lencastre que o novo século começara prometendo “riquezas e felicidades ao reino”, mas o incumprimento legislativo, sobretudo o fiscal, era facilitado pela distância e pelo “mundo vazio” de alguns desses espaços.

Os descobrimentos se ampliavam e, na medida em que as informações se acumulavam, a Coroa impôs medidas para controlar a circulação do ouro buscando limitar as evasões do fisco. Entre estas medidas, destaca-se o estabelecimento, em 1702, pelo governador do Rio de Janeiro — Arthur de Sá e Meneses — da Casa da Moeda, no Rio de Janeiro, e da Casa de Fundição, em Santos. Segundo Antonil (1711), o governador já havia manifestado, em uma carta dirigida a D. Pedro II datada de 12 de junho de 1697, a necessidade da existência de uma Casa da Moeda como melhor solução para evitar fugas do Quinto: “desta sorte todos ham de trazer ouro aquella parte para o converterem em moeda e de necessidade ham de quintar (...) a moeda que se fundir deve ser do mesmo valor que a de Portugal”.

De 1702 também é o *Regimento dos superintendentes, guarda mores e oficiais deputados para as minas de ouro* que alterou as normas reguladoras da atividade mineratória, buscando controlar as explorações e resguardar os direitos ao Quinto da Coroa. Esse regimento, de caráter administrativo, além de medidas que procuravam evitar o contrabando e os descaminhos do ouro, definia as funções e poderes do Superintendente e guardas-mores com relação à repartição das terras e dos ribeirões auríferos, concedidos aos mineiros de acordo com o número de escravos que cada um possuísse para o trabalho nas lavras (Guimarães et al 2002).

Segundo Costa et al (2003), em maio de 1703, D. Pedro II, em uma tentativa de cativar os agentes para amoedar o ouro, ordenou que quem levasse a mercadoria em pó das minas à Casa da Moeda se lhe pagasse 1200 réis a oitava, ficando livre o seu dono dos pagamentos dos quintos.

Caso este ouro não fosse vendido à Casa da Moeda, os particulares iriam à Casa dos Quintos onde, contra a fundição em barra, seria cobrado o respectivo tributo. Esta forma de cobrança do tributo régio, por meio do pagamento do Quinto ou da amoedação vigorou entre 1703 e 1713.

A partir de 1713, novas formas de cobrança foram sucessivamente implementadas traduzindo as diferentes estratégias da Coroa para reduzir, ao mínimo, o contrabando. Carrara (2004) inventariou o acervo documental da Casa dos Contos de Ouro Preto correspondente às séries decorrentes da cobrança do direito régio do Quinto. A análise do autor indica as seguintes mudanças nas formas de cobrança: de 1713 a 1724 foi estabelecida a cobrança dos quintos por bateias à razão de 12 oitavas por cabeça de escravo por ano, bem como a finta (ou contribuição fixa) de 30 arrobas anuais; o ouro tinha livre circulação e os registros foram extintos. Em 1718, foi feito um ajuste e acordou-se que a contribuição fixa do Quinto seria de 25 arrobas, acrescida dos direitos dos registros. Essa convenção vigorou até o ano de 1724, quando decidiu-se que a quintagem seria feita nas Casas de Fundição, proibindo a circulação de ouro em pó ou em pepitas no interior da Capitania. Segundo Albertini Túlio (2005), nas Casas de Fundição a quinta parte do ouro era imediatamente separada e o restante era fundido em barras devidamente carimbadas e acompanhadas de certificado, cuja apresentação era exigida nos registros, confirmando assim a autenticidade do produto. Entre 1735 e 1751, as Casas de Fundição pararam de funcionar; em 1735 a Casa da Moeda de Vila Rica foi fechada e novas formas de cobrança foram instituídas. A partir de 1751, estabeleceram-se novamente as Casas de Fundição.

A extinção das Casas de Fundição, entre 1735 e 1751, reflete uma tentativa da Coroa de coibir a falsificação. Saint-Hilaire, em sua obra *Viagens pelas Províncias do Rio de Janeiro e de Minas Gerais*, faz um relato sobre as diferentes formas de circulação do ouro em Minas Gerais através dos tempos e das tentativas da Coroa de controlar a arrecadação do Quinto:

Moedeiros falsos estabeleceram-se em algumas partes da província, principalmente na zona de Catas Altas. As moedas que fabricavam tinham o valor intrínseco igual ao das legítimas; evitavam, porém, pagar o quinto ao Rei, e aproveitavam do benefício do governo na cunhagem de moedas. Para obviar a esse inconveniente proibiu-se completamente o uso de moedas de ouro na Província de Minas Gerais, e não foi mais permitida senão a circulação de ouro em pó.

Eschwege salienta que na vigência dos diferentes sistemas de arrecadação do Quinto, foi dado, também, valor diverso ao ouro; em virtude desse processo arbitrário, cometeu-se o erro de nunca atribuir-lhe seu verdadeiro valor de troca, o que acarretou um prejuízo de muitos milhões para a Coroa.

Como no comércio o ouro tinha um valor muito maior do que aquele atribuído pelo Governo, o contrabando, a sonegação e a falsificação eram problemas enfrentados pela Coroa. A falsificação de moedas é um exemplo das múltiplas táticas de fraude desenvolvidas no Período Colonial, principalmente no período do estabelecimento das primeiras Casas de Fundição (entre 1724 e 1735). Diante desse quadro, a Coroa queria acabar com a fraude nas instalações clandestinas de cunhagem de moeda, prendendo os falsificadores e chefes dessas quadrilhas que atuavam em várias regiões da colônia e que, muitas vezes, contavam com a colaboração ou conivência de ocupantes de cargos de confiança. Albertini Túlio (2005) salienta que as redes de fraude estavam se alastrando e infiltrando-se na burocracia da administração colonial o que levou, por exemplo, à devassa de Vaia Monteiro em 1730. Vaia Monteiro era governador do Rio de Janeiro e descobriu que o oficial da Casa da Moeda de Minas, Antônio Pereira, era proprietário de uma fábrica de marcar barras falsas nas proximidades do Rio de Janeiro. Após ter sido preso pelo governador, Antônio Pereira fugiu da prisão indo para Minas Gerais onde se juntou ao bando de Ignácio de Souza Ferreira para cunhar moedas falsas.

Apoiado pelo rei D. João V, o governador do Rio de Janeiro, Luiz Vaia Monteiro, passou a perseguir implacavelmente os falsificadores de barras de ouro e moeda, instaladas nas Casas de Fundição, e em sítios de particulares nos arredores do Rio de Janeiro. Trataram então os falsários de montar longe do Rio uma fábrica própria. Nas Minas Gerais, pareceu sobre os fraudadores do Fisco Real ser de mais segurança, tanto mais que um de seus cúmplices, Manuel de Afonseca, era secretario do governador D. Lourenço de Almeida (Lima Júnior 1953).

Descrição do sítio

Para estabelecer a fábrica de moedas falsas, os falsários deveriam escolher um local adequado que permitisse o desenvolvimento dos trabalhos de maneira tranqüila e longe da fiscalização. Escolheram, nas palavras de Burton, uma “secular e amedrontadora floresta no sopé da Grande Serra, perto do lugar agora chamado de São Caetano da Moeda”. Lima Júnior (1953) afirma que a fábrica se instalou em terras da fazenda dos Borges Carvalho, na Serra do Paraopeba, mais ou menos próximo de um povoado antigo de nome Jesus, Maria e José da Boa Vista: “situava essa fazenda entre matas primitivas, a meia encosta de uma serra de difícil acesso”. Ao sopé da “Grande Serra” e da “Serra do Paraopeba” — que correspondem hoje a Serra da Moeda — desde o início do século XVIII, diversos núcleos rurais se desenvolveram e se constituíram em fornecedoras de produtos agrícolas para as cidades mineradoras.

Para Albertini Túlio (2005), o Vale do Paraopeba, por sua localização e características geográficas, era uma excelente rota de contrabando. Constituía um caminho alternativo que dava acesso a três das quatro Comarcas de Minas: Vila Rica, Rio das Velhas e Rio das Mortes. Tratava-se de um trecho de difícil acesso em função do seu terreno acidentado perfeito para esconderijos e fugas, permitindo o fácil desvio dos Registros (Figura 8.13). O Rio Paraopeba apresentava certos trechos navegáveis e seguir o seu curso era garantia de transitar pelas minas de ouro quase sem ser percebido.



Figura 8.13 – Local onde se instalou a casa de fundição clandestina de Inácio de Souza. No primeiro plano, as ruínas e no segundo plano a Serra da Moeda

Inácio de Souza Ferreira, considerado por Burton como um homem de “rara habilidade mecânica”, juntamente com Manuel Francisco e outros cúmplices, montou a casa de moedas em um sítio muito bem situado, aparelhado e estruturado que logo começou, segundo Lima Júnior (1953), a fabricar barras falsas de ouro e moedas com cunhos legítimos, furtados das casas de fundição e dados como inutilizados. Guimarães et al (2002) salientam que por “moeda” deve ser entendida também cada uma das barras de ouro o qual, após ser fundido e quintado nas Casas de Fundição, recebia o selo da Coroa portuguesa, o que legitimava sua circulação. As Ordenações Filipinas estabeleciam como moeda falsa:

Moeda falsa he toda aquela, que não he feita por mandado do Rey, em qualquer maneira que se faça, ainda que seja feita daquela matéria e forma, de que se faz a verdadeira moeda, que o rei manda fazer, porque conforme o Direito ao Rey somente pertence faze-la, e a

outro algum não, de qualquer dignidade que seja (Ordenações Filipinas, Livro 5, Título XII, § 2).

Nesse contexto, as moedas da fábrica do Paraopeba eram de ouro, sendo falsas somente pela clandestinidade e ilegalidade de sua fabricação. No início, durante aproximadamente três anos, a fábrica funcionou a contento dos sócios. Os compradores de ouro em pó reuniam quantidades consideráveis e Inácio cunhava moedas do modelo autorizado, com a sobremarca aos modelos do Rio de Janeiro e de Minas.

A fábrica tinha uma organização perfeita ou quase perfeita, seu regimento continha instruções e regras detalhadas para seu bom funcionamento e para a manutenção da ordem. O regimento era de disciplina militar, sendo a fábrica de fundição de ouro do Paraopeba comandada como uma verdadeira praça de guerra (Lima Júnior 1953). O referido regimento proibia o vinho e a água-ardente “(...) digo que tal bebida não há de entrar aqui porque de nada aproveita e pode desarrumar muito (...)”; estabelecia, em relação a alimentação, que todos deveriam comer fartamente no almoço, jantar, merenda e ceia, porém não permitia o desperdício; além disso, o regimento permitia o chocolate. Os jogos eram proibidos “Não há de haver jogos, porque deles se seguem disputas e liberdades e delas desconfianças (...)”. Quanto ao divertimento, o regimento permitia que se gastasse algum tempo em cantar e tocar, mas proibia o arrancamento de facas. Além disso, Inácio exigia de cada um dos sócios que ficassem inteiramente esclarecidos das responsabilidades e perigos que corriam uma vez que o crime de cunhagem de moeda falsa era considerado de extrema gravidade pelas Ordenações Filipinas:

E por moeda falsa ser cousa muito prejudicial na Republica, e merecem ser gravemente castigados os que nisso forem culpados, mandamos que todos aqueles, que moeda falsa fizer, ou a isso der favor, ajuda ou conselho, ou for dele sabedor, e não descobrir, morra morte natural de fogo e todos os seus bens confiscados para a Coroa do Reino.

E neste crime de moeda falsa, ninguém gozará de privilegio pessoal, que tenha, de fidalgo, cavalheiro, cidadão ou qualquer outro semelhante, porque sem embargo dele, será atormentado e punido, como cada um do povo, que privilegiado não seja.

Albertini Túlio (2005) salienta que, além do caráter disciplinar, o objetivo do regimento e de sua leitura semanal era que essa consciência fosse o mais clara e amplamente compartilhada por todos os membros do grupo de infratores:

O ideal, em torno da comunhão do segredo e do regulamento, é que o grupo se transformasse numa espécie de “irmandade” ou “confraria” de criminosos, com um código

ético próprio. Nesse sentido, Inácio deixava claro ainda que, tendo ele vida e saúde, não descansaria para salvar qualquer companheiro, independentemente da despesa e dos esforços.

No entanto, esse regimento rigoroso despertou o ódio dos sócios de Inácio até que se estabeleceu uma rebeldia coletiva que resultou em uma conspiração chefiada por Francisco Borges de Carvalho.

A situação dentro da fazenda de São Caetano se tornara de tal modo insustentável, devido ao regime drástico de Inácio de Sousa, que um dos comprometidos nessa organização e de mais prestígio nela, já andava tratando de safar-se dali, para com outros sócios menos arrogantes formar uma nova fábrica, cuja montagem já estaria em começos, na serra do Pires em Congonhas (Lima Júnior 1953).

Foi então que, procurando aproveitar-se da graça Real aos que denunciasses as falsificações, Francisco Borges delatou, em fevereiro de 1731, o esquema da fábrica do Paraopeba ao Doutor Diogo Cotrim de Sousa, Ouvidor de Sabará. O Ouvidor deu instruções para que Francisco retornasse ao Paraopeba e lhe enviasse uma detalhada descrição da topografia local com os melhores acessos ao sítio. Segundo Lima Júnior (1953), de posse da denúncia e com os detalhes da situação, Dom Diogo Cotrim investiu contra o sítio em 8 de março de 1731 tendo convocado para tal tarefa Companhias de Ordenanças de Morro Vermelho e Congonhas, sob o comando de seus capitães. Inácio de Souza Ferreira foi retirado do local, sem fazer uso de armas nem manifestar a menor resistência, pelo próprio Ouvidor, que já sabia seu esconderijo – atrás do altar-mor da Capela, onde havia um fundo falso.

Os presos foram conduzidos para Sabará e remetidos para o Rio de Janeiro de onde seguiram para Lisboa. Albertini Túlio (2005), avaliando a sentença proferida contra Inácio de Souza depositada na Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra e os papéis pertencentes ao desembargador Joaquim Rodrigues Santa Marta Soares, salienta que o delito de fabricação de moeda falsa na oficina do Paraopeba não chegou a ser comprovado tendo Inácio alegado que, embora tivesse materiais e instrumentos, não conseguiu cunhar moedas por falta de engenho e de ensaiador. Sua pena foi o degredo perpétuo nas galés e o confisco de seus bens. Ao que tudo indica, Inácio não cumpriu sua pena tendo sido sustentado pelo Corregedor do bairro alto de Lisboa, Santa Marta, por sete a oito anos, na torre de São Lourenço da Barra.

O sítio da casa de fundição clandestina do Paraopeba é de extrema importância para história da mineração, sendo um exemplo dos descaminhos do ouro no Período Colonial. Após a delação feita por Francisco Borges, um mapa do sítio e das instalações da fábrica, acompanhado de uma

descrição detalhada, foi entregue a Diogo Cotrim. Por meio desses materiais, apresentados por Lima Júnior em sua obra *Notícias Históricas*, é possível ter uma idéia do lugar. Grandes investimentos foram feitos em infra-estrutura; as instalações contavam, além da própria casa de fundição, com paiol de pólvora, curral de gado, plantações, casas de vivendas, senzalas, casa para tribuna, cozinha, capela, olaria, ferraria, pontes.

(...) antes de chegar as casas de vivenda, uma ponte de cento e tantos palmos de comprimento, que é somente a passagem que há para a dita casa (...). (...) Daí a distância de vinte e cinco passos, estão as casas de vivenda com um terreno grande e na entrada, na mão esquerda, ficam as senzalas dos negros (...). (...) Entre as casas de vivenda e as senzalas, a distância é de vinte palmos, assim, de umas como de outras, está a capela com portas para o terreiro e pegando na capela-mor, à mão esquerda, está uma casinha feita para tribuna (...). (...) por detrás das ditas casas, está a cozinha (...). (...) Logo mais, à mão direita das casas de vivenda, um caminho que vai ter a uma olaria (...).

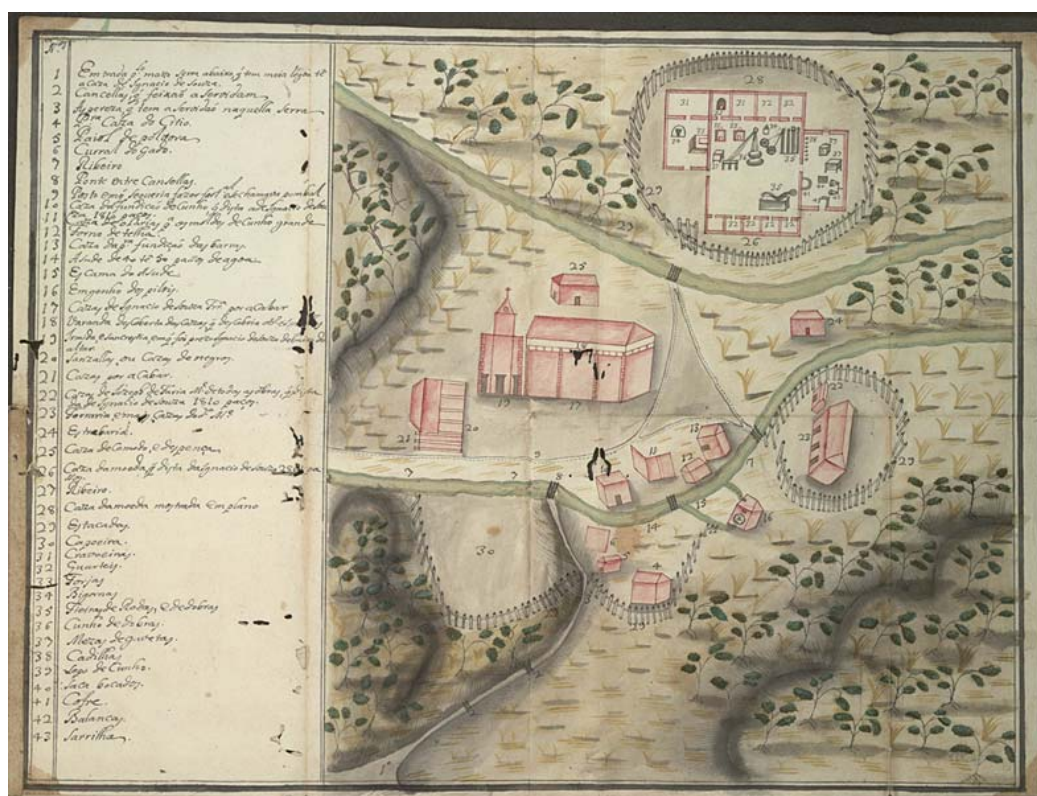


Figura 8.14 – Mapa da casa de fundição clandestina entregue por Francisco Borges a Diogo Cotrim. Fonte: http://purl.pt/103/1/catalogo-digital/registo/290/290_cod6699_planta.jpg

Os grandes investimentos feitos para a fábrica do Paraopeba ilustram que os descaminhos do ouro eram feitos de forma profissional e mesmo as severas penas previstas para tais crimes não inibiam a ação de sociedades de falsários, contrabandistas e sonegadores. A cultura de fraude é evidente no Período Colonial e incluía várias categorias da sociedade, desde o escravo às elites e

peças do governo. Essa perspectiva, por si só, justifica a importância do sítio como depositário dos vestígios de uma ação que está na origem da formação da sociedade mineira no ciclo do ouro.

O lugarejo onde estão as ruínas da fábrica do Paraopeba denominava-se Jesus, Maria e José da Boa Vista; atualmente, é denominado São Caetano da Moeda, mas é mais conhecido simplesmente como Moeda, nome que conserva desde fins do século XIX. O nome atual do lugarejo e o da própria Serra da Moeda refletem que a tradição local preserva a memória da antiga fábrica de Inácio de Souza. Uma planta da situação atual do local onde se encontra o sítio é apresentada na figura 8.15.

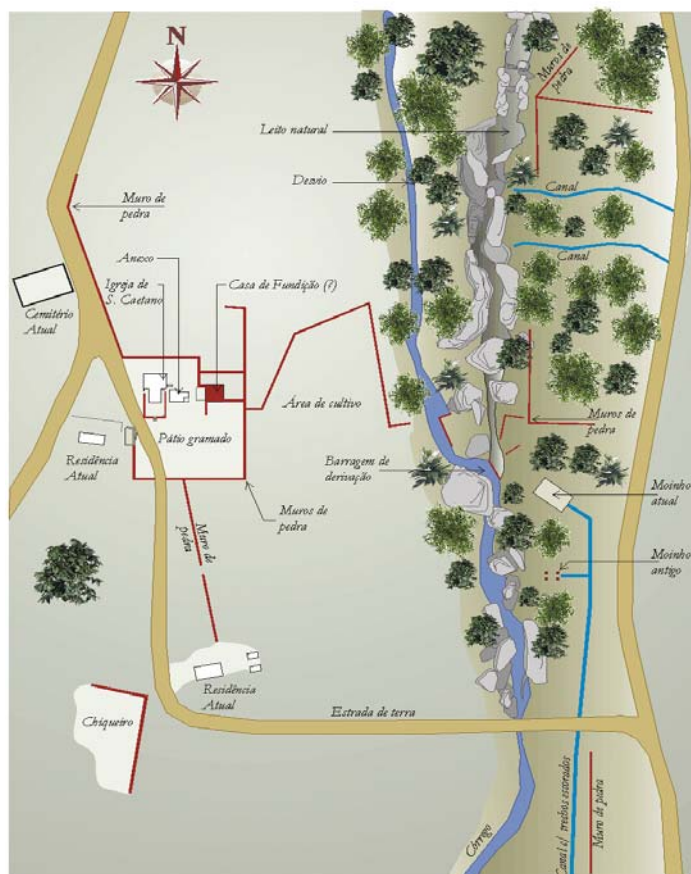


Figura 8.15 – Planta da situação atual do local onde se encontra o sítio.

Fonte: Elaborado por Guimarães et al (2003)

As ruínas são um testemunho histórico da história da mineração, em especial dos descaminhos do ouro no período colonial. A construção explorou ao máximo as condições topográficas locais e utilizou matéria-prima encontrada na região. O caráter de permanência da pedra permitiu que os vestígios sobrevivessem até os dias de hoje, embora, por motivos diversos, as ruínas estejam bastante degradadas. O sítio caracteriza-se por uma pequena estrutura constituída por um muro que define um contorno quadrangular utilizando camadas sucessivas de pedras de formato irregular de diferentes tamanhos. Apresenta uma única entrada frontal, um portal de acesso (Figuras 8.16 e 8.17).



Figura 8.16 – Vista lateral das ruínas da casa de fundição clandestina de moeda



Figura 8.17 – Vista frontal das ruínas da casa de fundição clandestina de moeda com o portal de acesso

Medidas de proteção

As ruínas não se encontram ameaçadas uma vez que o local é pouco habitado e visitado. Dada a importância do sítio, é necessário um projeto específico de resgate histórico-arqueológico além de medidas de proteção que podem envolver a atividade turística. Guimarães et al (2002), que fizeram um trabalho de prospecção arqueológica e topográfica do Forte de Brumadinho e incluíram um breve estudo sobre a casa de fundição clandestina de Moeda, sugerem que a área seja transformada em um “sítio-escola” por meio do qual poderiam ser formados pesquisadores especializados na temática da sociedade mineira colonial, da história da mineração, dentre outros.

Do ponto de vista turístico, seria interessante uma ampla divulgação desse patrimônio com o desenvolvimento de programas de visitação direcionados ao turismo pedagógico de modo que o tema dos descaminhos do ouro no período colonial pudesse ser abordado pelos professores mediante estudo de caso sobre a falsa fábrica do Paraopeba.

8.3. Fábrica Patriótica

Localização

O sítio está localizado no município de Congonhas, (coordenadas UTM 617.920/7.742.312). O acesso à área pode ser feito a partir de Belo Horizonte pela Rodovia BR 040, em direção ao Rio de Janeiro, até o km 598, onde se acessa a portaria da Companhia Vale do Rio Doce. As ruínas estão localizadas no terreno da mina de Fábrica.

