IMPACTOS FÍSICOS E SOCIAIS DE ANTIGAS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO EM OURO PRETO, BRASIL

Physical and social impacts by old mining activities in Ouro Preto, Brazil

Frederico Garcia Sobreira*
Marco Antônio Fonseca**

RESUMO - A cidade histórica de Ouro Preto surgiu e cresceu a partir da descoberta do ouro no início do século XVII. A extração do ouro nos aluviões, trabalhos subterrâneos e atividades a céu aberto promoveram intensas alterações na morfologia dos terrenos durante os séculos XVII e XVIII. A retomada do crescimento no século XX, a partir da década de 50 e a escassez de áreas mais adequadas para a urbanização, somadas à falta de planejamento da ocupação do meio físico, fizeram com que a cidade crescesse em direção às áreas mineradas no passado. Como resultado, inúmeros e diversificados problemas afetam estes locais atualmente. Neste artigo, estas intervenções antrópicas no meio físico são abordadas e suas conseqüências analisadas de forma a contextualizar o quadro atual e os principais problemas existentes numa perspectiva histórica. Alguns problemas típicos são apresentados e os impactos físicos e sociais deste processo são enfocados.

SYNOPSIS -The historical city of Ouro Preto appeared and it grew under starting from the discovery of the gold in the beginning of the century XVII. The extraction of gold in the alluvia, underground works and open pit mining activities promoted intense alteration in the morphology of the landscape during the centuries XVII and XVIII. The retaking of the growth in the century XX, starting from the fifties and the shortage of more appropriate areas for the urbanization together with the lack of planning of the occupation of the environment, drove the city expanding towards the areas mined in the past. As result, countless and diversified problems affect these places now. In this article, these human interventions in the landscape are approached and their consequences are analysed in such a way that the actual situation and the existent problems may be seen in a historical perspective. Some typical problems are presented and the physical and social impacts of this process are focused.

1 - INTRODUÇÃO

O descobrimento do ouro nos primórdios do Século XVII, trouxe um notável desenvolvimento na província de Minas Gerais, com a chegada de aventureiros, grupos organizados e representantes da corte portuguesa no Brasil. A cidade de Ouro Preto foi fundada e desenvolveu-se a partir da descoberta de abundantes depósitos de ouro aluvionar no final do século XVII, tendo rapidamente se tornado o segundo maior centro populacional na América Latina e também capital da Província de Minas Gerais. O auge da corrida do ouro ocorreu durante os primeiros quartéis do século XVIII, com intensas atividades mineradoras subterrâneas e a céu aberto, em vales e encostas, principalmente na Serra de Ouro Preto, limite norte da atual cidade.

* Professor Doutor, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. E-mail:sobreira@degeo.ufop.br
** Professor Doutor, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. E-mail: marco@degeo.ufop.br

A partir do final do século XIX e início do século XX, a cidade sofreu um esvaziamento econômico e político, em função da mudança da capital do Estado para Belo Horizonte. A principal conseqüência foi o despovoamento da periferia e a preservação da paisagem e das características básicas do conjunto arquitetônico colonial, que inclui várias igrejas, capelas e prédios civis e militares de grande porte, junto com outras instalações urbanas da época.

O desenvolvimento retornou em 1950, com as atividades de mineração do ferro e outros minérios, inclusive o ouro, além da implantação de algumas indústrias na região. A partir dos anos sessenta, o crescimento da população e a conseqüente necessidade de criação de novas áreas urbanas não foram acompanhados por planejamento prévio adequado, a exemplo do que aconteceu em todo país, originando uma expansão caótica da malha urbana. Em função disto, vários locais onde se desenvolveram atividades de mineração no passado, na maioria das vezes com características morfológicas e geotécnicas desfavoráveis, foram ocupados, gerando assim um quadro problemático no que se refere à segurança da população e das estruturas.

2 - CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

Ouro Preto localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais, distando cerca de 90 km da capital, Belo Horizonte (Fig. 1) e a 800 km Brasília. A cidade está situada na extremidade Sudeste de região conhecida como Quadrilátero Ferrífero, na zona mínero-metalúrgica do Estado de Minas Gerais.

O clima é marcado pela elevada pluviosidade, com maior concentração entre os meses de Outubro e Março. Segundo Gomes *et al.* (1998), o regime pluviométrico da região é do tipo tropical, com uma média de 1 723,6 mm anuais (série 1919 a 1990). Os verões são suaves, concentrando 89,6% da precipitação anual (53,3% do total anual entre Dezembro e Fevereiro) e os Invernos chegam a registrar temperaturas negativas, com elevada umidade atmosférica. As características básicas são de um clima tropical de montanha, em que a baixa latitude é compensada pela altitude e conformação orográfica regional (Carvalho, 1982). A temperatura média anual em Ouro Preto é de 18,5 °C, sendo Janeiro o mês mais quente (média de 21,2 °C) e Junho o mês mais frio (média de 15,5 °C).

A cidade está implantada em um grande vale limitado pelas serras de Ouro Preto a Norte e Itacolomi a Sul, por onde corre o Ribeirão do Funil (Fig. 1). A morfologia local caracteriza-se por altas montanhas de desenvolvimento linear, áreas aplainadas com altitudes diversas e vales alongados, muitas vezes bem encaixados. Cerca de 40% da área urbana exibe feições com declividades entre 20 a 45% e apenas 30% com declividades entre 5 e 20%. Zonas escarpadas são comuns em toda a área urbana (Gomes *et al.*, 1998).

Os traços do relevo, acidentado com vertentes bem íngremes e vales profundos e encaixados, mostram uma clara dependência deste da geologia local. O principal elemento da paisagem na área urbana é a Serra de Ouro Preto, limite Norte da malha urbana e divisor de duas grandes bacias de drenagem regionais, dos Rios das Velhas e Doce, estando a cidade nas cabeceiras deste último rio. As altitudes estão em torno de 1 060 m nas partes mais baixas e 1 400 m no topo da Serra de Ouro Preto. A malha urbana estende-se ocupando tanto o vale principal, como as vertentes e contrafortes das serras, principalmente a Serra de Ouro Preto.

A Serra de Ouro Preto representa o flanco sul de uma grande estrutura regional conhecida como Anticlinal de Mariana. O substrato é constituído por metassedimentos de idade paleoproterozóica - filitos, quartzitos, xistos e formações ferríferas - profundamente afetados por eventos tectônicos. A estrutura regional orienta-se na direção Leste-Oeste, possuindo as camadas mergulhos gerais para Sul, na ordem dos 30° (Fig. 2). É comum a ocorrência, nos topos e nas vertentes dos morros, de coberturas superficiais de crosta laterítica, localmente denominadas de "canga". Estes materiais, de idade terciária-quaternária, são produtos de

alteração supergênica em climas tropicais. Os solos, quando ocorrem, são muito pouco espessos, na ordem dos centímetros, exceto em algumas manchas maiores de material coluvial.

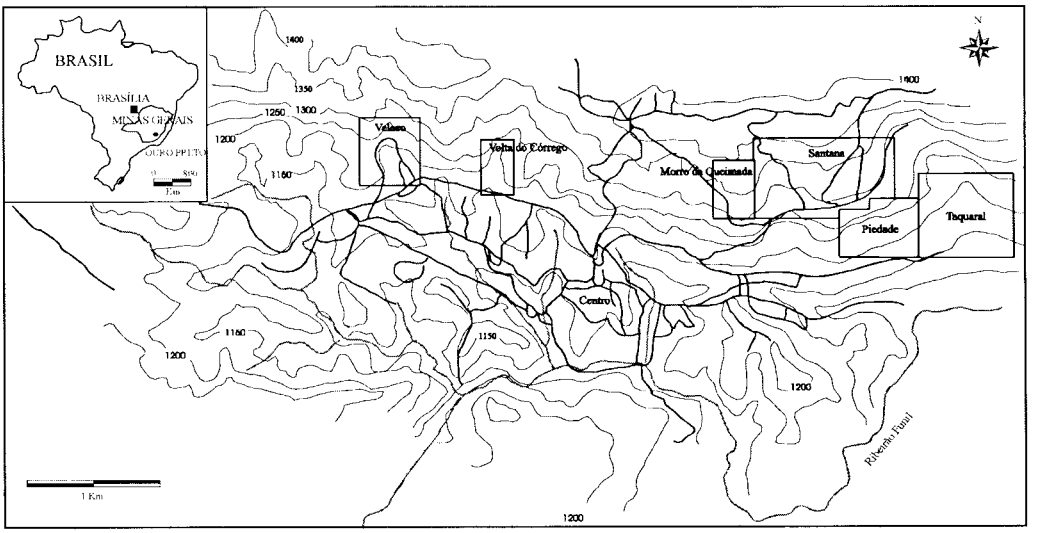

Fig. 1 - Localização de Ouro Preto com representação da malha urbana da cidade e localização das áreas mais problemáticas em relação aos riscos geológicos.

As litologias caracterizam-se por apresentar, além da foliação metamórfica marcante, descontinuidades planares (falhas e fraturas), que influenciam profundamente seu comportamento geotécnico. O estado de alteração e o intenso fraturamento das rochas contribuem ainda mais para o fraco comportamento geotécnico dos terrenos locais.

As condições geológicas e geomorfológicas são fatores predisponentes à ocorrência de movimentos de massa e processos erosivos (Sobreira, 1991). As condições climáticas, com períodos de chuvas intensas e prolongadas, complementam o quadro de predisposição ao desenvolvimento de processos geodinâmicos de caráter superficial, principalmente escorregamentos, erosão e movimentação de materiais rochosos, que se manifestam durante a estação chuvosa. Estas características e a má utilização recente do meio físico na área urbana têm como conseqüência um triste quadro no que se refere aos riscos a que a população e as estruturas urbanas estão submetidos.

3 - AÇÃO ANTRÓPICA NO MEIO FÍSICO

Os conhecimentos empíricos dos primeiros ocupantes da região os levaram a ocupar inicialmente as áreas mais estáveis e planas, como o topo de colinas e plataformas a meia encosta ou vales mais amplos, locais onde estão erguidas as Igrejas e edifícios históricos. Por outro lado, nos locais onde eram executadas as lavras de ouro, motivo do surgimento da cidade, foram realizados grandes desmontes, escavações, transporte e deposição de material removido, abertura de poços, galerias e canais, além de desmatamento generalizado. Tais trabalhos deflaglaram intensos processos erosivos e de movimentação de massa, aumentando ainda mais a devastação provocada pelas atividades extrativas. Os sinais desta ação são claramente perceptíveis até hoje, principalmente na Serra de Ouro Preto, quase que totalmente

afetada pelas atividades mineradoras e que ganhou como herança vastas áreas potencialmente instáveis ou inadequadas para utilização futura.

