

ESTUDO ESPELEOLÓGICO COMPARATIVO EM CAVIDADES NATURAIS SUBTERRÂNEAS, IMPACTADAS E ANTRÓPICAS EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS

*SPELEOLOGY COMPARATIVE STUDY IN NATURAL UNDERGROUND CAVITIES, IMPACTED AND
MAN-MADE IN IRON FORMATIONS*

Pierre Munaro

VALE.S.A.

Contatos: pierre.munaro@vale.com.

Resumo

Está em desenvolvimento um projeto espeleológico piloto na Serra de Antônio Pereira, Município de Mariana/MG, em uma área de ocorrência de formação ferrífera e litotipos associados. A peculiaridade reside no fato de que cavidades naturais, cavidades naturais afetadas pela atividade humana e cavidades artificiais ocorrem juntas neste sítio, como resultado da exploração aurífera levada a termo desde a época dos Bandeirantes até o século passado. O projeto envolve um conjunto de estudos geo e bioespeleológicos com o objetivo de avaliar e comparar a evolução da dinâmica cavernícola em relação a condicionantes variadas de intervenção antrópica.

Palavras-Chave: formação ferrífera, canga, itabirito, cavidades naturais, cavidades antrópicas.

Abstract

A pilot speleological project is being developed at Serra de Antonio Pereira Mariana Town Minas Gerais in an area of occurrence of banded iron formation and associated rocks. The peculiarity lies in the fact that natural cavities affected by human activity and artificial cavities occur together at this site as a result of gold mining exploration taken place since the Pioneers up to the last century. The project involves a number of geo and bioespeleology studies in order to evaluate and compare the dynamic evolution of the cave in relation to various conditions of human intervention.

Key-words: iron formation, yoke, itabirite, natural cavities, cavities anthropogenic.

1. INTRODUÇÃO

Em função da publicação do Decreto Federal 6640/2008 e da Instrução Normativa 2/2009 do Ministério do Meio Ambiente – MMA, que trata da preservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro, está em curso um importante esforço para o levantamento e estudo de cavidades naturais subterrâneas em formações ferríferas e litotipos associados na região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais.

Embora não tenha sido um ambiente de especial interesse para os espeleólogos até recentemente, com poucos trabalhos na literatura especializada sobre o tema, as cavidades neste contexto geológico hoje chamam a atenção pela associação com minério de ferro, matéria-prima fortemente demandada e valorizada nos últimos anos e que tem o Brasil como um dos principais produtores mundiais.

Com a necessidade de se conhecer os tópicos relevantes da gênese e preservação da dinâmica das

cavidades naturais relacionadas a este contexto geológico peculiar, hoje diversos estudos espeleológicos estão em desenvolvimento para se entender os processos envolvidos em tal dinâmica.

Este trabalho descreve uma das vertentes deste estudo cavernícola: encontra-se em andamento um projeto espeleológico piloto na Serra de Antônio Pereira em Mariana/MG, na localidade conhecida como Gogo, onde cavidades naturais, impactadas e artificiais (poços e galerias de pesquisa) ocorrem em formação ferrífera (itabirito) capeada por canga. O objetivo deste projeto é comparar a dinâmica e evolução de cavidades com diferentes graus de impacto relacionados à atividade humana.

A área foi selecionada pelo insólito agrupamento de cavidades naturais, cavidades naturais impactadas pela ação antrópica e cavidades artificiais em um mesmo sítio geográfico e no mesmo contexto geológico. As atividades de campo tiveram início em jan/2011, com previsão de um ano para conclusão do estudo.

A região foi o berço da exploração aurífera em Minas Gerais, onde ocorreram as primeiras incursões de Bandeirantes a partir do século XVII. Nos séculos seguintes, sucessivos ciclos de exploração aurífera tiveram lugar, primeiramente nos vales, onde o ouro aluvionar podia ser recuperado com relativa facilidade por processos rudimentares de mineração. À medida que o ouro foi se esgotando nas drenagens, a atividade garimpeira se expandiu para as fraldas das montanhas, para retirar o ouro colúvio/eluvionar, e posteriormente para a prospecção do ouro primário.

