

MINERAÇÃO E PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPAL GEOLÓGICO  
DO BRASIL, COM PARTICULAR REFERÊNCIA ÀS GRUTAS  
"LAPA DA PEDRA-DO", "TAMBORIL-MG",  
"LAGOA RICA-MG" E "LAPA NOVA-MG"

KLEBER RAMOS ALVES

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

MINERAÇÃO E PROTEÇÃO DO PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO DO BRASIL, COM  
PARTICULAR REFERÊNCIA ÀS GRUTAS "LAPA DA PEDRA-GO",  
"TAMBORIL-MG", "LAGOA RICA-MG" E "LAPA NOVA-MG"

KLEBER RAMOS ALVES

Dissertação apresentada ao Departamento de Ecologia da  
Universidade de Brasília, como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Ecologia

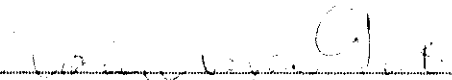
Brasília, novembro de 1991

Trabalho realizado junto ao Departamento de Ecologia,  
do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de  
Brasília, sob a orientação do Professor Doutor José Maria  
Gonçalves de Almeida Jr., com suporte financeiro do Conselho  
Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).


Aprovado por:

  
Prof. Dr. José Maria G. de Almeida Jr.

Orientador

  
Prof. Dr. Maria Novaes Pinto

Membro

  
Prof. Dr. Antônio José Andrade Rocha

Membro

Dedico este trabalho a Ana  
Flávia, Pedro Henrique e  
Juliana; aos meus pais, e ao  
fascinante mundo das cavernas.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração de diversas pessoas e instituições, às quais sou profundamente grato. Em particular, agradeço:

Ao Professor Doutor José Maria Gonçalves de Almeida Júnior, pela orientação, apoio, paciência, dedicação, entusiasmo e amizade.

Aos professores Antônio José Andrade Rocha, Antônio Carlos Miranda, Antony Haw, Bráulio Ferreira de Souza Dias, He-loisa Miranda, John DuVall Hay, Maria Novaes Pinto e Mundayatan Haridassan, pelos conhecimentos e apoio prestados ao longo do curso.

Aos colegas Antônio de Souza Gorgônio, Francisco F. Sparemberg de Oliveira, João Batista Drummond Câmara e Júlio Alejandro Vexenat, pelas críticas e sugestões.

A todos os colegas do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, especialmente a Bernardo M. Brummer, Celso Salatino Schenkel, Margarene Lima Beserra, Manoel Borges de Castro, Suzana Maria G. Ferreira e Vítor Carlos Kaniak, da Diretoria de Ecossistemas, e a Magno Rodrigues Fabrino e Maria de Lourdes Davies de Freitas, do Núcleo de Coordenação do Programa Nacional do Meio Ambiente, pela compreensão, estímulo e apoio institucional.

Ao meu irmão Kledson Ramos Alves, pelas lições de informática, e aos amigos Eduardo Honório Lacerda, pelos desenhos, Fernando Quadrado Leite e Anderson da Costa Leite, pela ajuda nos trabalhos de campo, e Francisco de Assis Veloso Filho e Débora Veloso, pelo "empurrão" inicial.

A Sociedade Brasileira de Espeleologia, ao Departamento Nacional da Produção Mineral, e ao Instituto Brasileiro de Mineração; às prefeituras municipais de Paracatú-MG, Unaí-MG e Vazante-MG; ao Espéleo-Grupo de Brasília, ao Grupo de Espeleologia da Geologia-UnB e ao Instituto Brasileiro de Informação Científica e Tecnológica, pelas informações e auxílio prestados.

## SUMARIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	III
LISTA DE TABELAS .....	VI
LISTA DE FOTOGRAFIAS .....	VII
LISTA DE MAPAS .....	X
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XIII
Capitulo	
1. O PROBLEMA .....	1
1.1 Introdução .....	1
1.2 Formulação da Situação-Problema .....	6
1.3 Objetivos do Estudo .....	9
1.4 Justificativa .....	11
1.5 Abrangência do Estudo .....	16
2. AS CAVERNAS CALCÁRIAS .....	18
2.1 Origem e Evolução .....	18
2.2 O Ecossistema Cavernícola .....	26
2.3 Caracterização das Cavernas Estudadas ..	30
3. METODOLOGIA .....	39
3.1 Procedimentos Gerais do Estudo .....	39
3.2 Coleta de Dados .....	49
3.3 Pressupostos Metodológicos .....	57
3.4 Limitações do Método .....	59

<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
4.1 Rochas Calcárias: Extração e Beneficia- mento .....	61
4.2 Impactos Ambientais Observados .....	128
4.3 Os Estudos de Impacto Ambiental e as Ca- vernas .....	164
4.4 Considerações Acerca dos Aspectos Sócio- Culturais, Institucionais e Legais .....	189
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>206</b>
<b>6. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>213</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>218</b>
<b>8. GLOSSÁRIO .....</b>	<b>229</b>
<b>9. APÊNDICES .....</b>	<b>233</b>
9.1 Cadastro Nacional de Cavidades Naturais	233
9.2 Mapas .....	257



## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
01. Ocorrência de cavernas no Brasil por litologias.....	2
02. Balanço consumo-produção de cimento - 1978/1992.....	4
03. Distribuição das províncias espeleológicas no País...	12
04. Processo de formação das cavernas (Davis et alii)....	23
05. Fluxo de energia em ecossistema de caverna.....	27
06. Formulário utilizado para anotações durante as obser- ções de campo.....	54
07. Desenho esquemático dos procedimentos de tamponamento executados.....	71
08. Desenho mostrando os afastamentos irregulares obser- vados nas áreas de lavra das pedreiras.....	72
09. O desenho "B" mostra a situação normalmente verifica- da nas pedreiras observadas.....	74
10. As ondas sísmicas produzidas nas detonações são amor- tecidas de acordo com o meio atravessado e à medi- da que sua frente se distancia da origem.....	80
11. Níveis de segurança para vibrações de estruturas re- sidenciais segundo o "U.S. Bureau of Mines", 1980.	88
12. Localização dos pontos de detonação e captação dos testes de vibração realizados na gruta Lapa Nova (Vazante-MG).....	92
13. Localização dos pontos de detonação e captação dos testes de vibração realizados na gruta Tamboril (Unai-MG).....	95
14. Distribuição dos valores de Vp em função de D nas de- tonações de produção: 227 observações de campo (Midéia, 1987).....	102
15. Domínio das variáveis Q e D para Vp > 1,5 cm/s (52 observações de campo) (Midéia, 1987).....	103
16. Fluxograma simplificado das instalações de britagem..	108

17.	Fluxograma básico da extração e beneficiamento primário do calcário, com a produção de pó corretivo...	112
18.	Fluxograma básico da produção de cal.....	113
19.	Fluxograma básico da fabricação de cimento via úmida.	114
20.	Fluxograma básico da fabricação de cimento via seca..	115
21.	Desenho esquemático mostrando a localização de bicos de pulverização em um ponto de transferência.....	119
22.	Desenho, em corte, mostrando as divisões internas e o esquema de funcionamento do reservatório fechado onde se depositam as partículas de pó aspirado (as setas indicam a direção do fluxo).....	123
23.	Desenho, em corte, do tanque d'água que auxiliaria na retenção maior das partículas de pó calcário aspirado.....	125
24.	Distribuição geográfica das unidades (lavra e beneficiamento) da empresa Inaê em relação à gruta Lagoa Rica e sua via principal de acesso (Paracatu-MG)..	126
25.	Distribuição geográfica das unidades (lavra e beneficiamento) da empresa Santo Inácio em relação à gruta Lagoa Rica e sua via principal de acesso (Unai-MG).....	127
26.	Distribuição dos sítios arqueológicos e das áreas de mineração operadas em relação à gruta Lapa da Pedra, mostrando os desmatamentos ocorridos e as áreas lavradas e a lavrar (Formosa-GO).....	135
27.	Planta baixa mostrando o impacto direto das frentes de lavra da empresa Inaê na gruta Lagoa Rica (Paracatu-MG).....	150
28.	Desenho, em corte, da Serra do Ambrózio, mostrando a relação hidrológica entre a lagoa Rica e a gruta (Paracatu-MG).....	153
29.	Cerca de 30% das cavernas calcárias cadastradas apresentam algum curso d'água perene em seu interior..	156
30.	Desenho, em corte, do Morro da Lapa, mostrando a proximidade da cava final da CMM com a gruta Lapa Nova (Vazante-MG).....	161
31.	Representação gráfica da equação que demonstra o erro metodológico (EM).....	168

32. Base da estrutura de licenciamento ambiental recomendada para minerais Classe II (calcários)..... 190
33. Planta baixa utilizada pela COPAM/FEAM para verificação de impactos na gruta Tamboril (notar que a gruta só está desenhada até o lago)..... 197