Ao contrário do núcleo principal, rico, imponente e mais seguro, o restante da cidade cresceu pelas encostas e vales em núcleos em torno das lavras, ocupados por população muito grande, principalmente de escravos (Carvalho, 1982). À medida que o ouro se exauria e as lavras migravam, esta população periférica também se mudava, abandonando suas casas, que eram destruídas com o tempo. Ainda hoje podem ser observadas muitas ruínas e bases destas casas antigas, sendo o local conhecido como Morro da Queimada, na Serra de Ouro Preto, o mais importante conjunto de ruínas ainda preservado.

A exaustão das reservas de ouro economicamente lavrável no final do século XVIII e a transferência da capital para Belo Horizonte em 1897 provocaram sucessivos esvaziamentos na cidade, cuja maior conseqüência foi o despovoamento da periferia e a preservação da paisagem em torno do núcleo histórico até 1950. A partir dos anos 60, a aceleração do processo de urbanização da população brasileira se fez sentir também em Ouro Preto, que apresentou taxas de crescimento da população urbana em torno de 2% ao ano. Se em 1960 a população urbana representava 58,6 % (de um total de 33.927 habitantes), nos anos 90 a população urbana atingiu 77 % do total (para um universo de 62.514 habitantes). O processo de expansão se deu de maneira desordenada, sem respeitar as imposições inerentes às qualidades dos terrenos. Antigos núcleos periféricos, muitas vezes em locais de lavra, foram se adensando, formando uma urbanização caótica e criando bairros em total desarmonia com o conjunto arquitetônico da cidade. Porém, as mais graves conseqüências deste processo são os riscos a que a população, nomeadamente a mais pobre, fica sujeita e que se manifestam nas temporadas chuvosas. São dignos de registro os episódios mais traumatizantes decorrentes de chuvas copiosas que afetaram a cidade, tendo causado vítimas fatais em 1967, 1979, 1989, 1995 e 1997.

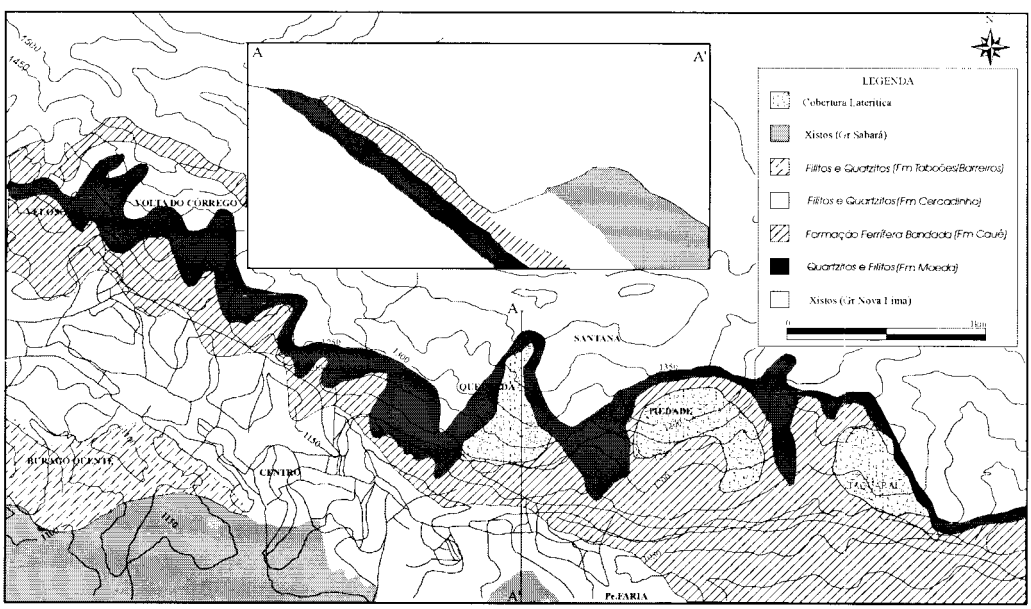

Fig. 2 - Esboço Geológico da região de Ouro Preto e seção esquemática representando a geologia no contexto da área urbana.

A partir dos anos oitenta, o crescimento da indústria do turismo trouxe maior desenvolvimento econômico à cidade, embora ainda hoje a atividade de mineração ocupe lugar de destaque na economia do município. Em 1982, Ouro Preto foi elevada à condição de patrimônio cultural pela UNESCO, sendo denominada Monumento Mundial. No entanto, a cidade ainda se ressente da falta de planejamento por parte das administrações públicas e de ações de caráter estrutural, que promovam melhorias nas condições existentes e evitem a repetição dos procedimentos inadequados no uso e ocupação do meio físico.

3.1 – MINERAÇÃO

3.1.1 - Trabalhos de Mineração Subterrânea

Vestígios de trabalhos de mineração subterrânea ocorrem de forma profusa ao longo de toda a Serra de Ouro Preto, desde o limite Oeste da cidade, no local denominado Grota da Canoa, até o limite Leste, no Bairro Taquaral. De forma excepcional, estes trabalhos estão presentes nos Bairros Veloso, Lages, Morro Santana, Piedade e Taquaral (Fig. 1).

Essencialmente, tais vestígios compreendem poços (*shafts*) e galerias, as quais possuem extensão bastante variável, desde 10 a 400 m. Nos trabalhos de campo realizados, foram catalogadas cerca de 350 bocas de galerias. São normalmente trabalhos irregulares, que denotam a aleatoriedade do método através do qual se buscava o ouro em profundidade. F. Lacourt (1937) cita um número próximo de cerca de 350 a 400 galerias. É interessante verificar como Von Eschwege (1833) se referia a tais atividades: "*...pratica-se uma verdadeira caça ao ouro, sem pensar no futuro. Perseguem-se as camadas e os veios em todas as direções, enquanto puderem os serviços dar lucro, razão pela qual tal método, sobretudo quando aplicado a uma possante camada, dá origem a um perfeito labirinto de tocas de toupeiras*".

De fato, a ausência de critério no planejamento e execução dos trabalhos foi responsável pelo caráter anti-econômico destas lavras e pelo elevado passivo ambiental deixado pelas mesmas. Normalmente, tais galerias e poços buscavam alcançar a mineralização primária na base da sequência metassedimentar de idade proterozóica (Supergrupo Minas). Aí, vários horizontes hospedam a mineralização, cabendo destaque aos veios de quartzo discordantes à estrutura regional, níveis quartzosos com ouro e arsenopirita na base de toda a sequência no contato entre as unidades basais terrígenas e ainda no topo destas, além de, finalmente, níveis estratiformes mineralizados internamente à formação ferrífera bandada.

O mapa geológico da Fig. 3 ilustra um caso de uma galeria onde fica claro a falta de planejamento em sua execução. Observa-se que as galerias maiores, situadas em níveis topográficos distintos e orientadas na direção NNE, buscam a base da sequência proterozóica. No entanto, diversas galerias menores diverticulam-se das principais nas mais variadas direções, em trajetórias ora descendentes ora ascendentes, o que pode ser visualizado a partir das cotas relativas (comparativas com a da boca da galeria inferior).

Do ponto de vista do impacto sobre o meio físico-social da cidade, dois aspectos devem ser destacados. O primeiro diz respeito à questão da estabilidade destas galerias. As regiões próximas à superfície topográfica (indicadas no mapa da Fig. 1) são muito susceptíveis a desabamentos, causando recalque das estruturas de casas e ruas adjacentes. Este problema foi verificado em alguns pontos do Bairro Santana, comprometendo algumas residências. Embora seja uma situação de risco pontual, este aspecto não deixa de ser relevante, principalmente em zonas de emergência de águas freáticas, onde o material rochoso possui características geotécnicas inferiores.

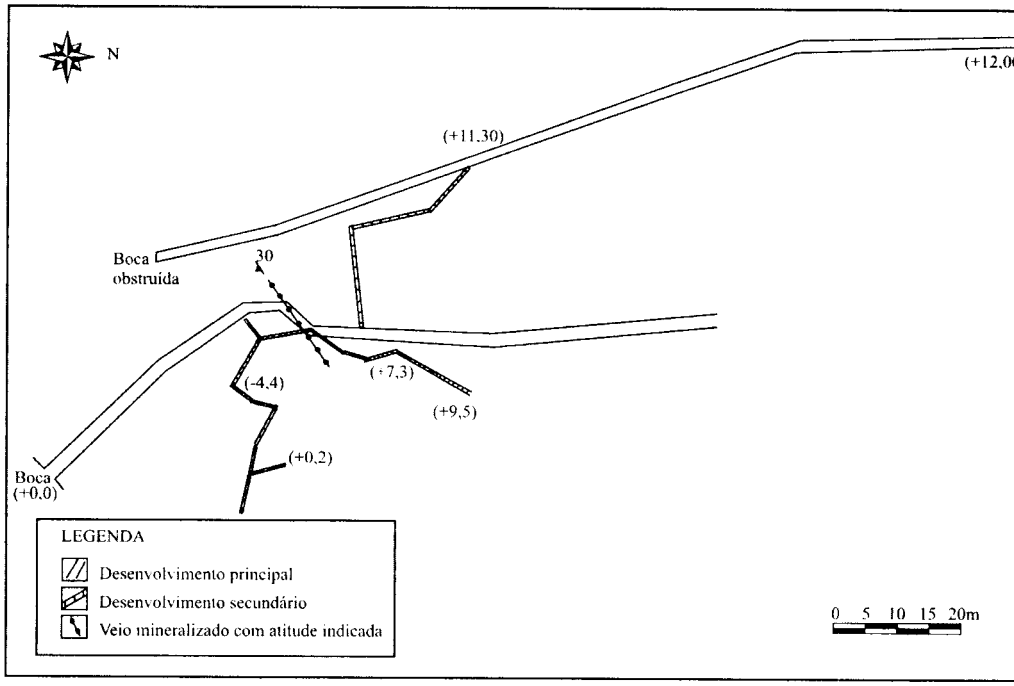

Fig. 3 - Mapa representando galeria de antiga exploração de Ouro.

Um segundo aspecto diz respeito ao aproveitamento, pela população, de água, cujas nascentes foram redirecionadas para o interior desses locais. Em geral, há uma crença popular na boa qualidade da água oriunda na Serra de Ouro Preto. De certa forma, isto estaria correto, se não fosse pela contínua ocupação das zonas próximas às nascentes sem o adequado planejamento. Este processo é particularmente expressivo nos Bairros Piedade e Santana. Nestes locais, a ocupação de zonas próximas às nascentes sem a adequada infra-estrutura sanitária, já comprometeu o lençol freático. Análises bacteriológicas de águas consumidas pela população e oriundas de nascentes em 10 galerias e 4 reservatórios nestes bairros foram monitoradas durante o ano de 1999 (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Edition, 1995). Os resultados mostraram que, em períodos distintos (durante o período de chuvas, em Fevereiro, e durante o período de seca, em Agosto), algumas das nascentes exibiam índice de contaminação acima do permitido (acima de 10 NMP por 100 ml de coliformes totais), tanto em coliformes fecais quanto estreptococos fecais (Quadro 1).