Registros arqueológicos deste período histórico são comuns em Minas Gerais, na forma de vestígios de edificações, estruturas de antigos condutos de água, ‘mundéos’ e objetos talhados em pedra. As cavidades naturais também serviram como acessos para a exploração aurífera, evidenciados pela ocorrência de empilhamentos de pedras, resquícios de objetos e escavações no interior de várias delas. Tais registros deram subsídios à criação da Área de Tombamento Paisagístico e Arqueológico de Mariana/MG, um Decreto Municipal de Tombamento, nos morros contíguos de Santana e Santo Antônio.

No século XIX tem início a lavra subterrânea na Mina de Passagem, localizada no sopé do Morro Santo Antônio. A partir de então e até o século XX, empresas com recursos tecnológicos escavaram poços e galerias de pesquisa na região dirigidas para o estudo e a exploração de ouro primário e, posteriormente, minério de ferro. No presente, as atividades de mineração estão paralisadas.

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO À ÁREA DE PESQUISA

A área de estudo localiza-se na Serra de Antônio Pereira, na divisa com os municípios de Mariana e Ouro Preto (MG), nas cercanias da sede do município de Mariana. Abrange 118 hectares e é contígua a norte ao Sítio de Tombamento Paisagístico e Arqueológico dos Morros de Santana e Santo Antônio (fig. 01), separado do mesmo pelo Córrego do Fundão.

O acesso é possível percorrendo-se a MG-129 desde Mariana em direção a Catas Altas; na altura do km 03, toma-se uma rua lateral à esquerda com acesso veicular ao Bairro Santana (também conhecido como Gogo). A partir daí, percorre-se a pé ao longo de trilhas e picadas.

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para este trabalho, foram selecionadas 14 cavidades naturais e 08 galerias em uma área de 118 hectares (fig. 02). A seleção foi feita com base no desenvolvimento horizontal, evidências de atividade antrópica, presença de fauna cavernícola, presença de corpos hídricos, espeleotemas e estruturas atípicas. Tanto as cavidades naturais como as antrópicas foram topografadas em grau de precisão 5D (BCRA) para um detalhamento interno de detalhe para os estudos espeleológicos.

Um dos critérios chaves para a classificação de relevância das cavidades refere-se às peculiaridades das espécies cavernícolas encontradas. A área selecionada foi considerada uma oportunidade para a realização de um levantamento bioespeleológico piloto visando comparar a biota existente em cavidades impactadas e não impactadas, para verificar qual a relevância da atividade antrópica em relação à preservação desta biota.

O estudo bioespeleológico objetiva investigar a eventual distribuição de espécies troglóbias nos variados ambientes cavernícolas, sejam naturais ou artificiais. Consta do levantamento das espécies de invertebrados através do método de procura/captura ativa nos diversos ambientes existentes no interior da cavidade, em duas etapas de coleta, na estação seca e chuvosa. Os organismos serão agrupados por morfoespécies e identificados com o auxílio de chaves para características morfológicas. O material será direcionado à Universidade Federal de Lavras (UFLA). Será feita ainda a caracterização ambiental das cavidades naturais e os impactos existentes. A fonte de recursos orgânicos no interior das cavidades igualmente será investigada.

O levantamento geoespeleológico compreende a identificação das litologias e estruturas geológicas, bem como a análise morfológica para compreensão da dinâmica e evolução das cavidades naturais e os aspectos relevantes nas cavidades antrópicas. Faz parte do escopo a identificação e a descrição dos depósitos clásticos, químicos e orgânicos encontrados. Quando da presença de corpos hídricos, será estabelecida a dinâmica hidrológica da cavidade. Os espeleotemas encontrados serão caracterizados química e mineralogicamente.

As cavidades de ocorrência natural serão submetidas à análise de relevância de acordo com a metodologia prevista pela IN 02/2009 do MMA, contribuindo, inclusive, para o aprimoramento dos parâmetros de relevância propostos.