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01.	Variação da velocidade sísmica conforme a densidade da rocha e a energia específica requerida do explosivo utilizado.....	79
02.	Danos prováveis em estruturas, segundo Medvedev (1963).....	84
03.	Risco de danos em edificações comuns sobre diversas condições de terreno, segundo Langefors & Kihlstron (1978).....	85
04.	Critérios elaborados para a correlação de velocidade máxima de partícula com danos em edificações (Middéia, 1987).....	86
05.	Valor máximo de velocidade de partícula (mm/s) segundo proposição do "U.S. Bureau of Mines" (1980)....	87
06.	Valor máximo de velocidade de partícula (mm/s) segundo o projeto de norma alemã DIN 4150 (1975).....	91
07.	Evolução dos danos verificados na gruta Lagoa Rica conforme a distância lavra/caverna.....	101
08.	Resultados das observações na gruta Lapa da Pedra....	131
09.	Resultados das observações na gruta Tamboril.....	141
10.	Resultados das observações na gruta Lagoa Rica.....	147
11.	Resultados das observações na gruta Lapa Nova.....	159
12.	Métodos de avaliação de impacto ambiental.....	170
13.	Resultados da análise dos métodos representativos de cada sistema de acordo com os critérios estabelecidos.....	171
14.	Trabalhadores empregados na atividade de rochas calcárias em comparação com outros setores importantes da mineração nacional.....	207

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia	Página
01. Paisagem cárstica típica.....	21
02. Dobramentos em rocha calcária que facilitam a circulação da água por entre suas camadas estratigráficas.....	21
03. Painel com pinturas rupestres em Lapa da Pedra.....	33
04. Espeleotemas no salão de entrada da gruta Tamboril...	33
05. Espeleotemas sobre um dos lagos da gruta Lagoa Rica..	37
06. Vista de um dos salões da gruta Lapa Nova.....	37
07. Maciço calcário "Morro da Pedreira", em Santana do Riacho-MG, com atividade extrativa de mármore cipolino em uma de suas faces.....	62
08. Afloramento calcário em Formosa-GO, representativo da grande elevação, verticalidade e facilidade de acesso dessas formações minerais.....	62
09. Execução de furos para a colocação de explosivos no processo de desmonte de rochas em pedreiras (Unai-MG).....	66
10. Atividade similar de furação para desmonte de rochas, também com a utilização de perfuratrizes pneumáticas, só que em uma frente de lavra com talude baixo (Monte Alegre-PA).....	66
11. Frente de lavra da empresa Santo Inácio com um só talude de 23 m de altura e ângulos de elevação próximos a 90°.....	75
12. Furação dos blocos maiores para a colocação de cargas explosivas e a realização de detonações secundárias (fogachos).....	75
13. Carregamento de pedras calcárias por pá carregadeira (Inaê).....	106
14. Transporte de pedras, da área de lavra para o moinho, por caminhão basculante (Santo Inácio).....	106

15.	Instalações de beneficiamento, com moinho, casa de força e balança (Santo Inácio).....	107
16.	Instalações simples de britagem e moagem, com o pó calcário (1º plano) e a brita (Sotriar).....	107
17.	Britador primário, com alimentador vibratório (tremonha) (Solofêtil).....	110
18.	Sequência de unidades de britagem e moagem interligadas por correias transportadoras (Santo Inácio)...	110
19.	Caieira, em Uberaba-MG.....	116
20.	Dispersão pelo vento de pó calcário gerado no processo de britagem e moagem da rocha (Inaê).....	116
21.	Sistema de aspersão d'água, para controle de poeiras, instalado no curso final de uma correia transportadora (Sotriar).....	120
22.	Instalação dos jatos aspersores de água e detergente dentro do moinho (Sotriar).....	120
23.	Sistema de aspiração de pó (construção em alvenaria), instalado junto à usina de beneficiamento (Longatto).....	121
24.	Saida do ar do sistema de aspiração. Notar, pela cor do chão próximo à saída, que ainda são emitidas partículas para a atmosfera.....	121
25.	Paisagem principal do conjunto hidrogeoespeleológico da gruta Lagoa Rica.....	129
26.	Paisagem principal do conjunto espeleológico da gruta Tamboril.....	129
27.	Exposição dos painéis às intempéries pelo desmatamento promovido (Lapa da Pedra).....	136
28.	Pinturas rupestres em processo acelerado de desgaste e destruição (Lapa da Pedra).....	136
29.	Entrada da gruta Lapa da Pedra com painéis de pinturas rupestres em processo de recobrimento pela calcita.....	137
30.	Placas de rocha calcária contendo pinturas desprendidas da parede externa do maciço, em virtude das vibrações (Lapa da Pedra).....	137

31.	Paisagem principal, do conjunto espeleológico e arqueológico da gruta Lapa da Pedra, desfigurada, degradada e inóspita devido à não reabilitação da área minerada.....	140
32.	Paisagem principal do conjunto espeleológico da gruta Tamboril que, apesar de estar sob atividade minerária, não é visualmente prejudicada pela mesma.	140
33.	Blocos abatidos no primeiro salão e desfiguração da entrada da gruta Lagoa Rica por ação de cargas explosivas nas proximidades.....	149
34.	Instabilidade física dos últimos salões da gruta, com destruição de espeleotemas.....	149
35.	Estalactites danificadas no salão do primeiro lago, em decorrência das intensas vibrações no terreno (Lagoa Rica).....	152
36.	Paisagem principal de Lagoa Rica que demandará vultosos investimentos para sua reabilitação (no círculo, o local onde se achava a entrada da gruta)....	152
37.	Praça de lavra da CMM com a cidade de Vazante ao fundo.....	163
38.	Zona de contato das áreas de bota-fora da CMM com um bairro da cidade de Vazante.....	163
39.	Pátio de manobras abandonado da EMFOL, em cuja área, compactada pela ação das máquinas, encontravam-se sítios arqueológicos (Formosa-GO).....	193
40.	Area de lavra da Solofértil onde, entre a camada arenítica (mais escura) e a calcária (mais clara), encontravam-se depósitos fossilíferos (Uberaba-MG)	193

## LISTA DE MAPAS

Mapa	Apêndice
01. Topografia e Planta Baixa da Gruta Lapa da Pedra, Formosa-GO.....	01
02. Topografia e Planta Baixa da Frente de Lavra da Mineração Santo Inácio Ltda. e da Gruta Tamboril, Unai-MG.....	02
03. Topografia e Planta Baixa da Frente de Lavra da Mineração Inaê Ltda. e da Gruta Lagoa Rica, Paracatu-MG.....	03
04. Topografia e Planta Baixa da Gruta Lapa Nova, Vazante-MG.....	04



## RESUMO

Dentre as rochas carbonáticas, as calcárias são as que mais frequentemente entram na formação de cavernas. São, também, as rochas com maior aplicação econômica, da agricultura à indústria, passando pela construção civil.

Assim, as cavernas calcárias não são apenas as mais comuns, mas são também as mais ricas e diversificadas quanto aos aspectos ecológicos, históricos, sócio-econômicos e paisagísticos.

Dai a necessidade de se proteger as cavernas calcárias, seja como ecossistemas singulares, seja como patrimônio cultural e paisagístico passível de exploração econômica. Mas vêm daí, também, as situações de conflito que causam ora poluição e até a destruição de ecossistemas cavernícolas, ora o comprometimento e até o impedimento de atividades econômicas, com sérias consequências científicas, culturais e sócio-econômicas.

A partir desse quadro, e à luz de teorias sobre impacto ambiental em cavernas, analisa-se, - com metodologia documental e observacional de campo (de julho de 1987 a julho de 1989) -, as interações conflitantes que surgem de atividades minerárias e da proteção de cavernas calcárias no Brasil.

Particularmente, são analisadas quatro situações conflitantes quanto aos aspectos ambientais e sócio-econômicos, referentes às grutas Lapa da Pedra-GO, Lapa Nova-MG, Lagoa Rica-MG e Tamboril-MG.

Os resultados mostram que a falta de planejamento do setor minerário de rochas calcárias, a ausência de informações e dados técnicos específicos sobre os ambientes cavernícolas e o despreparo profissional e material dos órgãos públicos da

área ambiental são os principais fatores causais das situações de conflito existentes entre proteção ambiental e exploração econômica de cavernas calcárias.

Da discussão dos resultados derivam algumas conclusões e recomendações técnicas, administrativas, jurídico-institucionais e políticas, que devem ser vistas como propostas para evitar ou pelo menos atenuar o quadro de impacto ambiental negativo das grutas estudadas, e que podem ser estendidas a situações semelhantes, com vistas à proteção e utilização científica do fantástico patrimônio espeleológico do Brasil.

## ABSTRACT

Among the carbonate rocks, the calcareous rocks are the ones which most frequently give origin to caverns. They are also the rocks with the highest economic application, from agriculture to building construction to industry.

Thus, the calcareous caverns are not only the most common ones, but also the richest and most diversified in terms of ecological, historical, socioeconomic, and scenic aspects.