3.1.2 - Trabalhos de Mineração a Céu Aberto

Se na lavra subterrânea, mais localizada, não houve critérios no planejamento e desenvolvimento das atividades, muito pior aconteceu nos trabalhos a céu aberto, que envolveram extensas áreas e cujo passivo ambiental deixado foi muito maior. Estas atividades buscavam a extração do ouro que ocorria disseminado ou em níveis estratiformes na formação ferrífera bandada nos setores em que estes terrenos encontravam-se mais alterados e friáveis, portanto de mais fácil desmonte. Para se chegar à formação ferrífera era necessário proceder a destruição da crosta laterítica, cujos blocos e fragmentos resultantes eram jogados encosta a baixo, ou por vezes acumulado em pilhas, que em alguns pontos atingiram dimensões consideráveis. Este, ao que parece, era o único critério aplicado na seleção de áreas a serem

trabalhadas, caracterizando um processo quase que totalmente aleatório e predatório, descompromissado com o futuro uso destas áreas.

Quadro 1 - Resultado de análises bacteriológicas em águas extraídas em antigas minas (galerias) para consumo.

Análise	NMP Coliformes totais (em 10 ml)		NMP Coliformes fecais (em 10 ml)		NMP de estrepto-cocos (em 10 ml)	
Local	24/2/99	17/8/99	24/2/99	17/8/99	24/2/99	17/8/99
Chafariz dos Contos	$1,7 \times 10^2$	< 2	2,0	< 2	< 2	< 2
R. Cons. Quintiliano 546	< 2	< 2	< 2	< 2	$1,7 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$
R. Cons. Quintiliano 856	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
R. Maciel 38	2,0	< 2	< 2	< 2	2,0	< 2
R. Chico Rei 108	1,1 x10	2,0	< 2	< 2	< 2	< 2
R. Chico Rei 268	4,0	< 2	< 2	< 2	2,0	< 2
R. Chico Rei 286	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
R. Padre Faria 311	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
R. Santa Rita 440	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
R. Santa Rita 80	8,0 x10	5,0 x10	4,0	4,0	2,0	1,3 x10
R. Águas Férreas 211	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
R. da Abolição 311	2,0	1,1 x10	< 2	< 2	< 2	< 2
R. Sarg. Francisco Lopes	< 2	$1,7 \times 10^2$	< 2	< 2	< 2	4,0
Córrego Seco	$1,1 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$	< 2	< 2	3,0 x10	$1,7 \times 10^2$

O desmonte hidráulico era o processo mais comum, aproveitando águas de chuvas ou captadas de nascentes na Serra do Ouro Preto. Ainda hoje estão preservados um grande número de estruturas de captação e condução destas águas por toda a serra. O material desmontado era acumulado em pequenas barragens de pedra, denominadas mundéos, escalonadas pelas encostas e posteriormente trabalhado por vários processos para efetivar a separação do ouro. Alguns destes mundéos encontram-se ainda preservados como registro do processo de lavra desenvolvido pelos mineradores para as condições peculiares locais.

Estes trabalhos de mineração representaram a primeira grande intervenção antrópica no meio físico na Serra de Ouro Preto, resultando na total descaracterização do ambiente natural. A atividade simultânea de milhares de escravos, durante um período de quase cem anos, provocou uma alteração paisagística e ambiental de grandes proporções, com a total mudança da geometria das encostas, alteração total da rede de drenagem natural, formação de grandes depósitos de detritos e blocos rochosos a meia encosta, criação de taludes íngremes e instáveis e desencadeamento de processos erosivos acelerados, que passaram a atuar como principal condicionante ao desenvolvimento e evolução das encostas (Fig.s 4 e 5). Os terrenos não atingidos pela mineração são formados pela crosta laterítica, representando testemunhos do ambiente natural anterior à ação antrópica.

A Fig. 6 representa as áreas mineradas ao longo da Serra de Ouro Preto, delimitadas através de fotografias aéreas e trabalhos de campo. Nota-se que, do terço inferior das vertentes até o topo da serra, a maior parte da superfície foi trabalhada. No entanto, a área afetada foi muito maior, pois estes trabalhos estenderam-se para Leste, até a localidade de Passagem de Mariana, mas não foram aqui registrados por estarem já fora da área urbana de Ouro Preto. As alterações foram de tal monta, que qualquer observador mais atento pode hoje verificar não se tratar de uma paisagem natural a vertente da Serra de Ouro Preto que delimita a cidade a Norte.

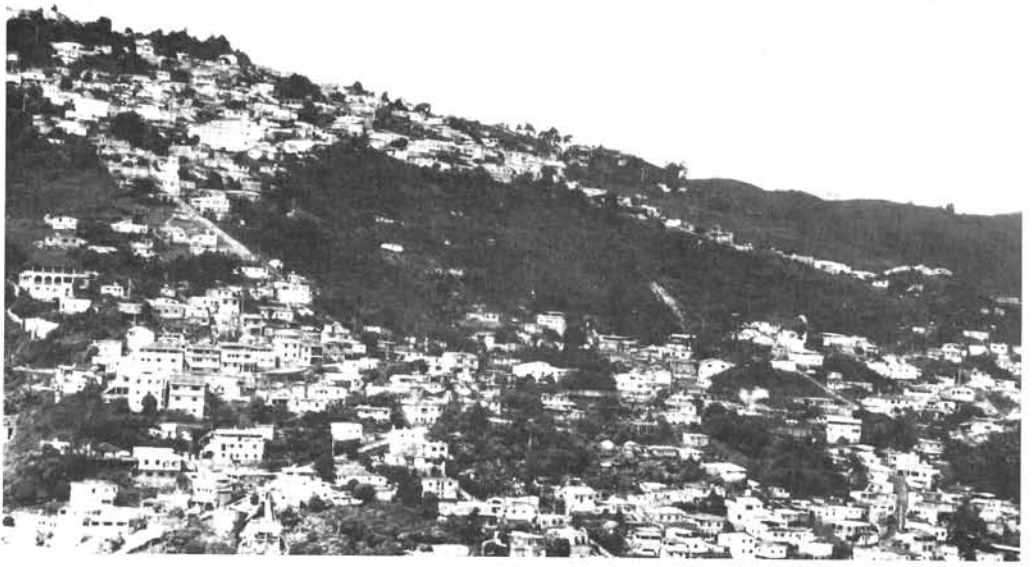

Fig. 4 - Fotografia ilustrando a alteração da morfologia da encosta do Bairro Piedade pelas antigas atividades de mineração.

Fig. 5 - Alteração do relevo pelas antigas atividades de mineração no Bairro Veloso. Notar blocos rochosos em situação de instabilidade.

Todas áreas que foram palco destes trabalhos têm problemas quanto à estabilidade dos terrenos, seja pelos declives acentuados, pela péssima qualidade dos terrenos e depósitos produzidos, pela existência de inúmeros blocos rochosos e de crosta laterítica, pela drenagem irregular e pela inexistência de cobertura vegetal de porte. A grande heterogeneidade dos depósitos de superfície consequentes das atividades de mineração torna muito difícil, senão impossível, caracterizá-los geotecnicamente, mas nunca estes terrenos possuem boas condições de estabilidade. Uma vez cessadas as atividades de mineração, os processos erosivos e de movimentação de massa passaram a comandar a geodinâmica superficial da serra, fazendo com que muitas áreas, com o passar do tempo, atingissem um estado de equilíbrio, na maioria das vezes precário.

3.1.3 - Ocupação Urbana Recente

O processo de crescimento da área urbana de Ouro Preto, iniciado nas décadas de 50/60, foi analisado qualitativamente através de fotografias aéreas de diferentes datas (1950, 1968 e 1986), estando representado na Fig. 6. Infelizmente a falta de cobertura aerofotogramétrica mais recente impediu que esta análise se estendesse até aos dias atuais, mas os resultados, embora defasados, mostram com clareza a intensidade deste crescimento e as zonas mais afetadas pela expansão urbana desordenada.

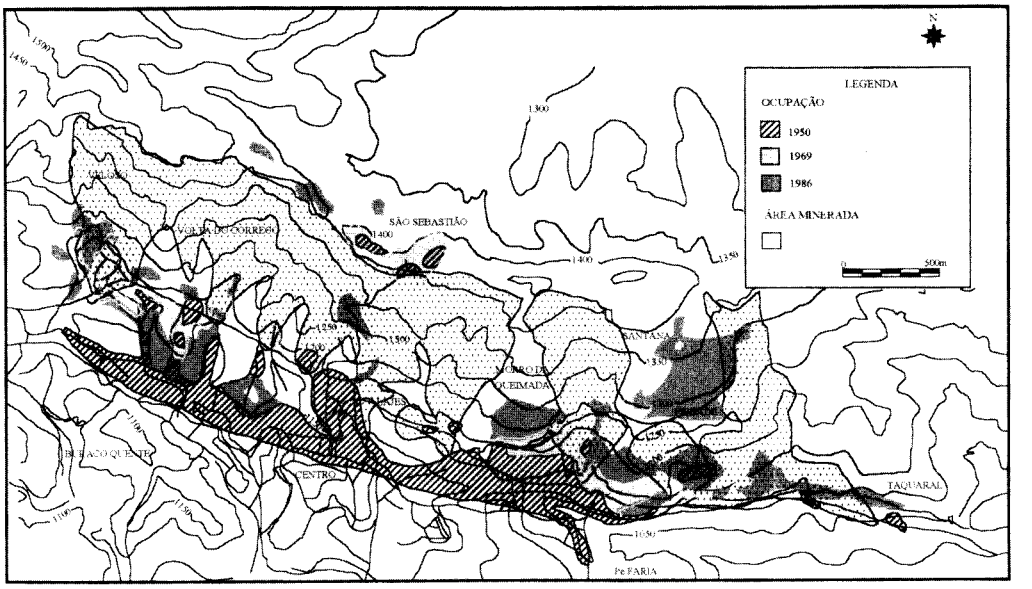

Fig. 6 - Evolução da ocupação urbana em Ouro Preto entre 1950 e 1986 e representação das áreas atingidas pela mineração a céu aberto na Serra de Ouro Preto, na área urbana de Ouro Preto.

Até à década de 50, apenas o núcleo histórico preservado e algumas zonas marginais representavam a malha urbana. Este fato pode ser atribuído à estagnação econômica então reinante. Em 1968, embora já houvesse algum crescimento, este se limitou a algumas zonas mais afastadas do perímetro histórico. Este crescimento não trouxe maiores problemas em relação à utilização do meio físico, uma vez que se deu em áreas mais estáveis e com melhores condições geomorfológicas, na maioria dos casos. Entretanto, algumas áreas atingidas pela

antiga mineração começaram a ser utilizadas, com destaque para a porção Oeste (Bairros Veloso e Volta do Córrego) e Leste (Bairros Alto da Cruz e Santana) da cidade.

