



**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**

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

R899p
2007

Ruchkys, Úrsula de Azevedo.

Patrimônio geológico e geoconservação no
Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais [manuscrito]:
potencial para a criação de um geoparque da
UNESCO / Úrsula Ruchkys de Azevedo. – 2007.

xvi, 211 f. : il.; enc.

Orientador: Carlos Maurício Noce.

Co-orientador: Carlos Schobbenhaus.

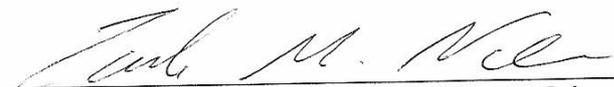
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais,
Instituto de Geociências, 2007.

Área de concentração: Geologia Econômica Aplicada.

Bibliografia: f. 189-211

1. Recursos naturais – Conservação – Teses. 2. Geologia – Teses.
3. Quadrilátero Ferrífero (MG) – Teses. 4. UNESCO – Teses. I. Noce,
Carlos Maurício. II. Schobbenhaus, Carlos. III. Universidade Federal
de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia.
IV. Título.

Tese defendida e aprovada, em 06 de junho de 2007, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



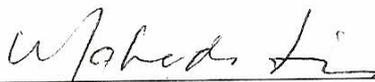
Prof. Dr. Carlos Maurício Noce- Orientador



Prof. Dr. Friedrich Ewald Renger



Prof. Dr. Wilson Teixeira



Prof. Dr. Manfred Wingé



Prof. Dr. Fernando Flecha de Alkmim

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 Márcia Maria Magela;

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-zóico 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. ESPANHA

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.