Importância do sítio

Assim como a mineração, a siderurgia também marca a vocação da região do Quadrilátero Ferrífero e as explorações do ferro constituem marca expressiva na paisagem. Guimarães (1962) distingue duas fases na história do processo de fabricação do ferro em Minas Gérias: a primeira, que se inicia no século XIX, e a segunda, que começa com o advento dos altos-fornos. A primeira fase constituiu-se em período de experimentação, de tentativas isoladas, tecnicamente deficientes, mas assinala o início dos esforços orientados para se produzir o ferro em escala comercial, destacando-se a fundação da Fábrica de Ferro do Prata, também conhecida como Usina Patriótica, por Eschwege em 1812.

Nesta época, o Brasil era governado pelo Ministro do Reino Luso-Brasileiro, primeiro Conde de Linhares Dom Rodrigo Antônio de Souza Coutinho, um homem nas palavras de Eschwege “de espírito operoso e progressista”. D. Rodrigo considerava a montagem de indústrias no Brasil como um dos principais objetivos a que se devia ocupar a Coroa portuguesa, depois de um período de estagnação. Silva (1972) considera que Manoel Ferreira da Câmara Bitencourt Aguiar e Sá, que estudou em Coimbra com José Bonifácio de Andrada, foi um dos grandes mentores nas idéias do Conde de Linhares, tendo-se tornado seu consultor em relação aos problemas de mineração e metalurgia no Brasil.

Manoel Ferreira da Câmara foi nomeado “Intendente Geral das Minas e dos Diamantes”, em 1807. Por sua iniciativa, em 1808, obteve permissão para implantar, em Morro do Pilar (Comarca do Serro Frio), uma usina siderúrgica a qual compreenderia três grandes altos-fornos, além de fornos de refino nos malhos necessários para a transformação do ferro duro em maleável em barras. Eschwege em o *Pluto Brasilienses* afirma que nesta mesma época o Coronel Varnhagen foi mandado para São Paulo com a missão de projetar uma nova e grande usina de ferro, nas proximidades de Sorocaba, no Morro de Araçoiaba, onde já existia uma antiga fábrica de ferro.

A proposta de Varnhagen era, segundo Gomes (1983):

Fazer construir na fábrica velha dois fornos biscainhos assoprados por trombas d'água, que deviam dar ferro no fim de três meses e fornecer dele o necessário para a construção da fábrica em grande, devendo esta constar de um, ou dois fornos altos, refinarias, e o mais aparelho correspondente.

Em 1810 criou-se oficialmente a fábrica, mas sua direção passou para Carlos Gustavo Hedberg, chefe de uma missão de técnicos suecos que pretendia construir quatro fornos pequenos — um programa para a fábrica, portanto, diferente do de Varnhagen. Este último liderou oposição às idéias de Hedberg, em uma Junta Administrativa do estabelecimento, como representante dos acionistas.

No ano de 1811, Eschwege visitou a usina de Câmara e por avaliação própria concluiu que a instalação demoraria a ter condições para funcionar. Por intermédio de Varnhagen, soube que a administração da Usina de Sorocaba não estava satisfatória e que tão cedo não estaria apta a produzir. A partir da constatação de que a fabricação de ferro no Brasil ainda iria demorar, Eschwege teve a idéia de construir uma usina: “Veio-me então a idéia de passar à frente daqueles dois senhores e alcançar a honra de ter sido o primeiro no Brasil a produzir ferro em escala industrial”.

Teve a idéia de fazer uma fábrica siderúrgica com aparelhamento mais modesto do que o proposto para as do Morro do Pilar e de Araçoiaba. Foi recomendado pelo Conde de Linhares ao Conde de Palma (então Governador de Minas Gerais), que o auxiliou a formar uma sociedade anônima privada para construção da usina que recebeu o nome de “Fábrica Patriótica”. Para escolher o local do empreendimento, Eschwege levou em consideração, além da ocorrência de minério de ferro, a presença de água e matas. Selecionou duas localidades: uma, próxima da Vila Rica, em Antônio Pereira; a outra, próxima de Congonhas do Campo. Prevaleceu a região do Prata, perto de Congonhas do Campo, pois o local permitia uma fiscalização imediata dos acionistas mais importantes. Os trabalhos tiveram início em 1811 e, em 1812, foi forjado o primeiro ferro no malho em escala industrial do Brasil.

Descrição do sítio

A região onde foi instalada a Fábrica patriótica foi assim descrita por Eschwege:

A região do Prata, perto de Congonhas do Campo, é balizada pelos contrafortes arredondados do alto da Serra da Boa Morte, também chamada da Tapanhoacanga, com extensos campos e vales profundos, cobertos de matas e cortados de ribeirões.

Sobre as condições do minério de ferro encontrado na região, Eschwege observou:

A magnetita, a specularita e o itabirito, que constituem a base da montanha, se apresentam em tamanha quantidade, que só a parte rolada daria para alimentar a maior fábrica de ferro, durante muitos séculos.

Os trabalhos começaram com o nivelamento do terreno, a abertura de um canal para fornecimento de água e o corte de madeira. Segundo Correia (2006), com a fundação da Fábrica de Ferro Patriótica, surgiu um pequeno núcleo fabril com, pelo menos três casas: a do administrador, as ocupadas por dois trabalhadores livres e senzalas para os escravos. Eschwege relata que após tentativas infrutíferas de fazer a fábrica funcionar utilizando mão-de-obra de trabalhadores livres, decidiu comprar escravos:

É quase impossível no Brasil fazer prosperar uma indústria, quando se depende do concurso dos homens livres (...). (...) Os próprios criados não suportam um tom imperativo de seus patrões. *Não sou escravo*, é a resposta imediata, e não há remédio senão sermos obedientes criados dos nossos criados.

Em relação à fábrica propriamente dita, o primeiro plano constava de 4 pequenos fornos, 2 forjas de ferreiro, 1 malho e um engenho de socar, todos instalados em um único edifício (Figuras 8.18; 8.19 e 8.20). Os malhos foram importados da Inglaterra pelo Governo já que sua fabricação era inviável no Brasil. Alguns anos mais tarde construiu-se, em um nível inferior, um telheiro para o malho e as duas forjas de ferreiro, dispostos de acordo com o primeiro plano da fábrica (Eschwege em *o Pluto Brasilienses*).

Ao que tudo indica, Eschwege tinha a intenção de instalar mais quatro fornos de fundição “o malho foi colocado entre as forjas, e, assim, houve bastante espaço para a instalação, no primeiro edifício, de mais quatro pequenos fornos de fundição”. No entanto, segundo Toenges (1986), as ruínas mostram que o projeto não chegou a ser realizado, pois apenas se encontram os restos de quatro fornos. Pelos vestígios encontrados no subsolo, na zona tornada livre, deve ter havido um depósito coberto para proteger o carvão vegetal contra a chuva.

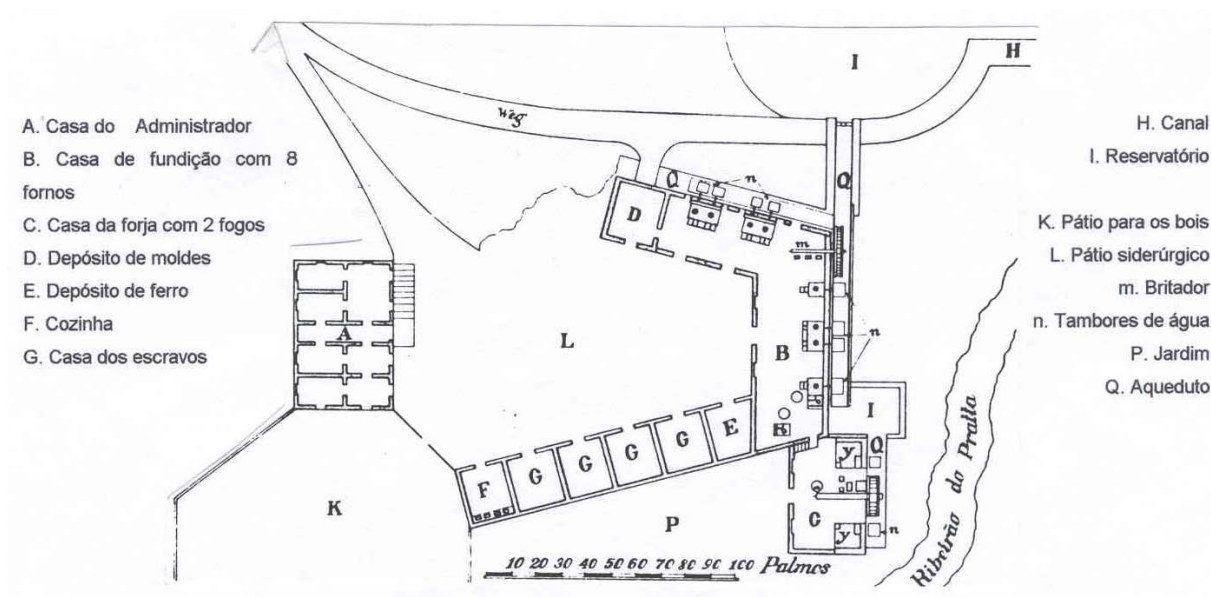


Figura 8.18 – Planta da Fábrica Patriótica. Fonte: Toenges (1986)



Figura 8.19 – Foto de 1935: à esquerda casa de moradia; à direita ruínas da Fábrica Patriótica. Fonte: Arquivo interno CVRD



Figura 8.20 – Ruínas da Fábrica Patriótica. No segundo plano Ribeirão do Prata

Silva (1972) salienta que Eschwege utilizou fornos do tipo Stuckofen (baixo forno). A redução neste tipo de forno não produzia metal fundido; a temperatura alcançada era suficiente somente para liquefazer a escória, a massa de ferro se apresentava sob a forma de um bloco irregular, bastante amolecido. Ao sair do forno, estes blocos eram colocados no malho para produzirem “lupas”, que por martelamento, se espichavam em barras de várias dimensões. Nestas condições, o ferro era forjável porque o teor de carbono era baixo. Eschwege descreve o processo:

A escória nunca ficava completamente fluida, conservando-se no forno até o fim da operação. Era retirada juntamente com a lupa. Esta era antes comprimida um pouco, por

meio de um malho de madeira. Depois dessa operação, passava para o malho de ferro, que a estirava em barras, de seção quadrada, e a separava das escórias. Essas barras eram então transportadas para a instalação do malho, onde eram caldeadas e forjadas.

A escolha de pequenos fornos se justifica não só pelo baixo custo de sua produção, como também pelo tipo de mercado a que a fábrica visava: o atendimento restrito apenas às necessidades de consumo das zonas vizinhas, que se resumiam à produção de pregos e ferraduras. Além disso, Eschwege, na ocasião, não tinha conhecimento de outros modelos que poderiam ser adotados:

Naquela ocasião, não conhecia os trabalhos das trompas, nem possuía conhecimentos práticos da fabricação do ferro nos chamados fornos suecos. A necessidade obrigou-me a adotar as primeiras, pois previa dificuldades com que teria de lutar, em virtude da falta de entendidos na fabricação de foles, bem como de outras máquinas complicadas, que exigiam maior espaço e custavam mais caro.

Eschwege então substituiu os foles utilizados nas forjas antigas por um sistema de insuflação que naquele tempo causou espanto. No processo, a água corria por canais situados a um nível superior e caía por chaminés adequadas, promovendo um efeito semelhante ao da bomba de vácuo. As chaminés ligavam-se aos fornos por canos de madeira. Regulando a admissão da água, podia-se regular a tiragem, garantindo o funcionamento contínuo (Toenges 1986). Posteriormente, Eschwege facilitou o fornecimento de desenhos e modelos para reprodução das soprantes e sua utilização se multiplicou pelo interior da Província.

A Fábrica Patriótica funcionou até 1822. Com o regresso de Eschwege à Europa, em 1821, a fábrica foi vendida para Roque Schüch. Com a retirada de Eschwege, o estabelecimento decaiu e sua produção cessou. Além disso, os novos administradores não conseguiram vencer a concorrência que então se estabelecia no mercado, agora partilhado por pequenas instalações de fazer ferro espalhadas por Minas Gerais. No entanto, cabe ressaltar que, das três fábricas que se construíram na época, foi a primeira a produzir ferro em escala comercial e a única que obteve um êxito regular.

No sítio hoje podem ser observadas as ruínas da antiga fábrica de Eschwege com destaque para os restos dos quatro fornos, forja, aqueduto, casa do administrador, antigos martelos de forjar e carimbos para o britador (Figura 8.21, 8.22, 8.23 e 8.24).



Figura 8.21 – Vista geral das ruínas



Figura 8.22 – Ruínas das escadas da casa do administrador

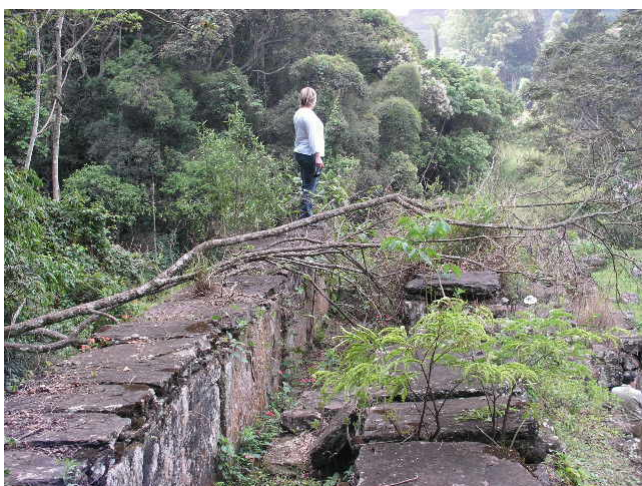


Figura 8.23 – Ruínas do aqueduto



Figura 8.24 – Antigo martelo de forjar

Medidas de proteção

O conjunto das ruínas da Fábrica Patriótica é conservado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional como testemunho histórico da indústria siderúrgica do Brasil. Este patrimônio é tombado desde 1938 como Primeira Fábrica de Ferro no Brasil (Livro Histórico Vol.I, folha 14).

As ruínas estão em bom estado de conservação e são praticamente inacessíveis à visitação pública por encontrarem-se dentro de terreno particular pertencente hoje à Companhia Vale do Rio Doce, que mantém na área a exploração de ferro da mina. Devido à importância histórica do sítio, identificada com a vocação mineral do QF, seria interessante o desenvolvimento de visitas guiadas agendadas para turistas e escolas. Para isto, é necessário criar um acesso alternativo ao sítio uma vez que o acesso atual passa ao lado da frente de lavra da mina.

8.4. Mina de Passagem

O sítio está localizado na Vila de Passagem de Mariana, (coordenadas UTM 662.973/7.744.414), a sudeste de Belo Horizonte, porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero. A Mina de Passagem fica a 3 km a oeste de Mariana, 7 km a leste do Ouro Preto e a 105 km de Belo Horizonte.

Importância do sítio

Data do final do século XVII a descoberta do ouro na região de Vila Rica e Mariana pela bandeira comandada por Manoel Garcia Velho de Taubaté, que, percorrendo os cursos d'água da bacia do Rio Doce, atingiu o Ribeirão do Carmo, no qual localizou ouro aluvionar em abundância. Eschwege, no primeiro volume do *Pluto Brasilienses*, avalia que, no tempo das descobertas, a extração do ouro no Ribeirão do Carmo era quase impossível devido às baixas temperaturas da água que corria continuamente entre matas virgens; estas não permitiam a penetração do sol.

Durante alguns anos, depois das primeiras descobertas, as prospecções por bateia foram avaliando o ouro ao longo do Ribeirão do Carmo até que, segundo Cunha & Suszczynski (1978), em 1719, descobriram as jazidas primárias de Passagem. Entretanto, somente a partir de 1729 a jazida de Passagem começou a ser lavrada. Antes disto, os trabalhos se concentravam no Morro de Santo Antônio onde eram executados por mão-de-obra escrava, a céu aberto ou mediante pequenos serviços subterrâneos assistemáticos. No século XIX, as atividades no Morro de Santo Antônio já se encontravam praticamente encerradas conforme relatos dos viajantes:

No lado esquerdo, avista-se o Morro do Santo Antônio, todo devastado, cujo cume um religioso, a quem pertecem estas lavras muito ricas, se estabeleceu e construiu uma capela em homenagem a Santo Antônio. Parte das lavras está exaurida, mas uma parte também foi soterrada e o trabalho feito lá agora é pouco (Eschwege, *Jornal do Brasil*, 1811-1817).

Antes eram as minas de ouro desse lugar muito produtivas, sobretudo a do Morro de Santo Antônio, onde este santo tem uma capela votiva; porém, quase não existe movimento algum ali (Spix e Martius, *Viagens ao Brasil*, 1817-1820).

Ferrand (1894) preocupa-se em descrever a ocorrência das mineralizações que para ele cortam camadas de itabiritos mais jovens:

Nas explorações do Morro de Santo Antônio, há uma particularidade a notar: além dos pequenos canais laterais que sulcam o flanco da montanha para levar a água necessária às lavações, constata-se a presença de numerosos mundéus muito bem conservados, o que nos

faz supor que os mineradores tratavam também os itabiritos, que deviam conter, nesse caso, injeções de quartzo aurífero; isto explicaria de maneira mais racional seu sistema de exploração a céu aberto.

Entre 1729 a 1756, vários mineiros obtiveram concessões para explorar a propriedade mineral de Passagem que inclui quatro lavras: Fundão, Mineralógica, Paredão e Mata-Cavalo. Segundo Ferrand (1894) e Calógeras (1938), a lavra mais importante de Passagem — a Mineralógica — foi adquirida em 1784 por José Botelho Borges. Após sua morte, em 1819, seus herdeiros leilaram a mina, com diversos acessórios e vinte escravos que foram entregues a Eschwege. Sobre a transação realizada, Eschwege escreveu em o *Pluto Brasilienses*: “(...) Foi levada à praça, para pagamento de dívidas, uma lavra tida como rica outrora e situada no Arraial de Passagem, a uma légua de Vila Rica. (...) O negócio foi fechado e eu vi-me dono de um terreno de que muito esperava”.

De fato, antes de se tornar proprietário da Mina de Passagem, Eschwege há muito desejava obter terrenos deste tipo. Seu objetivo era que sua técnica e maquinaria servissem de modelo para outras explorações, mostrando assim as vantagens para a mineração da utilização de conhecimento científico. Esta preocupação fica clara em suas “Notícias e Reflexões Estatísticas a Respeito da Província de Minas Gerais”, cujo texto original foi publicado nas “Memórias da Academia Real das Ciências de Lisboa”, em 1825:

Da mineração do ouro.

De maior consideração há a mineração do ouro. A ignorância deixou a perder este grande ramo da riqueza nacional; mas a um sábio Governo pertence remediar os males passados. Em um país onde há tanta falta de braços, e onde os poucos que há, tanta preguiça tem, deve ser o principal objeto substituir esta falta por meio de engenhos, e maquinas. Nenhuma ocupação oferece um campo tão vasto ao mineiro científico para tirar as maiores vantagens do seu saber que a mineração, o que nunca se poderá esperar quanto estes trabalhos estiverem nas mãos de homens ignorantes, que só seguem o que aprenderam de seus pais.

Foi neste contexto que Eschwege criou a primeira companhia mineradora do País, com o nome de Sociedade Mineralógica da Passagem, e instalou um engenho com nove pilões e moinhos para pedras — até então desconhecidos. Até esta época, a exploração do ouro utilizava técnicas e ferramentas arcaicas na lavagem e beneficiamento do minério. As primeiras lavras mais sofisticadas apareceram com a chegada de Eschwege — que foi o primeiro a adotar, no Brasil, exploração com utilização de maquinários mais modernos que permitiam uma certa regularidade na produção das lavras.

A jazida de Passagem, segundo Ferrand (1894), somente havia sido “arranhada” pelos mineradores em vários pontos dos afloramentos. Ao adquirir a jazida, Eschwege deu início a uma profunda galeria estabelecendo o primeiro plano de lavra subterrânea, tendo tomado todas as providências para que o trabalho, em poucos anos, produzisse consideráveis lucros.

No entanto, em abril de 1821 Eschwege, por motivos políticos, precisou deixar o Brasil, deixando a cargo de seu assistente as instruções necessárias para o prosseguimento dos trabalhos. Em 1824 teve a satisfação de saber que o serviço da lavra não só “pagara as dívidas de que era responsável, ainda consideráveis, mas dava tanto lucro, que os acionistas haviam recebido a importância com que haviam entrado para a sociedade”..

Em 1859 a propriedade foi vendida a um minerador inglês, Thomas Bawden, que trabalhou na mina durante quatro anos. Desde 1850, este minerador já trabalhava na lavra do Fundão quando a adquiriu do Comendador Francisco de Paulo Santos, formando uma associação com o nome de Sociedade União Mineira. Neste período, o serviço nas minas não foi bem sucedido já que as escavações subterrâneas eram realizadas sem plano de lavra. Em 1863, a Companhia inglesa Anglo-Brazilian Gold Mining Company adquiriu as lavras de Fundão e Mineralógica (pertencentes a Thomas Bawden) e a lavra de Paredão (pertencente a Antônio Mendes da Fonseca). Em 1865, a empresa adquiriu também a lavra de Mata-Cavalos (Ferrand 1894). Os trabalhos de subsuperfície, concentrados em Mineralógica e Fundão, foram empreendidos desde 1864 e logo se pôde efetuar a moagem do minério extraído.

Pouco depois de ter sido adquirida pela Anglo-Brazilian Gold Mining Company, as lavras de Passagem foram visitadas por Richard Burton por volta de 1867. Avaliando o 3º relatório da empresa datado de 31 de março de 1866, Burton ponderou: “os trabalhos estão apenas começando. Tudo é feito em pequena escala, e especulação não paga dividendos. Trata-se, contudo de um negócio “promissor”, que ainda pode ter muito êxito, e não hesito em considerá-lo como um meio sucesso, mesmo agora”.

O Visconde Ernest de Courcy também esteve em Minas Gerais em meados de 1886, quando visitou a mina de Passagem, tendo sido recebido pelo Sr. Vandeborn, diretor-geral e engenheiro chefe da mina. Em sua obra *Seis Semanas nas Minas de Ouro do Brasil*, Courcy descreve a execução de uma grande obra, um canal traçado nos flancos rochosos do Itacolomi que representa toda a força motriz necessária à exploração da mina: “uma parte do Ribeirão do Carmo assim desviada acima, a 9 quilômetros de distância, e levada à mina com uma potência de 40 metros, constitui a fortuna e o futuro de Passagem”. Courcy se mostra impressionado também com a espessura da camada aurífera e acredita que os investimentos realizados fazem de Passagem um grande empreendimento:

Só podemos pelo que alcança nossa vista, pressagiar, em poucos anos, um grande renome para essa mina. Com a força motriz trazida pelo novo canal, com a quantidade imensa de minério lucrativa conseguido desde já, enfim com a prudência de que a direção dá prova em todas as coisas, é impossível não ter confiança nos futuros resultados desse grande empreendimento.

As expectativas de Courcy não se concretizaram. Conforme Ferrand (1894), a cada ano os resultados financeiros se traduziam por perdas e quando o capital se esgotou, foi necessário suspender os trabalhos e vender a mina. Segundo Calógeras (1938) a Anglo-Brazilian Gold Mining Company extraiu 753.560 gramas de ouro, que correspondem a um teor médio de 7,24 g/ton, durante os nove anos em que trabalhou na lavra Mineralógica. Nos últimos anos da atuação da companhia em Passagem, os trabalhos em Mineralógica foram prejudicados pelas águas e, por ter alcançado uma parte estéril do filão, toda exploração passou a ficar concentrada em Fundão.