A partir dos anos setenta, o crescimento populacional acelerado e o processo de migração da população brasileira do campo para a cidade se fez refletir em Ouro Preto. Houve então, não só a abertura de novas frentes de ocupação, mas também o adensamento de áreas urbanas já consolidadas. Neste período a expansão da malha urbana representou um crescimento da ordem de 40% da área então ocupada. A escassez de terrenos mais adequados e a falta de planejamento por parte do poder público fez com que esta expansão se desse em direção aos terrenos alterados pela antiga mineração do ouro e suas cercanias. Alguns dos bairros atuais da cidade surgiram neste período, como os Bairros Santana, Morro da Queimada e Taquaral, enquanto outros sofreram um considerável crescimento, como o Bairro Veloso.

A partir deste período começam a ser registradas ocorrências de acidentes envolvendo movimentos de massa, principalmente escorregamentos, nos períodos chuvosos. O evento de maiores consequências deu-se em 1979, com precipitação acumulada de 2 193,7 mm entre Novembro/78 e Fevereiro/79, e que ocasionou mais de 100 ocorrências graves, inclusive atingindo boa parte do núcleo histórico (Tecnosolo, 1979). Este evento e suas conseqüências motivou o primeiro estudo de ordenamento territorial na cidade, a Carta Geotécnica de Ouro Preto (Carvalho, 1982). Infelizmente as recomendações deste documento caíram no esquecimento geral e as práticas inadequadas de ocupação territorial continuaram a se processar.

Em 1989, chuvas bem menos intensas (precipitação de 1 087,8 mm entre Outubro e Fevereiro) também provocaram grandes estragos na cidade e as previsões da Carta Geotécnica se confirmaram. No entanto, a grande maioria dos acidentes ocorreu na zona periférica da cidade (bairros mais novos), deixando claro as conseqüências das práticas de ocupação urbana inadequada e sem planejamento. Novos estudos foram realizados (Sobreira *et al.*, 1990 e Sobreira, 1991), mas estes tiveram o mesmo destino da Carta Geotécnica, o esquecimento. A partir de então as ocorrências, algumas vezes com vítimas fatais, passaram a ser rotina para a população a cada estação chuvosa, tendo destaque os anos de 1992, 1995 e 1997.

Embora o crescimento da cidade tenha diminuído bastante nos últimos anos, o quadro é bem pior que em 1979 e 1989, podendo-se afirmar que eventos do porte dos ocorridos nestes anos ou mesmo inferiores podem ter efeitos catastróficos para a cidade, em particular nos bairros mais novos. Alguns destes locais são descritos neste trabalho, de modo a transmitir o atual estado em que se encontram em relação à estabilidade dos terrenos e aos riscos geológico existentes.

4 - CARACTERIZAÇÃO DOS IMPACTOS FÍSICOS E SOCIAIS

4.1 - Problemas tipo

Embora descritas apenas para a Serra de Ouro Preto, algumas situações ocorrentes se repetem freqüentemente na cidade e estão ligados diretamente às formas de utilização do meio físico e à natureza geológica dos terrenos. Quase sempre associada à ocupação de antigos locais de lavra de ouro, a utilização de terrenos com fortes declives, de zonas de passagens de águas pluviais e locais de estabilidade duvidosa são os principais problemas relacionados ao meio físico (predisponência).

A utilização inadequada e predatória do meio físico (entendido como recurso territorial) caracteriza um segundo problema tipo, manifestando-se através da implantação de cortes e taludes ousados, o despejo aleatório ou mesmo clandestino de material mobilizado, a interrupção de linhas de drenagem e a progressiva remoção da frágil vegetação.

Um terceiro problema tipo refere-se aos processos ativos relacionados à geodinâmica superficial. Processos erosivos acelerados, naturais ou desencadeados pela ação humana, encontram nos terrenos da cidade um ambiente perfeito para sua atuação, devido às características morfológicas e geotécnicas desfavoráveis. A dimensão de muitas formas erosivas geralmente inviabilizam ou colocam em risco imediato as suas adjacências.

Um quarto problema, de natureza não geológica, mas nem por isto pouco importante, refere-se ao péssimo padrão construtivo e a falta de observância dos mínimos critérios técnicos. Em busca da minimização dos custos construtivos, ou mesmo por desconhecimento, parte da população submete-se a situações perfeitamente evitáveis, caso fossem observados procedimentos técnicos, inclusive orientação por parte do poder público.

Desta forma, fica claro que os problemas existentes na Cidade de Ouro Preto, em particular na Serra de Ouro Preto, não decorrem apenas das condições naturais desfavoráveis, mas também em parte considerável da má utilização do meio físico e da falta de planejamento e adoção de procedimentos regidos por critérios técnicos consagrados.

Embora de um modo geral as situações de risco geológico sejam freqüentes e comuns na área urbana de Ouro Preto, no presente trabalho as ações concentraram-se em zonas mais críticas na serra de Ouro Preto, assim consideradas pelo número e porte de locais problemáticos. Estes locais foram objeto de estudos mais detalhados, que em alguns casos atingiram a fase de proposição de solução conceitual para o combate dos problemas. Neste relato, porém, estes locais são descritos de forma sucinta e generalizada.

4.2 - Principais Locais Problemáticos

A conjugação da ação humana passada pela mineração e das atividades atualmente desenvolvidas (ocupação urbana), assim como seu estágio de desenvolvimento caracterizam aspectos distintos pela serra de Ouro Preto. Assim, tem-se desde bairros consolidados (Veloso e Santana) até núcleos ainda em formação (Taquaral), passando por sítios históricos ameaçados (Queimada). Estas áreas estão localizadas na Fig. 1.

4.2.1 - Morro Queimada

O Morro da Queimada guarda um conjunto de ruínas, que são vestígios de um grande núcleo de mineração do século XVIII. O local era conhecido como Arraial do Ouro Podre, devendo a denominação de Morro da Queimada a episódio no qual Dom Pedro Miguel de Almeida Portugal, o Conde de Assumar, Governador da Capitania de São Paulo e Minas, mandou atear fogo a todas as construções que ali se encontravam, como punição aos participantes da Sedição de Vila Rica (1722), que moravam em sua maioria no local.

Segundo Fonseca *et al.* (no prelo), esta área, a despeito de sua importância histórica e patrimonial, vem sendo ocupada gradativamente, sem que seja tomada qualquer iniciativa para conter o processo. Estas ruínas e estruturas localizam-se dispersas em uma área de cerca de 25 ha, que não foi afetada profundamente pelas atividades mineiras. Segundo investigação preliminar feita, este conjunto potencialmente possui material arqueológico importante para a história da mineração. Grande parte da área original do Morro da Queimada foi ocupada com a destruição de muitas ruínas, para preparação do terreno para construção, a "recomposição" de outras, aproveitadas como base ou parte das novas casas e mesmo o aproveitamento de pedras das ruínas como material de construção. Este processo de ocupação desordenada continua a avançar em direção a outras estruturas e, a julgar pelo que se vê hoje, em pouco tempo o casario tomará todo o conjunto.

Um estudo baseado na análise comparativa de fotografias aéreas, levantadas em épocas distintas (1950, 1969, 1978 e 1986), possibilitou o diagnóstico da evolução do processo de ocupação da área e cálculo de taxas anuais de ocupação (Fonseca *et al.*, no prelo). A metodologia de análise consistiu na definição da área ocupada em cada registro e sua proporção em relação à área total considerada. Estas observações foram complementadas por levantamento topográfico realizado em 1997.

Desta forma, foi possível definir as taxas de ocupação para períodos de 19, 17 e 11 anos e uma taxa média para as quase cinco décadas. A Fig. 7 e a Quadro 2 representam a evolução da ocupação e as taxas de ocupação calculadas.

Quadro 2 - Valores medidos e taxas calculadas a partir da análise de fotografias aéreas.

Período de Observação	Área Total Ocupada (ha)	Percentual de Ocupação	Intervalo (anos)	Taxa Anual por Período	Taxa Anual Total
1950-69	1,08	4,3%	19	0,22%	0,22%
1969-86	6,57	26,3%	17	1,3%	0,7%
1986-97	17,5	68,2%	11	3,8%	1,45
Totais	25 ha	-	47	-	-

O levantamento topográfico e as observação atuais indicam que 68,2 % da área considerada estão atualmente ocupados, significando cerca de 17,5 ha. Estes valores indicam uma taxa de ocupação de 3,8% ao ano, que cai para 1,45% se for considerado todo o período de observação (47 anos). A densidade de ocupação segue o mesmo padrão, com o esparsamento das edificações para montante da encosta. A ocupação e o grau de intervenção se deram de tal forma que é praticamente impossível falar-se em reabilitação da área como um todo, embora grande parte do conjunto ainda não tenha sido atingida.

Considerando o período total de observação e a ocupação total da área de estudo, a taxa anual de avanço da ocupação foi de cerca de 1,5% por ano. Estes valores, no entanto, perdem representatividade ao se considerar o aumento rápido das taxas anuais nos intervalos considerados. Levando-se em conta as taxas atuais de expansão e assumindo que estas se mantenham fixas nos próximos anos, os cálculos indicam a total ocupação em menos de 10 anos (Fonseca *et al.*, no prelo). Mesmo que este modelo de expansão se altere, o fato é que a ocupação da encosta já alcançou o conjunto principal de ruínas e a cada intervenção feita, perde-se parte do patrimônio cultural e histórico da cidade de Ouro Preto.

Desta forma, a única ação possível no sentido de se salvar o que resta do grande conjunto que representou o Arraial de Ouro Podre seria a delimitação de uma área *non-edificandi*, englobando o pequeno conjunto de ruínas que ainda resta na porção setentrional do bairro. Tal área englobaria uma pequena parte do que restou do grande arraial e deve ser inserida no Parque Histórico do Morro da Queimada, cuja implantação já foi contemplada no Plano Diretor Municipal. A criação de tal parque permitiria a reabilitação daquele espaço urbano, através da reconstituição de parte do cenário original do antigo arraial e a instalação de novos equipamentos urbanos que permitissem a inserção do conjunto nos roteiros históricos de Ouro Preto e Minas Gerais.

Mais que isso, o parque poderia se transformar no pólo de estudos históricos e arqueológicos sobre a mineração no Brasil nos primeiros quartéis do século XVIII, bem como um elemento de divulgação dos movimentos sociais desta época. Dadas as circunstâncias atuais, esta proposta deverá ser implementada através de parcerias entre os poderes públicos e a iniciativa privada, de modo a se permitir a criação de uma entidade com caráter auto-sustentável.