There is, then, a necessity to protect the calcareous caverns, both as unique ecosystems, and as a cultural and scenic heritage subject to economic exploitation. Accordingly, conflictive situations arise which can cause the pollution and even the destruction of caverns' ecosystems, as well as the disruption and even the halt of economic activities, with serious scientific, cultural, and socioeconomic consequences.

Based on such a picture, and in the light of theories about environmental impact on caverns, one analyzes, - through documentary and observational field work (from July, 1987, to July, 1989) -, the conflictive interactions that arise from mining activities and from the protection of calcareous caverns in Brazil.

Particularly, four conflictive situations are analyzed in terms of environmental and socioeconomic aspects, with respect to the following caves: Lapa da Pedra-GO, Lapa Nova-MG, Lagoa Rica-MG, and Tamboril-MG.

The results show that the major causal factors behind the conflictive situations between environmental protection and economic exploitation of calcareous caverns are: the lack of information and specific technical data about caverns' environ-

ments, and the low professional profile and the lack of material conditions of the public environmental offices.

Some technical, administrative, juridical, institutional, and political conclusions and recommendations are derived from the discussion of results; these should be seen as proposals to avoid or at least to mitigate the negative environmental impact on the studied caves; in addition, they may be applied to similar situations in order to scientifically protect and utilize the fantastic speleological heritage of Brazil.

## 1. O PROBLEMA

### 1.1 INTRODUÇÃO

As cavidades naturais subterrâneas, popularmente chamadas de grutas ou cavernas (01), são ambientes delicados, dotados de características físicas e químicas peculiares, com fauna e flora diferenciadas, e que normalmente abrigam componentes de grande valor estético e cultural, configurando, com todos os elementos naturais externos que as definem e com os quais interagem permanentemente, um complexo e frágil ecossistema.

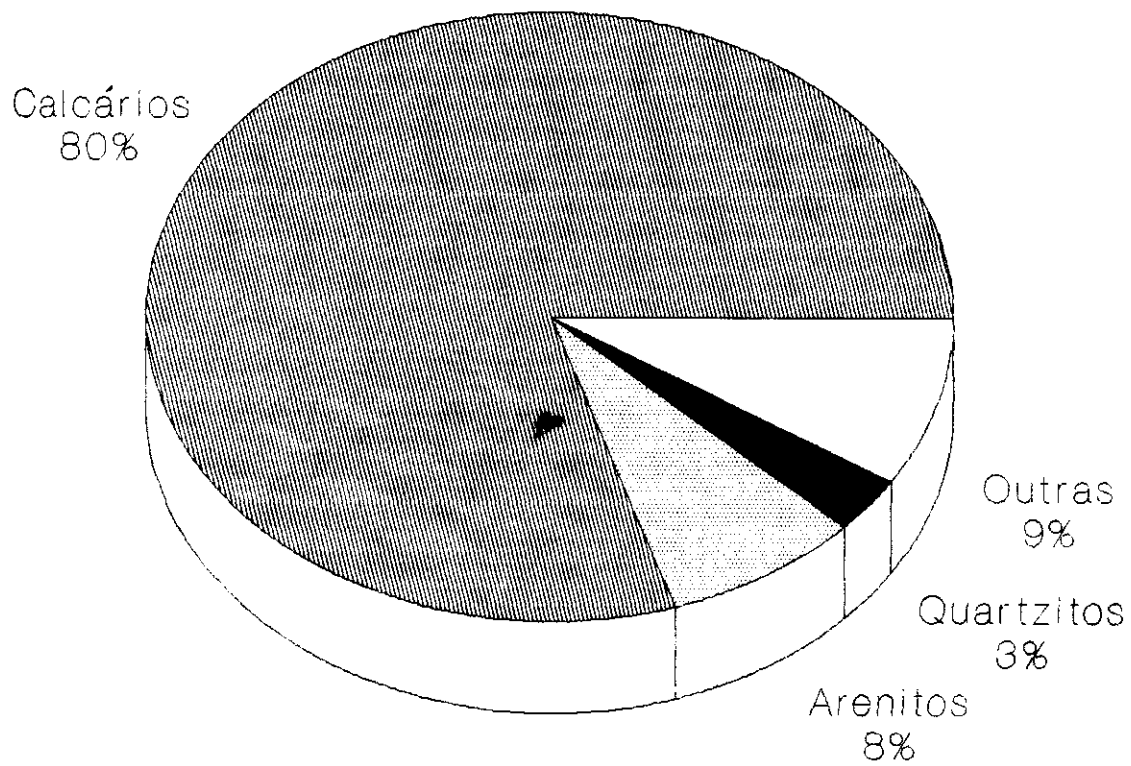
A gênese e a evolução das cavidades naturais subterrâneas é hoje bem conhecida. Resultam, basicamente, da ação e circulação da água sobre rochas solúveis, especialmente as carbonáticas, dentre as quais se salientam as conhecidas genericamente como calcários. No Brasil, das mais de 1.000 cavernas cadastradas pela Sociedade Brasileira de Espeleologia - SBE (02), aproximadamente 82% se desenvolvem em rochas calcárias, registrando-se as demais em litologias diversas, como arenito, quartzito, xisto, granito, gnaisse, canga e outras de menor ocorrência (Fig. 01).

---

01. A Sociedade Brasileira de Espeleologia define cavidade natural subterrânea como todo e qualquer espaço subterrâneo penetrável pelo homem, com ou sem abertura identificada, popularmente conhecido como caverna, incluindo seu ambiente, seu conteúdo mineral e hídrico, a fauna e flora ali encontradas e o corpo rochoso onde as mesmas se inserem, desde que sua formação tenha sido por processos naturais, independentemente de suas dimensões ou do tipo de rocha encaizante. Nesta designação estão incluídos todos os termos regionais como gruta, lapa, toca, furna, pedra, etc.

02. Entidade civil de âmbito nacional, que congrega entidades que desenvolvem atividades no setor e estimula o desenvolvimento da atividade espeleológica no país.

Total de 1143 cavernas



Fonte: Cadastro Nacional de Ovidades Naturais  
SRE julho/1989

Fig. 01. Ocorrência de cavernas no Brasil por litologias.

Conforme a sua origem, - orgânica ou química -, os calcários são susceptíveis de inúmeras aplicações ou funções, "in natura" ou com algum beneficiamento. Basicamente, se destacam, conforme suas características físico-químicas, a sua utilização na produção de cimento, pedra britada para concreto, cal e mármore (calcário metamorfoseado), como corretivo de solos ácidos, fundente na metalurgia e elemento constitutivo da pavimentação asfáltica, além de outras aplicações em obras de engenharia civil (03).

Segundo o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM (04), a produção de calcário bruto em 1988 foi da ordem de 60.110.900 t, para uma reserva medida de 40.766.378.529 t, representando um acréscimo de 3,9% na produção em relação a 1986 (05).

Desta forma, a demanda de calcários e seus derivados tem se elevado (Fig. 02), exigindo aumento análogo da atividade extrativa mineral, que vem a ocasionar, por sua vez, alterações significativas nos ecossistemas de caverna, quando não a destruição total desse patrimônio natural.

Apesar da recente exigência do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (06), de se "elaborarem estudos de impacto ambiental nos casos de empreendimentos potencialmente