Até 1883, a mina esteve paralisada, quando foi vendida ao Senhor Robey Partridge, representante de um sindicato francês. A companhia então organizada tomou o nome de Ouro Preto Gold Mines of Brasil em 1884. Segundo Duarte (1991), a nova proprietária trabalhou inicialmente na recuperação da mina, desentulhando-a e abrindo galerias para o escoamento da água e, posteriormente, deu continuidade às explorações, promovendo muitas melhorias técnicas nas várias etapas da mineração. A companhia operou com sucesso até 1927, quando então vendeu a propriedade com todas as instalações à Companhia Minas de Passagem.

Embora tenha passado por várias dificuldades, a companhia operou regularmente até 1954, quando as operações foram paralisadas assim permanecendo até 1960. A paralisação se deveu principalmente à conjuntura econômica do Brasil na época e à baixa cotação do ouro. Na década de 60, foram feitas várias tentativas de reabertura da mina, no entanto, em 1967 a mina foi novamente paralisada permanecendo nesta situação até 1973, quando foi vendida ao Grupo da Companhia Anglo Brasileira de Construções. O grupo não teve sucesso nas tentativas, então desordenadas, de desenvolver o empreendimento e, em 1976, o controle acionário foi transferido ao médico Dr. Walter Rodrigues, que também não conseguiu dar continuidade à exploração subterrânea. Atualmente, as lavras de Passagem estão sob o controle dos herdeiros do Dr. Rodrigues que mantêm a mina aberta para visitação turística.

Descrição do sítio

As primeiras descrições geológicas sobre as jazidas e ocorrências de ouro na região da Mina de Passagem se devem a Eschwege, cujas observações foram feitas no período de 1811 a 1821 e publicadas no primeiro volume do *Pluto Brasilienses* de 1833. Eschwege identificou três tipos principais de rochas matrizes do ouro cuja seqüência geológica foi assim definida por ele, da base para o topo: xisto argiloso; itacolomito ou quartzito-itacolomi; e o xisto hematítico. São subordinadas a estas três formações principais as camadas auríferas de talco e de quartzo. Sobre o minério de Passagem, Eschwege relata que se compõe “de quartzo e *carvoeira*, com muita arsenopirita, alguma pirita, hematita e turmalina”.

Segundo Burton, Caldcleugh descreveu a ocorrência de Passagem em 1826 tendo encontrado manganês botrióide, com cristais octaedros de ferro magnético em uma rocha ferro micácea; os veios metalíferos, que variavam de 15 centímetros a quase 1 metro de espessura, eram de quartzo turmalinoso, arseniato de cobalto e piritas, ferro e arsênico, o último chamado de “chumbo” pelos mineradores. As camadas inferiores eram de ardósia micácea escura, que, mais acima, mudava de cor e se misturava com o simples cristal de rocha. Burton (1869) em vista a mina fez sua própria descrição de uma seção transversal dentro de uma das galerias:

O filão sustenta a ardósia micácea e ferruginosa e a parede de baixo é ardósia talcosa, arenito e “kilhas” de rocha azul e rosada, cujo quartzo, ora macio, ora duro, se interpõe, às vezes, entre os veios.

Ferrand (1894) realiza uma descrição mais detalhada da jazida de Passagem. Descreve o filão como sendo composto, essencialmente, de quartzo branco, turmalina e pirita arsenical, com menores quantidades de pirita comum de ferro e de pirita magnética acamadado em quartzitos xistosos, que por sua vez, são intercalados a terrenos xistosos. O minério é composto unicamente de turmalina ou de pirita arsenical. Ao longo do século XX, vários autores se dedicaram a estudar a mineralização aurífera na Mina de Passagem, destacando-se os trabalhos de Derby (1911), Guimarães (1965), Fleischer & Routhier (1973), dentre outros (Vial 1988).

Os corpos de minério de Passagem estão inseridos no Supergrupo Minas, na zona de contato entre a Formação Cauê, no topo, e o Grupo Caraça (Formação Moeda e Batatal) ou Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas). A Mina de Passagem encontra-se estruturada no Anticlinal de Mariana (Figura 8.25), localizando-se no flanco sul desta estrutura. Segundo Duarte (1991), na região compreendida ente as cidades de Ouro Preto e Mariana, houve grande desenvolvimento de falhamentos de empurrão, especialmente na base do pacote de itabiritos da formação Cauê, o que fez com que vários litotipos do Grupo Nova Lima fossem colocados entre os quartzitos da

Formação Moeda e os itabiritos. A existência destas falhas suscita dúvidas no que se refere à correlação regional das rochas encaixantes de vários corpos de minério de Passagem, sendo sua posição estratigráfica ainda um ponto de discussão.



Figura 8.25 – Vista geral do Anticlinal de Mariana observado da Estrada que liga Ouro Preto a Mariana

Ladeira (1988) caracteriza o minério como aparentemente incomum, constituindo-se de um turmalinito, chamado pelos mineiros historicamente de carvoeira (nome já utilizado por Eschwege), contendo arsenopirita (principal mineral hospedeiro do ouro), quartzo leitoso e dolomito, que, intimamente associados, constituem a rocha portadora das mineralizações. Vial (1988) identifica também um segundo tipo de minério associado a anfibólio-xisto-pirrotítico.

A entrada da mina é ilustrada na figura 8.26 (A); o acesso é feito por meio de um trolley e a estrutura é a mesma utilizada na época de Eschwege. A figura 8.26 (B) mostra o ouro no fundo da bateia sendo apresentado a um grupo de turistas.



Figura 8.26 (A) – Entrada da Mina de Passagem feita por meio de um trolley



Figura 8.26(B) – Na saída da visita os turistas têm oportunidade de ver o ouro no fundo da bateia

Medidas de proteção

A Mina de Passagem é um bom exemplo de iniciativa de valorização e utilização de minas antigas para geoturismo, o que já é bastante difundido na Europa. Para ter acesso às galerias subterrâneas, os visitantes descem por um trolley e recebem informações a respeito da história da mina e dos métodos antigos de exploração do ouro. Há alguns anos a mina também passou a ser utilizada para mergulho nas galerias e túneis inundados pelas águas do lençol freático (Figuras 8.27 A e B).



Figuras 8.27(A e B) – Utilização da Mina de Passagem para o mergulho.

Fonte: (A) <http://www.pbase.com/mandrade/image/26171029>
(B) <http://www.scubapoint.com.br/scubapoint/portugues/turismo/nacional/MinaPassagem/MinaPassagem.jpg>



No local existe uma infra-estrutura de apoio com restaurante e banheiro além de uma loja de artesanato e um museu com peças da época do ciclo do ouro. Com a criação de um geoparque no QF, seria importante que a mina tivesse um programa de interpretação do patrimônio que promovesse sua integração com outros sítios associados à história da mineração para facilitar entendimento dos diferentes períodos do ciclo do ouro. Para valorização do patrimônio, sugere-se também a interpretação do acervo do museu por meio de placas e painéis.

8.5. Mina de Cata Branca

O sítio está localizado no município de Itabirito, (coordenadas UTM 620.671/ 7.764.153). A Mina de Cata Branca fica em propriedade da MBR, nas vizinhanças da Rodovia dos Inconfidentes.

Importância do sítio

As documentações acerca das primeiras atividades de extração mineral ocorrida em Cata Branca são esparsas e imprecisas. Burton (1869) afirma que esta foi inicialmente propriedade de colonos pobres, brasileiros e portugueses. Sabe-se que, em 1814, era propriedade do Sr. Francisco de Medeiros, conforme um quadro apresentado por Eschwege, no II Volume do *Pluto Brasilienses*, com indicação de todas as lavras em operação naquele ano e seus respectivos proprietários. Os dados foram obtidos por meio dos oficiais de cavalaria que eram encarregados da fiscalização das lavras.

Eschwege (1833) classificou as lavras de Cata Branca como “depósitos dos vales”. Os métodos de exploração empregados nestes depósitos — que se encontravam nos vales e abaixo do nível das águas correntes vizinhas — utilizavam a escavação de um poço circular, tanto mais largo na superfície quanto mais profundo for, até que se atingisse o nível das águas, ou mesmo mais abaixo. Sobre a situação em que se encontrava Cata Branca, escreveu: “Em Cata Branca, atingiu a tal profundidade que nada mais se pode fazer ali. Neste caso, ou todos os trabalhos são paralisados, ou, então, se instala um grande rosário movido a roda hidráulica”.

À época do Sr. Francisco de Medeiros, os trabalhos em Cata Branca eram realizados com técnicas rudimentares por 22 escravos e não havia praticamente nenhum tipo de investimento. Na década de 1820, o Sr. Rochus (Roque) Schüch visitou a mina de Cata Branca tendo descoberto a ocorrência de prata, ouro e bismuto em amostras de minério coletadas na mina. O Sr. Schüch era curador do Museu Imperial de Viena e bibliotecário da princesa Leopoldina; veio ao Brasil acompanhando sua comitiva, em 1817, e ficou responsável pela coleção de minerais da princesa. Em seus relatos, o Sr. Schüch escreveu: “ao visitar as lavras de ouro em Minas Gerais, vi também a de Cata Branca, 10 legoas a oeste de Ouro Preto, e esta me parece muito interessante pelos muitos minerais que achei embutidos na pedra do vieiro, e na área, que o dono da lavra me mostrou como exaustas de ouro e que ele costuma lançar fora.” Segundo Hirashima (2003), por suas análises, o Sr. Schüch constatou que o proprietário da mina deixava de extrair da rocha, depois de retirados os 5 grãos de ouro visíveis, cerca de 4 vezes mais ouro por arroba.

Neste cenário de subaproveitamento, a mina passou para as mãos do 2º Conde de Linhares (D. Vitório Maria Francisco de Sousa Coutinho Teixeira de Andrada Barbosa), em 1830. Ao

adquirir a mina, o Conde de Linhares deu início ao processo de desobstrução das lavras e após dois anos de trabalho vendeu a concessão ao anglo-americano, Dr. Cliffe, “homem de verdadeira energia transatlântica e confiança em si, que partiu seus direitos com a Brazillian Company”. Em 1833, o Sr. A. F. Mornay completou a compra e assumiu o cargo de superintendente da mina durante alguns meses, quando foi substituído pelo Comandante Cotesworth (Burton 1869).

Cotesworth assumiu a mina em péssimas condições: um imenso buraco com as galerias cheias de água. Depois de realizados os primeiros serviços, a mineração iniciou-se em pequena escala com emprego de práticas rudimentares; com as explorações dando bons resultados, a companhia reorganizou os trabalhos empregando maquinaria mais adequada o que permitiu a produção do ouro em escala industrial entre 1840 e 1844. Foi nestas condições que o viajante Conde de Suzannet, em 1842, encontrou Cata Branca, relatando suas impressões:

Diante de mim, arrumadas em anfiteatro, havia cinco grandes rodas d'água, que davam um aspecto realmente pitoresco à paisagem. Senti-me transportado às nossas belas usinas de Europa ao ouvir o ruído a que estava desacostumado, dessas possantes rodas hidráulicas, instaladas com grandes despesas pela companhia inglesa, numa das mais admiráveis posições do Brasil.

Francis Castelnau, em sua estada em Ouro Preto, conheceu o naturalista dinamarquês Claussen, que sugeriu uma visita às minas inglesas. Castelnau foi a Cata Branca acompanhado dos membros de sua expedição: o botânico Weddell e o geólogo d'Osery. Por motivo de saúde, não pôde visitar os trabalhos na mina sendo suas descrições extraídas do diário de Weddell e d'Osery:

Três imensas máquinas hidráulicas, cujas rodas motrizes têm cerca de quarenta pés de diâmetro, põem em movimento uma infinidade de pilões de ferro, que incessantemente trituram o minério, reduzido previamente a pequenos fragmentos pelos negros que o trazem da entrada dos poços (Castelnau por Weddell).

Os relatos apresentados por Suzannet e Castelnau-Weddell mostram o alto grau de mecanização da mina de Cata Branca durante o período em que foi administrada pelos ingleses. Buscando identificar, nas ruínas de Cata Branca, as estruturas construídas pelos ingleses para a extração e beneficiamento do ouro, Hirashima (2003) realizou uma prospecção do sítio tendo dividido o Complexo Mina de Cata Branca em três unidades: (1) núcleo de povoamento; (2) mina ou galeria de extração do minério; (3) planta de beneficiamento do minério. O autor considerou a planta de minério como o local onde se realizava o processo de fragmentação primária, britagem, triagem, concentração e produção do ouro. Utilizando as unidades definidas por Hirashima, pode-se

identificar nos relatos Castelnau-Weddell a situação da galeria e da planta de beneficiamento na ocasião de sua visita na década de 1840.

Sobre a planta de beneficiamento:

À medida que a pedra vai sendo pulverizada pela queda dos pilões, uma corrente de água atravessa toda a massa, arrastando as parcelas mais leves, enquanto o metal e algumas outras substâncias de peso específico mais considerável se depositam acumulando-se em quase toda sua totalidade no fundo dos pilões. As parcelas de ouro que porventura escapem, são retidas na sua passagem por um plano inclinado, em pedaços de pano colocados expressamente para este fim. Nova lavagem manual concentra ainda o produto, fazendo aparecer a poeira de ouro.

Sobre o método empregado para tratar o ouro:

O pó de ouro é tratado pelo mercúrio, cujo excesso se separa mediante pressão, através de uma pele de camurça. A amálgama sólida obtida por este modo é submetida finalmente à ação do calor, que promove a volatilização do mercúrio e deixa o ouro em estado de pureza.

Sobre a mina, Weddell relata que a entrada no mundo subterrâneo é feita por uma estreita galeria destinada a dar escoamento às águas retiradas das escavações pelas bombas. Ao chegar ao fundo do corredor, uma escada de ferro desce num poço que dá acesso a uma plataforma de onde desce uma segunda escada até nova plataforma e assim sucessivamente: “não sei quanto tempo estivemos suspensos às paredes desse abismo; lembro-me, porém, de que, ao chegarmos ao fundo da mina, estávamos a 300 metros abaixo da superfície da montanha”. Uma corrente de ferro era utilizada para descer um balde em que se transportava o minério.

Embora bem equipada em termos de mecanização, os serviços em Cata Branca eram difíceis e realizados, em sua maioria, no sentido vertical, com pouca segurança. Suzannet relata que ficou espantado ao “ver as abóbadas de vinte e cinco e trinta pés de largura suspensas por sobre as cabeças dos trabalhadores sem que nada fosse feito para evitar um desabamento”. Segundo Ferrand (1894), a lavra era prejudicada por entrada abundante de água. Como o aprofundamento era sempre feito por meio de grandes escavações, sem preenchimento e com madeirame restrito aos pontos perigosos, chegou um momento em que uma das paredes, minada pelas águas, produziu uma pressão enorme sobre o escoramento e desabou em 1844.

Um dos motivos do fracasso da Cata Branca é atribuído a imperícia dos mineiros em exploração de ouro. A mina de Cata Branca, assim como outras minas sob o domínio inglês, contratava experientes mineradores cónicos vindos de uma tradicional região mineradora da Grã-Bretanha chamada de Cornualha (Cornwall). Estes mineradores não tinham conhecimento técnico

em mineração de ouro e encontravam muitas dificuldades. Segundo Souza (2003), alguns autores como Calvert (1835), acreditam que as companhias de mineração auríferas, em geral, não eram lucrativas, e apontam como uma das causas de tal insucesso os processos inadequados de mineração adotados pelos mineradores cômicos. Burton (1869) faz suas observações a este respeito:

A jacutinga era, então, uma formação desconhecida, mas os mineiros ingleses, especialmente os da Cornualha, já sabiam tudo e, por conseguinte, não toleravam que lhes ensinasse coisa alguma. Aqueles que não os julgam por seu próprio padrão, tem de admitir que eles haviam adquirido, empiricamente, alguns conhecimentos de mineralogia, nenhum de geologia.

O acidente de 1844 levou à falência da Brazilian Company que, em 1845, vendeu o maquinário restante e alugou os escravos a St. John d' Rey Mining. O contrato foi assinado em Londres, no dia 27 de junho de 1845; o maquinário e 385 escravos foram levados à mina de Morro Velho. O maquinário não se mostrou aproveitável, mas essa transação supriu a escassez de mão-de-obra enfrentada pela St. John nesta época (Libby 1984).

Segundo Hirashima (2003), não existe registro ou documentação em relação ao destino das terras onde se estabeleceu a mina de Cata Branca. O autor pesquisou a tradição oral de Itabirito e entrevistou a arquiteta urbanista Edelweiss Hermann, descendente direta dos primeiros proprietários de Cata Branca depois do desabamento. Conta-se que uma escrava alforriada chamada Maria Araújo vendia nas cercanias de Cata Branca “pastel de balaió” e, por volta de 1844, conheceu e engravidou do inglês “Ardo” (Edward?), que trabalhava na mina. Com o encerramento das atividades este inglês arrematou as ações de Cata Branca já na Inglaterra, comprometendo-se a enviar as escrituras da terra para Maria Araújo, caso a criança a nascer dessa união fosse homem. Na década de 1840, nasceu Fortunato Araújo, herdeiro das terras de Cata Branca que foram repassadas aos seus descendentes. Nas últimas décadas, estas terras foram vendidas gradativamente às Minerações Brasileiras Reunidas (MBR), atual proprietária da área.

Descrição do sítio

Do ponto de vista geológico, a mina de Cata Branca teve sua primeira descrição publicada em 1843 pelo geólogo da expedição de Castelnau, Sr. d'Orsey, que notou que, na localidade, as rochas consistem de itacolumito e xistos argilosos que se alternam em estratos quase verticais. O estudioso descreve assim o veio aurífero:

O filão corre quase diretamente do norte para o sul. O ouro é aí encontrado nas fendas, que parecem falhas do veio de quartzo, sobrevividas após a formação deste último e nas quais o metal ter-se-ia sublimado. Chamam-se essas falhas *olhos dos mineiros*; elas são em número de seis, não se prolongam no itacolumito, mas se limitam apenas ao filão. O ouro e o bismuto se acham nessas fendas a dois ou três palmos de cada lado das falhas, as quais, sem ter qualquer relação com as camadas de itacolumito, se acham não obstante orientadas quase no mesmo sentido.

Quando Burton esteve na região de Cata Branca a mina já estava fora de operação, mas ele fez algumas observações a respeito da geologia da área e do próprio veio aurífero. Constatou que a rocha é um quartzo micáceo granular com ouro visível; além disso, verificou que a formação de quartzo era de muitas variedades, transparente, esfumaçado, branco comum e azul. O veio aurífero, onde se encontrava também pequena quantidade de ferro, arsênico e óxido de bismuto, era estreito na superfície, alargava-se abaixo de 2 a 6 metros e, na maior profundidade, atingia 70 metros. No local ocidental da jazida observou a ocorrência de formações ferruginosas de canga e jacutinga.

Na descrição de Calógeras (1938), a jazida é diferente da maioria das da região central do Estado de Minas Gerais, sendo constituída por um veio quase vertical atravessando filitos com direção 15° NO. O depósito aurífero da Cata Branca está associado a veios de quartzo verticais que cortam, de forma quase ortogonal, quartzitos da Formação Moeda. Os veios são aproximadamente paralelos à Falha de Cata Branca, o que desloca o contato entre a Formação Moeda e os xistos do Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas) – Figuras 8.29 e 8.30.

As ruínas de Cata Branca contêm vários vestígios da antiga unidade de mineração, sendo facilmente identificáveis em toda a área a presença de cavas, desmontes, minas e galerias abandonadas, além de indícios da planta de beneficiamento do minério (Figuras 8.31 e 8.32).

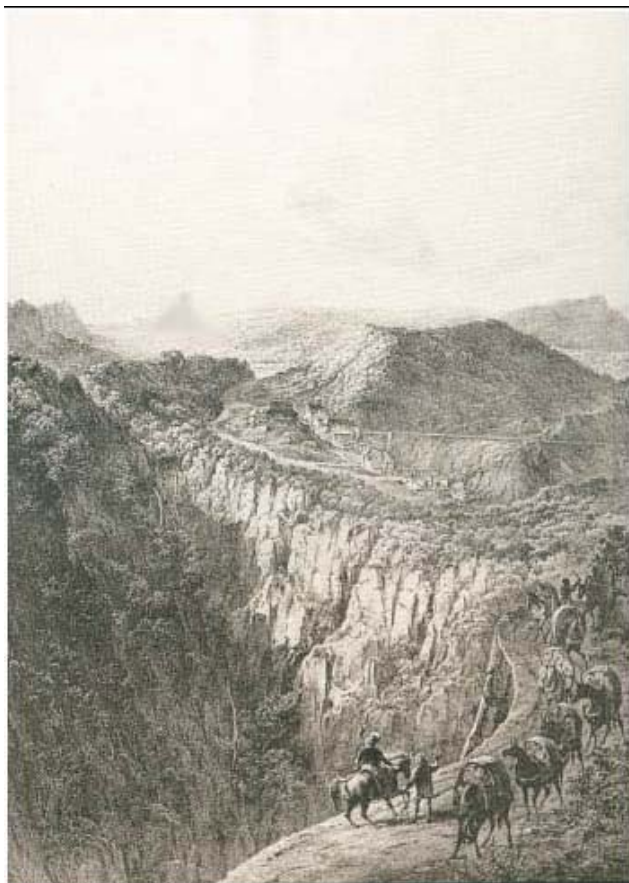


Figura 8.28 - Esboço original da área da Mina de Cata Branca de Stephan de 1840 e gravado por A. Brandmeyer, publicado por Carl P.F. von Martius. Fonte: Hirashima (2003)



Figura 8.29 – Vista geral da falha de Cata Branca

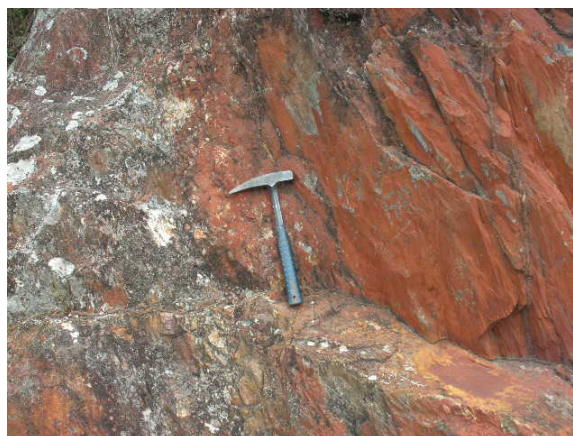


Figura 8.30 – Detalhe do contato de falha entre a Formação Moeda e o SGRV

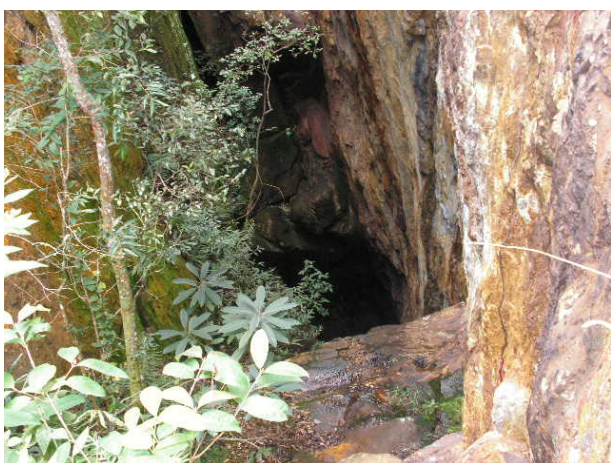


Figura 8.31 – Uma das antigas entradas da mina, hoje tomada pelas águas



Figura 8.32 – Vista de algumas ruínas de Cata Branca

Medidas de proteção

As ruínas de Cata Branca contêm vários vestígios da antiga unidade de mineração, sendo facilmente identificáveis em toda a área a presença de cavas, desmontes, minas e galerias abandonadas. Estes indícios apontam para a necessidade de um resgate histórico e arqueológico bastante detalhado, o que em parte já foi feito por Hirashima (2003). Não existe risco de descaracterização iminente das ruínas que estão em bom estado de conservação sendo o acesso somente permitido com autorização da MBR.