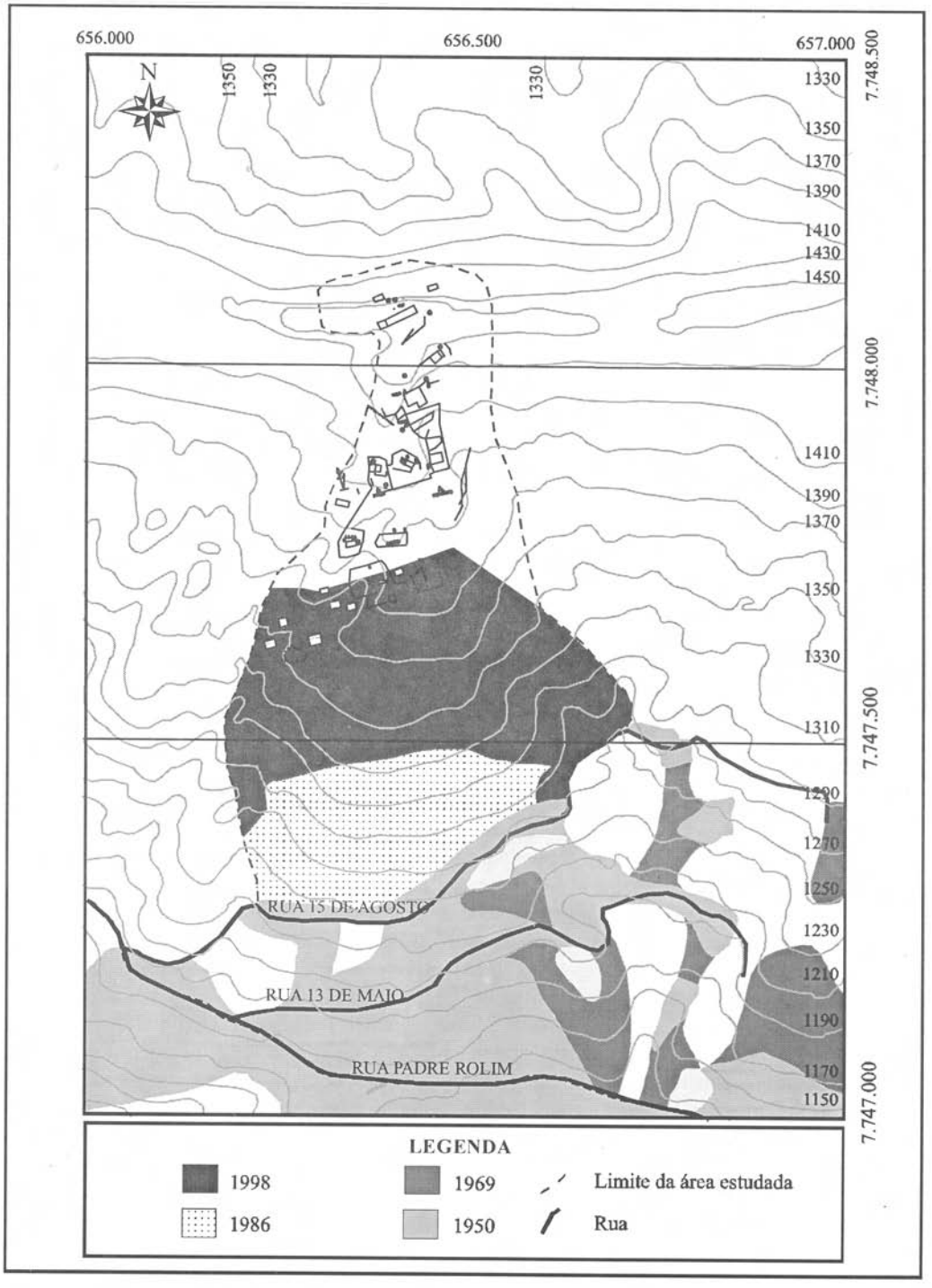

Fig. 7 - Mapa da evolução da ocupação do Morro da Queimada entre 1950 e 1997.

4.2.2 - Bairro Piedade

O Bairro Piedade, localizado na porção Leste da Serra de Ouro Preto, é um dos locais que apresentam problemas de extrema gravidade com relação à ocupação de antigos sítios de mineração. Aqui foram desenvolvidas tanto atividades a céu aberto, como subterrâneas, ficando como testemunho destas um conjunto espetacular de galerias subterrâneas e várias estruturas da antiga mineração, como captações de água e o mundéo mais bem preservado da área urbana de Ouro Preto. O local já foi objeto de estudos anteriores, pela situação típica de antigo sítio de mineração ocupado e acidentes ocorridos (Sobreira, 1992; Fonseca e Sobreira, 1997 e Sobreira e Fonseca, 1998).

Afloram, de forma dominante, formações ferríferas bandadas bastante friáveis e recobertas por uma camada de não mais de 2 metros de lateritas. Sotopostos, ocorrem filitos com uma espessura sempre abaixo de 1 metro e na base de toda a seqüência, quartzitos finos, com xistosidade bem desenvolvida. Todo o conjunto tem direção aproximada Leste - Oeste e mergulha cerca de 20 - 30^0 para Sul.

As atividades de lavra do ouro se deram no local principalmente pelo desmonte hidráulico da formação ferrífera, mais alterada e friável. Este processo culminou com a transformação da encosta convexa em côncava, com escarpa vertical no topo, condicionada pela maior resistência da canga (Fig. 4).

Processos erosivos (ravinamentos, erosão diferencial), quedas ou rolamentos de blocos, que eventualmente se desprendem das escarpas e escorregamentos de material inconsolidado são comuns durante os períodos chuvosos mais intensos. As águas precipitadas se infiltram através da crosta laterítica fraturada, percolando a formação ferrífera mais permeável, até encontrar os filitos, praticamente impermeáveis, tendendo a percolar no plano de contato, em direção à escarpa subvertical que compõe a vertente.

Este fenômeno gera pressões de percolação e erosão interna (*piping*) nas formações ferríferas, deixando blocos de lateritas descalçados ou em balanço. A queda destes blocos promove o recuo da escarpa, iniciando novo ciclo de erosão diferenciada e solapamento de blocos. Além destes aspectos, as águas de escoamento superficial contribuem para a erosão de material alterado exposto, formando ravinas e provocando escorregamentos superficiais e movimentos de blocos rochosos depositados a meia encosta. Este processo contínuo se intensifica durante as chuvas mais fortes, sendo um acidente que envolveu a morte de 12 pessoas sua conseqüência mais traumatizante (Fonseca e Sobreira, 1998).

O estudo realizado no bairro compreendeu a elaboração de uma carta de risco de escorregamentos utilizando metodologia desenvolvida e aplicada na avaliação de riscos geológicos em encostas na cidade do Rio de Janeiro (GEORIO, 1996). Foram adotados os conceitos de pontos de risco e zonas de risco (Amaral e D'Orsi, 1992). A partir da identificação de situações pontuais de risco chega-se a um mapa de zoneamento de riscos. Estas zonas representam partes da encosta cujas condições geológicas, geotécnicas e de ocupação refletem vários graus de risco. A fim de uniformizar as informações e o julgamento de campo, a análise de riscos pontuais baseou-se em fichas de campo, com a descrição do tipo de material, litotipo, morfologia da vertente, uso do solo e processos ocorrentes. Foram detectados e plotados em mapa 24 pontos de risco, que balizaram a análise através da valorização dos processos ocorrentes, o número e dimensões das ruas ameaçadas e o número de casas possivelmente afetado. Uma carta de zoneamento de risco devido a escorregamentos foi o produto final (Fig. 8), que pode ser base para projeto multidisciplinar de forma a promover a reabilitação da área.

A metodologia aplicada proporcionou bons resultados, mostrando-se eficaz para a aplicação em outras áreas da Serra de Ouro Preto. Outro ponto positivo foi o tempo

despendido para a realização dos trabalhos, além de produzir dados que podem alimentar um futuro sistema de informações geográficas. Por outro lado, apenas estudos deste tipo não resolverão o problema da cidade e da população. É necessário a intervenção pública no sentido de reordenar a ocupação, removendo as habitações das áreas de risco, implementando soluções estruturais em determinados locais, estabelecendo normas e procedimentos tanto para ocupação do meio como para as edificações e, mais que isto, promover um programa de reabilitação urbana para o bairro, pela sua importância no contexto histórico da cidade e pelo patrimônio arquitetônico existente (igreja, edificações e estruturas preservadas da antiga mineração). Desta forma, o Bairro Piedade estaria reintegrado à malha urbana da cidade e poderia ser mais uma atração para a indústria turística.

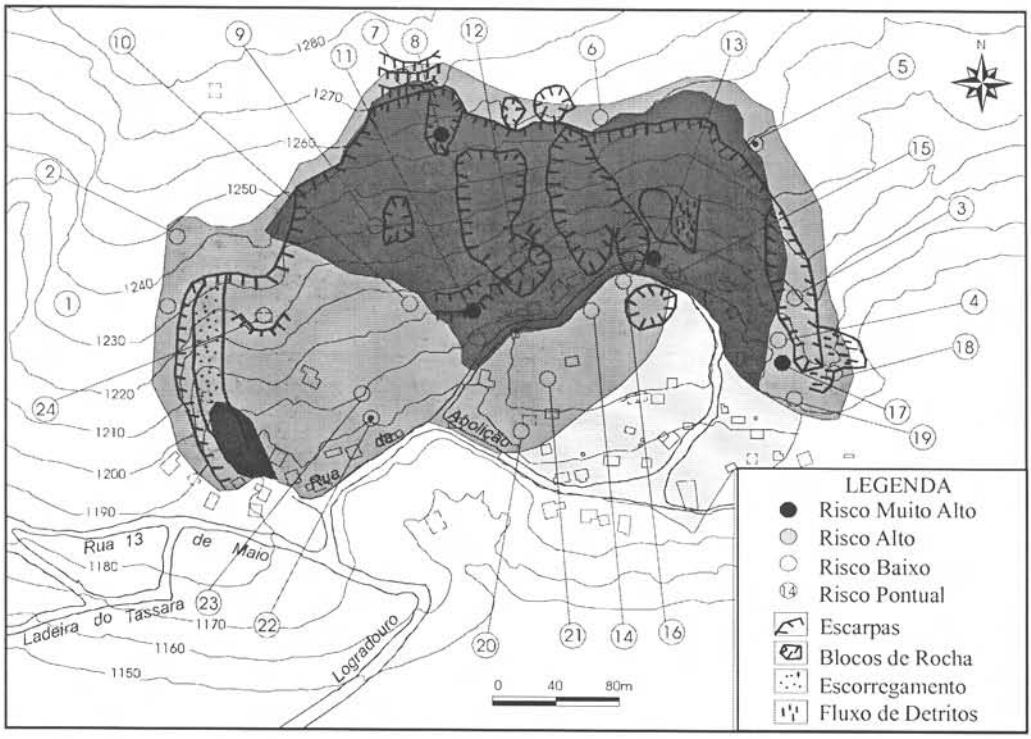

Fig. 8 - Carta de zoneamento de riscos do Bairro Piedade (Sobreira e Fonseca, 1998).

4.2.3 - Bairro Veloso

O Bairro Veloso está localizado na porção Oeste da Serra de Ouro Preto, em área de antiga exploração de ouro (Fig. 6) e é conhecido por seu triste histórico de acidentes. A lembrança mais recente foi um acidente ocorrido em Janeiro de 1996 e que teve como conseqüência três mortos. No entanto, a cada estação chuvosa mais rigorosa são registrados movimentos nas encostas, como em 1995, 1997 e 1999. Esta área foi palco de atividades de mineração no século XVIII, que originou terrenos de alta instabilidade geotécnica, dificultando ou tornando inviável a ocupação urbana em grande parte do bairro.