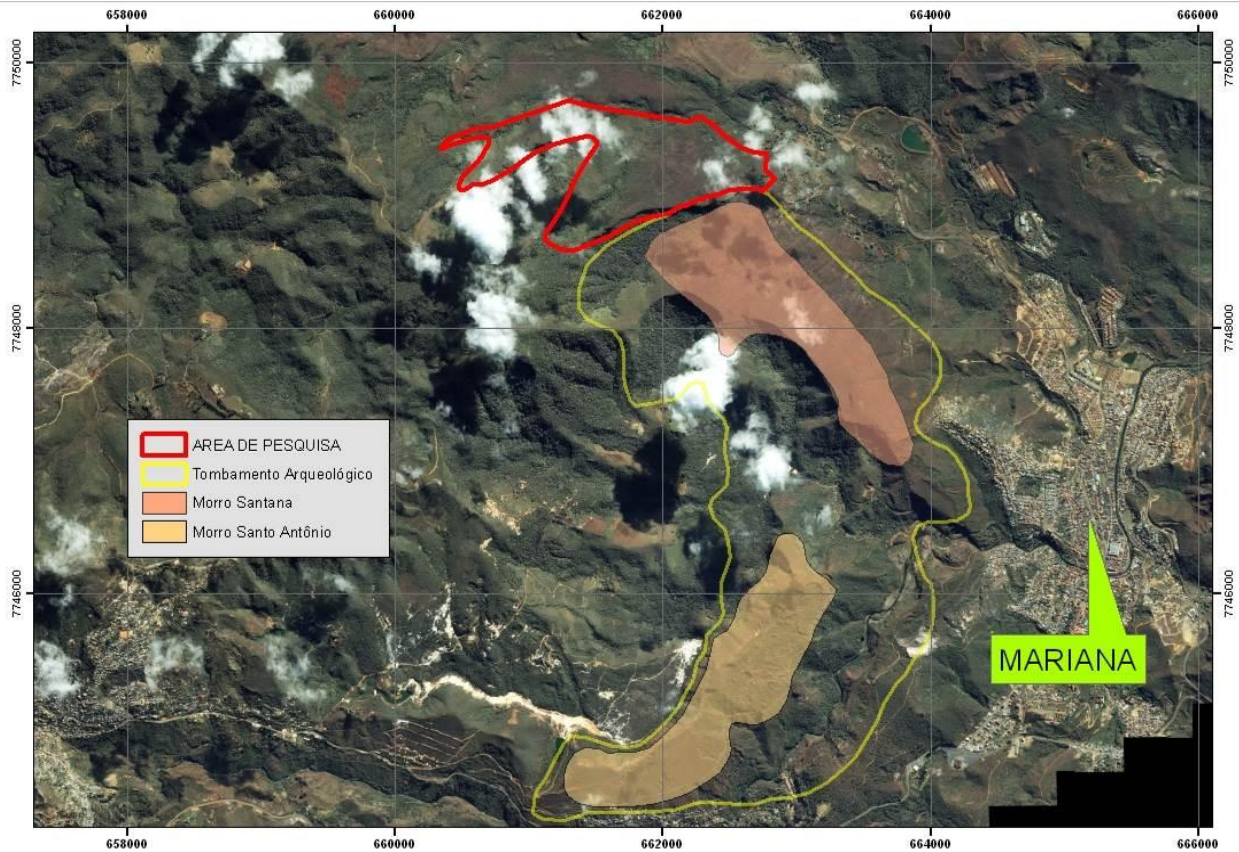


Figura 01 – Localização do projeto de pesquisa em relação à área de Tombamento e à cidade de Mariana/MG