Essas ruínas constituem-se em um importante patrimônio associado à história da mineração e têm grande potencial educativo e geoturístico. A MBR parece ter interesse na utilização da área para estas finalidades, o que seria bastante propício no contexto de um geoparque. Para que as ruínas sejam abertas à visitação, é necessário, inicialmente, uma ampla pesquisa e resgate arqueológico. Posteriormente, pode-se desenvolver um programa de educação ambiental direcionado para as escolas do entorno e um programa de interpretação para o geoturismo. Além da própria história da mina, tais programas podem oferecer diferentes tipos de experiências aos visitantes, de modo que compreendam as relações ambientais e históricas entre o passado e o presente.

8.6. Mina de Morro Velho

Localização

O sítio está localizado no município de Nova Lima (coordenadas UTM 620.567/ 7.790.427). O acesso pode ser feito a partir de Belo Horizonte, pela MG 030. Em Nova Lima, a entrada para a propriedade da Anglogold que dá acesso a mina fica na Rua Enfermeiro José Caldeira, nº. 07; a entrada da Anglogold fica a 100m da Praça do Mineiro.

Importância do sítio

Em Morro Velho a exploração do ouro remonta ao período colonial, tendo se iniciado por volta de 1725 por seu primeiro proprietário e pelo seu filho, o padre Antônio Pereira de Freitas. A família do padre Freitas explorou a mina utilizando escravos que retiravam o minério pelo sistema de talho aberto utilizando água e pólvora, cujas cicatrizes podem ser observadas ainda hoje em um dos flancos da montanha (Figura 8.33).



Figura 8.33 – Aspecto da Morro Velho no século XIX, mostrando as cicatrizes nas montanhas resultantes da exploração pelo sistema de talho aberto (aplicado no início do séc. XVIII). Fonte: http://www.eesc.usp.br/sap/revista_risco/Risco3-pdf/art2_risco3.pdf

Estes primeiros mineradores de Morro Velho ocuparam-se da parte mais superficial dos depósitos, evitando-se o aproveitamento da jazida que exigisse maiores investimentos. Eschwege, no I volume do *Pluto Brasilienses*, relata que em uma visita a Morro Velho ofereceu auxílio ao Padre Freitas visando introduzir melhoramentos no sistema de mineração, mas, o padre considerava

os melhoramentos desnecessários: “prometi prestar-lhe todo auxílio nesse sentido, mesmo com algum sacrifício próprio, mas ele não se dispôs a gastar um para ganhar mil”.

Assim, o aproveitamento da mina era feito de maneira despreocupada das técnicas de mineração, da recuperação no tratamento e da continuidade das operações. À época de padre Freitas, segundo relatos de Eschwege:

A mina possuía sete mesquinhos engenhos a duas mãos, dispostos em série e movidos por numerosos escravos. Não podia aumentar o rendimento das lavras, porque não dispunha de mais espaço para instalar outros. Um único engenho de socamento hidráulico produziria tanto quanto os sete que ele montara. Além disto, havia quedas d'água que poderiam ser aproveitadas para outras instalações.

Padre Freitas vendeu a mina de Morro Velho, em 1830, ao capitão George Francis Lyon, antigo superintendente da Imperial Brazilian Mining Association (Congo Soco). Entretanto, dificuldades de ordem técnica fizeram fracassar os projetos da companhia que tinha problemas com o esgotamento da água no interior da mina e, em 1834, a Morro Velho foi vendida à The Saint John D'El Rey Mining Company, que se manteve sua proprietária até 1958.

Segundo Hollowood (1955), quando foi adquirida do capitão Lyon, a mina consistia em três gigantescas cavas inclinadas na direção do mesmo filão conhecidas como Baú, Quebra-Panela e Cachoeira. O minério era extraído da rocha matriz e, tanto quanto possível, arrastado até uma plataforma de madeira com rodas que o conduzia para fora através de um túnel. Quando o transporte mecânico era impraticável, o minério era transportado por escravas e levado para uma área onde era feita a seleção; neste local, mulheres partiam o minério com martelos até reduzi-lo a um tamanho que facilitasse a sua trituração em pilões que pulverizavam o minério, preparando-o para a usina de redução.

Com a compra pela Saint John D'El Rey Mining Company, a mina de Morro Velho experimentou um longo período de expansão que, progressivamente, ampliou sua produção e tornou-se a maior mina de ouro do Brasil. Na citação de Burton, em sua obra “Viagem do Rio de Janeiro a Morro Velho”, a entrada do capital inglês fez com que a mina de Morro Velho mudasse a sua história:

A Mina de Morro Velho iniciou um novo capítulo na história provincial, provando que, mesmo em circunstâncias adversas, muita coisa pode ser feita, por homens em que honestidade e a energia se combinam com o conhecimento científico e prático de sua profissão; e quero terminando essa exposição, manifestar a convicção de que quase matamos a galinha dos ovos de ouro, e que, até que seja mudado o atual procedimento, será melhor deixar o ouro nas entranhas da terra.

Em 1840, a mina recebeu a vista do viajante escocês Dr. Georg Gardner, que em suas observações, confirma o diferente estágio tecnológico na mineração introduzido nos primeiros tempos do capital inglês:

A maneira de explorar a mina contrastava muito com o que eu já vira adotada pelos brasileiros. Todo o maquinismo era acionado por água e era bem interessante observar como uma pequena corrente de água, trazida de várias léguas de distância, podia ser utilizada para tantos fins úteis. Em primeiro lugar movia uma serra d'água, depois descia para o moinho, onde o milho dos escravos era triturado em fubá, daí era levada a uma ferraria para acionar o fole da fornalha e o malho da forja; depois irrigava uma grande horta, e daí era levada a trocar um maquinismo para extrair o metal da mina. Saindo desta, descia para mover grande roda de bomba, de quarenta pés de diâmetro; além do que conserva em ação duas máquinas britadoras para moer o minério, outra para levantá-lo, uma segunda roda de bomba quarenta pés, e por último, fazia girar uma roda que acionava um ventilador da mina.

Nesta nova fase, a utilização de técnicas mais aprimoradas de tratamento de minério e de bons métodos de trabalhos nas lavras auríferas permitiu o avanço das escavações na rocha. Vários melhoramentos foram introduzidos como: poços, equipamentos de minas, bombas, trabalhos de redução, além da construção de barragens, estradas, hospital e casas.

Mesmo com o empreendimento dessas melhorias, os primeiros anos foram difíceis e o trabalho na mina era muito árduo; à medida que as escavações se aprofundavam um volume sempre crescente de água era encontrado e as galerias eram sustentadas por quantidades cada vez maiores de madeira. Em 1844, foi preciso fazer uma breve interrupção nos trabalhos da mina conforme relatos enviados a Londres pelo Superintendente da época, Sr. Charles Herring:

A mineração será interrompida por contínuas e infatigáveis chuvas. Todos os regos estão arreventados, ou, pelo menos, parcialmente cheios de terra. Todas as mãos se acham ocupadas fazendo reparos. Uma pálida idéia do prejuízo poderá ser feita quando eu disser que, segundo cálculos estimativos, seis mil toneladas de terra e pedras foram removidas pelas chuvas pelas chuvas e por nós mesmos (Hollowood 1955).

A partir desse período a eficiência técnica da mina foi se aperfeiçoando e, à medida que as lavras se aprofundavam, não se percebia deterioração na qualidade nem na quantidade de minério. Foram feitos vários investimentos; dentre eles, a compra, em 1846, de todos os bens da Mina de Cata Branca incluindo escravos e equipamentos. Em 1847, o primeiro superintendente da mina adoeceu e voltou para Londres ocupando o seu lugar George D. Keogh que trouxe instruções

detalhadas sobre o tratamento a ser dispensado aos escravos, buscando, na medida do possível, melhorar suas condições de vida.

Em 1849, o volume XIV, edição 354 do *London Illustrated News* dedicou uma extensa reportagem à Mina de Morro Velho comparando as ocorrências de ouro do Brasil aos depósitos de ouro da Califórnia. A reportagem descreve de forma detalhada a situação da mina naquela época; o texto está presente em Hollowood (1955):

A profundidade das minas é de cerca de 360, 240 e 180 pés, sendo o serviço de bombeamento e o transporte o mais completo e eficiente. Há atualmente uma média de 1100 pessoas trabalhando, sendo que cerca de 6000 toneladas mensais são sacadas por 96 mãos de pilão, cada uma pesando cerca de 200 libras, e cada qual dando de sessenta a setenta pancadas por minuto.

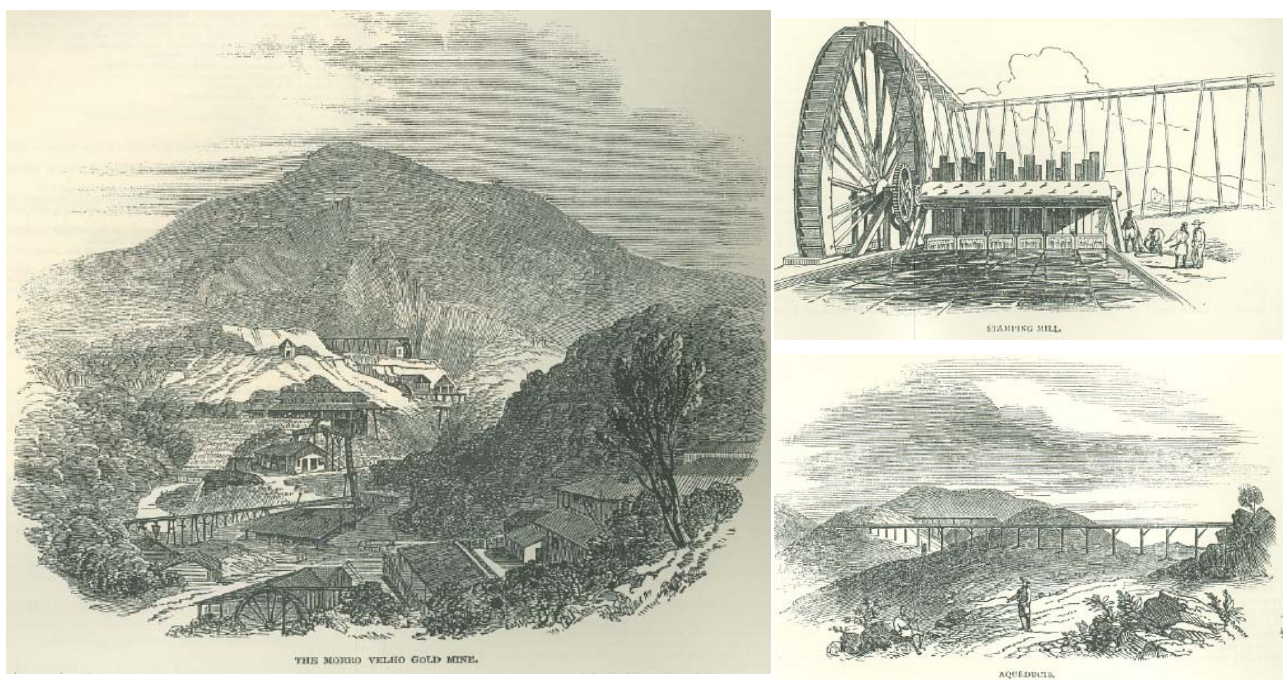


Figura 8.34 – Ilustrações da Morro Velho que constam da edição 354 do *London Illustrated News*, de 1849. Fonte: Hollowood (1955)

O fato do *London Illustrated News* ter dedicado uma ampla reportagem à Mina de Morro Velho, reflete sua crescente importância do ponto de vista econômico, e o impacto causado pela introdução de capital e inovações técnicas pelas companhias britânicas no processo de exploração em mina subterrânea e no tratamento dos minérios obtidos. Estas companhias mudaram o perfil da mineração subterrânea em Minas Gerais e, para Souza (2002), suas principais contribuições foram: emprego da pólvora, amalgamação por mercúrio e a utilização generalizada da força hidráulica nas operações de drenagem, ventilação, transporte (com vagonetes e caçambas movidos por rodas d'água) e na redução dos minérios. Com o aumento da produtividade, a mina de Morro Velho se

destacou no cenário brasileiro. Segundo Libby (1984), entre 1820 e 1860 a mina de Morro Velho foi responsável por cerca de 28% do ouro produzido no País.

Em 1858, assumiu a superintendência da mina o Sr. J. N. Gordon, que levou a Morro Velho a um período de grande produtividade. Segundo Libby (1984), no período entre 1860 e 1884, a mina foi responsável por aproximadamente 59% do ouro produzido no Brasil. Em 1867, a mina recebe a visita de Richard Burton e sua mulher Isabel Burton. Em sua obra “Viagem do Rio de Janeiro a Morro Velho”, Richard Burton relata de forma minuciosa os aspectos das instalações e do trabalho na mina, do cotidiano e das habitações de seus operários:

A mina constituía para mim uma completa novidade, e de todo diferente dos imundos labirintos de caminhos baixos e galerias sufocantes pelos quais eu muitas vezes rastejara, como um réptil ou um quadrúmano. A altura vertical, 380 e os 36 metros de largura, sem paralelo nos anais da mineração, sugeriam uma caverna, uma pedreira enorme, uma gruta gigantesca, levantada da poção horizontal á perpendicular.

Sobre a vida em Morro Velho, Burton impressiona-se com a revista dos negros que se realiza de dois em dois domingos. No mesmo ano em que Burton esteve na Morro Velho, ocorreu um grande incêndio na mina destruindo todas as lavras. Durante alguns anos a mina permaneceu fechada ficando os trabalhos limitados à perfuração já com a utilização de dinamite. Segundo Hollowood (1955), os trabalhos para reabertura da mina foram muito difíceis, houve inundações agravadas por repetidos fracassos do equipamento de bombas e desmoronamentos. Finalmente, em 1872, o grande esforço foi recompensado com o anúncio do superintendente Gordon de que “o filão foi alcançado no ponto desejado, por baixo do realço nº 3, a oeste da mina de Cachoeira, 60 pés abaixo do último nível conhecido, a uma profundidade de 1092 pés”.

Entre 1876, ano em que Gordon foi substituído, e 1884, a Morro Velho passou por períodos de ascensão e decadência. Hollowood (1955) afirma que, em 1883, a produção caiu, o filão diminuía e tornara-se menos aurífero; além disso, havia enguiços nas bombas, freqüentes pequenas inundações e um número alarmante de madeiras que não conseguiam resistir à pressão do teto de rocha. Neste cenário, a diretoria nomeou o engenheiro George Chalmers como novo superintendente geral.

Nos primeiros meses à frente da superintendência, Chalmers enviou um relatório fazendo referências à ineficiência de muitos departamentos: madeiramento, transporte, redução, força hidráulica, armazéns, serviço a céu aberto, etc. No ano de 1886, acontece um grande desabamento na mina que paralisa suas atividades. Mas Chalmers fez planos para reabertura da mina utilizando um novo e aperfeiçoado sistema de mineração utilizando dois poços (*shafts*) profundos que levassem ao filão. De 1886 a 1889, não houve produção na Morro Velho; neste período, Chalmers

tentou convencer a diretoria em Londres das vantagens de reabrir a mina. Entre 1889 e 1892, foram construídos os grandes *shafts* “C” e “D” com 690 metros de profundidade e aberto o nível 8 da mina, a produção reiniciou em 1892 (Figuras 8.35 e 8.36).

O sistema de shafts projetado por Chalmers fez a mina da Morro Velho alcançar grande profundidade e aumentar sua produção (Figura 8.37). Segundo Hollowood (1955), a tonelagem extraída anualmente da nova mina duplicou em relação à mina velha, triplicando e quadruplicando, em seguida (Tabela 8.1).



Figura 8.35 – Construção da nova planta (1886-1892). Fonte: Arquivo Anglogold



Figura 8.36 - Inauguração do novo acesso. Fonte: Arquivo Anglogold

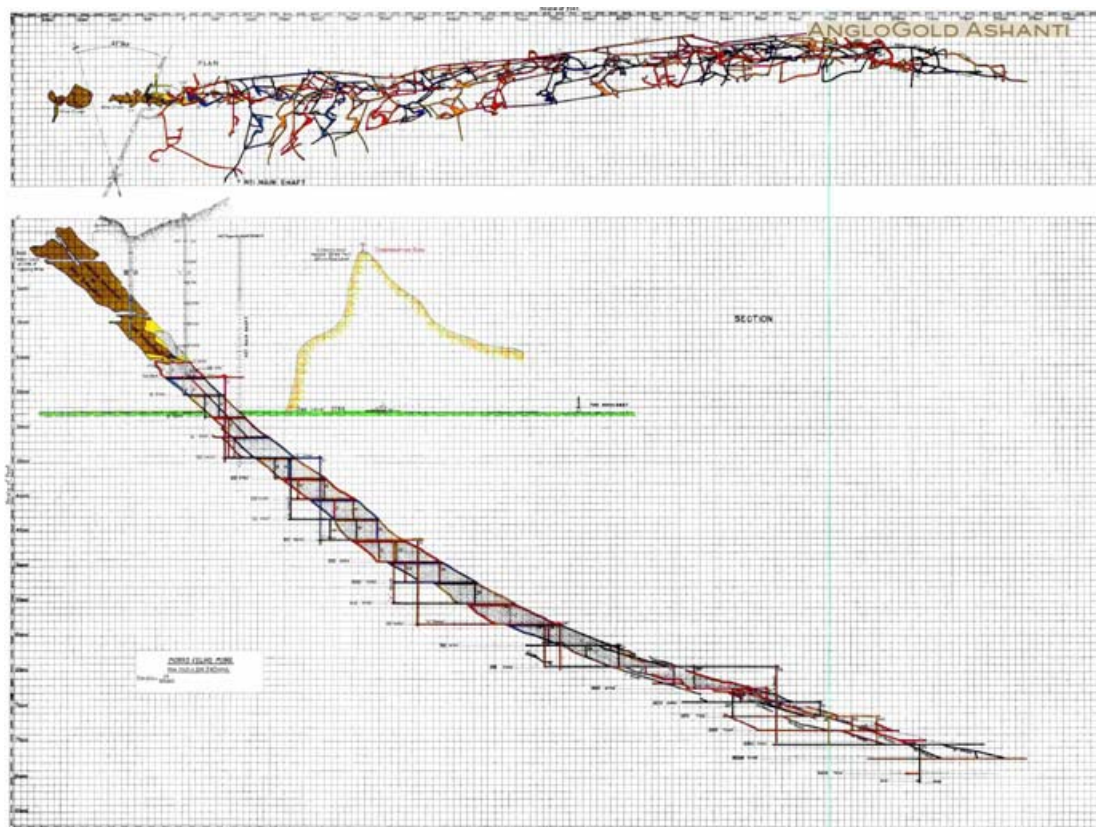


Figura 8.37 - Sistema de shafts projetado por Chalmers. Fonte: Hollowood (1955)

Ano	Produção (ton.)	Ano	Produção (ton.)
1894	23.692	1909	185.837
1895	72.894	1910	193.195
1896	88.691	1911	196.310
1897	95.239	1912	174.536
1898	112.755	1913	175.823
1899	133.530	1914	199.234
1900	152.238	1915	201.552
1901	158.048	1916	198.586
1902	158.923	1917	185.274
1903	156.158	1918	167.854
1904	160.317	1919	170.828
1905	157.743	1920	151.299
1906	146.065	1921	169.234
1907	156.459	1922	160.623
1908	177.807	1923	162.275

Tabela 8.1 – Produção de ouro da Morro Velho entre 1894 e 1923. Fonte: Hollowood (1955)

Conforme dados do arquivo técnico da DOCEGEO de 1977 sobre a mina de Morro Velho, foram construídos vários shafts ligando novos níveis de exploração. Em 1934, o ponto mais profundo das minas foi atingido (níveis 27, 28, 29) a 2.453 metros abaixo da superfície onde a temperatura da rocha atinge 55°C, inviabilizando o aprofundamento da mina.

Durante a Segunda Guerra Mundial, grande parte dos técnicos da St. John retornou para Europa. Além disso, o conflito mundial, ao dificultar a importação de máquinas e ferramentas para a mina sem a necessária contrapartida da oferta interna devido à incipiente industrialização, determinou um período de declínio da produção nos anos de 1940 a 1949 (Souza 2003).

O controle acionista da Morro Velho permaneceu nas mãos da Snt. John até 1957, ano em que se inicia sua transferência para brasileiros, processo que termina em 1960, com a criação da Mineração Morro Velho. Em 1957, a Mineração Morro Velho se associa com a *Anglo American Corporation* passando a denominar-se *Anglogold*.

Descrição do sítio

As primeiras descrições geológicas da mina de Morro Velho se devem a Caldcleugh, Gardner e Ferrand. Segundo Burton, Caldcleugh visitou as “minas de ouro de Congonhas de Sabará” em 1825 e descreveu a Mina de Morro Velho em sua obra “*Travels in South América*”:

Uma imensa “quebrada” ou ravina, explorada quase inteiramente no interior de uma montanha, cuja camada superior, escavada pelos antigos mineiros, era uma “débris” de quartzo, ferro e terra vermelha. O veio era uma massa altamente inclinada de ardósia cloritosa aurífera, entrecortada de veios de quartzo, onde se encontra ouro em pirritas ferruginosas e arsenicais. As paredes da mina tinham incrustados cristais brancos aciculares e sulfato de alumínio impuro.

Em 1840, Gardner descreve o arcabouço geológico da mina:

O veio aurífero ocorre em uma ardósia argilosa acinzentada e consiste de rocha quartzosa, misturada com carbonato de cálcio, fortemente impregnado de ferro e pirritas de cobre e arsênico. O veio, cuja direção é de leste para oeste, tinha cerca de 15 metros de largura, um pouco a leste dos trabalhos de exploração do centro. Ali, ele se dividia em dois ramos, correndo para oeste, ao passo que dois outros, que já tinham sido mais profundamente explorados, dirigiam-se para leste. As ramificações iam-se afastando, pouco a pouco, tomavam uma direção norte-leste e, afinal, corriam paralelas uma a outra, afastadas cerca de 30 metros. A quantidade de minério retirada variava de 1.500 a 1.600 toneladas por mês, e cada tonelada dava um mínimo de 10 a 15 gramas e um máximo de 25.

Ferrand, em 1882, também descreve a jazida de Morro Velho:

A jazida é formada por um filão de espessura considerável, quase vertical, que se apresenta sob a forma de uma coluna oval, inclinada de pouco menos de 45° no plano do filão, que penetrou xistos cinza, ora recortando, ora acompanhando os mesmos em seus planos de estratificação. A rocha é constituída por uma massa compacta de quartzo de grão fino, com pirita arsenical e pirita de ferro, bem como, ocasionalmente, pirita magnética, pirita de cobre, calcita, dolomita, siderita e albita; estes últimos apresentam belos cristais em geodos. A coluna tem rumo sudeste. Sua espessura é variável, alcançando 20 metros em certos pontos e sua extensão horizontal chega, em média, perto de 150 metros; a massa filoniana está frequentemente misturada com o xisto encaixante, que forma partes pobres na coluna e que origina, até mesmo, o aparecimento de porções estéreis. Nos afloramentos, sua extensão alcançava cerca de 250 metros. Apresentava dois corpos principais correspondentes aos centros dos trabalhos: Quebra-Panela e Baú a oeste e Cachoeira, a leste

com um ramo secundário, North-Branch, que ramificava para o norte, para reencontrar, a leste um espessamento designado Gambá.

Além das descrições dos viajantes que passaram por Morro Velho existem as descrições fornecidas pelos relatórios privados, mapas, correspondência técnica e nos relatórios anuais, existentes nos arquivos da Anglogold. Segundo Ladeira (1988), vale destacar, dentre outros, o relatório de Graton & Bjorge (1929 e 1931), cuja descrição da mineralização aparece em Hollowood (1955):

A mineralização do corpo principal ocorreu na lapa seca adjacente ao contato entre esta e o xisto, no flanco norte de uma dobra que cai para leste. O lugar da mineralização foi ao longo da crista. Possivelmente diferenças de competência da lapa seca e xisto, produziram aberturas ao longo ou próximo ao contato dessas rochas durante o dobramento, pelas quais as soluções mineralizantes podem fluir.