Buscou-se a avaliação da situação do bairro em relação aos problemas ligados à ocupação de áreas de alto risco geotécnico e geológico, no tocante a escorregamentos e outros

movimentos de massa. Para alcançar esta meta, procedeu-se ao mapeamento geológico-geotécnico, escala 1:2 000; à identificação, localização e descrição dos pontos de risco geológico-geotécnico, com registro fotográfico; à individualização de áreas de riscos geológico-geotécnico idênticas quanto ao grau e natureza de risco; à digitalização de todos os dados levantados, para a criação e implantação de um banco de dados.

No local, afloram os quartzitos nos setores mais altos, que caracterizam-se por serem finos, com xistosidade bem desenvolvida. Devido às atividades de mineração passada, são comuns blocos deste material soltos na encosta, muitos deles em posição instável (Fig. 5). Na porção central, constituindo a maior área do bairro, afloram formações ferríferas bandadas, bastante friáveis e recobertas por uma crosta laterítica de espessura em torno de 3-4 m. Sotopostos, ocorrem filitos, que constituem toda a parte inferior da vertente onde se implantou o bairro. Todo o conjunto tem direção aproximada Leste-Oeste e mergulha cerca de 20 - 30^0 para Sul. Os sistemas de fraturamento existentes combinados com a xistosidade e as atividades mineiras favorecem a formação de blocos rochosos que se depositam a meia encosta (Sobreira, 1991).

O local foi palco de ocupação urbana mais recentemente, a partir das década de 70, que aos poucos assumiu um caráter desordenado, agravando-se devido ao crescimento acelerado do bairro nos últimos anos. Apesar do aspecto geral caótico do bairro, a parte central possui uma boa infra-estrutura, fato que minimiza a influência do substrato e a torna estável do ponto de vista geológico-geotécnico. Porém nas outras áreas, principalmente nas frentes de expansão do bairro, a situação se agrava, devido à falta de qualidade das moradias, à falta de infra-estruturas, à morfologia resultante da mineração e aos condicionantes estruturais geológicos. Nas épocas chuvosas, os processos se acentuam e muitos movimentos de massa na encosta ocorrem constantemente.

Adotou-se a mesma metodologia utilizada nos levantamentos do Bairro Piedade (GEORIO, 1996). A partir da síntese das informações coletadas em campo, foi elaborada o "Mapa de Risco de Acidentes Associados a Escorregamentos em Encostas no Bairro Veloso", com a representação das áreas de risco hierarquizadas na análise final dos dados (Fig. 9). Além do zoneamento definido quanto ao risco, o mapa em questão representa os pontos cadastrados de maior importância.

Com objetivo de facilitar a visualização da influência dos processos erosivos e os movimentos de massa (escorregamentos) na estabilidade global da encosta, as informações pontuais sobre instabilidades foram lançadas na base topográfica, produzindo um mapa de processos superficiais e formas de maior importância no que se refere à estabilidade dos terrenos. A partir destas informações é possível prever-se quais problemas estarão sujeitos os diferentes setores do bairro, possibilitando o direcionamento das ações preventivas e obras corretivas.

O Bairro Veloso está consolidado e muitas situações de risco já foram contornados por obras públicas e pela própria ocupação pelas ruas e casas. O patrimônio antes existente, principalmente estruturas da antiga mineração, foi totalmente alterado ou perdido no processo de ocupação, sendo sua recuperação praticamente impossível. No entanto, caso não sejam tomadas medidas disciplinadoras do uso e ocupação do meio físico e executadas obras de melhorias em alguns pontos, o quadro tende a se agravar, principalmente nas frentes de ocupação a montante do bairro, onde as condições geológicas e geomorfológicas são desfavoráveis e as situações de risco inevitáveis.

4.2.4 – Taquaral

O Bairro Taquaral localiza-se no setor leste da área urbana de Ouro Preto e caracteriza-se por ser uma das principais frentes atuais de expansão da malha urbana. No entanto, este local

representa uma das grandes áreas de lavra de ouro no passado e um dos locais que maiores alterações sofreu. Com trabalhos principalmente a céu aberto, as atividades mineiras provocaram uma das maiores modificações da paisagem, no contexto urbano de Ouro Preto, que afetaram toda a encosta, e se estendem desde o Ribeirão do Carmo até o divisor, no Alto da Serra de Ouro Preto.

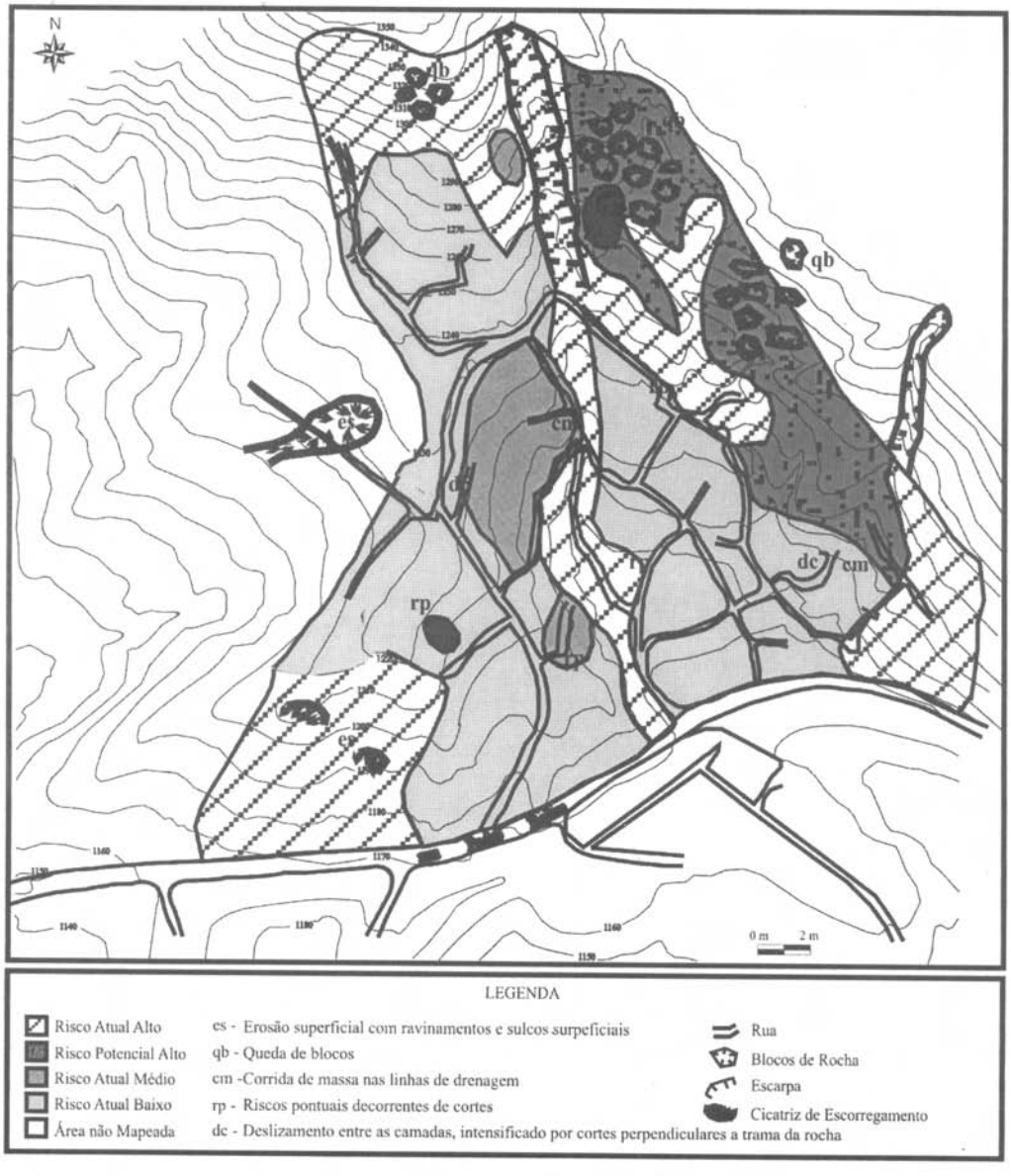

Fig. 9 - Carta de zoneamento de riscos do Bairro Veloso.

Estas atividades alteraram profundamente a rede de drenagem e os declives localmente, criando zonas escarpadas e vales profundos. Uma das principais características notadas é a grande ocorrência de blocos rochosos e de crosta laterítica, com as mais variadas dimensões,

mas que não raro ultrapassam os 30 m^3. Em muitos locais estes blocos estão envolvidos por matriz mais fina, de material depositado pelas atividades de mineração ou trazidos pela água e gravidade de setores a jusante. Estas áreas não apresentam estabilidade alguma e durante períodos mais chuvosos, a saturação dos terrenos leva a que eles comecem a se movimentar lentamente encosta abaixo (Fig. 10). Este tipo de processo, chamado de rastejo, embora comum em quase toda a Serra de Ouro Preto, ganha no Bairro Taquaral uma maior importância pela maior freqüência e pelas dimensões das áreas envolvidas.

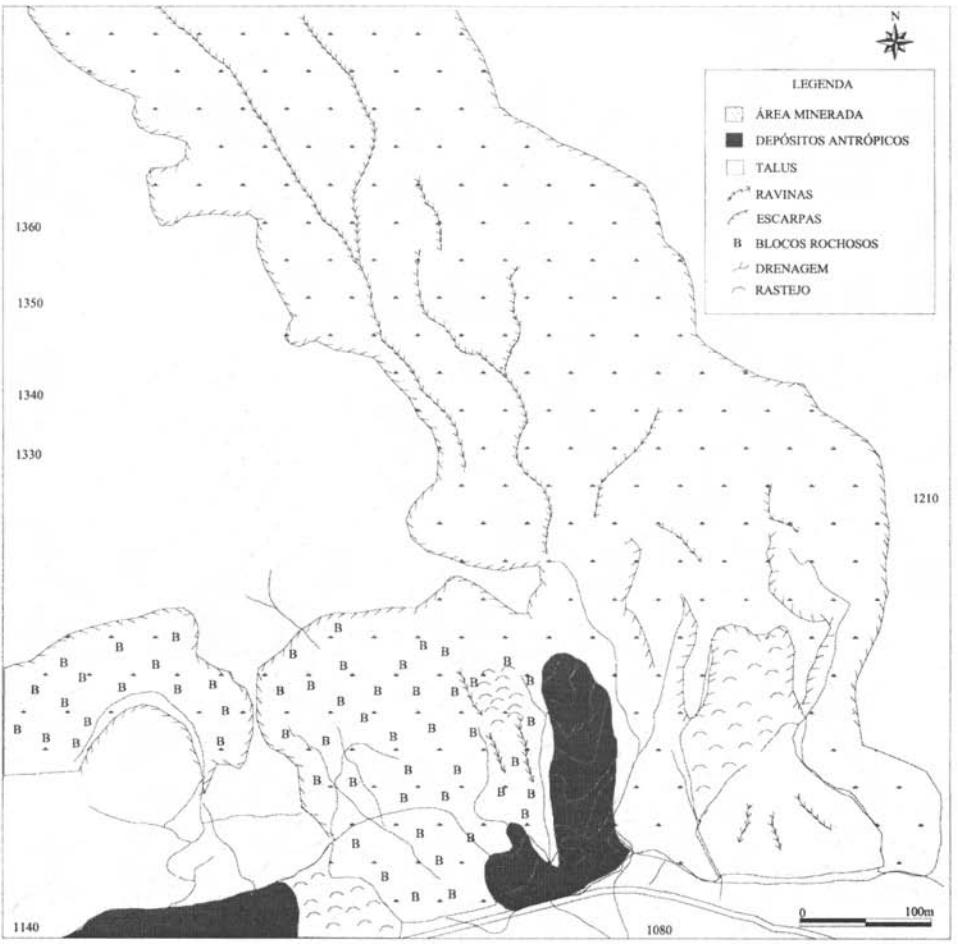

Fig. 10 - Mapa representando a situação deixada pelas antigas minerações no Bairro Taquaral e os processos de instabilização ocorrentes.