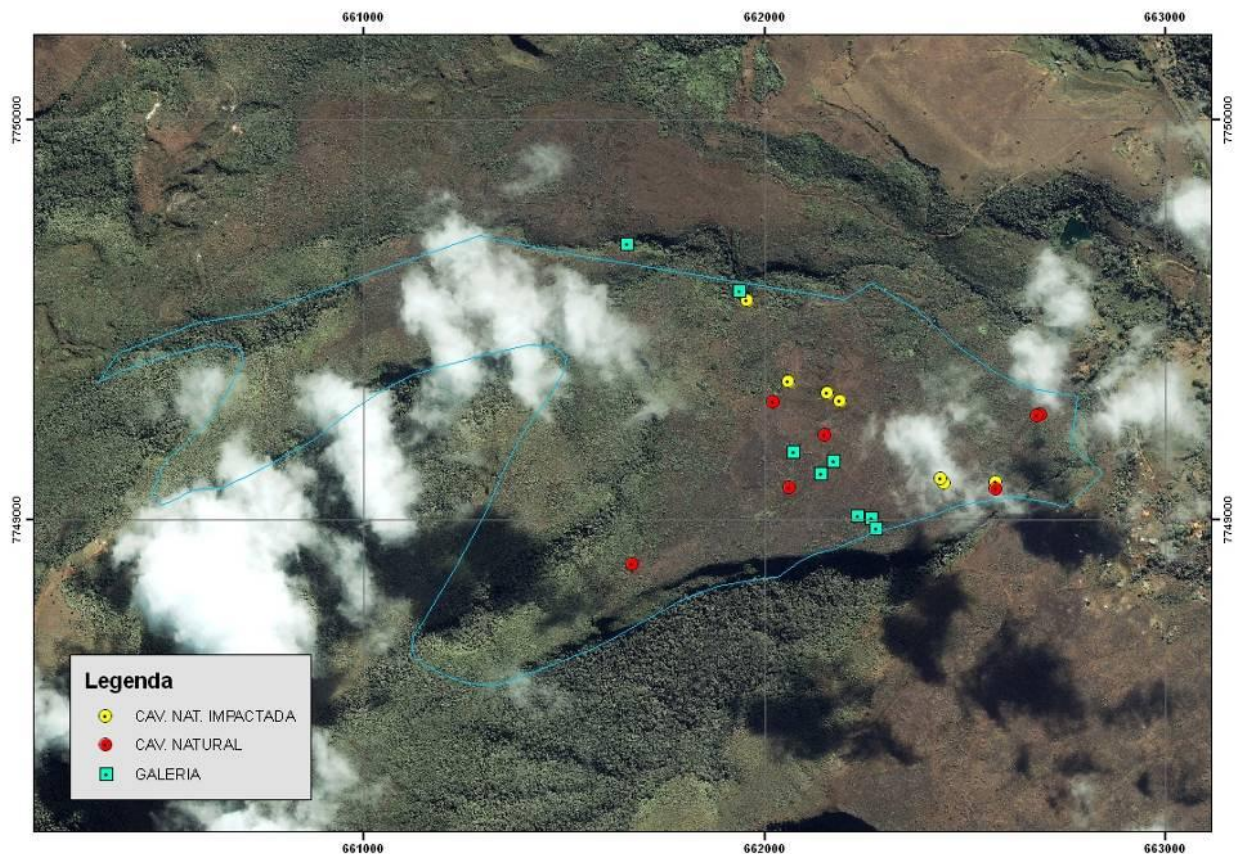


Figura 02 – Localização das cavidades selecionadas

4. ASPECTOS HIDROLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

O Projeto está inserido na sub-bacia do Rio do Carmo, tributário na margem esquerda e de segunda ordem do Rio Doce. Localmente, O Rio do Carmo é alimentado pelo Córrego Canela, formado pelas nascentes dos Córregos do Fundão e da Rocinha. Estes constituem um dos mananciais de captação de água para a cidade de Mariana.

A evolução geomorfológica da região possui forte condicionamento geológico, tanto litológico quanto estrutural, resultando em formas de relevo de origem morfoestrutural. A área do entorno está inserida na unidade geomorfológica de relevos escarpados, bastante dissecados, com formas do tipo cristas, vertentes ravinadas e vales encaixados. As maiores altitudes atingem 1.100m, em contraste com os vales fluviais circundantes, com altitudes médias de 700m.

A serra de Antônio Pereira tem direção geral NW-SE se constitui numa estrutura *hogback* sustentada pela formação ferrífera cuja foliação, com mergulho para NE, condiciona o relevo topográfico no flanco NE do anticlinal Mariana. Os afloramentos de formação ferrífera e as coberturas de canga propiciam o desenvolvimento de uma vegetação de campo rupestre ou campos de altitude. No flanco oposto há uma quebra abrupta de relevo.

As atividades de mineração foram focadas no flanco NE, nas exposições de formações ferríferas. Pesquisas auríferas mais recentes foram realizadas nos vales, onde afloram litologias do Grupo Nova Lima.