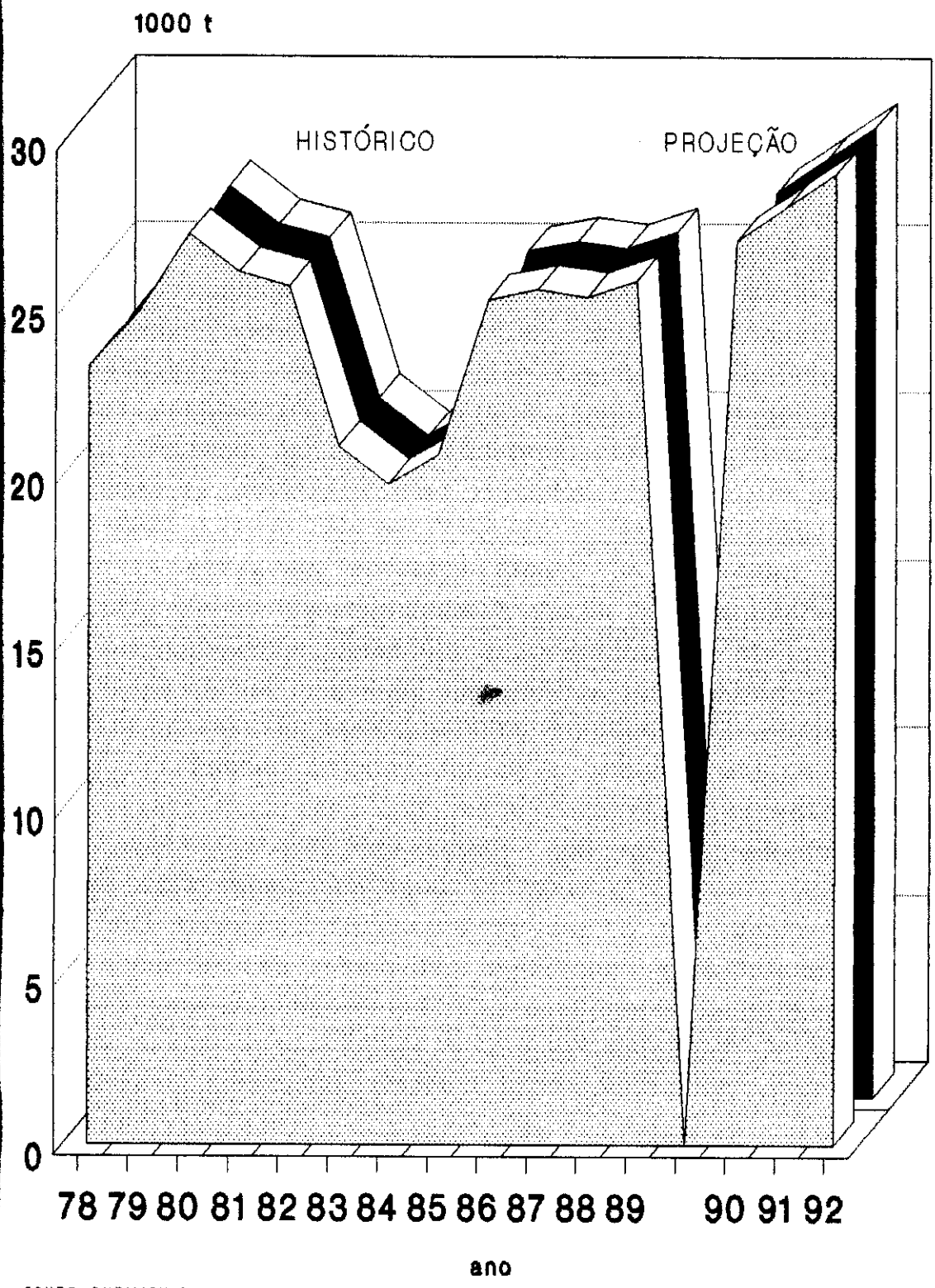
---

03. BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral. Perfil Analítico das Rochas Calcárias de São Paulo e Paraná - Boletim nº 45, p.3.

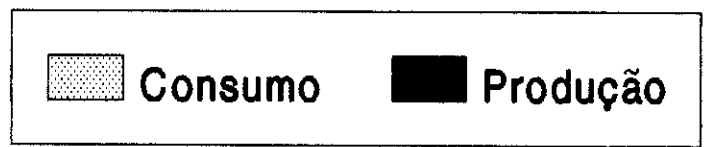
04. Órgão federal do Ministério da Infra-estrutura - MINFRA encarregado de normatizar, controlar e fomentar a produção mineral no país.

05. BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro, Volume XVIII, 1987, *passim*.

06. Órgão Superior do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) - que é constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios, dos Municípios e fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental - com a função de assistir ao Presidente da República na formulação de diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente.



FONTE: DNPM/SNIC



02. Balanço consumo-produção de cimento - 1978/1992.



lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional" (07), os vários estudos realizados e os muitos documentos elaborados não têm contribuído de forma satisfatória para a tomada de decisão sobre a viabilidade ambiental dos projetos situados em áreas de ocorrência espeleológica.

Como observa Cláudio (1987), em estudo analítico sobre as abordagens metodológicas existentes para avaliação de impactos ambientais, "devido à dificuldade para sua determinação, os aspectos sociais de um projeto são geralmente considerados secundários, enquanto os fatores biofísicos, através de seus parâmetros e volume, são considerados diretos ou primários. Tal procedimento deve ser encarado cuidadosamente, já que determinado projeto ou plano pode incorrer em erros no estabelecimento de previsão simulada com princípios desconsiderados." (08). Ainda conforme o autor supracitado, "Os métodos (...), aplicáveis até certa extensão para problemas típicos, mostram-se insuficientes para cobrir todos os setores envolvidos na complexidade ambiental." (09).

Assim, identificou-se a necessidade de serem estabelecidos critérios básicos e diretrizes específicas para o desenvolvimento desses estudos ambientais, pois as metodologias existentes têm sido utilizadas indistintamente, sendo, em sua maioria, incapazes de dar o tratamento adequado às características culturais, históricas e sócio-econômicas que, juntamente com as ambientais, compõem o ecossistema cavernícola.

---

07. Resolução/CONAMA nº 005, de 06 de agosto de 1987, inciso I, parág. 3º.

08. Celina F. Bragança Rosa CLAUDIO. Implicações da Avaliação de Impacto Ambiental, p.159.

09. *Id., Ibid.*, p.162.

## 1.2 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO - PROBLEMA

Conforme Bolea (1984), é muito difícil e complexo analisar integralmente a incidência ambiental de um empreendimento, "se não se delimitam os fatores ambientais implicados e se não se definem com clareza os critérios e metodologias a utilizar" (10).

Por sua vez, a quase inexistência de parâmetros ou indicadores ambientais de impacto próprios para as cavernas, se constitui em um dos maiores entraves à avaliação de impactos ambientais de projetos ou ações previstos para áreas de potencial espeleológico. Tal deficiência tem permitido interpretações vagas e subjetivas, de difícil reprodução, das consequências ou efeitos ambientais acarretados às cavernas.

Assim, a falta de delimitação dos fatores ambientais realmente implicados nos projetos, em suas várias fases de execução, pode conduzir a documentos extensos, onerosos e de difícil entendimento por pessoas não especializadas, não emprestando a contribuição pretendida aos processos de decisão e limitando a participação pública - peça fundamental nos estudos de impacto ambiental (Cláudio, 1987).

Outro aspecto envolvido na problemática de proteção de cavernas é que das 473 minas em atividade em 1988, mais da metade delas executavam a lavra do tipo manual ou semi-mecanizada a céu aberto (11), ou seja, aproximadamente 50% do setor de calcário agrícola, cal, brita e outros derivados do calcário, são constituídos por pequenas e micro empresas, formadas, geralmente, pelos proprietários das terras interessadas apenas em obter algum rendimento das reservas

---

10. Maria Fereza Esteván BOLEA. Evaluación del Impacto Ambiental, p.11.

11. BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro, Volume XVIII, passim.

minerais de calcário existentes em suas propriedades, dando uma destinação econômica a áreas antes consideradas improdutivas por serem impróprias para o cultivo ou para a criação.

Além disso, o desconhecimento da legislação (sobretudo ambiental), o custo normalmente elevado dos Estudos de Impacto Ambiental - EIA hoje aplicados para projetos dessa natureza e a deficiência na fiscalização pelos órgãos oficiais competentes, têm conduzido estas atividades à clandestinidade ou, no mínimo, ao cumprimento apenas das exigências contidas no Código de Mineração (12).

Diante da inexistência de procedimento metodológico específico para o desenvolvimento de estudos de impacto ambiental em áreas de caverna, o problema-objeto de pesquisa desta dissertação é compreendido pela necessidade de se preservar convenientemente ecossistemas de caverna, sem que isso signifique obrigatoriamente a inviabilização de empreendimentos previstos ou existentes em áreas de sítios espeleológicos ou de potencial para tal, tendo em vista o atual quadro político-econômico-social do país.

Metodologias que se utilizem de indicadores ambientais de impacto próprios para esses ecossistemas e que possibilitem a delimitação dos fatores ambientais realmente envolvidos, certamente trarão melhores contribuições para o processo de decisão sobre a viabilidade ambiental de ações e projetos em áreas de caverna.

Desse modo, evidencia-se a necessidade de serem desenvolvidos métodos e modelos próprios, ajustados à complexidade física, biológica, sócio-econômica e cultural das cavernas e seu entorno, e às dificuldades impostas aos pequenos empreendedores pelo alto custo dos EIA/RIMA, considerando

---

12. Instituído pelo Decreto-Lei Nº 227, de 28/02/67, o Código de Mineração regula os direitos sobre os recursos minerais do país; o regime de seu aproveitamento; e a fiscalização, pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria minerária.

ainda que os modelos de avaliação e as metodologias de estudo de impacto ambiental disponíveis são, em sua maioria, provenientes de trabalhos executados em países de sistemas ecológicos distintos e de realidades sócio-econômicas, políticas, culturais e tecnológicas totalmente diferentes das verificadas em nosso País, a exigir, assim, adaptações adequadas às condições específicas do Brasil.

### 1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

#### GERAL

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise das relações que envolvem as atividades econômicas minerárias em rochas calcárias e a proteção de cavernas. Visa-se, com isso, minimizar as situações de conflito que têm levado ao comprometimento e à destruição do patrimônio espeleológico brasileiro. Para tanto, recorre-se à elaboração de documentos sucintos e uniformes, que venham a orientar racionalmente o processo de decisão sobre a viabilidade ambiental de projetos ou ações potencialmente lesivos às cavidades naturais subterrâneas, e que busquem a otimização do emprego dos recursos naturais envolvidos.