Chamam também atenção no local os depósitos decorrentes das antigas escavações, geralmente fragmentos da crosta laterítica removida para se chegar à formação ferrífera e promover seu desmonte. Destaque deve ser dado a um depósito deste tipo, formado por fragmentos de ordem decimétrica de crosta laterítica, de grande extensão, cerca de 3 hectares, e espessura variável, mas superior aos 10 metros em alguns pontos (Fig. 11). Este depósito é

formado por várias pilhas de rejeito que foram sendo acumuladas durante anos. Posteriormente, com o desenvolvimento da vegetação, estes terrenos ficaram como que mascarados na paisagem, adquirindo aspecto de pequenas colinas naturais. A ação de percolação das águas ao longo dos anos promoveu a formação de uma leve cimentação por óxido de ferro, dando uma certa coesão a estes terrenos. Uma vez escavados, o material perde esta resistência e começa a sofrer desmoronamentos e processos erosivos. Este depósito pode ser classificado como antrópico e é o melhor exemplo, embora não o único, deste tipo de resultado das antigas minerações no contexto urbano de Ouro Preto.

O mais grave, no entanto, refere-se à ocupação atual destas áreas. Como a topografia é muito irregular e os blocos rochosos encontram-se em toda parte, a população vai ocupando as áreas de forma aleatória, procurando os terrenos menos piores e formando uma malha caótica que dificulta qualquer outra intervenção que busque a melhoria das condições de ocupação. As condições de vida da população local são péssimas, com muitas famílias estando em situação quase de miséria. A falta de orientação e de normas disciplinadoras para a ocupação agrava o quadro e acaba resultando num sem número de situações de risco. São comuns casas dependuradas em taludes íngremes ou localizadas a jusante de blocos rochosos instáveis. Os movimentos de rastejo destroiem caminhos e casas e são de difícil combate, uma vez que é muito difícil a delimitação das superfícies de movimentação e dos volumes envolvidos.

Sem sombra de dúvidas, este é o pior local da área urbana da cidade, tanto no que se refere às condições de estabilidade dos terrenos, como às condições de habitação da população. Neste caso, só resta ao poder público intervir no sentido de remover a população local e considerar a área como imprópria para qualquer tipo de uso. No entanto, o que se observa é justamento o contrário, pois durante os períodos de seca, são executadas obras precárias de contenção e arruamento. Desta forma, o adensamento das áreas já ocupadas e a expansão do bairro para terrenos ainda em piores condições parece ser um processo sem fim. Assim, caso não haja algum tipo de intervenção séria e fundamentada tecnicamente, por parte do poder público, é de se esperar um futuro de dificuldades para o bairro, já tristemente famoso pelos frequentes acidentes e prejuízos em épocas de chuva.

4.2.5 - Bairro Santana

O Bairro Santana localiza-se na porção Leste da Serra de Ouro Preto, a montante do Bairro Piedade. Parte do bairro se implanta em terrenos naturais, parte em áreas mineradas. Descontinuidades bem marcantes na morfologia das encostas definem bem estes domínios. Os declives são fortes, mesmo nas áreas inalteradas, mas o perfil das encostas é convexo nestas áreas, em contrapartida a superfícies côncavas irregulares nas áreas trabalhadas. Nas áreas onde não se verificou a lavra a céu aberto, muitos trabalhos subterrâneos podem ser constatados pelas inúmeras galerias e poços existentes. Ocorre na área o perfil típico da serra, com crosta laterítica recobrindo a formação ferrífera bandada, que se sobrepõe à filitos pouco espessos e quartzitos micáceos. A vegetação é pobre e quando presente não é muito densa.

O local preservava até duas décadas atrás um imenso conjunto de ruínas, moradias e instalações remanescentes do ciclo aurífero da região. No entanto, a ocupação acelerada e desordenada do bairro nas últimas décadas provocou a destruição total deste patrimônio, seja pela reutilização destas ruínas para novas edificações, seja pelo desmonte destas para aproveitamento como material de construção. Hoje o bairro é um dos que apresenta maior densidade de ocupação em Ouro Preto, principalmente nas áreas inalteradas.

As piores áreas, com terrenos mais instáveis e maior número de ocorrências e situações críticas, são as antigas frentes de lavra, a exemplo do que ocorre em toda a serra. No entanto, alguns casos de desabamento de galerias e minas subterrâneas foram registrados em outros

setores do bairro. Os terrenos alterados têm as mesmas características dos outros bairros já descritos, com a ocorrência de muitos blocos rochosos depositados nas encostas, depósitos heterogêneos quanto à granulometria e compactação, declives acentuados, com muitas escarpas verticais e rede de drenagem totalmente alterada, encaixada nestes depósitos.

O processo de ocupação teve efeito multiplicador nas situações de perigo, uma vez que as práticas inadequadas, como cortes ousados e aterros lançados acabam por desestabilizar os terrenos. A ocupação de linhas de drenagem e base de escarpas criadas pela antiga mineração é comum, criando uma série de situações de alto risco (Fig. 11). Outro aspecto característico do bairro é o péssimo padrão construtivo, que torna as habitações mais vulneráveis. O sistema precário de coleta de resíduos sólidos, dificultado pelos acessos e a falta de consciência de parte da população tem como conseqüência o surgimento de vários pontos de acúmulo destes resíduos, muitas vezes provocando situações de instabilidade, para além do comprometimento da qualidade ambiental e da proliferação de vetores de doenças. Por outro lado, o sistema de esgotamento sanitário é precário, com o lançamento a céu aberto de grande parte dos esgotos do bairro. A infiltração destes líquidos no maciço rochoso, através de fraturas, poços e galerias da antiga mineração, acabam por provocar a contaminação das águas captadas mais a jusante nas próprias galerias (Bairro Piedade).

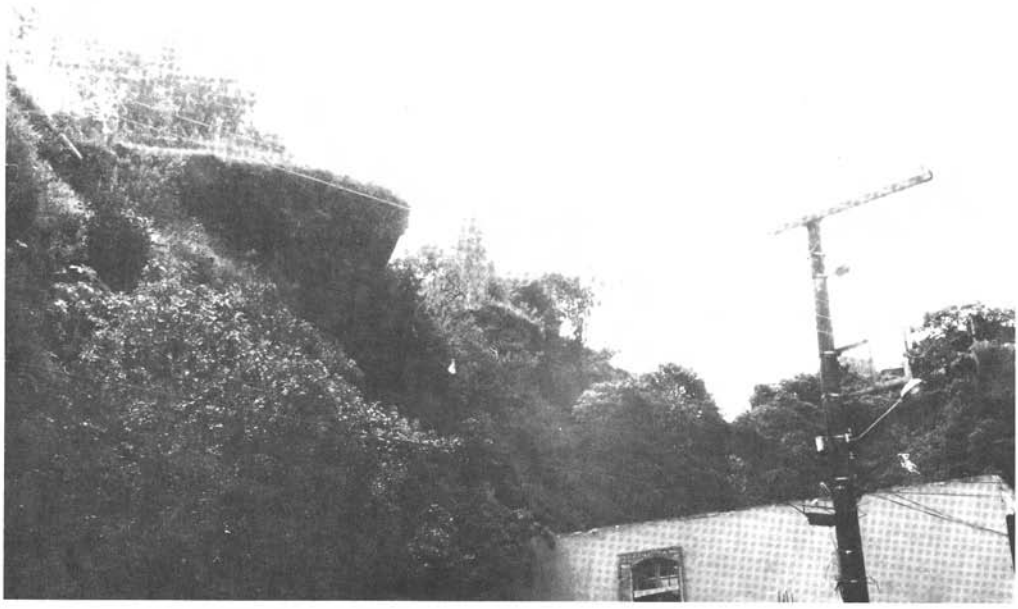

Fig. 11 - Ocupação na base de escarpa criada pela antiga mineração no bairro Santana.

4.2.6 - Volta do Córrego

No local conhecido como Volta do Córrego são registrados os mesmos problemas decorrentes das intervenções humanas passadas (mineração) e atuais (ocupação desordenada). Este bairro implantou-se em vale esculpido nas vertentes da Serra de Ouro Preto, por onde passa curso de água perene. Ocorre no local a mesma sequência litoestratigrafica da Serra de

Ouro Preto, com a seqüência de formação ferrífera bandada, filitos e quartzitos. A intensa atividade mineral no passado interferiu brutalmente na morfologia da área, pela execução de abruptos cortes subverticais e múltiplas galerias ao longo da formação ferrífera (Gomes *et al.*, 1998; Sobreira *et al.*, 1990). Estas escavações condicionaram localmente o sistema de drenagem, sendo o fluxo final direcionado para o vale estreito e profundo e a uma zona de espraiamento a jusante. No entorno desta bacia de declividade bastante íngreme, e ao longo das drenagens tributárias das encostas, expandiu-se o espaço urbano em um processo completamente aleatório. Embora o grau de ocupação não seja tão intenso como em outros bairros, o local foi palco de acidente espetacular e peculiar, que cabe aqui ser relatado.

Nesta área, a rodovia de acesso à cidade, hoje incorporada à malha urbana, exigiu a execução de um grande aterro, situado imediatamente a montante dos Bairros do Rosário e da Água Limpa. O aterro passou a conformar, então, uma bacia de acumulação de cerca de 0,5 km^2 junto à rodovia, sendo o sistema extravasor (projetado ao final da década de 40) constituído por um tubo de concreto de 80 cm de diâmetro, localizado a 11 m de profundidade em relação ao nível do pavimento asfáltico atual (Gomes *et al.*, 1998).