Os altos do anticlinal Mariana atuam como divisores de águas e geram nascentes de cursos d'água a SW e a NE da estrutura, que alimentam a bacia hidrográfica do Ribeirão do Carmo. Processos

de dissecação fluvial, estruturalmente controlados, formam vales encaixados e profundos orientados para NE (Córrego do Fundão e Córrego da Rocinha), que cortam perpendicularmente a Serra, suprimindo o Córrego Canela.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO E MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS

A porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, onde está inserido o Projeto, é formada por rochas metamórficas pré-cambrianas plutônicas, vulcânicas e sedimentares, distribuídas em 04 grandes unidades estratigráficas (Dorr, 1969): embasamento arqueano granítico-gnáissico; Supergrupo Rio das Velhas (Arqueano); Supergrupo Minas (Proterozóico Inf.) e Grupo Itacolomi (Proterozóico Inf.).

O Projeto situa-se no arcabouço tectônico do anticlinal Mariana, estruturado em uma dobra aberta com fechamento e caimento suave do eixo para sudeste. A área está localizada no flanco nordeste da dobra, com estruturação em homoclinal, gerando uma feição geomorfológica tipo *hogback* (fig. 02). Itabiritos e uma cobertura residual de canga predominam no flanco mais suave da estrutura, onde o mergulho da foliação dos itabiritos, em torno de 20°, coincide com a superfície topográfica do terreno.

Os litotipos predominantes são os metassedimentos do Grupo Nova Lima, que afloram nas escarpas e fundos de vale e são capeados por formações ferríferas do Grupo Itabira. O contato entre estas litologias é tectônico, ao longo de falhas de empurrão, sítio preferencial para a concentração dos veios de quartzo auríferos. Os poços e galerias de pesquisa eram direcionados para atingir a zona de contato, a partir do qual se irradiavam, em subsuperfície, acompanhando os veios de quartzo.



Figura 02: Vista para SE da estrutura em *hogback* do flanco do anticlinal Mariana, onde está localizado o projeto

Enquanto os metassedimentos afloram nos vales, os itabiritos capeiam o flanco nordeste da estrutura. Por itabirito entende-se uma formação ferrífera bandada metamorfisada, composta basicamente por uma intercalação de lâminas de óxidos de ferro (hematita e magnetita) e quartzo granular, com percentagens muito variáveis de ferro, e constitui-se no minério de ferro característico do Quadrilátero (Itabirito da Formação Cauê). Por canga entende-se um depósito de formação superficial composto por fragmentos de tamanhos variados de hematita e/ou itabirito e constituintes menores cimentados por oxi-hidróxidos de ferro (limonita/goethita). Normalmente, forma uma carapaça dura e mais resistente aos processos intempéricos e erosivos.

6. MODO DE OCORRÊNCIA DAS CAVIDADES

Em relação à área de pesquisa, as cavidades naturais ocorrem principalmente na interface da cobertura de canga com os itabiritos, e secundariamente se desenvolvem diretamente sobre os itabiritos. É característica destas cavidades sua pequena dimensão, quando comparadas com aquelas ocorrentes em outras litologias. A espessura é variável, desde poucos centímetros até alguns metros, onde a compacidade natural da canga sustenta o teto de algumas cavidades (fig. 03 e 04).

Normalmente são rasas, de teto baixo e desenvolvimento horizontal inferior a 30 metros. Embora ainda sem estudos específicos, pode-se inferir por sua distribuição no terreno que têm sua gênese relacionada à ação combinada de processos de percolação de fluidos e erosão e/ou dissolução do material sílico/ferruginoso (e material dolomítico eventualmente associado) que compõem tanto os itabiritos quanto a canga.

As cavidades ocorrem normalmente nas quebras de relevo, acompanhando a declividade natural do terreno, que por sua vez é condicionada pela foliação/bandamento dos itabiritos, denotando um controle geológico/estrutural.

Por cavidades naturais impactadas se entende aquelas que sofreram ação antrópica, seja para a utilização como abrigo, seja como conduto para a exploração de veios de quartzo auríferos em rocha alterada e material acumulado no interior da cavidade por garimpeiros desde a época dos Bandeirantes. A cavidade era escavada e aprofundada, até a exaustão do material mais friável passível de ser removido e concentrado por métodos

rudimentares de lavra. Registros arqueológicos desta atividade são encontrados em diversas cavidades (fig. 04 e 05).