O termo lapa seca é utilizado pelos mineiros para designar a principal rocha hospedeira do ouro. Para Ladeira (1988), a lapa seca é a fácies carbonatada da formação ferrífera bandada, sendo uma rocha silico-carbonática constituída principalmente por dolomita ferroana, ankerita, siderita, calcita, quartzo. O ouro associa-se a corpos sulfetados, alojando-se nos limites intergranulares da pirrotita, arsenopirita, pirita e em menor parte nos sulfetos acessórios (calcopirita, cubanita, tetraedrita, galena e blenda) ou como inclusões nesses minerais.

As rochas hospedeiras do ouro em Morro Velho estão inseridas no Supergrupo Rio das Velhas, Grupo Nova Lima. Segundo Baltazar (2000), estes corpos de minério estão relacionados a alteração hidrotermal ao longo de antigas e extensas zonas de cisalhamento dúctil, das quais se destaca o lineamento São Vicente ao longo do qual alinham-se, além da Morro Velho, outras importantes minas de ouro do Quadrilátero Ferrífero.

Atualmente a mina está desativada; uma imagem área mostrando a situação atual do sítio é apresentada na figura 8.38.



Figura 8.38 – Situação atual do sítio da mina de Morro Velho. Fonte: Arquivo AngloGold

Medidas de proteção

A importância histórica do ouro da Morro Velho vem desde os Setecentos, com as primeiras explorações rudimentares feitas pela família do Padre Freitas. A mina, ao longo de sua existência, experimentou a evolução nas técnicas de mineração do ouro e foi, por um bom tempo, a mina mais profunda do mundo e a mais produtiva do Brasil tornando-se um referencial para a história da mineração.

Com o encerramento das atividades em 2003, a direção da AngloGold manifestou o interesse de desenvolver um projeto de utilização para área, denominado “Gold City”; um grande empreendimento cultural, comercial e de lazer. Para viabilizar o projeto, a empresa procura parcerias. A proposta é bastante interessante na perspectiva da criação de um geoparque do QF e poderia incluir a abertura de parte da mina para visita além de um programa interpretativo para o geoturismo. No local, já existe um Centro de Memória da Mineração Morro Velho, que recebe visitas agendadas e conta com coleções de instrumentos utilizados nas diferentes fases da mineração, os equipamentos do antigo hospital, fotografias antigas além de uma biblioteca com várias obras sobre geologia e mineração.

CAPITULO 9

CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1. Características do Quadrilátero Ferrífero para criação de um geoparque

Baseado nos critérios para definição de Geoparques da UNESCO, este trabalho procurou examinar o potencial do Quadrilátero Ferrífero considerando o significado de seu patrimônio geológico. A partir de uma revisão da literatura sobre o Quadrilátero Ferrífero, definiu-se que suas principais potencialidades associadas ao patrimônio geológico referem-se à história geocológica da Terra, no início de sua formação e desenvolvimento (Arqueano e Paleoproterozóico), e à história da mineração em Minas Gerais e no Brasil.

Buscando selecionar sítios geológicos representativos da história geocológica do Quadrilátero Ferrífero que permitissem a conexão com a história geocológica global, fez-se uma pesquisa sobre as condições da Terra no Pré-Cambriano identificando no Quadrilátero Ferrífero afloramentos nesse contexto. Foram selecionados 12 sítios que apresentam um significado importante do ponto de vista da evolução geocológica global. Os sítios selecionados permitem reconstruir uma das fases mais importantes da história da Terra associada ao desenvolvimento da atmosfera, hidrosfera, biosfera, origem das primeiras crostas continentais, atuação da tectônica de placas e formação de supercontinentes. Para os sítios associados à história da mineração, buscou-se contextualizá-los nos diferentes períodos de exploração mineral no QF, em especial, nos períodos colonial e imperial do ciclo do ouro no Brasil.

Nesse contexto, a principal contribuição do trabalho foi classificar o grande potencial do Quadrilátero Ferrífero em termos de patrimônio geológico mostrando seus significados em relação a um contexto global (para sítios geocológicos) e seus significados nacional e regional (para sítios da história da mineração brasileira). A partir do estabelecimento dessas relações, será mais fácil selecionar novos sítios dentro desses contextos, com justificativas já estabelecidas para seu reconhecimento.

9.2. Análise dos critérios da UNESCO para criação de geoparque considerando o Quadrilátero Ferrífero

Neste item é feita uma análise dos critérios da UNESCO para criação de geoparques apresentados no capítulo 4.4 (Programa Geoparques) e no anexo 3. Para facilitar a análise, os critérios foram agrupados por afinidade em relação aos temas tratados.

Critério (1) A área deve se encaixar no conceito de geoparque da UNESCO:

O Quadrilátero Ferrífero é um território com limites geológicos bem definidos, com uma área aproximada de 7.000 km². Contando com sítios geológicos representativos da história geológica da região associada à evolução global da Terra, os sítios geológicos apresentados neste trabalho mostram a importância científica do QF em relação ao Pré-Cambriano. Além disso, os sítios associados ao patrimônio mineiro são um registro dos passos significativos no processo de evolução da mineração em Minas Gerais e no Brasil. Assim, os sítios estabelecidos como exemplos do potencial do QF para criação de um geoparque são considerados locais-chave para o entendimento da evolução geocológica da região em um contexto global e para o entendimento da história da mineração do ouro e do ferro.

O primeiro critério para o reconhecimento de uma área como geoparque é que ela se enquadre no conceito da UNESCO. Como já salientado, as características do QF e seus predicados patrimoniais compreendem os principais parâmetros para criação de um geoparque. No momento de enviar a proposta para a UNESCO, a documentação exigida inclui: uma identificação geral do território; a definição da importância científica (no caso do QF: história geocológica e história da mineração); descrição mais ampla do território e do patrimônio geológico; ações planejadas para o desenvolvimento econômico e social dos municípios envolvidos na área do geoparque; uma parte final com a seção de assinaturas.

Considerando a documentação exigida no dossiê para avaliação de um geoparque, pode-se perceber que este trabalho abordou quase todos os itens solicitados, faltando uma análise do desenvolvimento econômico e social dos municípios envolvidos na área do geoparque e de como eles podem se beneficiar com sua criação. Os outros critérios estabelecidos convergem para esse documento, ou seja, de uma maneira ou de outra já foram considerados ao longo do trabalho. Os critérios abaixo servem, portanto como orientação para que as exigências da criação do geoparque sejam estabelecidas, não necessitando, entretanto, que todos já tenham sido cumpridos. Os dois últimos geoparques reconhecidos pela UNESCO em 2006: Chapada do Araripe (Brasil) e Geoparque Naturtejo da Meseta Meridional (Portugal) serão novamente avaliados pela UNESCO

em 2008 para verificar se os objetivos relativos aos itens propostos para adequação do geoparque foram cumpridos. Para facilitar a análise desses critérios, considerando as características do Quadrilátero Ferrífero, optou-se por agrupar alguns que tratam do mesmo tema; no entanto, obedeceu-se à numeração em que aparecem no documento da UNESCO (ver capítulo 4.4. Programa Geoparques).

Critério (2) Os sítios geológicos incluídos dentro da área devem ser protegidos e formalmente gerenciados; Critério (6) Medidas de proteção do geoparque devem ser estabelecidas em conformidade com os Serviços Geológicos ou grupos relevantes. O geoparque deve permanecer sob a jurisdição do Estado no qual ele está inserido e é responsabilidade do Estado decidir sobre a proteção de determinados sítios; Critério (7) A legislação nacional e local relativa à proteção de sítios geológicos devem ser obedecidas e não deve haver comercialização de minerais e fósseis. Somente em certas circunstâncias deve-se permitir a coleção limitada de amostras com propósitos educativos e, preferencialmente, de sítios modificados naturalmente, e; Critério (11) Se o território proposto para um geoparque for idêntico ou se sobrepor a uma área inscrita como patrimônio mundial ou como reserva da biosfera é necessário um esclarecimento antes de submeter à proposta:

No caso do QF, vários sítios estão inseridos em unidades de conservação ou são tombados pelo poder público, grande parte da área integra a Área de Proteção Ambiental (APA) Sul. Em relação aos patrimônios associados à história geocológica, os itabiritos da Serra da Piedade, os quartzitos do Grupo Itacolomi e a canga da Serra de Rola Moça estão protegidos por lei: a Serra da Piedade é tombada pelo IEPHA e IPHAN; os quartzitos Itacolomi estão localizados no Parque Estadual homônimo, na Serra de Ouro Branco (onde deverá ser criado um Parque Estadual) e na entrada para Lavras Novas; a canga da Serra de Rola Moça está localizada em um Parque Estadual. O gnaíse Alberto Flores, os komatiitos Morro do Onça e os meta-arenitos da Serra do Andaime, estão localizados em áreas com pouco ou nenhum impacto antrópico; sugestões específicas para esses sítios foram feitas ao longo do trabalho. Os sítios mais ameaçados são os carbonatos do Gandarela, os estromatólitos do Cumbi e o afloramento do Grupo Sabará. Sugere-se que para esses sítios seja dada atenção especial no que se refere à definição de estratégias de proteção.

Como neste trabalho buscou-se demonstrar o potencial do QF para criação de um geoparque da UNESCO, foi feito somente um levantamento de sítios geológicos representativos da importância dessa área. Neste sentido, uma questão fundamental é a realização de um inventário pormenorizado de outros sítios geológicos do QF que testemunham a evolução da Terra ou que sejam significativos para história e da mineração. A proteção de cada sítio deve estar associada às

suas possibilidades de utilização didático-educativa, turística e científica e à sua utilização atual, por exemplo, pela atividade mineradora. No tocante às áreas utilizadas para mineração, é necessário que estas estejam protegidas por estratégias de conservação. Tal necessidade decorre da emergência de conceitos, potencialidade geológica e patrimônio geológico/mineiro, que devem ser considerados complementares. Considerando que as empresas do setor mineral têm uma crescente preocupação em harmonizar suas atividades com a conservação patrimonial, as iniciativas de geoturismo e geoconservação que incluem educação e interpretação do patrimônio geológico podem ser desenvolvidas com o apoio dessas empresas e até mesmo utilizando suas propriedades. Também pode ser interessante que os municípios guardadores de sítios geológicos criem leis ou ações específicas para sua proteção.

No Brasil, não existe uma legislação específica sobre proteção do patrimônio geológico, mas o Quadrilátero Ferrífero coincide com parte da área designada como Reserva da Biosfera do Espinhaço, reconhecida pela UNESCO e está, conseqüentemente, sujeito às normas da Lei nº 9.985/00 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Considerando que as unidades de conservação brasileiras são criadas basicamente para proteger os valores associados ao meio biótico, seria importante a criação de uma categoria tipo geoparque no SNUC.

Critério (3) Deve proporcionar o desenvolvimento sócio-econômico ambientalmente e culturalmente sustentável, promovendo a identificação da comunidade local com sua área e estimulando novas fontes de receita, especialmente o geoturismo:

Uma das premissas da UNESCO é que a criação do geoparque deve inspirar a população local a reavaliar seu patrimônio e incentivá-la a ter um papel ativo na revitalização econômica de seus municípios. Assim, é necessário desenvolver estratégias para a promoção e proteção do patrimônio a fim de conseguir um desenvolvimento econômico territorial verdadeiro, com determinadas ações que promovam o geoturismo e a educação.

A partir do momento em que foi atribuída uma importância à geodiversidade do Quadrilátero Ferrífero, considerando seus sítios como um testemunho da história da Terra e da mineração em Minas Gerais e no Brasil, esses sítios podem se tornar um recurso econômico. Assim, dependendo das características de cada sítio, uma vez garantida sua proteção e criando as condições humanas e materiais necessárias que possibilitem sua abertura ao público, sua utilização poderá envolver o geoturismo com atividades interpretativas e educativas, tornando-se um excepcional pólo de atração turística.

O desenvolvimento do geoturismo poderá gerar empregos diretos e indiretos (administração, gestão e manutenção dos sítios específicos, nos programas de educação e interpretação ambiental).

Além do geoturismo, outra estratégia bastante interessante seria o desenvolvimento de projetos que valorizem a vocação mineral da região utilizando os recursos minerais na fabricação do artesanato local. Para isto, seria necessário um levantamento sobre o artesanato fabricado nos diferentes municípios do QF e um programa de sensibilização dos artesãos sobre a possibilidade da utilização de minerais e rochas encontradas no QF nos produtos artesanais como forma de criar uma identidade com o geoparque, que estaria inserido em um dos principais distritos minerais do Brasil. Para produzirem as peças, os artesãos poderiam utilizar rejeitos da mineração e pedaços de minerais e rochas encontradas na região do QF, podendo oferecer seus produtos a turistas e visitantes.

Critério (4) Deve servir como uma ferramenta pedagógica para a educação ambiental, treinamento e pesquisa relacionada às disciplinas geocientíficas, proporcionando programas e instrumentos que aumentem a consciência pública sobre a importância do patrimônio geológico como museus geológicos e trilhas e; Critério (5) Deve servir para explorar e demonstrar métodos de conservação do patrimônio geológico e deve contribuir para a conservação de aspectos geológicos significativos que proporcionem informações em várias disciplinas geocientíficas tais como geologia física, econômica, mineração, estratigrafia, mineralogia, etc.:

A sensibilização sobre a importância do patrimônio geológico é um dos principais objetivos da criação de geoparques; neste sentido, programas de educação e interpretação ambiental devem ser propostos e desenvolvidos para cada sítio destinado a esta finalidade e devem incluir:

(a) implementação de percursos geoturísticos integrando os sítios; visitas interpretativas orientadas para escolas dos municípios do geoparque; visitas interpretativas orientadas incluídas na oferta turística dos municípios envolvidos:

A observação de aspectos geológicos é tanto mais interessante e proveitosa se a atividade de observação for pedagogicamente direcionada e se forem utilizados locais de particular clareza geológica. A partir do momento em que estes requisitos são obedecidos, consegue-se alcançar um dos objetivos do geoturismo, o de aproximar o público leigo da linguagem geológica, fazendo-o compreender aquilo que está sendo observado. Neste sentido, a definição de percursos-roteiros geoturísticos é uma forma de organizar e integrar as potencialidades educativas do Quadrilátero Ferrífero, mostrando os principais pontos a serem percorridos pelos turistas. Os percursos auxiliam na organização de segmentos específicos, para atender a demandas também específicas.

Além dos percursos, é importante que cada sítio tenha infra-estrutura capaz de promover o patrimônio geológico ou mineiro com disponibilização de material interpretativo e sinalização adequada, como painéis ou placas, e produção de material audiovisual e de divulgação dos sítios

para distribuição nos municípios integrantes do geoparque. A produção do material interpretativo deve considerar as expectativas de cada público (população local, público escolar e geoturistas) para desenvolver programas de atendimento diferenciado tornando acessível a linguagem científica associada ao patrimônio geológico e mineiro, possibilitando a apreciação e compreensão em todos os níveis.

Também é importante estabelecer pontos cênicos de observação do patrimônio geológico criando um ambiente especial no geoparque. Deve ser dada atenção especial as principais rotas de tráfego onde esses pontos podem permitir uma introdução ao significado do patrimônio do QF explicando a formação da paisagem.

(b) desenvolvimento de um programa museológico integrado para os museus que fazem parte do Quadrilátero Ferrífero que tenham acervo relacionado ao patrimônio geológico ou mineiro:

Uma diferença entre geoparques e outros tipos de parques é a sua capacidade para popularização das geociências; os museus que tem acervo associado a essa temática devem ter uma missão educacional para promover o patrimônio geológico. Esses museus devem funcionar como espaço educativo estimulando os visitantes a aprender mais sobre os minerais, as rochas e os fósseis que registram a evolução da Terra em 4.5 bilhões de anos. Os tipos de programas educativos implantados irão depender do tamanho dos museus, dos recursos financeiros, do quadro de pessoal e do tipo de acervo. No entanto, cada museu deve procurar maximizar sua função educativa, neste sentido, os meios de exibição têm um papel fundamental. As exposições devem ser inovadoras, atraentes e conduzir o visitante à reflexão, proporcionando momentos de prazer e aprendizagem.

O QF possui alguns museus associados à história da mineração ou ao patrimônio geológico, destacando-se, dentre outros, os museus de mineralogia de Ouro Preto e Belo Horizonte; o museu de história natural da PUC-MG e da UFMG; o museu do ouro em Sabará. Sugere-se que seja feito um levantamento de todos os museus do QF que tenham acervo associado à história da mineração e à geologia e que seja desenvolvido um programa específico e integrado para esses museus dando maior visibilidade ao significado patrimonial do QF.

(c) pesquisa em geociências e história da mineração:

Alguns sítios levantados neste trabalho não têm potencial para o geoturismo, mas devem ser em parte protegidos para o desenvolvimento de pesquisa em geociências ou sobre a história da mineração. Ao apoiar o desenvolvimento de pesquisas e incentivar a publicação e divulgação dos resultados dos trabalhos, contribuir-se-á para um maior conhecimento da evolução geocológica da Terra e para o resgate da história da mineração no Brasil. Além disso, as publicações de resultados de pesquisa podem também ser “traduzidas” em linguagem comum contribuindo também para sensibilização da opinião pública sobre a importância e necessidade da geoconservação. Também é

importante o desenvolvimento de um programa específico para alunos da geologia sob a coordenação da UFMG e UFOP direcionado ao patrimônio geológico do QF

Critério (8) O geoparque deve possuir um plano de manejo contendo uma análise e diagnóstico do território, do geoparque e de seu potencial para o desenvolvimento econômico local; Critério (9) A cooperação entre autoridades públicas, comunidades locais, empresas privadas, universidade e grupos de pesquisa deve ser estimulada; Critério (10) A designação de uma área como geoparque da UNESCO deve receber publicidade e promoção apropriadas e a UNESCO deve se informada sobre todos os avanços:

O plano de manejo para o geoparque deve considerar, de maneira mais ampla, a utilização de cada sítio proposto; o acompanhamento de cada um dos sítios; financiamento e cooperação para gestão e manutenção; divulgação e promoção do geoparque. De maneira mais específica, o plano de manejo deve ter como objetivos: o conhecimento do patrimônio geológico do QF com elaboração de inventário mais detalhado de outros sítios ainda não considerados neste trabalho; a promoção do patrimônio geológico para as populações locais e os geoturistas; o incentivo ao desenvolvimento de atividades econômicas tradicionais relacionadas ao patrimônio geológico; o incentivo de trabalhos científicos sobre o patrimônio geológico do geoparque visando, além de seu maior conhecimento, sua divulgação e promoção.

Como a área do Quadrilátero Ferrífero é muito extensa e envolve vários municípios, sugere-se que cada sítio específico constitua-se em um parque temático secundário, mas integrado às características que justificam a criação do geoparque: importância geocológica e história da mineração. O plano de manejo ou a gestão do geoparque deve considerar que os sítios geológicos presentes na área podem ter diferentes usos e que as medidas de proteção desses sítios devem estar em harmonia com sua utilização atual e potencial. Por exemplo, neste trabalho, os sítios inventariados mais adequados para o uso geoturístico e educativo são todos aqueles associados à história da mineração e os sítios da Serra do Andaime, os quartzitos da Formação Moeda, itabiritos da Serra da Piedade, estromatólitos do Cumbi, quartzitos do Grupo Itacolomi e canga da Serra do Rola Moça. Os sítios mais adequados à pesquisa científica ou educação voltada a grupos específicos são o gnaiss Alberto Flores, os komatiitos do Morro da Onça, os carbonatos do Gandarela e o sítio do Grupo Sabará. Os sítios selecionados devem ser monitorados com elaboração de relatórios, que permitirão acompanhar os resultados obtidos e, quando necessário, efetuar adequações.

Várias são as entidades, empresas e instituições que poderiam ter interesse na criação do geoparque do QF e poderiam apoiar e/ou contribuir com os custos de sua implementação e gestão: Serviço Geológico do Brasil (CPRM); Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

(IPHAN); Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP); Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG); Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior; CODEMIG; empresas de mineração que atuam no QF, em especial, a Vale do Rio Doce e a Anglo Gold Ashanti; ONGs regionais e prefeituras municipais.

Considerando as diretrizes da UNESCO, o geoparque deverá ser gerenciado por uma entidade que promova políticas de proteção, uso sustentável e divulgação. Neste sentido, considera-se a possibilidade de uma gestão compartilhada com a criação de uma associação que envolva parceiros institucionais e empresariais.

9.3. Discussão final

Desde o final da década de 1990, a UNESCO estimula os países signatários a conservarem sítios de importância geológica, sendo que vários países da Europa e da Ásia têm implantado a criação de geoparques com objetivos ligados à conservação, educação e pesquisa científica. No Brasil, ainda são incipientes as pesquisas e iniciativas em geoconservação; o primeiro geoparque do País foi criado no ano passado e tem seu patrimônio mais associado aos aspectos paleontológicos. Por isso, é importante o desenvolvimento de pesquisas capazes de refletir sobre questões conceituais centrais e fomentar o desenvolvimento de metodologias que possam adequar as orientações e diretrizes da UNESCO à realidade de cada local.

Ao propor um trabalho sobre o potencial do QF para criação de um geoparque da UNESCO, não se teve a pretensão de caracterizar todos os sítios geológicos da área nem de obter um produto acabado para submissão da proposta de criação do geoparque à UNESCO. Ao contrário, buscou-se contribuir para o esclarecimento do grande potencial do QF para a geoconservação, mostrando sua importância geológica, em nível internacional, e geohistórica, em nível regional e nacional. Verificou-se que todos os critérios estabelecidos pela UNESCO para reconhecimento de geoparques se aplicam ao QF o qual constitui o testemunho, em termos de geodiversidade, do Pré-Cambriano do mundo e da história da mineração no Brasil. Verifica-se tratar-se de uma área de elevado valor patrimonial, não só do ponto de vista científico e conservacionista, mas também do ponto de vista didático-educativo, geoturístico e econômico. Essas características representativas podem constituir a base para a criação de um geoparque da UNESCO.

O desenvolvimento de um dossiê de candidatura implicará a realização de um inventário e a caracterização mais detalhada do patrimônio geológico do QF. Considerando que a concepção de geoparque da UNESCO parte do pressuposto de que a educação e sensibilização do público são essenciais para a geoconservação, será necessário incluir sítios geológicos representativos de toda a

história geocológica pré-cambriana do QF, os quais sejam também direcionados para o geoturismo. Interessante salientar, no entanto, que um trabalho de caracterização e inventário mais detalhado não seria um trabalho tão complicado uma vez que já estaria adaptado ao contexto geocológico ou associado à história da mineração.

Participando da rede mundial de geoparques, todos os municípios que integram o Quadrilátero Ferrífero seriam beneficiados já que os programas da UNESCO para proteção do patrimônio são reconhecidos e divulgados internacionalmente, dando visibilidade internacional e respaldo para atrair investimentos de empresas privadas. Entretanto, para que se possa obter e manter este selo faz-se necessário despertar o interesse dos governos municipais e do governo estadual além das empresas de mineração que atuam na área.