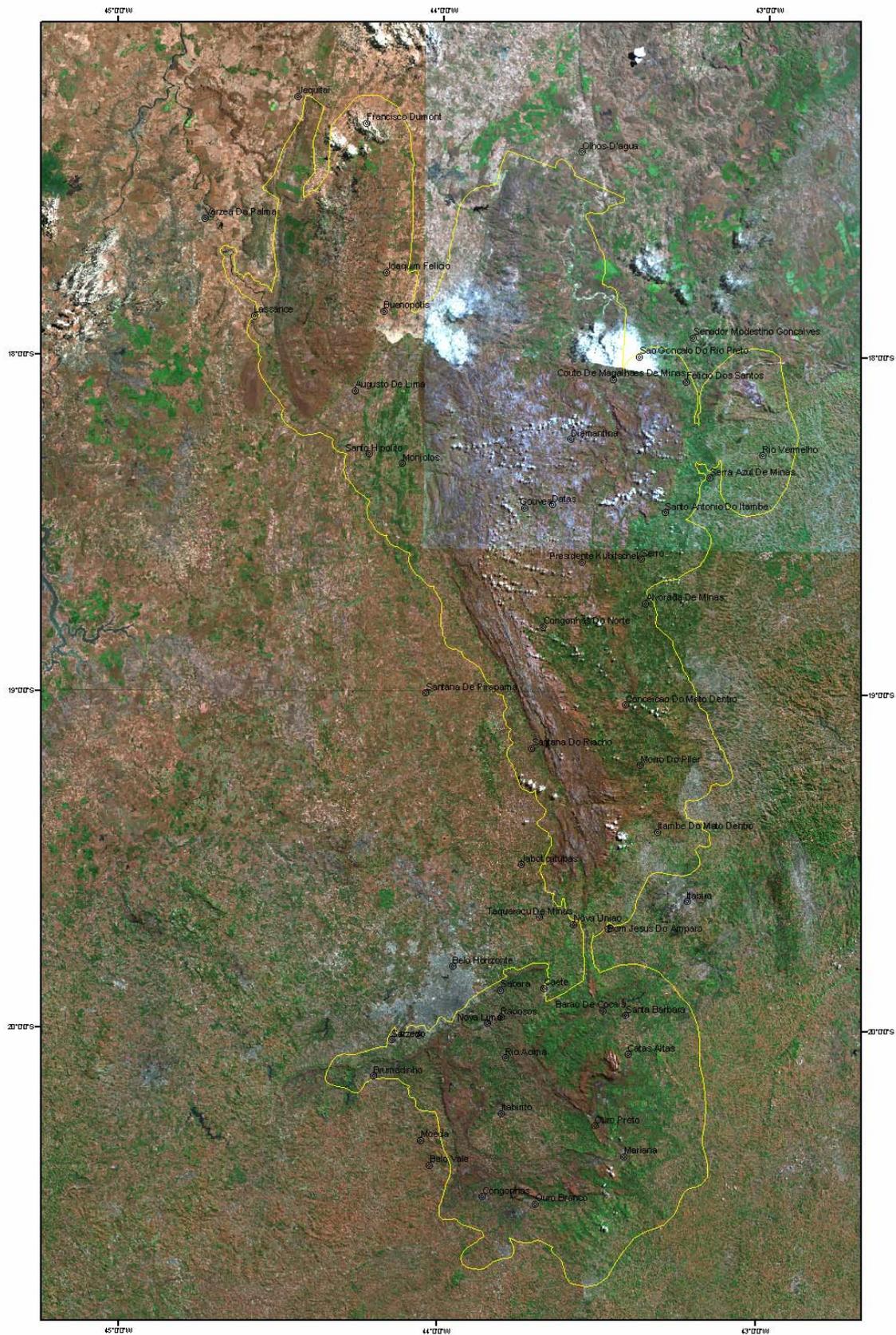


Figura 4.1 – Reserva da Biosfera do Espinhaço envolvendo a área do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Folder de divulgação da Reserva da Biosfera do Espinhaço. Elaboração coordenada por Miguel Ângelo Andrade

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/espço) 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); Iguazu (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.