#### ESPECÍFICOS

I - Caracterizar a atividade minerária em rochas calcárias diante de cavernas existentes na área de influência do empreendimento;

II - Examinar os procedimentos adotados por empreendedores, órgãos públicos de proteção ambiental e sociedade civil frente aos conflitos entre mineração e proteção de cavernas;

III - Analisar as metodologias existentes para a condução de estudos de impacto ambiental de projetos ou ações, perante as características e especificidades das áreas de ocorrência de cavernas, tanto em nível de procedimentos legais e institucionais, quanto de meios e mecanismos próprios e adequados de avaliação de impactos ambientais;

IV - Identificar método de reconhecimento e quantificação de impactos ambientais pertinente aos ecossistemas de caverna, a partir de modelos existentes;

V - Determinar e caracterizar as fases que devam constar dos estudos de impacto ambiental de projetos ou ações previstos para áreas de ocorrência espeleológica;

VI - Estabelecer uma lista de referência, contendo os possíveis fatores ambientais de caverna susceptíveis de impacto por atividades minerárias em rochas calcárias.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

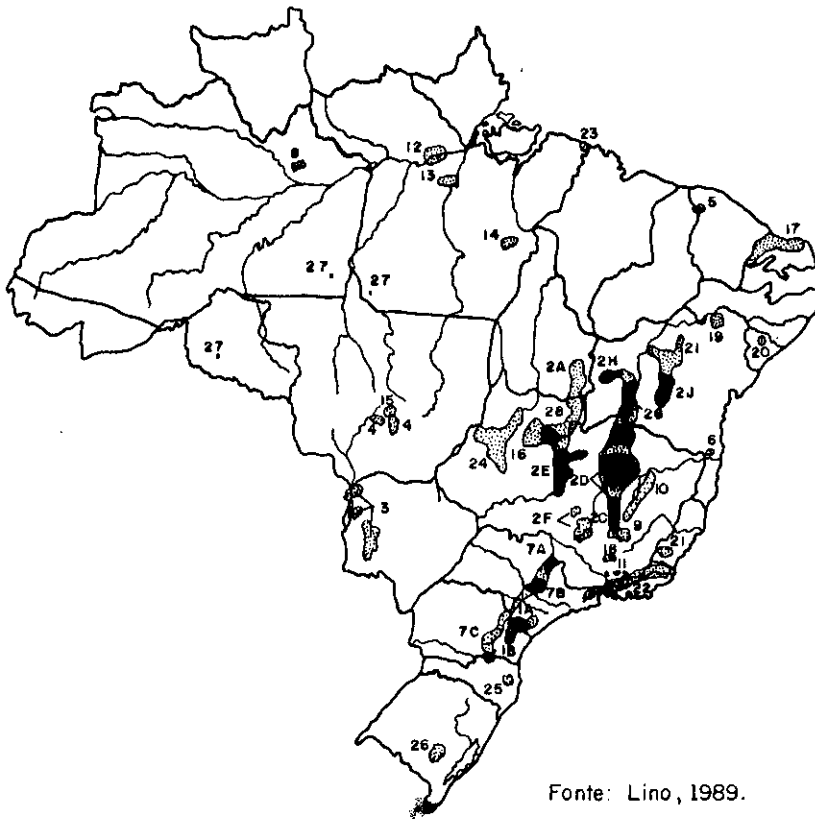
É notória a relevância das cavidades naturais subterrâneas como patrimônio natural, quer devido à beleza singular de suas ornamentações, raridade no tamanho ou na ocorrência, quer devido ao seu conteúdo científico (fauna, flora, paleontologia, arqueologia, mineralogia e geologia), à sua importância como recurso didático à educação ambiental ou ao seu grande potencial sócio-econômico-cultural, representado fundamentalmente pelas atividades turísticas e as manifestações religiosas.

Segundo Lino (1989), são atualmente reconhecidas, no Brasil, cerca de dezessete Províncias Espeleológicas (Vale do Ribeira, Bambuí, e Serra da Bodoquena, entre as principais) e diversas Regiões Carbonáticas - áreas com rochas carbonáticas pertencentes a uma mesma formação geológica e susceptíveis às ações cársticas (12) - favoráveis à formação de cavernas, que, juntas, perfazem um total de aproximadamente 425 000 km<sup>2</sup>, equivalentes a 5% do território nacional (Fig. 03).

A área necessária à plena proteção das mais de 1 000 cavidades naturais subterrâneas conhecidas representa apenas 1,6% desse total de 425 000 km<sup>2</sup>. Apesar disso, a pressão econômica sobre esses recursos é muito grande, seja através do emprego direto ou indireto do calcário no fabrico de materiais para a construção civil, como corretivo químico de solos ácidos ou em outras atividades industriais, seja em decorrência da expansão urbana, como a construção de usinas hidrelétricas, aeroportos e auto-estradas. Para Pérez-Conca (1977), "como fenômeno generalizado, a expansão demográfica da raça humana alterou de maneira radical os ecossistemas de

---

12. Processos corrosivos intensos e rápidos, com circulação subterrânea, que determinam formas específicas às rochas (Guerra, 1972).



Fonte: Lino, 1989.

#### PROVÍNCIAS ESPELEOLÓGICAS

1. Província Espeleológica do Vale do Ribeira

2A Distrito de Iporanga

2B Distrito da Região Metropolitana de Curitiba

3 Província Espeleológica do Bambuí

4A Distrito de São Domingos

4B Distrito de Formosa

5C Distrito de Lagoa Santa

6D Distrito Cordisburgo-Montes Claros

7E Distrito Vazante-Paracatê

7F Distrito Arcos-Pains

8G Distrito do Médio São Francisco

9H Distrito de São Desidério

10I Distrito de Irecê

11J Distrito do Alto Paraguaçu

12 Província Espeleológica da Serra da Bodoquena

13 Província Espeleológica do Alto Paraguai

14 Província Espeleológica da Chapada de Ibiapaba

15 Província Espeleológica do Rio Pardo

16 Província Espeleológica Arenítica da Serra Geral

17A Distrito Arenítico de Altinópolis

17B Distrito Arenítico Rio Claro-São Carlos

7C Distrito Arenítico de Vila Velha

8 Província Espeleológica Arenítica do Alto Urubá

9 Província Espeleológica do Quadrilátero Ferrífero

10 Província Espeleológica da Serra do Espinhaço

11 Província Espeleológica Quartzítica de Ibitipoca

12 Província Espeleológica Arenítica de Monte Alegre

13 Província Espeleológica Arenítica de Altamira

14 Província Espeleológica Laterítica de Carajás

15 Província Espeleológica Arenítica da Chapada dos Guimarães

16 Província Espeleológica do Paraná

17 Província Espeleológica da Chapada do Apodi

18 Área Espeleológica de São João Del Rey

19 Área Espeleológica de Curaçá-Canudos

20 Área Espeleológica de Vaza Barris

21 Área Espeleológica do Espírito Santo

22 Área Espeleológica do Vale do Paraíba do Sul/Serra do Mar

23 Área Espeleológica Bauxítica do Vale do Piriá

24 Área Espeleológica do Grupo Araxá

25 Região Carbonática do Centro Leste de Santa Catarina

26 Região Carbonática do Rio Grande do Sul

27 Outras ocorrências

3. 03. Distribuição das províncias espeleológicas no País.



várias áreas cársticas, introduzindo elementos estranhos nestes sistemas e destruindo alguns elementos originais. Isso modifica as relações entre os componentes da caverna, influenciando assim em seu equilíbrio" (13).

A degradação dos ambientes subterrâneos tem se dado também por vias indiretas, através de desmatamentos no entorno das cavernas, da poluição das águas que percorrem as redes cársticas e do gerenciamento e infra-estrutura inadequados, descacterizando e comprometendo seriamente os sistemas ecológicos desses ambientes (Howarth & Stone, 1982).

Não se conhece o número exato de cavernas parcial ou totalmente destruídas por essas atividades, mas estima-se, através de registros e relatórios de grupos de espeleologia, que o número atinja a casa de algumas dezenas. A título de exemplo, podem ser citadas:

\* a Lapa Vermelha de Lagoa Santa, um dos mais importantes sítios arqueológicos estudados por Lund (14), que foi totalmente destruída com o maciço calcário onde se inseria;

\* a destruição das grutas do município paulista de Itapeva, que reuniam estalactites azuis e verdes de crizocola (silicato de cobre), malaquita e azurita (carbonatos de cobre), espeleotemas que representavam raridades mundiais;

\* a gruta da Fenda Azul, destruída por uma mineração irregular de calcário no Parque Estadual e Turístico do Alto Ribeira - PETAR, Estado de São Paulo, onde ocorriam flo-

---

13. Francisco PÉREZ-CONCA, *Temas Especiales - Problemas Ambientales de Areas Cársticas. Parte 1: La Cueva Y Su Ecosistema*, Boletim de la Sociedad Venezolana de Espeleologia, 8(16): 156.