ANEXO 1 - Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra

1. Assim como cada vida humana é considerada única, chegou a hora de reconhecer, também, o caráter único da Terra.
2. É a Terra que nos suporta. Estamos todos ligados à Terra e ela é a ligação entre nós todos.
3. A Terra, com 4500 milhões de anos de idade, é o berço da vida, da renovação e das metamorfoses dos seres vivos. A sua larga evolução, a sua lenta maturação, deram forma ao ambiente em que vivemos.
4. A nossa história e a história da Terra estão intimamente ligadas. As suas origens são as nossas origens. A sua história é a nossa história e o seu futuro será o nosso futuro.
5. A face da Terra e a sua forma são o nosso ambiente. Este ambiente é diferente do de ontem e será diferente do de amanhã. Não somos mais que um dos momentos da Terra; não somos finalidade, mas sim passagem.
6. Assim como uma árvore guarda a memória do seu crescimento e da sua vida no seu tronco, também a Terra conserva a memória do seu passado, registrada em profundidade ou na superfície, nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, registro esse que pode ser lido e traduzido.
7. Os homens sempre tiveram a preocupação em proteger o memorial do seu passado, ou seja, o seu patrimônio cultural. Só há pouco tempo se começou a proteger o ambiente imediato, o nosso patrimônio natural. O passado da Terra não é menos importante que o passado dos seres humanos. Chegou o tempo de aprendermos a protegê-lo e protegendo-o apreenderemos a conhecer o passado da Terra, esse livro escrito antes do nosso advento e que é o patrimônio geológico.
8. Nós e a Terra compartilhamos uma herança comum. Cada homem, cada governo não é mais do que o depositário desse patrimônio. Cada um de nós deve compreender que qualquer depredação é uma mutilação, uma destruição, uma perda irremediável. Todas as formas do desenvolvimento devem, assim, ter em conta o valor e a singularidade desse patrimônio.
9. Os participantes do I Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico que inclui mais de uma centena de especialistas de 30 países diferentes, pedem a todas as autoridades nacionais e internacionais que tenham em consideração e que protejam o patrimônio geológico, através de todas as necessárias medidas legais, financeiras e organizacionais.

ANEXO 2 – Declaração de Aracaju

Proposta apresentada pelo “Simpósio 17 – Geoconservação e Geoturismo: Uma Nova Perspectiva para o Patrimônio Natural” e aprovada pela Assembleia Geral da Sociedade Brasileira de Geologia, durante o XLIII Congresso Brasileiro de Geologia.

A Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra, aprovada em 1991, em Digneles-Bains, na França, durante o I Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, nos lembra que *“Atualmente a humanidade sabe proteger a sua memória: seu patrimônio cultural. Apenas recentemente começou-se a proteger o ambiente imediato, o nosso patrimônio natural. O passado da Terra não é menos importante que o passado do Homem. Chegou o momento de aprendermos a protegê-lo, e protegendo-o aprenderemos a conhecer o passado da Terra, essa memória antes da memória do Homem, que é um novo patrimônio: o patrimônio geológico”*.

O patrimônio geológico, representado pelos sítios geológicos e coleções de minerais, rochas e fósseis, guardam a história da evolução da Terra por processos cuja escala temporal é de milhões de anos. Associado ao patrimônio geológico existe o patrimônio da história da mineração que guarda o registro do desenvolvimento das técnicas e métodos utilizados na extração mineral desde os primórdios da humanidade.

O patrimônio geológico é bastante vulnerável, não renovável e está sujeito a vários tipos de ameaças decorrentes de atividades humanas não planejadas, e de vários processos naturais.

Iniciativas de geoconservação, que se referem à proteção do patrimônio geológico e incluem ações administrativas, atividades educativas e geoturismo, estão sendo tomadas em nível mundial, na medida em que a comunidade de geociências vem tomando consciência desta necessidade.

Recomenda-se que:

- 1) O patrimônio geológico brasileiro seja resguardado para as gerações futuras, como testemunho de uma história geológica particular;
- 2) A geoconservação seja promovida pelo desenvolvimento de políticas educativas de conservação da natureza e pela efetiva aplicação de medidas governamentais;
- 3) O governo brasileiro adote de forma abrangente o Programa Geoparques da UNESCO, fazendo com que o Brasil faça parte desta rede de proteção orientada por critérios universalmente aceitos;
- 4) Seja ampliado o conteúdo relacionado à Geologia nos currículos escolares do ensino médio e fundamental, reconhecendo-a como uma ciência fundamental para o desenvolvimento das atividades humanas ambientalmente sustentáveis;
- 5) Os cursos de graduação em Ciências da Terra, Turismo e correlatos, incluam disciplinas que disseminem o conhecimento sobre o patrimônio geológico e promovam o desenvolvimento científico, sob a ótica da conservação dos recursos naturais;
- 6) As empresas de mineração e do setor de petróleo e gás utilizem seus programas de educação ambiental e de responsabilidade social para fomentar, incentivar e financiar projetos na área de geoconservação;
- 7) Sejam desenvolvidos programas de geoturismo como forma de inclusão social;
- 8) Todo projeto de geoconservação seja baseado em um sólido conhecimento geológico da área, e que a comunidade participe e receba informação científica correta, em linguagem acessível, sobre o patrimônio geológico e os projetos a ele associados.

Aracaju/SE, 6 de setembro de 2006

ANEXO 3 – Guia Operacional da UNESCO para criação de geoparques



United Nations Educational, Scientific
and Cultural Organization

Network of National Geoparks seeking UNESCO's assistance (January 2004)

Background

Pursuant to decision of its Executive Board in June 2001 (161 EX/Decisions, 3.3.1) UNESCO has been invited "to support ad hoc efforts of Member States" to promote territories or natural parks having special geological features. To this end, the present Operational Guidelines provide directing principles for national geoparks requesting the assistance of UNESCO through the inclusion in a Network of national geoparks. A geopark seeking UNESCO's assistance is a territory with well-defined limits. It is run under the national legislation or regulations, which provide the legal framework for its managerial body, funding tools and logistic support.

National initiatives seeking UNESCO's assistance should integrate the preservation of significant examples of the geological heritage of our planet Earth in a strategy for regional socio-economic development, safeguarding the environment, which is a concept also known as sustainable development¹. They should further a balanced relationship between humankind and the Earth by heightening public awareness and respect of the Earth's value and improving understanding of the Earth's crust and the capacity to use it wisely.

In promoting the protection and sustainable development of geological heritage, Member States' initiatives shall thus contribute to the objectives of Agenda 21, the Agenda of Science for Environment and Development into the twenty-first century adopted by the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED, Rio de Janeiro, 1992). Further, they shall add a new dimension to the 1972 Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage by highlighting the potential for interaction between socio-economic development and conservation of the natural environment.

Besides operating in synergy with UNESCO's World Heritage Centre and the Man and the Biosphere (MAB) World Network of Biosphere Reserves, UNESCO's Division of Earth Sciences co-operates closely with other complementary national and international undertakings, and non-governmental organizations active in geological heritage conservation, like IUGS' Working Group on "Global Geosites", ProGEO and the 'European Geoparks Network'.

¹ Sustainable development was defined by the World Commission on Environment and Development in *Our Common Future* (1987) as 'development which meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs.'

Before applying for UNESCO's assistance proposers are asked to respect the terms of the present Operational Guidelines. An independent *International Advisory Group* will refer to these guidelines when assessing proposals for provision of UNESCO's assistance to national geopark initiatives. Proposers are further requested to seek contact with and geoscientific advice from their respective national Geological Surveys or other relevant geoscientific institutions.

Operational Guidelines

Article 1 - Criteria

1. A geopark seeking UNESCO's assistance is a territory with well-defined limits that has a large enough surface area for it to serve local economic development. It comprises a certain number of geological heritage sites (on any scale) or a mosaic of geological entities of special scientific importance, rarity or beauty, representative of an area and its geological history, events or processes. It may not solely be of geological significance but also of ecological, archaeological, historical or cultural value. Clearance for geoscientific qualification should be sought with the respective national Geological Survey(s) or other relevant geoscientific institutions.
2. The sites inside the defined area are linked to one another and safeguarded in a formally managed park-type situation; the park is run by a designated authority with adequate management infrastructure, which adopts its own territorial policy for sustainable regional socio-economic development.
3. A geopark seeking UNESCO's assistance serves to foster socio-economic development that is culturally and environmentally sustainable. This has a direct impact on the area involved by improving human living conditions and the rural environment, thus strengthening identification of the population with their area and triggering cultural renaissance. Respectful of the environment, it shall stimulate, for example, the creation of innovative local enterprises, small business, cottage industries and new jobs by generating new sources of revenue (e.g. geotourism, geoproducts). This should provide a supplementary income for the local population and attract private capital.
4. A geopark seeking UNESCO's assistance serves as a pedagogical tool for environmental education, training and interdisciplinary research related to geoscientific disciplines, broader environmental issues and sustainable development. A geopark seeking UNESCO's assistance shall provide pedagogical programmes and instruments for broad environmental education, public awareness raising (geological museums, trails) and scientific research, in which it defines target groups (schools, universities, general public, etc.), planned activities and logistic support.
5. A geopark seeking UNESCO's assistance serves to explore and demonstrate methods of conserving geological heritage (e.g. conservation of representative rocks, mineral resources, minerals, fossils and landforms). Within the legal framework of national legislation or regulations, a geopark seeking UNESCO's assistance shall contribute to the conservation of significant geological features which provide information on various geoscientific disciplines such as all solid geology, economic geology and mining, engineering geology, geomorphology, glacial geology, hydrology, mineralogy, palaeontology,

petrography, sedimentology, soil science, speleology, stratigraphy, structural geology and volcanology.

6. The management authority of the park shall ensure adequate protection measures, in consultation with respective Geological Surveys or relevant statutory bodies, to guarantee the effective conservation of a site or area and provide means for physical maintenance, as appropriate. A geopark seeking UNESCO's assistance remains under the sole jurisdiction of the State in which it is situated. It is the State's responsibility to decide how to protect the particular sites or areas, in conformity with its national legislation or regulations.
7. A geopark under UNESCO's assistance should respect local and national laws relating to the protection of geological sites and its managing body should take the moral decision not to sell minerals and fossils. It should also accept that there are different cultural habits across Europe regarding collectors and permit in certain circumstances the limited collecting of geological samples for educational purposes from naturally eroded sites.
8. The body in charge of the particular geopark shall provide a thorough management plan containing among others:
 - (a) a global analysis of the geopark
 - (b) an analysis and diagnosis of the territory
 - (c) an analysis of the potential for local economic development
9. On the territory of a geopark seeking UNESCO's assistance, organizational arrangements shall be provided to involve public authorities, local communities, private interests, and both research and educational bodies in the design and running of the park, its regional economic development plan and activities. This co-operation shall stimulate discussion and encourage partnerships between the different groups having a vested interest in the area; it shall motivate and mobilise local authorities and the local population.
10. The designation of an area as a geopark seeking UNESCO's assistance shall be given appropriate publicity and promotion by the management body of the geopark concerned, who shall keep UNESCO regularly informed about the latest progress and developments in the park.
11. If a geopark's territory is identical to or overlaps with an area inscribed on the World Heritage List or registered as a MAB Biosphere Reserve it is necessary to obtain prior clearance from the appropriate bodies of the said initiatives before submitting the proposal.

Article 2 - Nomination procedure

1. The proposal for a geopark seeking UNESCO's assistance may be submitted at any time of the year.

2. A proposal shall be prepared by the existing managing body of a national geopark of States belonging to one of the Agencies of the United Nations System on the basis of the attached nomination form.
3. The proposer may seek assistance from the Division of Earth Sciences of UNESCO, its international team of advisors and other experts for the preparation of the proposal.
4. The proposal, duly signed by the managing body, the Geological Survey or other relevant geoscientific institution, the governmental entity, and the National Commission for UNESCO, should be addressed to the UNESCO, Division of Earth Sciences, through and with the support of the National Commission for UNESCO in the Member State concerned. Should no National Commission be established in the State, the submission should be directly forwarded to the Division of Earth Sciences.
5. The Division of Earth Sciences shall verify the contents of the proposal and supporting materials and, in the case of incomplete documentation, request complementary information from the proposer.
6. Proposals are assessed by an International Advisory Group, which recommends to the Director-General of UNESCO the assistance or not of the Organization.
7. The members of the International Advisory Group are nominated by the Director-General of UNESCO in consultation with the Scientific Board of the International Geoscience Programme (IGCP).
8. Travel costs, accommodation and local transportation costs of additional advisors in charge of an eventually necessary on-the-spot evaluation of the geopark seeking UNESCO's assistance should normally be borne by the country where the geopark is located or any other party or entity concerned with the proposal.
9. UNESCO shall notify the proposer and the National Commission for UNESCO in the country concerned of the decision taken by the Director-General of UNESCO.

Article 3 - UNESCO's assistance

1. UNESCO's assistance may be attributed upon a positive assessment of the proposal by an independent International Advisory Group through UNESCO.
2. The Organization's association with a national geopark consists of authorizing the management body of a park to use in connection with respective geopark initiatives, expressions such as "with the support of UNESCO" or "with the assistance of UNESCO", if material and/or intellectual aid has been provided

by UNESCO. UNESCO shall reserve its assistance for joint intellectual activities or events, such as holding workshops, conferences and congresses, as well as for co-publications between UNESCO and the geopark. This includes, for example, leaflets and websites, but does not comprise the use of UNESCO's logo by individual parks nor for commercial purpose.

3. The attribution of UNESCO's support or assistance is a sign of recognition of excellence and in no way implies any legal or financial responsibilities on the part of UNESCO. It is the responsibility of the managing body of the geopark to avoid any misunderstandings with the public in general and park officials in particular in this regard, and to defend UNESCO against any claims which might be made to this effect.

Article 4 - Reporting and periodical review

1. The status of each national geopark seeking UNESCO's assistance shall be subject to a periodical review within 5 years based on a report prepared by the designated authority concerned in cooperation with respective authorities who signed the original proposal, and forwarded to UNESCO through the National Commission for UNESCO.
2. If on the basis of this report, the International Advisory Group considers that the status or management of the park is satisfactory since it was designated or last reviewed, this will be formally acknowledged.
3. If it is considered that the geopark no longer fulfils the criteria set out in Article 1, the designated authority concerned may be recommended to take appropriate steps to ensure conformity with the provisions of the said Article. Should the park not fulfil the criteria of the said Article within one year, it shall cease to be associated with UNESCO.
4. UNESCO shall notify the designated authority concerned and the National Commission for UNESCO of the outcome of the periodical review.
5. Should a sovereign State/authority wish to withdraw from the attributed association, it shall notify UNESCO through its National Commission giving the reasons thereto.

Nomination Form for a National Geopark seeking the assistance of UNESCO

Member States interested in establishing a national geopark seeking the assistance of UNESCO, are invited to follow the Operational Guidelines for national geoparks and to complete the annexed form. The information contained in this form will serve UNESCO's International Advisory Group in assessing the proposal. It is divided into four sections:

- 1. Identification of the territory**
- 2. Scientific significance**
- 3. Territorial analysis**
- 4. Signature section**

Before completing the form, the proposer is advised to familiarize him- or herself with the selection criteria and the definitions of a geoparks seeking assistance of UNESCO, laid down by the Operational Guidelines. Furthermore, it is absolutely necessary during the preparatory phase, to seek co-operation with Geological Surveys, local public bodies, local communities and private interest groups and to broaden the composition of the start-up team in charge of the project geopark. This will be helpful to establish a feasible development concept for the geopark and to get a broad perspective for identifying new possible main lines of action. A local dynamism of thought and discussion could involve the entire population which would facilitate local acceptance for the planned national geopark.

The following section of the form has been designed to guide the proposer in preparing a detailed description and analysis of the territory. While there are no constraints on layout or length, proposers are asked to respect the headings given there. Proposers are welcome to attach any additional information they may consider essential for the evaluation. The Division of Earth Sciences of UNESCO reserves the right to request complementary information whenever appropriate. Only when it considers the submission to be complete shall the evaluation process be started. The application will remain at the Division of Earth Sciences, passing-on to another person is allowed only by permission of the applicant.

The proposal should be typed in English and submitted in three copies duly signed, together with supporting documents, through and with the support of the **National Commission for UNESCO** in each country concerned, to:

**Division of Earth Sciences
UNESCO
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15
France**

1. Identification of the territory

1.1 Country where the geopark is situated:

1.2 Size of the geopark (in km²):

1.3 Geographic region in which the geopark is situated:
Africa Europe and North America
Arab States Latin America and the Caribbean
Asia and the Pacific (incl. Australia)

1.4 Management *Gestão entidade administrativa*
Please identify the administrative entity or authority in charge of the geopark.

Status/Organization:
Street or P.O.Box:
City and postal code:
Country:
Telephone: Fax:
E-mail:

Please give also the name of the main contact person to whom all correspondence is to be addressed.

Title, name:
Organization:
Street or P.O.Box:
City and postal code:
Country:
Telephone: Fax:
E-mail:

1.5 Administration
Please give the name(s) of the privileged administrative contact person(s) who is (are) involved in the geopark project at national (governmental) level.

Title, name:
Organization:
Street or P.O.Box:
City and postal code:
Country:
Telephone: Fax:
E-mail:

2. Scientific significance

2.1 Geoscientific significance of the geopark

economic geology and mining	palaeontology
engineering geology	petrography
Earth history	sedimentology
geomorphology	soil science (pedology)
glacial geology	speleology
hydrogeology	stratigraphy
mineralogy	structural geology / tectonics
volcanology	

others.....

.....

2.2 Broader significance of the geopark, other assets

Besides its geological features, does the site or area contain other assets such as archaeological, ecological and/or historical/cultural values? If so, please specify.

The geopark is also significant for:

tourism	biology
local history	ecology
culture	hydrology
geography	teaching, education and research
archaeology	special reference or type locality
anthropology	home to protected or endangered species (flora and fauna) please specify:

.....

other (World Heritage site or Biosphere Reserves shall provide clearance)

.....

.....

2.3 Enclosures:

location map of the geopark	slides
general territory map (1/100.000)	aerial photo(s)
geological map	video cassette(s)
geological section(s)	analytical data
photos	literature
statement by the Geological Survey(s) concerned	
other	

.....

.....

3. Territorial analysis

3.1 Identification of the territory

3.1.1 Description of the territory

Please describe the territory of the geopark and identify its geographic characteristics (location, size, latitude, longitude, climate, etc.).

3.1.2 Protection status

Please specify the protection level (operational or planned) and the specific considerations for the protection of the geological heritage sites (geotopes, geosites) situated within the boundaries of the geopark; refer to legal texts, cartography, different regulations, etc., and attach a map of each site, photos, etc.

3.2 Scientific description

3.2.1 Geological context

Please present the global geological context of the geopark and of each of the geological heritage sites included within it (including location map). Please summarize the main information on e.g. geological setting, age, lithology and history of formation and define clearly the different geoscientific disciplines reflected by the geopark and its sites.

3.2.2 Earth heritage relevance

What is the particular relevance of the geopark and its sites for geological heritage?

3.2.3 Potential threats

Threats to a site might lead to its degradation or sometimes even partial or total loss. Please describe the potential threats to the sites (plundering of sites, taking away of fossils, damage to buildings, etc.), judge the possible evolution of these threats, propose solutions and recommend conservation measures to neutralize these threats.

3.2.4 Annexes

Please attach a geological bibliography of the territory and all documents which can lead to a better understanding of the geological heritage interest of the territory.

3.3 Sustainable regional development

It is indispensable for the evaluation of the geopark to provide complete information on the present situation of the territory and planned actions for sustainable development.

To prepare this, the proposer is advised to follow as closely as possible the outline below, starting with the collection of data and information on the territory. (The more details and different components of the geopark are known, the easier it will be for the proposer to get a global vision of a sustainable development concept for the territory.)

On the basis of these data, in close co-operation with the different partners contributing to the project geopark, the proposer should be in a position to proceed with the preparation of a territorial diagnosis and action plan for entire territory's socio-economic development. He should identify local resources which are insufficiently valued, social categories and geographic sectors which might need, and profit most from, a development's impetus, problems the developmental approach has to address as a priority.

3.3.1 Collection of data and information

- cartography:
 - ⇒ geographic cartography of the geopark's territory
 - ⇒ geological cartography (main geological sites)
 - ⇒ cartography of human settlements
 - ⇒ cartography of heritage (including geological, cultural, etc.)
 - ⇒ cartography of modern comfort (restaurants or refreshment facilities, overnight accommodation, etc.)
 - ⇒ cartography of traffic flow and the links of the territory with peripheral zones
- data on the territory:
 - ⇒ surface
 - ⇒ population density
 - ⇒ presence of villages, towns or cities
 - ⇒ geographic constraints and advantages
 - ⇒ historic and cultural specificities
 - ⇒ actual demographic situation and trends
 - ⇒ infrastructure facilities and local accessible services
 - ⇒ environmental advantages and constraints
 - ⇒ structure, organisation and evolution of the local economy
 - ⇒ evolution of the job market
 - ⇒ existing social problems
 - ⇒ developmental projects already planned or carried out by local entities
 - ⇒ dynamism and weight of associations, trade unions, etc.
 - ⇒ economic wealth of the territory in comparison to the country's average
 - ⇒ advantages of the territory
 - ⇒ weak points (principal handicaps, hindrances to development, etc.)
 - ⇒ local resources which seem to be insufficiently valued

3.3.2 Territorial diagnosis (interpretation of 3.3.1)

- In which global direction must the main local economic sectors develop their activities?

- Which problems the developmental approach has to address as a priority?
- Which social categories and geographic sectors might need and would profit most from a developmental impetus?
- How is the institutional framework of the concerned region and territorial competencies defined?
- How evolved the sector of tourism in the territory in recent years? How important was it?
- What is the impact on the environment through the geopark (environmental impact assessment)?

3.3.3 Territorial action plan

*The proposer should begin by describing a hypothetical scenario of how it is hoped the territory of the geopark will look like in ten years' time. This futuristic vision helps to establish long-term objectives. (It could additionally be enriched through the elaboration of alternative scenarios, since it is also very useful to describe what the territory should **not** become!) From this point onward, it becomes clear what should be done in order to realize this vision.*

The territorial action plan is the strategic framework within which basic directions are identified and the suitable path defined for realizing the above-mentioned scenario. The proposer should determine what actions are feasible, bearing in mind that regional development should strive to maintain an equilibrium between economic interests and preservation of the environment.

For the success of the entire project, the planned actions should be integrated in a global dynamic of discussion and co-operation, by creating links and synergies among the different socio-economic and geographic sectors.

Essential parts of the territorial action plan:

- territorial vision of the geopark ten years hence (hypothetical scenario)
- potential for commercial innovation
- defined strategic objectives for development of the entire territory
- operational objectives
- means of realizing development specifying:
 - ⇒ the resources available (financial, human, technical, etc.)
 - ⇒ partners already participating or willing to join the project
 - ⇒ timetable for the activities
 - ⇒ budget showing investment and implementation for the next three years

Please attach maps localizing the priority zones where the above-mentioned actions will be centred.

4. Signature section

4.1 Management

Signature by the body in charge of managing the geopark, certifying that the body in charge of the management of the geopark acknowledges its responsibility to pursue the objectives laid down by the present guidelines and to elaborate and implement corresponding managing principles.

Full Name:

Title:

Address (Organisation, street, city, telephone, fax, e-mail):

.....
.....
.....
.....

Date: Signature:

4.2 Geological Survey(s) or other relevant geoscientific institutions

Signature approving the geoscientific quality and significance of the geopark.

Full Name:

Title:

Address (Organisation, street, city, telephone, fax, e-mail):

.....
.....
.....
.....

Date: Signature:

4.3 Governmental Entity (Ministry, etc.)

Signature certifying the geopark remains under the sole jurisdiction of the State in which it is situated. It is the State's responsibility to decide how to protect the particular sites or areas, in conformity with its national legislation or regulations.

Date of endorsement:

Full Name:

Title:

Address (Organisation/Ministry, street, city, telephone, fax, e-mail):

.....
.....
.....
.....

Date: Signature:

4.4 National Commission for UNESCO

Signature by the representative of the National Commission for UNESCO supporting the proposal.

Date of endorsement:

Full Name:

Title:

Address (Organisation, street, city, telephone, fax, e-mail):

.....
.....
.....
.....