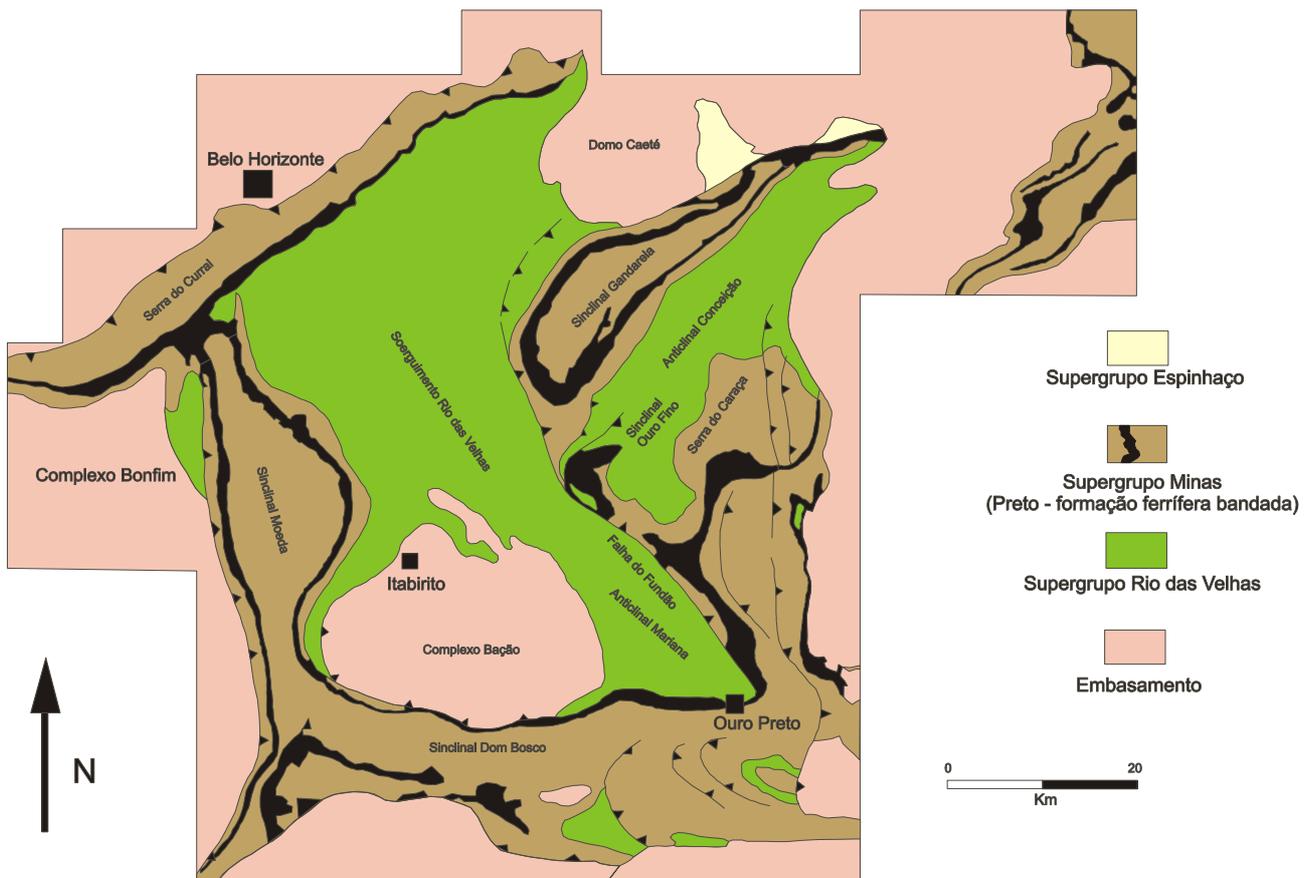


Figura 5.2 – Mapa geológico simplificado do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)

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.