14. Peter Wilhelm Lund, considerado o pai da Paleontologia e da Arqueologia brasileira foi também um dos precursores da Espeleologia no Brasil, tendo desenvolvido, através de suas pesquisas, duas das mais importantes regiões espeleológicas do país: Lagoa Santa, em Minas Gerais, e Vale do Ribeira, em São Paulo.

res de calcita e aragonita (15), helectites, espirocones e inúmeros outros espeleotemas azulados por sais de cobre;

\* a contaminação, por mercúrio, de importantes cavernas do PETAR devido à mineração ilegal de ouro no rio Alambari, em Iporanga-SP;

\* a completa desfiguração, interna e externa, da gruta Rei do Mato, em Sete Lagoas-MG, promovida pela instalação de infra-estrutura turística inadequada, como construções de concreto, pontes e escadas metálicas, pisos cimentados e iluminação incompatível, que a reduziram à um local visualmente desfigurado e ecológicamente degradado.

Todos esses problemas foram, em parte, originados ou agravados pela inexistência, no País, de instrumentos jurídicos específicos, em nível nacional, que protegessem as cavidades naturais subterrâneas por seu valor intrínseco e definissem, legal e institucionalmente, a instância ou órgão a que compete essa proteção.

O único avanço verificado nesse sentido foi a determinação do CONAMA de serem realizados estudos de impacto ambiental de empreendimentos potencialmente lesivos ao patrimônio espeleológico nacional, e a recente inclusão na Constituição Federal - em seu Capítulo II, artigo 20, inciso X - das cavidades naturais subterrâneas como bens da União, possibilitando, assim, atenuar e evitar muitos dos impactos negativos decorrentes da localização de projetos e ações em áreas passíveis de ocorrência de cavernamentos (16).

Contudo, a falta de delimitação dos principais fatores ambientais de caverna, a se considerar em qualquer análise, a indefinição dos critérios e parâmetros idôneos para as cavidades naturais subterrâneas e o desconhecimento

---

15. Espeleotemas de carbonato de cálcio romboédrico e ortorrômbico, respectivamente, de conformação retorcida, muito parecidos com flores, que ocorrem em várias cavernas brasileiras.

16. No curso deste trabalho surgiram novos diplomas legais a respeito da utilização e proteção de cavernas, analisados e discutidos na seção 4.4.

acerca das causas principais dos conflitos entre a atividade minerária e a proteção de cavernas, poderá tornar os processos de avaliação de impactos ambientais difíceis e complexos.

Ademais, a profusão de métodos e modelos existentes poderá conduzir, à medida que se utilize um ou outro, a trabalhos de grande subjetividade, com graus de resolução discrepantes e, muitas vezes, inadequados para uma análise integrada, global, sistêmica e interdisciplinar do ambiente cavernícola e de seus componentes, além de serem, também, inacessíveis aos pequenos empreendedores.

Desta forma, identifica-se a necessidade de uma uniformização de procedimentos gerais, tanto administrativos quanto técnicos, quando do enfrentamento de questões relativas a empreendimentos localizados ou que venham a se localizar em sítios espeleológicos, visando uma interpretação clara da situação ambiental envolvida (ai incluída a econômica).

## 1.5 ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

No Brasil, os projetos ou ações virtualmente lesivos ao patrimônio espeleológico restringem-se, fundamentalmente, às atividades minerárias, ao acondicionamento turístico de cavernas e às grandes obras de engenharia civil, como represamentos de rio, rodovias, aeroportos, linhas de transmissão e outras ocupações urbanas e industriais.

Dentre estes, a mineração de rochas calcárias é o que mais prejuízos tem proporcionado ao conjunto de cavernas brasileiras, tendo em vista a larga utilização desse bem mineral e, sobretudo, à enorme potencialidade dessas rochas carbonáticas aos cavernamentos, ao ponto de 82% das cavidades naturais subterrâneas cadastradas pela SBE se desenvolverem em rochas calcárias (17).

Assim sendo, e tendo em vista facilitar o procedimento geral deste estudo, buscou-se orientar o trabalho no sentido de contemplar, preferencialmente, o conjunto de impactos provenientes de projetos de mineração que venham a se localizar em áreas cársticas calcárias (18), excluindo-se, assim, as áreas espeleológicas pseudo-cársticas (Renault, 1970), isto é, que apresentem cavidades que não tenham origem em processos tipicamente cársticos (19), como cavernas em arenito, canga, bauxita e em outras litologias, que resultem da intemperização da rocha aflorante (Pinheiro, 1988).

---

17. Informações obtidas a partir da interpretação dos dados contidos no Cadastro Nacional de Cavernas, de julho de 1989, da SBE.

18. Áreas de rochas calcárias onde ocorrem fenômenos específicos da ação cárstica, como dolinas, *poljés*, rios sumidos, uvalas, cavernas, etc. (Guerra, 1972).

19. Processos de dissolução química de rochas carbonáticas através de circulação subterrânea.

Outro aspecto relacionado à abrangência deste estudo diz respeito às cavidades naturais subterrâneas inacessíveis à penetração humana direta, isto é, cavernas que, apesar de apresentarem dimensões que as caracterizem como tal (20), não possuam abertura de contato com a superfície que possibilite a penetração direta do homem, tendo sido detectadas apenas por meios indiretos, como sondagens geológicas e geofísicas e estudos hidrológicos, entre outros.

Como esses cavernamentos são normalmente estudados sob uma ótica distinta, - a da influência do meio cavernícola sobre uma atividade proposta -, que utiliza métodos de detalhamento específicos, solicitando uma série maior de recursos, e tendo em vista que este trabalho lida, fundamentalmente, com o desenvolvimento de estudos de impacto ambiental de ações ou atividades que produzam alterações no meio cavernícola, - sendo este penetrável e passível de investigação direta -, as cavidades naturais subterrâneas inacessíveis à penetração humana direta não foram consideradas, por significarem casos isolados e de limitada ocorrência no âmbito dos demais, fugindo, assim, ao escopo dessa dissertação.

---

20. Para fins de cadastro espeleológico, a SBE considera apenas as cavernas com um mínimo de 20 m de desenvolvimento para as predominantemente horizontais. e 10 m de desenvolvimento para as predominantemente verticais.

## 2. CAVERNAS CALCÁRIAS

### 2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO

As cavernas são consideradas componentes subterrâneas do relevo, decorrentes de processos geológicos e climáticos, que atuam ao nível da superfície (Thornbury, 1966; Sparks, 1972; Smith, 1977).

Inseridas em um tipo peculiar de paisagem - conhecida como "Karst" (01) -, as cavernas dela participam como seu elemento subterrâneo, onde se encontram dolinas, "canyons", sumidouros e ressurgências de rios, pontes de pedra, vales cegos, rios encançados, poljês e lapiáz, entre os mais comumente observados à superfície (Renault, 1970).

Entretanto, na paisagem cárstica, de fisionomia esburacada e ruiforme, a ausência de cursos d'água superficiais, em decorrência da drenagem essencialmente vertical e subterrânea (criptorrêica), é um dos principais aspectos a caracterizá-la. (Gardner, 1935; Tricart, 1965; Ab' Sáber, 1979).

Por outro lado, a presença por si só de cavernas não é condição suficiente para classificar uma determinada topografia de "cárstica".

Desse modo, apesar da abundância e da ampla distribuição no planeta das rochas carbonáticas (sobretudo as calcárias), somente algumas poucas regiões ou localidades apre-

---

01. A palavra "Karst" foi inicialmente empregada para designar a morfologia regional da área de calcários maciços situada nas proximidades de Rijeka (Iugoslávia). Atualmente, é um termo de sentido amplo empregado para as áreas calcárias ou dolomíticas que possuem uma topografia característica, oriunda da dissolução de tais rochas (Christofolletti, 1988).

sentam os caracteres cársticos típicos desenvolvidos, em decorrência da ausência de uma ou mais condições essenciais para a formação desse tipo de relevo (Thornbury, 1966).

Segundo Christofolletti (1980), para que se desenvolva o modelado cárstico é preciso que se apresentem algumas condições básicas, como:

- Existência de um pacote de rochas solúveis maciças e resistentes, de grande espessura, à superfície ou próxima a ela, acamada em bancos delgados, fissurada e fraturada o suficiente para permitir a circulação da água através dela, podendo comportar qualquer tipo de estrutura geológica. Merece destaque o fato de não se tratar simplesmente de rochas porosas ou permeáveis. É preciso que a permeabilidade seja consequência de as águas de precipitação circularem por entre os planos de estratificação e as diáclases, e não por atravessarem meramente o corpo rochoso em razão da sua elevada porosidade.

- Localização em região de razoável precipitação pluviométrica para que a dissolução da rocha possa ocorrer. A presença de densa vegetação também é importante, pois contribui para o aumento do poder de dissolução da água pluvial.

- Elevada amplitude topográfica (altura da área acima do nível do mar), para possibilitar a circulação das águas subterrâneas e a evolução das formas cársticas.