Date: Signature:

**ANEXO 4 – Mapa de localização dos sítios geológicos selecionados no
Quadrilátero Ferrífero**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'saber, A.N.; Almeida, F.M. de; Cannabrava, A.P.; Carvalho, L.R. de; Cunha, P.O.C. da; Filho, L.S.; Goulart, M.; Hollanda, S.B.; Lacombe, A.J.; Lange, F.C.; Luz, N.V.; Machado, L.G.; Moraes, R.B.; Petrone, T.S.; Pinto, O.M.O. Reis, A.C.F.; Sousa, A.C. de M.; Vieira, D.T. 2000. *História geral da civilização brasileira*. 9 ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 528p.
- Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica 2003. *Geologia no verão*. Disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/veraocv/geologia/>.
- Albertini Túlio, P. 2005. *Falsários del Rei: Inácio Ferreira e a casa de moeda falsa do Paraopeba (Minas Gerais 1700-1734)*. Dissertação de Mestrado em História, Universidade Federal Fluminense, 186 p.
- Aldridge, D. 1973. *Guide to countryside interpretation: Part One: Principles of interpretation and interpretative planning*. HMSO, London.
- 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*, 90:29-58.
- Alkmim, F.F. & Noce, C.M. 2005. O orógeno Atlântico: uma edificação paleoproterozóica do leste brasileiro e oeste africano. In: SBG, X Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, SNET, Curitiba. *Boletim de resumos expandidos*.
- Alkmim, F. F. & Noce, C. M. (Org.). 2006. The Paleoproterozoic record of the São Francisco Craton. In: IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brasil. *Field Guide and Abstracts*. UFOP-UFBA, v. 1. 105 p.
- Alkmim, F. F. 1987. Modelo deposicional para os metassedimentos da Serra de Ouro Branco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: SBG, Simpósio sobre sistemas deposicionais do Pré-Cambriano, Ouro Preto: Núcleo Minas Gerais, *Anais Boletim*, 6:47-68.
- Alkmim, F.F.; Neves, B.B. de B.; Alves, J.A.C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton São Francisco – uma revisão. In: Dominguez, J.M.L.; Misi, A. *O Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG-NBa/SE, SGM, CNPq, p. 45-62.

- Almeida, F.F.M. de. 1977 O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.
- Amaral, G. 1976. Carta geológica ao milionésimo da folha de Belo Horizonte. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto, 29, Anais*, v.4, p.229-239.
- Antonil, A.J. 1711. *Cultura e opulência do Brasil por suas drogas e minas*. Texto da edição Recife, Museu do Açúcar; 3a ed. (1982) Itatiaia- editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 239p.
- Antunes, M.T. 1987. Patrimônio geológico e problemas de protecção. *In: II Congresso de Áreas Protegidas, Portugal, Comunicações*, p.589-593.
- Arndt, N.T. 1994. Archean Komatiites. *In: Condie, K.C. (Ed.), Archean crustal evolution. developments in precambrian geology*. Amsterdam, Elsevier, p, 11-44.
- Aspler, L. B & Chiarenzelli, J. R. 1998. Two Neoproterozoic supercontinents? Evidence from the paleoproterozoic. *Sedimentary Geology*, 120: 75–104.
- Associação Européia para a Conservação do Patrimônio Geológico (Progeo) sd. Disponível em: [www.http:// geopor.pt/progeo](http://www.geopor.pt/progeo)
- Asociación para la Interpretación del Patrimonio (AIP) 1999. Sevilla, *Boletín de interpretación*, 1, 18p.
- Ayala-Carcedo, F.J. 2000. Patrimonio natural y cultural y desarrollo sostenible: el patrimonio geológico y minero. *In: Rábano, I. (ed) Patrimonio geológico y minero en el marco del desarrollo sostenible*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España – Colección Temas Geológicos-Mineros, 31, p.17-40.
- Azevedo, A. & Paula, J.S. 2003. *Os primórdios de indústria de ferro no Brasil: uma atração do turismo histórico-cultural em Minas Gerais*. Manuscrito de Especialização, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 45p.
- Babinski, M.; Chemale, F. Jr.; Schumus, W. R. 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, 72:235-245.
- Baird, D.M. 1968. Geology in the public eye. *In: Neale, E.R.W. (ed.) The earth sciences in Canada – a centennial appraisal and forecast*. Canada, Royal Society of Canada, University of Toronto.

- Baltazar, O. F. 2000. Depósitos Minerais. *In: CPRM/DNPM Projeto Rio das Velhas - Texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000* (Reimpressão). Belo Horizonte, Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Minas e Metalurgia, p. 101 -105.
- Baltazar, O. F. & Pedreira, A.J. 2000. Associações litofaciológicas. *In: Projeto Rio das Velhas – texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000* (Reimpressão). Belo Horizonte, Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Minas e Metalurgia, p.43-48.
- Barbosa, B.; Ferreira, N.; Barra, A. 1999. Importância da geologia na defesa do patrimônio geológico, no geoturismo e no ordenamento do território. *Geonovas*, 13:22-33.
- Barbosa, G.V. & Rodrigues, D.M.S. 1967. *Quadrilátero Ferrífero*. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Barettino, D. 2000. Integración de las acciones españolas en las iniciativas internacionales para la conservación del patrimonio geológico. *In: Rábano, I. (ed) Patrimonio geológico y minero en el marco del desarrollo sostenible*. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España – Colección Temas Geológicos-Mineros, 31, p.41-60.
- Barretto, M. 1999. *Turismo e legado cultural: as possibilidades de planejamento*. 4. ed. Papirus, Coleção Turismo, Campinas, 96p.
- Bekker, A.; Sial, A.N.; Karhu, J.A.; Ferreira, V.P.; Noce, C.M.; Kaufman, A.J.; Romano, A.W.; Pimentel, M.M. 2003. Chemostratigraphy of carbonates from the Minas Supergroup, Quadrilátero Ferrífero (Iron Quadrangle), Brazil: stratigraphic record of early Proterozoic atmospheric, biogeochemical and climatic change. *American Journal of Science*, 303:865-904.
- Belo de Oliveira, O.A. 1986. As Falhas de empurrão e suas implicações na estratigrafia e metalogênese do Quadrilátero Ferrífero. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, 34, Anais, v.2, p.1074-1087*.
- Belo de Oliveira, O.A. & Teixeira, W. 1990. Evidências de uma tectônica tangencial proterozóica no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, 36, Anais, p.2589-2603*.
- Beni, L.M.C. 1998. *Análise estrutural do turismo*. 2 ed., SENAC, São Paulo, 427p.

- Bigarella, J.J.; Becker, R.D.; Santos, G.F. 1996. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Ed. da UFSC, Florianópolis.
- Billet, P. 1994. L'Emergence d'un droit du patrimoine géologique en France. *In: Symposium, International sur la Protection du Patrimoine Geologique, Digne Les Bains, 1991. Mémoire*, n.s, n.165, p. 17-19.
- Bo, J.B.L. 2003. *Proteção do patrimônio na Unesco: ações e significados*. UNESCO, Brasília, 185p.
- Brilha, J. 2005. *Património geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Palimage Editores, Viseu, 190p.
- Brueckner, H.; Cunningham, W.D.; Alkmim, F.F.; Marshak S. 2000. Tectonic implications of Precambrian Sm-Nd dates from the southern São Francisco craton and adjacent Araçuaí and Ribeira belts, Brazil. *Precambrian Research*, 99: 255-269.
- Burton, R.F. 1869. *Viagem do Rio de Janeiro a Morro Velho*. Tradução de David Jardim Júnior. 1976; Itatiaia/EDUSP, Belo Horizonte/São Paulo, 366p.
- Calógeras, J.P. 1938. *As minas do Brasil e sua legislação (geologia econômica do Brasil)*. Nacional, São Paulo, Tomo 3º.
- Calvert, J. 1835. *The gold rocks of Great Britain and Ireland, and a general outline of the gold regions of the world, with a treatise on the geology of gold*. Chapman and Hall, London.
- Campos Neto M.C., Basei M.A.S., Vlach S.R.F., Caby R., Szabó; A.J., Vasconcellos P. 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no sul do Cratón do São Francisco, SE - Brasil. *Geologia USP: Série Científica*, v. 4, 1: 13-40.
- Carmo, D.A. & Carvalho, I.S. 2004. Jazigos fossilíferos do Brasil. *In: Carvalho, I.S. Paleontologia*. 2. ed. Interciência, 2v., Rio de Janeiro, p.67-84.
- Carneiro, M.A. 1992. *O Complexo metamórfico do Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, MG: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 233 p.
- Carneiro, M.A.; Teixeira, W.; Carvalho, J.R.I.M. de; Fernandes, R. A. 1998. Enialic tectonic setting of the archaean Rio das Velhas Greenstone Belt: Nd and Pb isotopic evidence from the

Bonfim Metamorphic Complex, Quadrilátero Ferrífero, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 28: 189-200.

Carrara, A. A. 2004. *A real fazenda de Minas Gerais; guia de pesquisa da coleção casa dos contos de Ouro Preto (Instrumentos de Pesquisa, vol. 2)*. UFOP, Ouro Preto, 116 p.

Castelnaud, F. 1949. *Expedição as regiões centrais da América do Sul*. (Biblioteca Pedagógica Brasileira. Serie V. Brasiliana, 266), São Paulo.

Chauí, M. de S. 1999. *Convite à filosofia*. 12 ed. Ática, São Paulo, 440p.

Chen, W.L.J. 2003. *The craft and concepts of interpretation: a look at how national park service interpreters reveal and facilitate opportunities for connections*. Tese de Doutorado, Davis College of Agriculture, Forestry, and Consumer Sciences, West Virginia University, 142p.

Choay, F. 2001. *A Alegoria do patrimônio*. UNESP, São Paulo, 282p.

Claussen, P. 1841. Notes géologiques sur le province de Minas Geraes, au Brésil. *Ac. Sc. Et Bauex Atres (Bruxelles), Bol. 5: 322-344*.

Códice C. M. 1999. *Coleção das notícias dos primeiros descobrimentos das minas da América que fez o doutor Caetano da Costa Matoso sendo ouvidor-geral das de Ouro Preto, de que tomou posse em fevereiro de 1749 & vários papéis*. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte.

Condie, K.C. & Mueller, W.U. 1998. The Precambrian geological environment. *In: Eriksson, P.G.; Condie, K.C.; Tirsgaardc, H.; Mueller, W.U.; Altermanne, W.; Miall, A.D.; Aspler, L.B.; Catuneanu, O.; Chiarenzelli, J.R.. Precambrian clastic sedimentation systems. Sedimentary Geology*, 120: 7-11.

Condie, K.C. 1997. *Plate tectonics and crustal evolution*. 4th ed Butterworth Heinemann, Great Britain, 282p.

Condie, K.C. 2004. Precambrian superplumes events. *In: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.163-172.

Corbin, A. 1984. *O território do vazio – a praia e o imaginário*. Cia das Letras, São Paulo.

- Cordani, U.G.; Teixeira, W.; Siga, O.Jr. 1980. Geocronologia do Quadrilátero Ferrífero. *In: Semana de Estudos Geológicos, Ouro Preto, 21, Anais Boletim*, p.27-44.
- Cormier-Salem, M.C. & Roussel, B. 2000. *Patrimoine naturels: la surenchère. La recharge spécial: la biodiversité*. Paris.
- Correia, T.B. 2006. Núcleos fabris e de mineração no Brasil: as experiências pioneiras (1811-1880). *Risco*, 3: 15-42. Disponível em: <http://www.risco.eesc.usp.br>.
- Cortés, A.G.; Baretino, D.; Gallego, E. 2000. Inventario y catalogación del patrimonio geológico español. Revisión histórica y propuestas de futuro. *In: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.; Gallego, E. Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 51-72.
- Costa, M.T. 1961. Sedimentação e orogênese da Série Minas. Ouro Preto, SICEG, *Boletim* 1, p. 55-61.
- Costa, C. 1987. A conservação do patrimônio geológico. *In: II Congresso de Áreas Protegidas. Portugal, Comunicações*, p.827-833.
- Costa, L. F.; Rocha, M. M.; Sousa, R.M. 2003. *O ouro do Brasil: transporte e fiscalidade (1720 1764)*. Disponível em: http://www.abphe.org.br/congresso2003/Textos/Abphe_2003_83.pdf
- Courcy, V.E. 1997. *Seis semanas nas minas de ouro do Brasil*. Tradução Júlio Castañon Guimarães, estudo crítico Douglas Cole Libby. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte.
- Couto, E. P. & Costa, A.J. 2003. Trajetória histórica da empresa Mineração Morro Velho. *In: V Congresso Brasileiro de História Econômica e VI Conferência Internacional de História de Empresas, Caxambu, Anais*, v. 1, p. 1-18.
- CPRM/DNPM. 2000. *Projeto Rio das Velhas – texto explicativo (reimpressão de 1996)*. Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Minas e Metalurgia, Belo Horizonte, 122p.
- Crocco-Rodrigues, F.A. 1991 *Sistemas de cavalgamento e geologia estrutural da Serra das Cambotas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 131p.
- Cunha, C. J. & Suszczynski, C.A. 1978. *Cia. Minas da Passagem*. Mariana, CMP, 3v.

- Cunha, J.M.F. da; Fonseca, T.N.; Pires, A.S. 1996. *Morro Velho: História, fatos e feitos – the story, events and achievements*. Morro Velho, Nova Lima, 205p.
- D’Andrea, M. & Zarlenga, F. 2000. Lugares de interés geológico e iniciativas nacionales italianas para la conservación de la naturaleza. *In: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.; Gallego, E. Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 171-178.
- Davies, G.F. 1992. On the emergence of plate tectonics. *Geology*, 20:963-966.
- De La Torre 1992. *El turismo: fenómeno social*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Derby, O. 1911. On the mineralization of the gold-bearing lode of Passagem, Minas Gerais, Brazil. *American Journal Sciences*, 4:185-190.
- Diegues, A.C. 2001. *O mito moderno da natureza intocada*. 3 ed. Hucitec, São Paulo, 169p.
- Dingwall, P.R. 2000. Legislación y convenios internacionales: la integración del patrimonio geológico en las políticas de conservación del medio natural. *In: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.; Gallego, E. Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 15-30.
- Dixon, G.; Houshold, I.; Pemberton, M.; Sharples, C. 1997. Geoconservacion in Tasmânia. *Earth Heritage*, 8: 14-15.
- DOCEGEO. 1977. A mina de Morro Velho. DOCEGEO (Arquivo Técnico), Belo Horizonte, 23p.
- Dorr, J.V.N. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. *Professional Paper* 641-A, 110p.
- Dorr, J.V.N.; Guild, P.W.; Barbosa, A.L.M. 1952. The iron ore deposits of Brazil, origin of the Brazilian iron ores. *In: Intern. Geol. Congres. Symposium Sur Les Gisements Du Fer Du Monde*, 19, *Algiers*, v. 1, p. 286-298.
- Drummond, M.S. & Defant, M.J. 1990. A model for trondjemite-tonalite-dacite genesis and crustal growth via slab melting: archean to modern comparisons. *J. Geophys. Res.*, 21: 503-522.

- Duarte, B.P. 1991. *Contribuição ao estudo da geologia do corpo de minério fundão do depósito aurífero de Passagem, Mariana, MG*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 175p.
- Eder, W. & Patzak, M. 2004 Geoparks – geological attractions: a tool for public education, recreation and sustainable economic development. *Episodes*, 27 (3): 162-164.
- Elizaga, E. 1988. Georecursos culturais. *Geología Ambiental*, p. 85-100.
- Endo, I. 1997. *Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 243p.
- Eriksson, P.G. & Alternann, W. 1998. An overview of the geology of the Transvaal Supergroup dolomites (South Africa). *Env. Geol.*, 36(1\2):179-188.
- Eriksson, P.G.; Condie, K.C.; Tirsgaard, H.; Muller, W.U.; Altermann, W.; Miall, A.D.; Aspler, L.B.; Catuneanu, O.; Chiarenzelli, J.R. 1998. Precambrian clastic sedimentation systems. *Sedimentary Geology* 120: 5–53.
- Eriksson, P.G.; Catuneanu, O.; Nelson, D.R.; Muller, W.U.; Altermann, W. 2004. Towards a synthesis. *In: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.739-771.
- Eschwege, W. L. von 1832. *Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens*. Reimer, Berlin, 488p.
- Eschwege, W.L. v. 1822. *Geognostisches gemälde von brasilien und wahrscheinliches muttergestein der diamanten*, Weimar, 44p.
- Eschwege, W.L. v. 1825. *Notícias, e reflexões estatísticas a respeito da província de Minas Gerais*. (Lisboa, 1825). Extracted from Memórias da Academia de Sciencias de Lisboa, IX, pt. 1.
- Eschwege, W.L. v. 1833. *Pluto brasiliensis*. G. Reimer, Berlim, 622p. Tradução de Domicio de Figueiredo Murta, Itatiaia/Ed. USP, 2 vol., Belo Horizonte/São Paulo, 1976.
- Evans, D.A.D. 2006. The quest for paleoproterozoic supercontinents and links to global evolution. *In: Alkmim, F. F. & Noce, C. M. (Org.). The Paleoproterozoic record of the São Francisco*

Craton. IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais, Brasil. *Field Guide and Abstracts*. UFOP-UFBA, v. 1. p.77.

- Fairchild, T. R. & Sallun Filho, W. 2004. *Collenia Itapevensis*, o primeiro fóssil pré-cambriano brasileiro e sua importância no estudo de estromatólitos no Brasil. In: Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., Brito Neves, B. B. (Org.). *Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca, São Paulo, p. 177-187.
- Ferrand, P. M. 1894. *O ouro em Minas Gerais*. Tradução de Júlio Castanõn Guimarães, Notas João Henrique Grossi, Friederich E. Renger, Estudos Críticos João Henrique Grossi (et al). 1998. Fundação João Pinheiro (Mineiriana), Belo Horizonte, 366p.
- Ferreira, A.B. de H.; Anjos, M. dos; Ferreira, M.B. 1999. *Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. 3 ed. totalm.ver e ampl. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2128p.
- Fleischer R. & Routhier P. 1973. The “consanguineous” origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil). *Econ. Geol.*, 68:11-22.
- Furtado, J.F. 1994. Estudo crítico, transcrição e pesquisa histórica. In: Vieira Couto, J. 1799. *Memória sobre a Capitania de Minas Gerais: seu território, clima e produções metálicas*. Belo Horizonte, Fundação João Pinheiro.
- Gair, J.E. 1962. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. U.S. *Geological Survey Professional Paper*, 341-A. 111p.
- Gardner, G. 1975. *Viagem ao interior do Brasil*. Tradução de Milton Amado, Itatiaia/Ed. USP, Belo Horizonte/São Paulo.
- Garofano, M. 2003. *Geoturismo – scoprire le bellezze della Terra viaggiando*. DPS, Italy, 114p.
- Gomes, F. A.M. 1983. *Historia da siderurgia no Brasil*. Itatiaia/Ed. USP, Belo Horizonte/São Paulo, 409p.
- Gonggrijp, G.P. 2000. Planificación y gestión para la geoconservación. In: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.; Gallego, E. *Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 31-50.

- Guimarães, A.P. 1962. *A siderurgia em Minas Gerais: estudo geográfico*. Belo Horizonte.
- Guimarães, D. 1931. *Contribuição à geologia do Estado de Minas Gerais*. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Min. do Brasil, *Boletim*, 55: 36p.
- Guimarães, D. 1965. *Princípios de metalogênese e geologia econômica do Brasil*. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Min. do Brasil, *Boletim*, 121:625p.
- Guimarães, C.M.; Assis, A.P.; Pereira, A.B.; Groenner, D.; Reis, F.M.M.; Souza, J.B. 2002. *Projeto arqueológico: prospecção e topografia do forte de Brumadinho e entorno*. Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Arqueologia, 122 p.
- Hall, C.M. & McArthur, S. 1996. The human dimension of heritage management. Different values. Different interests. Different issues. *In: Hall, C.M.; McArthur, S. (ed). Heritage management in Australia and New Zealand*. Oxford University Press, Melbourne, p.2-21.
- Ham, S.H. 1992. *Environmental interpretation: a practical guide for people with big ideas and small budgets*. Fulcrum Publishing, Golden, Colorado, 427 p.
- Henriques, M.H. 1998. O jurássico do Cabo Mondego e a projecção internacional do património geológico português. *In: I Encontro sobre Paleobiologia dos Dinossáurios*, Museu Nacional de História Natural, Portugal, Lisboa, p. 98-103.
- Herz, N. 1970. Gneissic and igneous rocks of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS/DNPM. *Professional Paper* 641-B, 57p.
- Hirashima, H. 2003. *Mina de Cata Branca subsídios da arqueologia histórica e do geoprocessamento para a elaboração de estratégias de preservação*. Monografia de Especialização, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 86p.
- Hoek, C.; Mann, D.; Jahns, H. 1998. Algae. An introduction to pycology. *Cambridge University Press, Cambridge*, p. 18-41.
- Hollowood, B. 1955. *História de Morro Velho*. St John D'el Rey Mining Company Limited, Londres, 93p.
- Hose, T.A. 1995. Selling the story of Britain's stone. *Environmental Interpretation*, v.2, 10:16-17.

- Hose, T.A. 1996a. Selling coastal geology to visitors. *In: Bennett, M.R.; Doyle, P.; Larwood, J.G.; Prosser, C.D. (eds) Geology on your Doorstep: the role of urban geology in earth heritage conservation*. Geological Society, London, p. 178-195.
- Hose, T.A. 1996b. Geotourism, or can tourists become casual Rockhounds? *In: Bennett, M.R.; Doyle, P.; Larwood, J.G.; Prosser, C.D. (eds) Geology on your Doorstep: the role of urban geology in earth heritage conservation*. Geological Society, London, p. 207-228.
- Hose, T.A. 2000. Geoturismo europeo. Interpretacion geologica y promocion de la conservacion geologica para turistas. *In: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.; Gallego, E. Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 137-160.
- Jordt-Evangelista H.; Alkmim F.F.; Marshak, S. 1992. Metamorfismo progressivo e a ocorrência dos 3 polimorfos Al_2SiO_5 , (cianita, andaluzita e silimanita) na Formação Sabará em Ibirité, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Rev. Esc. Minas*, 45(1/2): 157-160.
- Karhu, J.A. & Holland, H.D. 1996. Carbon isotopes and the rise of atmospheric oxygen. *Geology*, 24:867-870.
- Kasting, J. F. & Ono, S. 2006. Paleoclimates: the first two billion years. *Phil. Trans. R. Soc. B* 361: 917-929.
- King, L.C. 1956. A geomorfologia do Brasil oriental. *Rev. Bras. Geogr.*, 18(2): 147-265.
- Knoll, A.H. 1985. The distribution and evolution of microbial life in the late proterozoic era. *Annual Review of Microbiology*, 39: 391-417.
- Knoll, A.H. & Sweet, K. 1990. Characterization and interpretation of rocks mass joint patterns. *In: The Geological Society of America, Special Paper*, 199:37p.
- Komoo, I. 2005. Geoheritage conservation and its potential for geopark development in Ásia Oceania. *World Geoparks Newsletter*, 01: 01-09.
- Kusky, T.M. & Kidd, W.S.F. 1992. Remnants of an Archean Oceanic plateau, Belingwe greenstone belt, Zimbabwe. *Geology*, 99: 60-62.