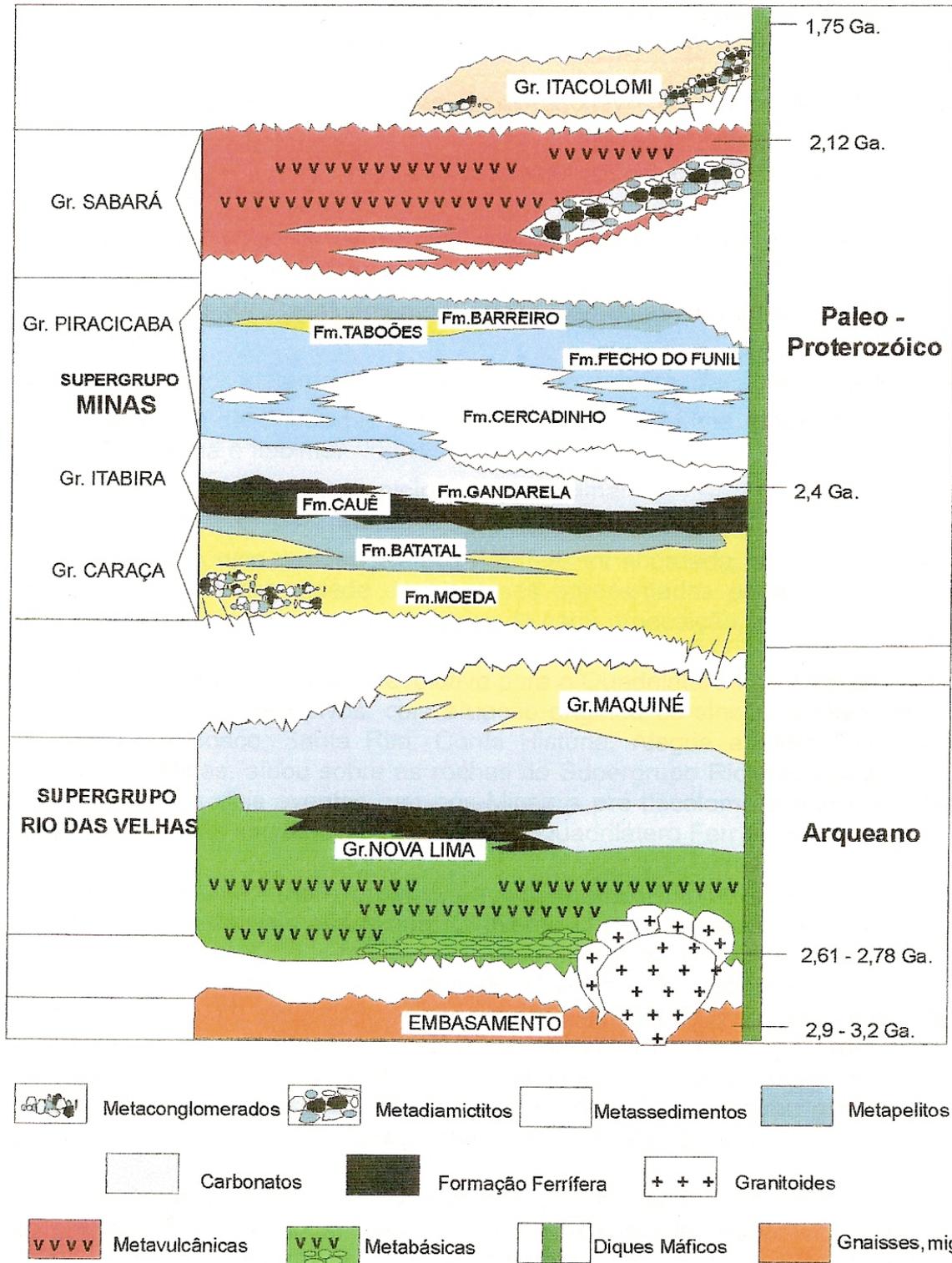


Figura 5.3 – Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)

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).