Já as cavidades artificiais referem-se a poços e galerias de pesquisas (fig. 05 e 06) escavadas em malha regular por empresas de mineração em períodos posteriores à atividade dos Bandeirantes, nos séculos XIX e XX, direcionadas inicialmente para a extração do ouro primário presente nos veios de quartzo compartimentados no contato dos itabiritos com os xistos sotopostos (fig. 07).

Estas escavações, direcionadas a alvos minerais específicos, atingem profundidade variáveis e possuem ramificações no subsolo, acompanhando a distribuição irregular dos veios auríferos por até centenas de metros. Devido à sua distribuição regular no terreno, orientados pela investigação geológica, eventualmente estes poços e galerias interceptam cavidades naturais, igualmente prospectadas. Na segunda metade do século XX, as escavações foram retomadas e reamostradas para avaliação do minério de ferro. Hoje, as atividades de mineração se encontram totalmente paralisadas.



Figuras 03 e 04 – Cavidades naturais sustentadas pela carapaça de canga



Figuras 04 e 05 – Cavidades naturais em canga e itabirito, impactadas, com construção de paredes de sustentação e empilhamento de pedras como registro da ação antrópica

Figuras 05 e 06 – Poço de pesquisa na canga e galeria no itabirito

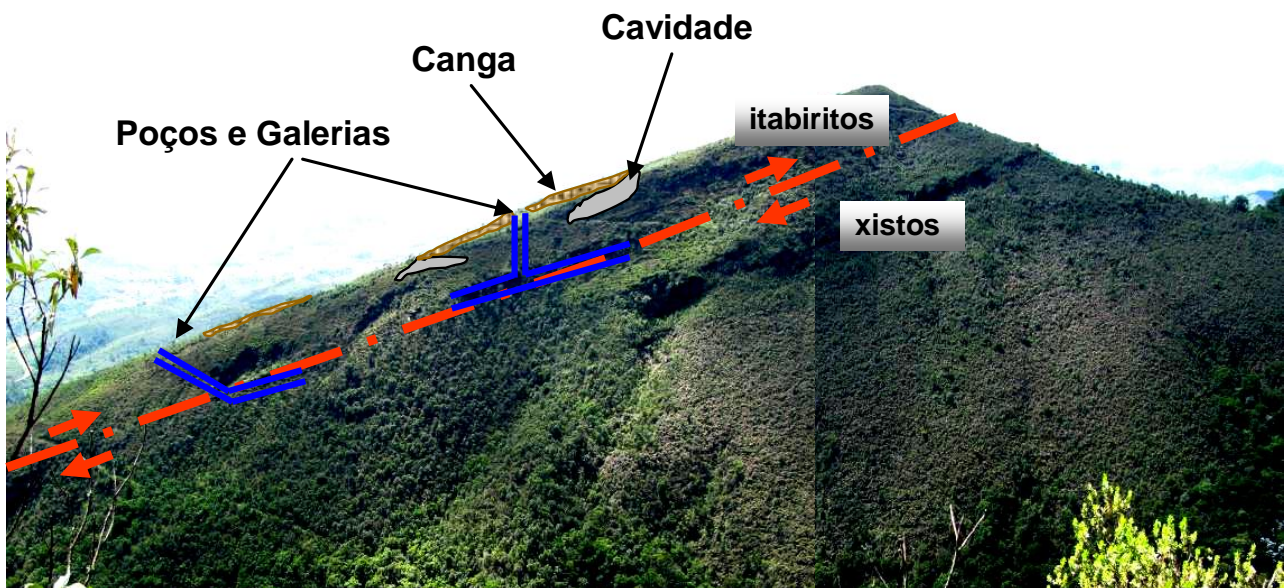


Figura 07 – Esboço esquemático da distribuição das cavidades naturais e artificiais em relação à geologia e ao condicionamento tectônico

7. ASPECTOS ARQUEOLÓGICOS

Em 2007 a Prefeitura Municipal de Mariana, em parceria com o Monumenta (Programa executado pelo Ministério da Cultura de Recuperação do Patrimônio Cultural Urbano Brasileiro), decretou o Tombamento Paisagístico e Arqueológico dos Morros de Santana e de Santo Antônio.