As conseqüências imediatas da ocupação descontrolada foram o comprometimento da estabilidade local das encostas e o risco potencial de obstrução do extravassor sob a rodovia, pelo carreamento de materiais de entulho de naturezas diversas, associado a um crescente processo de assoreamento da bacia. O problema foi detectado em estudos anteriormente realizados e soluções preventivas e mitigadoras foram propostas (Sobreira *et al.*, 1990; Sobreira, 1991). No entanto, a inoperância do sistema extravasor e a acumulação de água e sedimentos na bacia tornaram-se fatos consumados, pois os poderes públicos responsáveis utilizaram soluções simplistas e expeditas para o enfrentamento do problema (instalações de bombeamento de pequeno porte e limpeza e desobstrução periódica do dreno existente).

Os eventos anteriormente previstos ocorreram em toda a sua plenitude ao longo do dia 04/01/97. Com os elevados índices pluviométricos atingidos nos primeiros dias do ano, ocorreu a obstrução total do extravasor e o enchimento repentino da bacia de acumulação a montante do aterro rodoviário. O volume máximo calculado foi da ordem de 50 milhões de litros (Gomes *et al*, 1998). O extravasamento deste volume deu-se em três fases distintas, duas por mecanismos de ruptura e uma através de fluxo controlado. A primeira etapa ocorreu na madrugada de 04/01: cerca de 1/5 do volume acumulado foi liberado pela expulsão do material de tampão existente em uma antiga galeria de exploração mineira, concordante com a atitude da formação ferrífera e contornando todo o corpo do aterro, a cerca de 4,0 m abaixo do nível da rodovia. Esta galeria estava completamente inacessível, uma vez que ambos os lados encontravam-se obstruídos por entulho e vegetação.

A segunda fase do processo foi muito mais catastrófica e ocorreu às 13 h do mesmo dia. O mecanismo de ruptura ocorreu por "*piping*" a meia altura do aterro, constituído por um maciço mal compactado de solo xistoso, com até 12 m de espessura. Todo o processo demorou cerca de 10 min e comportou a liberação de algo em torno da metade do volume d'água armazenado. A massa de água, rompendo o aterro, atingiu diretamente o principal reservatório de água da região (800 000 l de capacidade), localizado a jusante, e toda a região circunvizinha, destruindo casas e transformando a rua de acesso ao Bairro da Água Limpa num leito de rio. Uma corrida de lama e detritos espetacular foi a conseqüência deste processo, que atingiu várias ruas e casas localizadas até pouco mais de 1 km a jusante, deixando o núcleo urbano sem água e um bairro inteiro sem energia elétrica. Apesar do caos generalizado, o acidente não causou quaisquer vítimas.

A etapa final do processo de liberação da água acumulada foi feita, de forma lenta e controlada, mediante a abertura cuidadosa de um canal longitudinal ao aterro. Na base do canal, executou-se uma galeria de fundo, com variação gradual de profundidade em função do

nível d'água do reservatório, uma vez que era grande o risco de uma nova ruptura generalizada no maciço deformado, trincado e saturado. O quadro resultante deste acidente é ilustrado na Fig. 12.

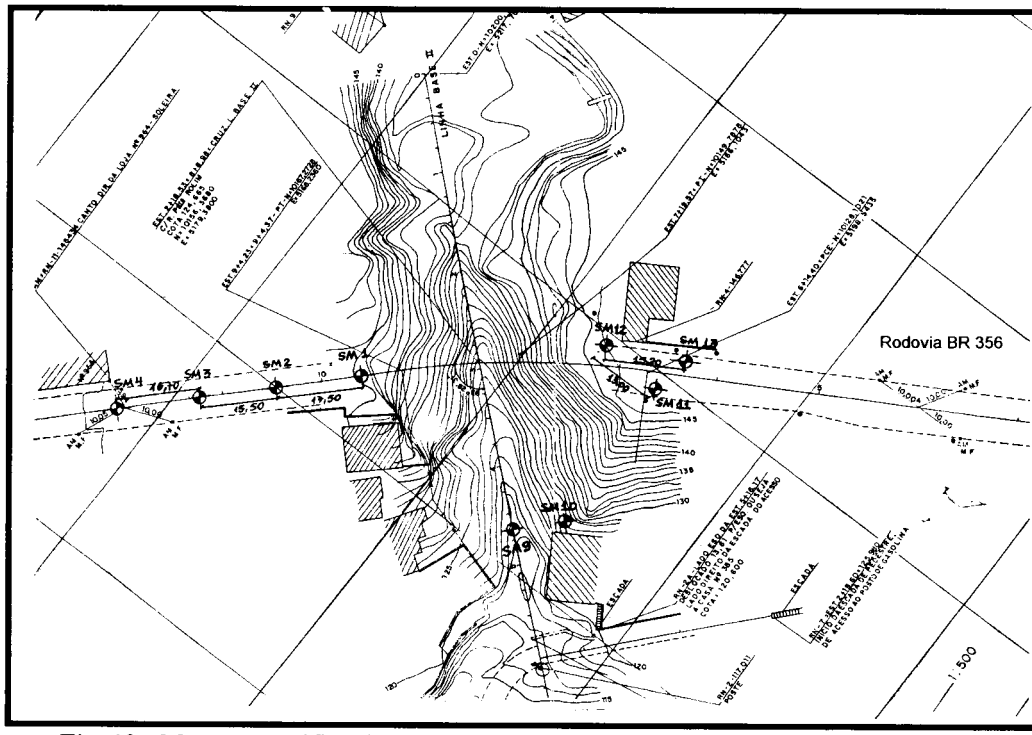

Fig. 12 - Mapa topográfico da área da Volta do Córrego representando a via de acesso principal da cidade rompida pelo acidente.

Embora este acidente não tenha causado vítimas fatais, os prejuízos decorrentes foram imensos e inestimáveis, pois além da destruição generalizada de parte da área urbana, houve a interrupção da via, um dos principais acessos ao núcleo histórico, provocou uma série de transtornos, desde a dificuldade de trânsito até a diminuição do fluxo de turistas à cidade, com reflexos nas atividades hoteleiras e de restauração, com forte impacto na economia da cidade.

Os estudos implementados para avaliação e restauração da rodovia contemplaram diferentes soluções, optando-se pela recomposição do aterro destruído, uma vez que as sondagens indicaram severas condições de alteração e fraturamento da formação ferrífera subjacente, bem como espessos depósitos dos solos de cobertura (Gomes *et al.*, 1998).

5 - CONCLUSÕES

As intervenções humanas no meio físico na área onde hoje se instala a Cidade de Ouro Preto provocaram grandes alterações na paisagem natural, principalmente no local conhecido como Serra de Ouro Preto. As antigas atividades de mineração do ouro desencadearam o desenvolvimento de processos geodinâmicos superficiais em muitas áreas, proporcionando uma rápida evolução do relevo, até que fosse atingido um equilíbrio precário. Uma segunda fase de intervenção, mais recente, se deu pela ocupação desordenada destas áreas e atuou como

um elemento reativador e desencadeador de processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa, principalmente escorregamentos, erosões e quedas de blocos.

A conseqüência imediata e mais visível deste conjunto de fatores é um triste quadro existente no que se refere aos riscos a que a população e as estruturas urbanas estão submetidos nestas antigas áreas de mineração. No entanto, muitos dos problemas existentes atualmente podem ser evitados e combatidos a partir do ordenamento do uso do meio físico, através de planejamento adequado, considerando o contexto peculiar da cidade.

O levantamento e detalhamento das áreas mais problemáticas, levados a cabo ao longo deste estudo, fornecem uma boa base para subsidiar medidas preventivas, corretivas e mitigadoras a serem efetuadas no combate destes problemas. Por outro lado, aspectos culturais, históricos e patrimoniais devem ser levados em conta no planejamento da ocupação e expansão urbana. Neste sentido, os trabalhos desenvolvidos puderam detectar um acervo espetacular esquecido e em processo de destruição, principalmente no tocante a estruturas preservadas (ruínas, galerias subterrâneas, etc.), ainda não investigado e que pode ser objeto de estudos de índole diversa, como por exemplo, arqueologia industrial e história da mineração.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo suporte financeiro ao estudo. Agradecimentos especiais à Sociedade Excurcionista Espeleológica, pelo apoio nos trabalhos subterrâneos, aos grupos PET/Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto e Universidade do Vale dos Sinos, no mapeamento de áreas de risco e a Leonardo Andrade, pela execução dos desenhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amaral, C. P. e d'Orsi, R. N. *Caracterização do Risco de Escorregamentos nas Favelas do Morro dos Macacos e Pau Bandeira, Rio de Janeiro.* Proc. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 7, ABGE, pp. 159-166, 1992.

Carvalho, E. T. *Carta Geotécnica de Ouro Preto.* Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 95p., 1982.

Eschwege. W. L. *Pluto Brasiliensis.* G. Reimer, Berlin, 622p., 1833.

Fonseca, M. A. e Sobreira, F. G. *O escorregamento do bairro da Piedade, Ouro Preto, Minas Gerais: Processos de Instabilidade em Antigas Áreas de Mineração.* Proc. 2nd Pan-American Symposium on Landslides, Rio de Janeiro, pp. 139-144, 1997.

Fonseca, M. A.; Sobreira, F. G.; Oliveira, M. V. L. e Mercedes, S. M. *Unbridled development of urban space and its implications on the preservation of landmarks: the Morro da Queimada Archeological site, Ouro Preto, Brazil. Cities* (no prelo)

GEORIO Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro. *Morro da Serrinha. Mapeamento de Risco de Acidentes Associados a Escorregamentos.* Talweg, Relatório Técnico Final, Rio de Janeiro, 65 p., 1996.

Gomes, R. C.; Araújo, L. G.; Bonuccelli, T. e Sobreira, F. G. *Condicionantes Geotécnicos do Espaço Urbano de Ouro Preto/MG.* Proc. XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, pp. 363-370, 1998.

Lacourt, F. *Jazidas auríferas de Ouro Preto e Mariana.* Mineração e Metalurgia, Julho-Agosto, pp. 87-95, 1937.

Sobreira, F. G; Araújo, L. G e Bonuccelli, T. *Levantamento de Soluções Estruturais para a Contenção de Encostas em Ouro Preto.* Ouro Preto: Convênio UFOP-Ministério da Cultura/SPHAN, 91p., 1990.

Sobreira, F. G. *Riscos Geológicos: Definição de Pontos Críticos em Ouro Preto.* Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, Vol. 44, n. 3 e 4, Jul/Dez, pp. 213-223, 1991.

Sobreira, F. G. *Urban landslide as a Consequence of Old Mining in Ouro Preto, Brazil.* Proc. Sixth International Symposium of Landslides, Christchurch, New Zealand, pp. 1419-1422.

Sobreira, F. G. e Fonseca, M. A. *Geologic Risk Resulting from the Land Use of Old Mining Sites in the Piedade Neighbourhood, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.* Proc. 8º International Congress of Engineering Geology, Vancouver. Vol 7, pp. 2025-2029,1998.

TECNOSOLO *Mapeamento Geotécnico Localizado.* Relatório RE 0826/79, Rio de Janeiro, 1979.