As carbonáticas são as rochas solúveis que mais se enquadram às condições básicas definidas por Christofolletti para o desenvolvimento do modelado cárstico, sendo que, dentre essas, destacam-se as calcárias.

Assim, apesar de serem encontrados caracteres cársticos-tipo em outras litologias, como arenito, gnaisse, basalto, entre várias outras (nesse caso denominadas formas ou paisagens pseudo-cársticas) (Renault, 1970; Lladó, 1970), são nas rochas calcárias que se situam os relevos cársticos mais

notáveis e, por conseguinte, o maior número e as mais significativas cavernas encontradas na Terra.

As rochas calcárias são compostas predominantemente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), podendo, sua origem, ser química, - quando formadas pela deposição de carbonato de cálcio sob a influência das mudanças de temperatura, pH, gás carbônico livre, assimilação clorofiliana das algas, agitação das águas e outros fatores -; ou organogênica, quando formadas pela acumulação e cimentação de conchas e esqueletos de animais antigos (Mabesoone, 1968; Mc Alester, 1969; Comério, 1976).

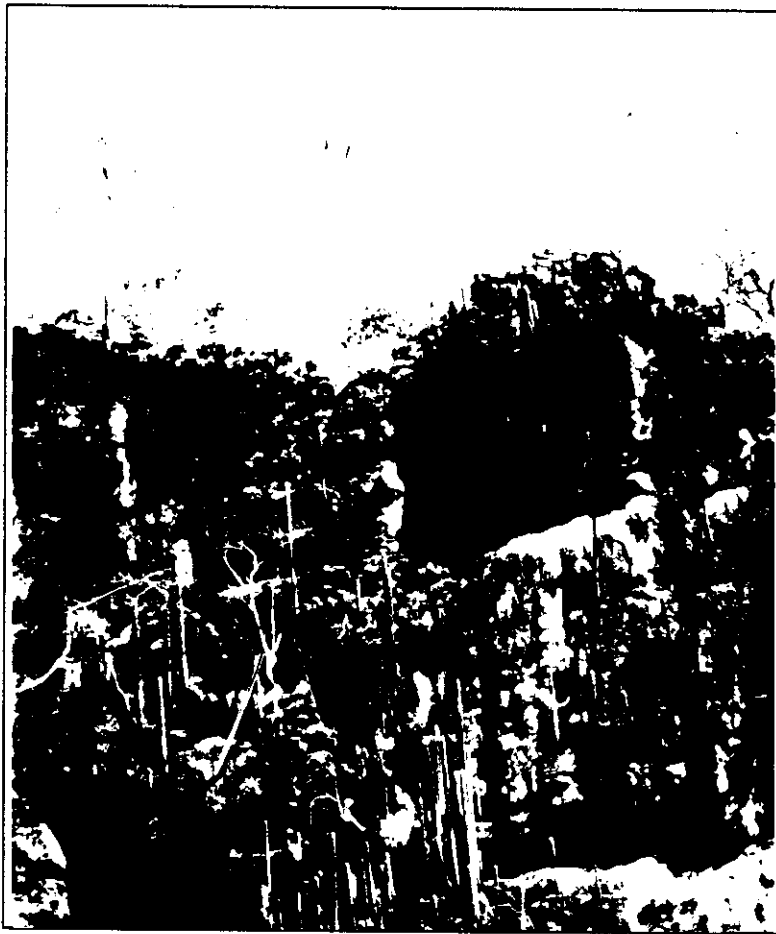
O dolomito é um tipo de calcário composto por carbonato de cálcio e carbonato duplo de cálcio e magnésio  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , que, apesar de solúvel, é relativamente mais resistente à dissolução que o calcário puro (Kirsh, 1972; Bronnlow, 1979).

Os calcários são maciços, duros, consolidados cristalinos e acamados -, misturados ou não, podem apresentar-se extremamente dobrados e fraturados, por força dos movimentos tectônicos (Billings, 1954; Longnell et alii, 1959), possibilitando a circulação da água por entre suas camadas, fendas e fraturas que, assim, propiciam e condicionam o fácil desenvolvimento das cavernas (Fots. 01 e 02).

Contudo, os processos envolvidos na formação das cavernas de calcário sempre foram objeto de divergências entre os autores, gerando várias teorias na tentativa de explicá-los.

Somente a partir da teoria dos "Dois Ciclos", de Davis (1930), com as contribuições oferecidas pela teoria do nível freático, de Swinnerton (1932); pelos trabalhos de Bretz (1938, 1942 e 1953); pela teoria da zona de água estática, de Gardner (1935); e pela teoria de "invasão", de Ma-





Fot. 01. Paisagem cárstica calcária típica.



Fot. 02. Dobramentos em rocha calcária que facilitam a circulação da água por entre suas camadas estratigráficas.

ott (1937), bem como pelos trabalhos de Bogli (1964), é que verificou-se uma convergência maior de idéias.

Até então, os embates teóricos decorriam, sinteticamente, em função da maior ou menor importância da água enquanto fator de dissolução química ou de corrosão e erosão mecânica.

Assim, Davis apresentou uma teoria que distinguia duas etapas ou ciclos na gênese e evolução das cavernas, que seriam formadas abaixo do nível freático, da forma descrita a seguir:

Primeiramente, haveria a abertura da cavidade, por dissolução, sob o nível hidrostático.

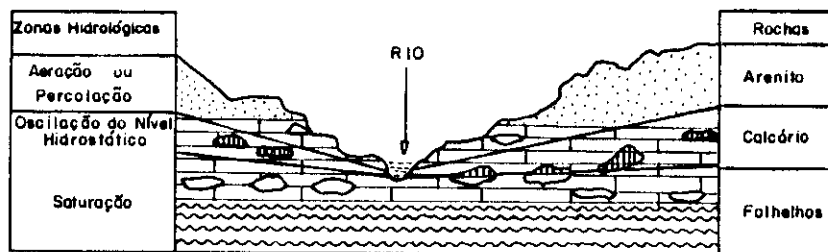
Em seguida, em decorrência do abaixamento do nível hidrostático e/ou do soerguimento do pacote rochoso, viria a liberação parcial dos recessos, então abertos, para a água e o ar. Dessa forma, o primeiro elemento, circulando livremente, passaria a apresentar, além da dissolução química, poder erosivo; e o segundo (o ar), propiciaria o início da fase de deposição, levando aos espeleotemas (Fig. 04).

Swinerton (1929, 1932), viria a acrescentar que "no caso mais simples, a precipitação passa mais ou menos diretamente para baixo, até o nível freático, por aberturas nas rochas, e então circula lateralmente pela parte superior flutuando do nível freático dentro dos leitos de deságue superficial. Tanto acima como abaixo do nível freático se podem encontrar cavidades insignificantes, mas não parece possível que por debaixo da zona da água subterrânea ativamente circulante - isto é, por debaixo do nível freático - se possam desenvolver sistemas contínuos de cavidades. O nível freático depende do nível dos rios superficiais; por sua vez, estes dependem do nível de base regional" (02).

---

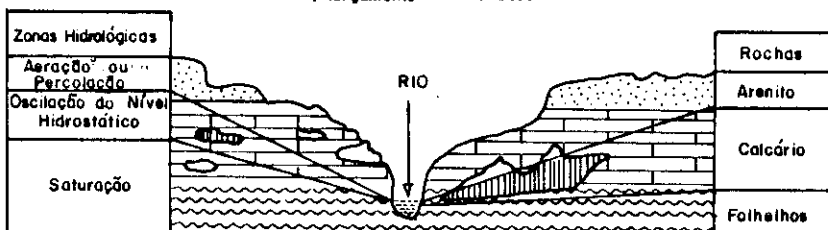
02. A.C. SWINNERTON. Changes of baselevel indicated by caves in Kentucky and Bermuda, p. 194.

1º ESTÁGIO OU  
1º NÍVEL EROSIONAL  
(Abertura das fendas)



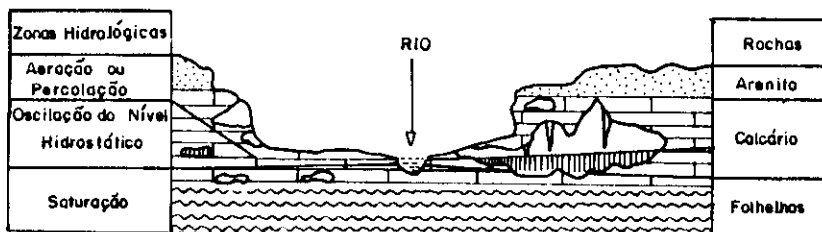
Águas subterrâneas aciduladas, movendo-se através das fraturas e juntas da camada calcária, dão início à formação de pequenas cavidades, por favor de dissolução no topo da zona de saturação

2º ESTÁGIO OU  
2º NÍVEL EROSIONAL  
(Alargamento das fendas)



As cavidades são alargadas quando a camada calcária é elevada para a zona de oscilação do nível hidrostático, onde há maior movimentação das águas que embebem as camadas calcárias

3º ESTÁGIO OU  
3º NÍVEL EROSIONAL  
(Ornamentação das fendas)



Quando atingem a zona de percolação, as cavidades são preenchidas por ornamentações e, eventualmente, alargadas por erosão, principalmente mecânica

Fonte: Lino, 1989.