Este tombamento considera os elementos de interesse paisagístico, histórico, de arqueologia histórica e cultural tais como: nascentes; remanescentes de campo rupestre e cerrado; área de ocorrência de formações geológicas de antiga extração aurífera; ruínas representativas da atividade minerária de então e de como se dava a ocupação humana daquele sítio, assim como das suas manifestações culturais e religiosas.

A inclusão desses elementos nas áreas tombadas é fator de preservação da integridade paisagística, arqueológica, hidrográfica e biológica destes ambientes, com expressivos registros de atividades de mineração durante os ciclos de exploração de ouro que se iniciou com as Entradas e Bandeiras.

Segundo diversos autores citados no relatório do Monumenta, a descoberta de ouro na antiga Capitania de Minas Gerais, na segunda metade do século XVII, estimulou uma “corrida do ouro” para os atuais municípios de Ouro Preto e Mariana. A atividade garimpeira teve início primeiramente no Ribeiro de Ouro Preto e depois no Ribeirão do Carmo. Seguindo o curso deste rio, em direção a Serra do Caraça, diversas lavras auríferas foram descobertas nos leitos das drenagens, engendrando a formação de novos centros de ocupação humana.

Inicialmente, os garimpos concentraram-se nos aluviões, por processos bastante rudimentares, onde o cascalho aurífero, coletado diretamente do leito do rio, era apurado manualmente em batéias. Com o aprimoramento das técnicas de garimpagem, os cursos d’água eram desviados e o cascalho coletado diretamente do leito seco do rio ou em escavações (‘catas’) nas margens dos rios.

Com o esgotamento dos depósitos aluvionares, a exploração passou a ser dirigida para os flancos das montanhas (‘grupiaras’), um processo de extração mais caro e complexo para a época. Eram construídos canais adutores com desnível suficiente para provocar uma queda rápida de água sobre os depósitos colúvio-eluvionares, carreando o material pela encosta abaixo em direção a grandes reservatórios de alvenaria (‘mundéus’). Poços e

galerias também eram construídos para adentrar no próprio seio da montanha, mas de pouca profundidade e comprimento, dada as limitações técnicas da época.

Os resquícios destes tipos de estruturas e construções hoje formam o patrimônio arqueológico da área de Tombamento e do entorno. É comum a ocorrência de restos de edificações e muros de pedra ao longo de drenagens, bem como objetos talhados em pedra utilizados na lavra do ouro. No interior das cavidades, empilhamentos de pedra e paredes erguidas para prever desmoronamentos testemunham a atividade garimpeira.

8. RESULTADOS ESPERADOS

A existência de cavidades naturais com graus variados de intervenção humana em associação com cavidades antrópicas em um mesmo sítio estimulou a criação deste projeto piloto de pesquisa para avaliação do impacto no ambiente cavernícola. De posse dos resultados, é plausível que o estudo comparativo dos aspectos geoespeleológicos gere subsídios para o entendimento da dinâmica evolutiva nas cavidades em ambientes naturais e artificiais.

No campo da bioespeleologia, o acúmulo de conhecimento obtido terá desdobramentos ainda mais significativos no que tange à compreensão das diferenças evolutivas entre as comunidades de invertebrados considerando-se composição, riqueza, diversidade e estrutura ecológica presentes nas cavidades naturais e antrópicas.

Trata-se também de uma oportunidade para estudar a capacidade de recuperação de comunidades cavernícolas historicamente perturbadas, evidenciados pelos registros arqueológicos verificados no interior de algumas cavidades em diferentes períodos históricos, os quais constituem datações indiretas do impacto.

A síntese deste trabalho possibilitará a discussão sobre os processos espeleogenéticos atuantes na área, bem como o significado do impacto da atividade humana na dinâmica cavernícola.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Daniela Silva pela revisão e importantes considerações sobre a estruturação do texto, bem como a Iuri Brandi pela autorização para publicação.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DORR, J.N. 1969. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.** USGS Professional Paper 641-A, 11p.
- GRUPO Memória Arquitetura. **Dossiê de Tombamento Conjunto Paisagístico e Arqueológico Morros Santana e Santo Antônio.** Prefeitura Municipal de Mariana. 2007.