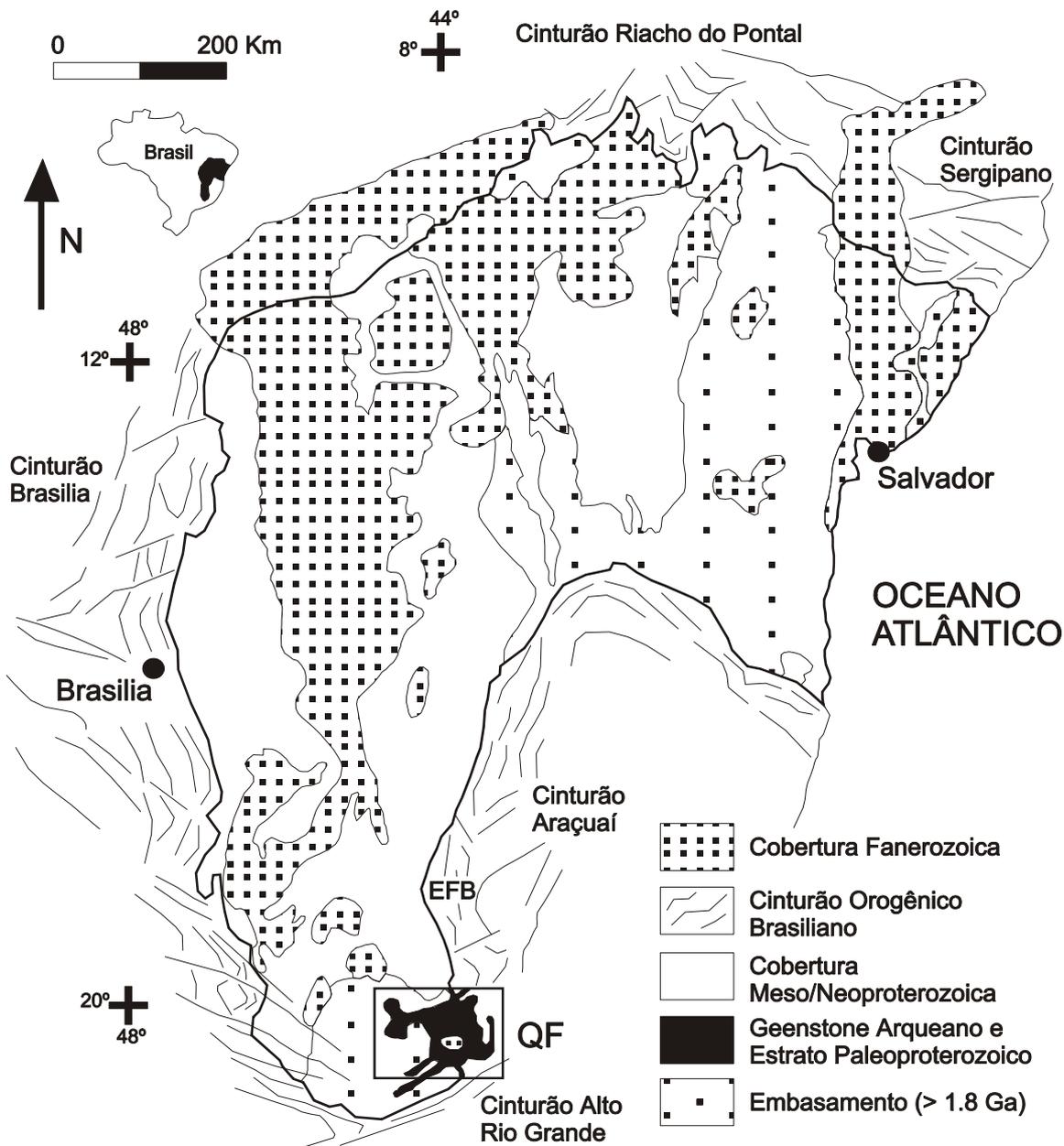


Figura 5.4 – Mapa regional do Craton São Francisco, com a localização do Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Alkmim & Marshak (1998)

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 (gnaiesses, 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 sequências 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 referenciação 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).

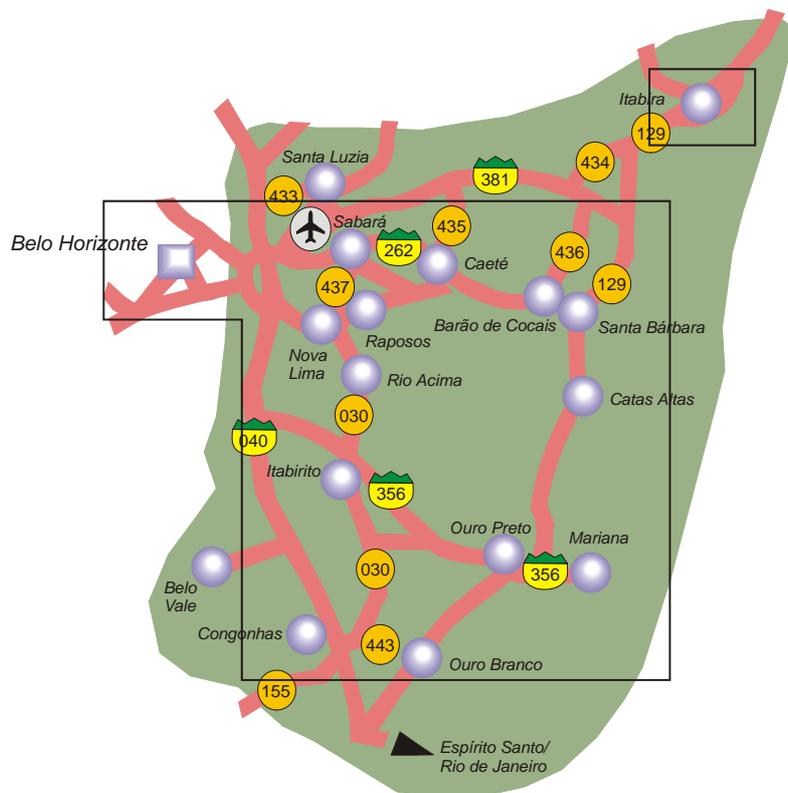


Figura 6.1 – Circuito do Ouro e sua relação com o Quadrilátero Ferrífero. Fonte: Departamento de Estradas de Rodagem – DER/MG (2000)

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.