- Ladeira, E.A. 1976. Principais feições tectônicas do Escudo Brasileiro. *In: Loczy, L.; Ladeira, E.A. Geologia estrutural e introdução à geotectônica*. Edgard Blucher, São Paulo, p. 431-462.
- Ladeira, E.A. 1980. *Metallogenesis of gold at the Morro Vellho Mine and in Nova Lima district, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Tese (PhD), University of Western Ontario, London, 272p.
- Ladeira, E.A. 1988. Metalogenia dos depósitos de ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais Brasil. *In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (eds.) Principais depósitos minerais do Brasil*. DNPM/CVRD, Brasília, v.3, p. 301-375.
- Landgraf, F. J. G.; Tschiptschin, A. P.; Goldstein, H. 1994. Notas sobre a história da metalurgia no Brasil, 1500-1850. *In: Milton Vargas. (Org.) História da técnica e da tecnologia no Brasil*. UNESP, São Paulo, p.: 107-129.
- Lebreton, P. 1971. L'évolution du concept de conservation de la nature. *Options Méditerranéennes*, 9: 18-25.
- Libby, D.C. 1984. *Trabalho escravo e capital estrangeiro no Brasil: o caso de Morro Velho*. Itatiaia, Belo horizonte.
- Lima J.A. 1978. *A capitania das Minas Gerais*. 2. ed. Rio de Janeiro, 329 p.
- Lima, J.A. 1953. *Notícias históricas: de norte a sul*. Livros de Portugal, Rio de Janeiro, 351 p.
- Machado, N.; Schrank, A.; Noce, C. M.; Gauthier, G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean Paleoproterozoic sequences: implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, Southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, 141: 259-276.
- Machado, N. & Carneiro, M.A. 1992. U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern São Francisco shield, Brazil. *Can. Jour. Earth Sci.*, 29: 2341-2346.
- Machado, N. & Noce, C.M. 1993. A evolução do setor sul do Craton do São Francisco entre 3,1 0,5Ga baseada em geocronologia U/Pb. *In: SBG, II Simpósio do Craton do São Francisco, Salvador, Anais*, p. 100-102.

- Machado, N.; Noce, C.M.; Oliveira, O.A.B. de.; Ladeira, E.A. 1989. Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero no Arqueano e Proterozóico Inferior, com base em geocronologia U-Pb. In: SBG, Simpósio Geologia Minas Gerais e Simpósio Geologia Brasília, *Anais*, p.1-5.
- Machlis, G.E. 1992. Introduction. In: Machlis, G.E.; Field, D.R. (eds). *On interpretation: sociology for interpreters of natural and cultural history*. Oregon State University Press, Cornallis, p. 2-10.
- Magalhães-Gomes, B.P. 2004. *A informação que valoriza os atrativos turísticos: um olhar sobre a interpretação do patrimônio e sua aplicação no Museu Imperial*. Dissertação de Mestrado, Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, 146p.
- Mansur, K. & Erthal, F. 2004. O Projeto Caminhos Geológicos e seus desdobramentos no Estado do Rio de Janeiro. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, XLII, *Resumos*.
- Manthorne, K. E. 1996. O imaginário brasileiro para o público norte-americano do século XIX. *Revista USP*, 30: 58-71.
- Marshak S.; Tinkham D.; Alkmim, F. F.; Brueckner H.; Bornhost, T. 1997. Dome-and-keel provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse –core complexes, diapirs, or neither?: Examples from the Quadrilátero Ferrífero and the Penokean Orogen. *Geology*, 25: 415-418.
- Martin, H. & Moyen, J.F. 2002. Secular changes in tonalite-trondhjemite-granodiorite composition as markers of the progressive cooling Earth. *Geology*, 30: 319-322.
- Martin, H., 1986. Effect of steeper Archaean geothermal gradient on geochemistry of subduction zone magmas. *Geology*, 14:753-756.
- Mateus, A. 2001. Perspectivas actuais da geologia: sua importância educativa. In: Veríssimo, A.; Pedrosa, A.; Ribeiro, R. *(Re)Pensar o ensino das ciências*. Ministério da Educação – Departamento do Ensino Secundário, Portugal, p.107-124.
- Matos, R.J. da C. 1837. *Corografia histórica da Província de Minas Gerais*. 2v. Arquivo Público Mineiro, Belo Horizonte, 1981.
- Mawe, J. 1944. *Viagens ao interior do Brasil: principalmente aos distritos do ouro e dos diamantes*. Z. Valverde, Rio de Janeiro, 347p.

- Megerle, A. 2005. National geoparks and geotourism in Germany: framework and case study Baden-Wuerttemberg and Swabian Alb. *World Geoparks Newsletter*, 01: 10-15.
- Miller, J.S. 1991. Increasing visitor education through a tired approach to interpretation. *In: Visitor Studies Conference, EUA, 1990*, p. 144-151.
- Moyen, J.F. 2004. TTG et adakites: des cas particulier de magmas de zones de subduction. Texte en cours d'élaboration pour Planet-Terre.
Disponível em: <http://christian.nicollet.free.fr/page/adakites-ttgJFMoyen.pdf> ou <http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre/>
- Mueller W.U. & Thurston, P.C. 2004. Introduction – Precambrian volcanism: an independent variable through time. *In: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.271-272.
- Mueller, W.U. & Miall, A.D. 1998. Alluvial depositional systems. *In: Eriksson, P.G.; Condie, K.C.; Tirsgaard, H.; Mueller, W.U.; Altermann, W.; Miall, A.D.; Aspler, L.B.; Catuneanu, O.; Chiarenzelli, J.R.. Precambrian clastic sedimentation systems. Sedimentary Geology*, 120: 21-24.
- Murta, S.M. & Goodey, B. 1995. *Interpretação do patrimônio para o turismo sustentado – um guia*. SEBRAE (MG), Belo Horizonte, 114p.
- Myers, J.S. 2001. Protoliths of the 3.8-3.7 Ga Isua Greenstone Belt, West Greenland. *Precambrian Res.*, 105: 129-141.
- Nelson, D.R. 2004. The Early earth. *In: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.1-64.
- Nisbet, E.G.; Bickle, M.J. & Martin, E.A. 1977. The mafic and ultramafic lavas of the Belingwe Greenstone belt, Rhodesia. *J.Petrol.*, 18: 521-566.
- Noce, C.M. 1995. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 128p.

- Noce, C.M.; Pinheiro, S.O.; Ladeira, E.A.; Sad, J.H.G. 1990. Ocorrência de meta-komatiíto com textura spinifex no Grupo Nova Lima, oeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Resumos*, p.215.
- Noce, C.M.; Zucchetti, M.; Baltazar, O.f.; Armstrong, R.; Dantas, E.; Renger, F.E.; Lobato, L.M. 2005. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crustal in the evolution of the Neoproterozoic Rio das Velhas greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U-Pb zircon dating of volcanoclastic gray wackes. *Precambrian Research*, 141: 67-82.
- Nordic Council of Ministers. 2000. *Diversity in Nature*. Disponível em: <http://www.norden.org>.
- Ohmoto, H. 2004. Archean atmosphere, hydrosphere and biosphere. *In: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.361-387.
- Oliveira, G.A.I.; Clemente, P.L.C.; Vial, D.S. 1983. Excursão à mina de ouro de Morro Velho. *In: SBG, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 2, Anais*, p. 497-505.
- Oliveira, S.G.B. 2000. *O potencial didático e pedagógico de objectos geológicos com valor patrimonial: o Bajociano de Ançã e do Cabo Mondego*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra, 125p.
- Ordenações Afonsinas. Disponível em: <http://www.uc.pt/ihti/proj/afonsinas/>
- Ordenações Filipinas. Disponível em: <http://www.uc.pt/ihti/proj/filipinas/>
- Ordenações Manuelinas. Disponível em: <http://www.uc.pt/ihti/proj/manuelinas/>
- Organização Mundial do Turismo (OMT) 2001. *Introdução ao turismo*. Rocca, São Paulo.
- Orion, N. 1998. Implementation of new teaching strategies in different learning environments within the science education. *In: Conferência Internacional – Projectar o Futuro: Políticas, Currículos, Práticas. Comunicações*, p. 125-139.
- O'Rourke, J.E. 1957. *The stratigraphic on metamorphic rocks of the Rio das Pedras and Gandarela Quadrangles, Minas Gerais*. PhD Thesis, University of Wisconsin, 106p.

- Padilha, A.V. 1984. Formação Córrego dos Boiadeiros – uma seqüência komatiítica na base do Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: SBG, Cong. Geol.*,33, Rio de Janeiro, *Anais* , v. 6:2668-2679.
- Padilha, A.V., Silva J.R., J C da & Oliveira, S.O. de. 1985. A unidade metavulcânica do Grupo Nova Lima no Córrego dos Boiadeiros: uma seqüência máfica-ultramáfica komatiítica na base Supergrupo Rio das Velhas, na área central do Quadrilátero Ferrífero, MG. *Rer. Bras. Geoc.*, 15(1):74-84.
- Pedreira, A. J. 1995. Associações de litofácies do Supergrupo Rio das Velhas. Salvador, CPRM, 4p. (Relatório Interno).
- Pedrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Vidal, P.H.; Monteiro, R.L.B.P.; Leonardos, O.H. 1992. Toward a new tectonic model for the late proterozic Araçuaí (S Brazil) – west Congolian (SW Africa) Belt J. South. Am. *Earth Sci.*, 6: 33-47.
- Pellegrini, F.A. 2000. *Ecologia, cultura e turismo*. Coleção turismo, Papirus, São Paulo, 188p.
- Pereira, H.J.R. 2004. *Contribuição para a valorização, geoconservação e gestão da jazida fossilífera de Cacela (Parque Natural da Ria Formosa, Algarve, Portugal)*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências do Mar e Ambiente, Universidade do Algarve, 144p.
- Pinheiro, S.O. 1998. *Petrologia das rochas ultramáficas da região de Rio Manso, Minas Gerais*. Tese de Doutorado em Geologia, Universidade de Brasília.
- Pires, P.F.R. 2005. *Gênese dos depósitos auríferos em metaconglomerados da Formação Moeda, Quadrilátero Ferrífero, MG: o papel do metamorfismo e associação com a matéria carbonosa*. Tese de Doutorado, Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Unicamp.
- Polat, A.; Kerrich, R.; Wyman, D.A. 1998. The late Archean Scheiber-Hemlo and White River-Dayohessarah Greenstone Belts, Superior Province: collages of oceanic plateaus, oceanic arcs, and subduction-accretion complexes. *Tectonophysics*, 289: 295-326.
- Prado JR., C. 1942. *Formação do Brasil contemporâneo*. Brasiliense, São Paulo.
- Quaresma, L.F. 2001. *Balanço mineral brasileiro 2001- Ferro*. Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília, p 1-27.

- Reis, L.A.; Neto, M.A.M.; Gomes, N.S.; Endo, I.; Evangelista, H.J. 2002. A bacia de antepaís paleoproterozóica Sabará, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Rev. Bras. Geoc.*, 32:27-42.
- Renger, F.E.; Noce, C.M.; Romano, A.W.; Machado, N. 1994. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, 2(1): 1-11.
- Renger, F.E.; Suckau, V.E.; Silva, R.M.P. 1993. Sedimentologia e análise da bacia da Formação Moeda, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *In: SBG, VII Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Anais*, p. 41-45.
- Rivas, F.V.; Rivera, F.M.; Guadalupe, G. 2001. Situación ambiental del patrimonio geológico en el Perú. *Revista del Instituto de Investigación*, v.4, n.8. Disponível em: http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/vol4_n8_2001
- Romano, A.W.; Rosière, C.A.; Costa, R.D. 1992. Duplo regime cinemático na região da falha do Engenho, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 37, Boletim de Resumos*, p.360-361.
- Rosière, C.A. & Chemale, F. Jr. 2000. Brazilian iron formations and their geological setting. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(2):274-278.
- Rosière, C.A.; Renger, F.E.; Piuzana, D.; Spier, C.A. 2005. Pico de Itabira, Minas Gerais - marco estrutural, histórico e geográfico do Quadrilátero Ferrífero. *In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A.; Souza, C.R.G. ; Fernandes, A.C.S. (Edit.) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 21/6/2005 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio042/sitio042.pdf> .
- Ruchkys, U.A.; Noce, C.M.; C. Schobbenhaus; B.P. Magalhães-Gomes. 2006. Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um potencial candidato a Geoparque. *In: SBG, 43 Congr. Bras. Geol. (Aracaju), Anais, Simp. 17*, p. 91.
- Ruchkys, U.A.; Renger, F.E.; Noce, C.M.; Magalhães-Gomes, B.P.; Machado, M.M.M. 2006. A Serra da Piedade e sua importância como patrimônio geológico, histórico, turístico e religioso de Minas Gerais. *In: SBG, 43 Congr. Bras. Geol. (Aracaju), Anais, Simp. 17*, p. 261

- Rugendas, J.M. 1835. *Voyage pittoresque dans le Brésil*. Tradução em português: Viagem pitoresca através do Brasil. Ed. USP/Itatiaia, São Paulo, Belo Horizonte 1979 (8.ed.), 288p.
- Ruiz-Bedoya, D. 1994. Le patrimoine géologique dans le contexte d'un pays en voie de développement, un exemple: la Colombie. *In: Symposium, International Sur La Protection Du Patrimoine Geologique, Digne Les Bains, 1991, Mémoire, n.s, n.165, p. 59-60.*
- Saint-Hilaire, A. 1838. *Voyage dans l'intérieur du Brésil: voyage dans le district des diamants et sur le littoral du Brésil*. Tradução de L. de A. Pena: *Viagem pelo distrito dos diamantes e litoral do Brasil*. Itatiaia/Edusp, Belo Horizonte/São Paulo, 1974, 233 p.
- Salvan, H.M. 1994. Un problème d'actualité: la sauvegarde du patrimoine géologique. Quelques réflexions. *Symposium, International Sur La Protection du Patrimoine Geologique, Digne Les Bains, 1991. Mémoire, n.s, n.165, p. 229-230.*
- Santos, F.M. dos. 1973. *A mineração de ferro no Quadrilátero Ferrífero (estudo geográfico)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 132p.
- Santos, M. 2001. *As estradas reais: introdução ao estudo dos caminhos do ouro e do diamante no Brasil*. Editora Estrada Real, Belo Horizonte, 180p.
- Santos, R.V.; Fernandes, S.; Menezes, M.G.; Oliveira, C.G. 1995. Geoquímica de isótopos estáveis de carbono em rochas carbonosas do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências, 25(1): 1-7.*
- Santos-Pires, A. O. 1902. A Serra da Piedade. *Rev. Arqu. Publ. Min., 7:813-826.*
- Sharples, C. 2002. *Concepts and principles of geoconservation*. Disponível em: <http://www.dpiwe.tas.gov.au/inter.nsf/webpages/>.
- Schrank, A.; Padilha, A.V.; Sichel, S.; Szabò, G.J.A. 1984. Komatiitos de Minas Gerais. *In: SBG, Congr. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, Anais, 12: 5335-5378.*
- Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (Edit.) 2002. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, 554p.

- Schobbenhaus, C. 2005. Projeto Geoparques da CPRM. Disponível em:
http://www.unb.br/ig/sigep/destaques/PROJETO_GEOPARQUES.pdf.
- Schopf, J.W. 1995. Ritmo e modo da evolução microbiana pré-cambriana. *Estud. av.* (online). vol. 9, n. 23, p. 195-216.
Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103.
- Schopf, J.W. 2004. Earth's earliest biosphere: status of the hunt. *In*: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). *The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.516-538.
- Schorscher, H.D. 1978. Komatiítos na estrutura "greenstone belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *In*: SBG, Cong. Bras.Geol.,30, *Anais*, p.292-293.
- Scifoni, S. 2003. Patrimônio mundial: do ideal humanista à utopia de uma nova civilização. *Geosp – Espaço e Tempo*, 14: 77-88.
- Scliar. 1992. Geologia da Serra da Piedade. *In*: Horta, R.D. (org.) *Serra da Piedade*. CEMIG, Belo Horizonte, 136 p.
- Sial, A.N.; Ferreira, V.P.; Gaucher, C.; Bossi, J.; Hartmann, L.A.; Toselli, A.J.; Parada, M.A.; Romano, A.W.; Noce, C.M.; Wildner, W. 2006. Lomagundi carbon isotope anomaly in Paleoproterozoic carbonates Brazil and Uruguay. *In*: V South American Symposium of Isotope Geology (V SSAGI), Punta del Este. *Short Papers*, 1: 310-313.
- Silva, E. de M.S. 1972. *O ferro na história e na economia do Brasil*. Siderográfica, Volta Redonda.
- Sichel, S.E. & Valença, J.G. 1983. Geologia da região de Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, MG. *In*: SBG, II Simpósio de Geologia de Minas Gerais, *Anais*, p. 197-208.
- Simmons, G.C.; Maxwell, C.H. 1961. *Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 211, 30p.
- Sirvastava, N.K. 2004. Estromatólitos. *In*: Carvalho, I.S. *Paleontologia*. 2.ed., Interciência, Rio de Janeiro, 2v., p.171-195.

- Soria, M. & Meléndez, G. 1998. La protección del patrimonio paleontológico en España: actuación de la comisión de patrimonio de la sociedad Española de paleontología (SEP). *Sedpgym – Camarasa*, 3: 25-33.
- Souza P.C. & Mueller G. 1984. Primeiras Estruturas algais comprovadas na Formação Gandarela, Quadrilátero Ferrífero. *Revista Escola de Minas de Ouro Preto*, 2: 13-21.
- Souza, T.M.F. 2002. *Onde o sol nunca brilha: uma história dos investimentos britânicos e da mudança tecnológica na mineração aurífera de Minas Gerais no século XIX*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Souza, T.M.F. 2003. *Investimentos britânicos na mineração brasileira do século XIX: conceito e estratégia do capital*.
Disponível em: www.abphe.org.br/congresso2003/Textos/Abphe_2003_27.pdf.
- Spier, C.A. 2005. *Geoquímica e gênese das formações ferríferas bandadas e do minério de ferro da Mina de Águas Claras, Quadrilátero Ferrífero, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 298p.
- Spix, J.B. & Martius, C.F.P. 1981. *Viagem pelo Brasil (1817-1820)*. Tradução de Lúcia Furquim Lahmeyer. Edusp/Itatiaia, São Paulo/Belo Horizonte.
- Suzannet, C. 1845. *O Brasil em 1845: (semelhanças e diferenças após um século)*. Rio de Janeiro, 1957, 249p.
- Tardy, Y. 1997. Geoquímica global: oscilações climáticas e evolução do meio ambiente desde quatro bilhões de anos. *Estud. av.* (online), vol. 11, n. 30, p. 149-173.
Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103.
- Taylor, R. 1993. The influence of a visit on attitude and behavior toward nature conservation. *In: Visitor Studies Conference*, Albuquerque, New Mexico, p.163-171.
- Teixeira, W.; Sabaté, P.; Barbosa, J.; Noce, C.M.; Carneiro, M.A. 2000. Archean and paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. *In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. (Ed.) International Geological Congress, Rio de Janeiro, 31, Tectonic evolution of South America*, p. 101-137.

- Theodossiou-Drandaki 2000. Sin educación no es posible la conservación. *In*: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.; Gallego, E. *Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 119-135.
- Thomas, K. 1988. *O homem e o mundo natural*. Cia. das Letras, São Paulo, 454p.
- Tilden, F. 1957. *Interpreting our heritage*. Chapell Hill, University of North Carolina Press.
- Toenges, W.H. 1986. Wilhelm Ludwig von Eschwege “*Um pioneiro alemão da indústria de extração de minério no Brasil*”. *Der Anschnitt* 38, H. 5 -6. Traduzido por Gabriel Monteiro de Barros.
- Tschudi, J.J. von 1866. *Viagens através da América do Sul*. Publicado em 1866, Leipzig, pela Editora F.A. Brockhaus. Tradução: Friedich E. Renger e Fábio Alves Júnior. Publicado em 2006 pela Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2v.
- Tucker, M.E. 1990. *Sedimentary Petrology*. Blackwell, Oxford, 260p.
- UNESCO 1972. Patrimônio mundial natural e cultural. Disponível em: <http://www.unesco.org.br>.
- UNESCO 1996. Seminário nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. UNESCO Brasil, São Paulo, 63p.
- UNESCO 1999. *UNESCO Network of Geoparks*, Paris.
- UNESCO 2004a. *Textos fundamentales edición de 2004 Constitución de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (Aprobada en Londres el día 16 de noviembre de 1945). UNESCO, Paris, 2004. Disponível em: <http://portal.unesco.org>.
- UNESCO 2004b. Operational guideline for National Geoparks seeking UNESCO’s assistance. Disponível em: <http://www.unesco.org/science/earthsciences/geoparks/geoparks.htm>
- Varjão, C.A. 1991. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, 21(2): 138 -145.
- Vasconcellos, S. 1946. Origem e fundação do Sabará. *Rev. Inst. Hist. Geogr. Minas Gerais*, 2: 178-188.

- Veizer, J.; Hoefs, J.; Ridler, R.H.; Jensen, L.S. Lowe, D.R. 1989. Geochemistry of precambrian hydrothermal systems. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53:845-857.
- Vial, D.S. 1988. Mina de ouro de Passagem, Mariana, Minas Gerais. *In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (ed.). Principais Depósitos Minerais do Brasil*. DNPM/Companhia Vale do Rio Doce, Brasília, 3: 421-430.
- Vieira Couto, J. 1801. Memórias sobre as minas de Minas Gerais; publicada em 1900 na *Rev. Arq. Públ. Mineiro*, v. 6.
- Vieira Couto, J. 1799. *Memória sobre a Capitania das Minas Gerais: seu território, clima e produções metálicas*. Estudo crítico, transcrição e pesquisa histórica de Júnia Ferreira Furtado. 1994. Belo Horizonte, Fundação João Pinheiro/Centro de Estudos Históricos e Culturais.
- Vieira, F.W.R.; Cordani-Filho, M.; Fonseca, J.T.; Pereira, A.; Oliveira, G.A.I.; Clemente, P.L.C. 1991. Gold deposits related to greenstones belts in Brazil – deposit modeling. *In: Workshop, Part A – Excursions*, Thorman, C.H.; Ladeira, E.A.; Shunabbel, D.C. (eds), USGS *Bulletin* 1980- A, p.75-86.
- Vieira, F.W.R. & Oliveira, G.I. 1988. Geologia do distrito aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. *In: Schobbenhaus, C. & Coelho, C.E.S. (ed.). Principais Depósitos Minerais do Brasil*. DNPM/Companhia Vale do Rio Doce, Brasília, 3: 377-391.
- Wallace R.M. 1965. Geology and mineral resources of the Pico de Itabirito district Minas Gerais, Brazil. USGS *Prof. Paper*, 341- F, 68 p.
- Wilson, A.H. & Versfeld, J.A. 1994. The early archean Nondweni greenstone belt, southern Kaapvaal Craton, south Africa, Part II. Characteristics of the volcanic rocks and constraints on magma genesis. *Precambrian Research* 67: 277-320.
- Wimbledon, W.A.; Beton, M.J.; Bevins, R.E.; Black, G.P.; Bridgland, D.R.; Cleal, C.J.; Cooper, R.G.; May, V.J. 1996. The development of a methodology for the selection of British Geological sites for conservation: Part 1 ProGeo. *Modern Geology – Special Issue*, 211p.
- Wimbledon, W.A.P.; Ishchenko, N.P.; Gerasimenko, L.O.; Suominen, V.; Johansson, C.E.; Freden, C. 2000. Proyecto Geosites, una iniciativa de la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La ciencia respaldada por la conservación. *In: Baretino, D.; Wimbledon, W.A.P.;*

Gallego, E. *Patrimonio geológico: conservación y gestión*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Espanha, p. 73 -100.

Windley, B.F. 1995. *The evolving continents, 3rd edn*. John Wiley and Sons, Chichester, 526p.

Young, G.M. 2004. Earth's two great Precambrian glaciations: aftermath of the "Snowball Earth" Hypothesis. *In*: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). *The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.440-447.

Zegers, T.E. & Van Keken, P.E. 2001. Middle Archean continent formation by crustal delamination. *Geology*, 29: 1083-1086.

Zegers, T.E. 2004. Granite formation and emplacement as indicators of Archaean tectonic processes. *In*: Eriksson, P.G.; Altermann, W.; Nelson, D.R.; Mueller, W.U.; Catuneanu, O. (Eds.). *The Precambrian Earth tempos and events*. Elsevier, Amsterdam, p.103-118.

Zuefle, M. 1997. Religious identification and environmental attitudes among interpreters. *Legacy*, 2:6-9, 34-35.