Fig. 04. Processo de formação das cavernas (Davies et alii).

A contribuição de Swinnerton para o entendimento da formação das cavernas calcárias, - denominada de teoria do nível freático, por destacar a importância do movimento lateral, nesta faixa, na dissolução por águas vadasas -, veio a explicar os diferentes níveis apresentados pelas cavernas.

Apesar das diferentes opiniões sobre os processos envolvidos na formação das cavernas, e considerando que tais teorias se preocupam fundamentalmente com a fase inicial da formação das cavernas, restringir-se-á a presente caracterização espeleogênica aos processos de ampliação e deposição na evolução das cavernas calcárias.

Dessa forma, a existência, apenas, de um considerável pacote de rochas carbonáticas, com seus planos de acamamento, fraturas e fissuras, não é suficiente para que as cavernas se desenvolvam plenamente.

Como visto, é preciso que haja certa abundância de água para circular por entre seus recessos e, ainda, que essa água tenha capacidade de dissolver quimicamente as rochas, ou seja, é necessário que esteja acidulada. (Carroll, 1970; Thomas, 1974; Bloom, 1978; Brunnsden, 1979).

Portanto, a existência de uma vegetação de porte sobre as rochas assume grande relevância em todo o processo, já que a quantidade de  $CO_2$  existente no solo pode chegar a ser quinze vezes maior do que a encontrada na atmosfera, tornando a água que a atravesse extremamente acidulada (Cristofolletti, 1980; Penteado, 1980).

Desta forma, rochas carbonáticas em áreas úmidas, com vegetação densa sobre elas, tenderão a apresentar paisagens cársticas bem desenvolvidas ou em pleno desenvolvimento - como é o caso do Vale do Rio Ribeira, região Sul de São Paulo - que as porventura localizadas em áreas de baixa precipitação pluviométrica (regiões áridas e semi-áridas), com vegetação rarefeita ou inexistente (desertos), que tenderão a apresentar uma morfologia cárstica fracamente estrutu-

rada ou, caso existente (por condições pluviométricas mais intensas havidas em épocas passadas), com o seu desenvolvimento muito lento ou interrompido, como as encontradas no Saara (Trombe, 1965).

E, por fim, a circulação da água pelo recessos das rochas também só será possível, como verificado, se se apresentar como relevo "disponível", isto é, situar-se acima do nível do mar e apresentar, ainda, uma área livre para a circulação acima do nível normalmente encontrado do lençol freático, para que haja a circulação livre das águas aciduladas.

Apresentando um desenho simples ou complexa rede de ramificações; estendendo-se vertical ou horizontalmente; sendo ou não percorrida por rios; e contando com um ou mais níveis, as cavernas calcárias, então formadas pelos processos anteriormente descritos, passam a abrigar formações notáveis de acumulação, sobretudo de carbonato de cálcio, nos tetos, pisos e paredes, denominadas genericamente por espeleotemas (03).

Formadas a partir de processos físicos (erosão) e, sobretudo, químicos (corrosão), as cavernas calcárias (bem como as formadas em outras litologias) são então classificadas segundo sua morfologia e/ou gênese e evolução, dependendo do estudo que se conduza sobre determinada caverna (Lino, 1989).

A Sociedade Brasileira de Espeleologia, adota a classificação pela morfologia para distinguir as cavernas, grutas, abismos, tocas e abrigos sob rocha ocorrentes no País (definições no Glossário).

---

03. Depósitos laminados, formados por escorrimentos de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), que recobrem paredes de cavernas.

Internamente, conforme a organização de seus espaços, uma determinada cavidade pode ser ainda classificada como linear, meândrica, em sistema arbóreo ou em trama labiríntica, em se tratando de cavernas com predominância horizontal, ou, ainda, plano-horizontal, inclinada, escalonada ou em múltiplos-pavimentos, segundo o perfil longitudinal que a gruta apresente (Lino, 1989).

Por outro lado, os abismos podem exibir-se em forma de L"cilindro", "funil", "sino", "fenda", "y" ou em "trama vertical".

Contudo, a partir desses tipos básicos, formas mais complexas podem ocorrer com a combinação de vários arranjos diferentes.

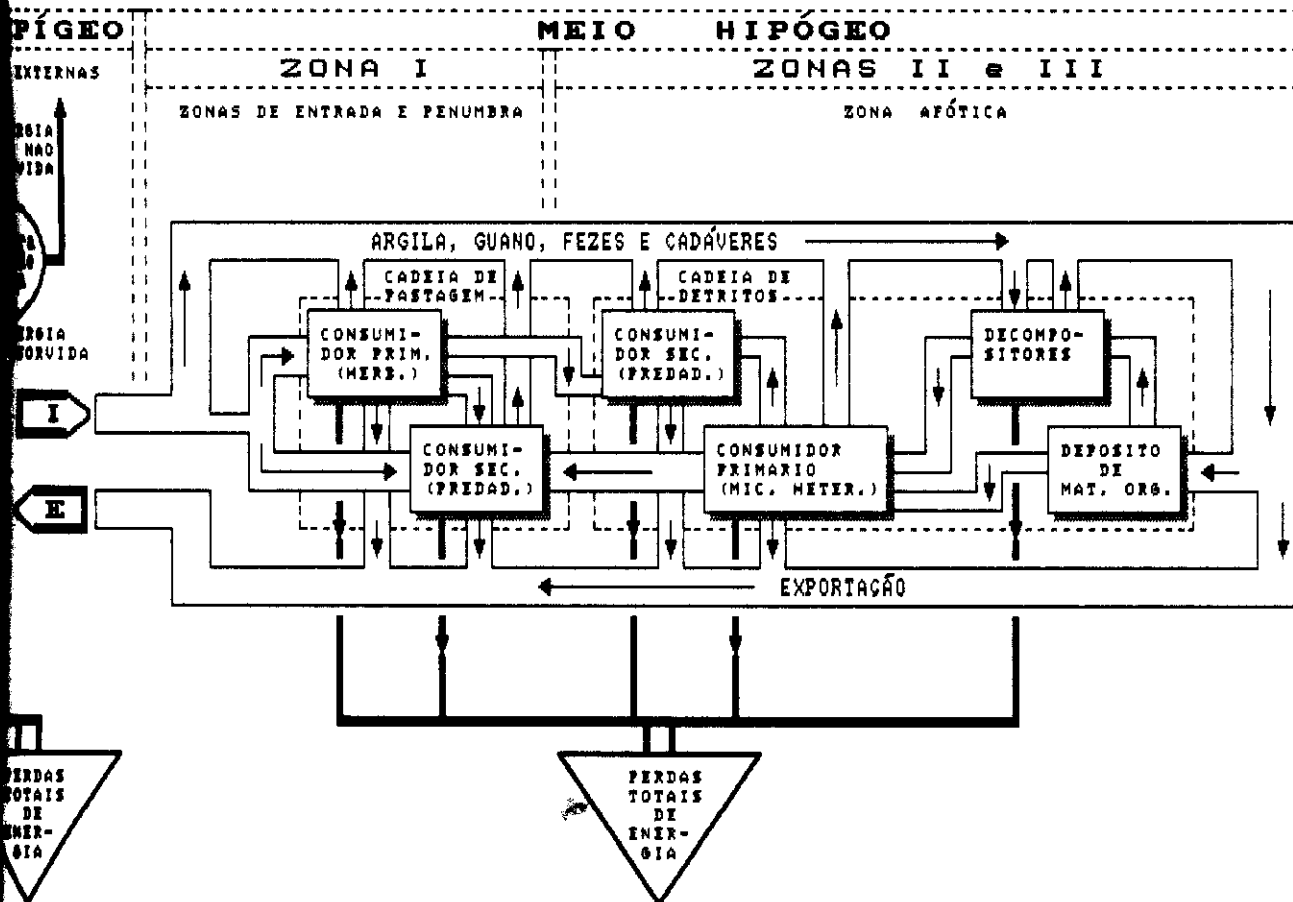
## 2.2 O ECOSSISTEMA CAVERNÍCOLA

As manifestações de vida animal e vegetal que se desenvolvem no interior das cavernas - caracterizadas e limitadas pelo seu ambiente físico - conferem a esses ambientes grande peculiaridade, distinguindo-os enormemente dos ecossistemas de superfície (Pérez-Conca, 1977; Dessem et alii, 1980; Lino & Allievi, 1980).

Na Figura 05 está representado, de forma sistêmica, o fluxo de energia nos ecossistemas de caverna, cujos elementos característicos, diante dos objetivos do presente estudo, merecem ser destacados.

O primeiro é em relação ao aporte reduzido de alimentos, como uma característica à maioria das cavernas.

Segundo Pérez-Conca (1977), a escassez de alimentos faz com que os ecossistemas de caverna apresentem uma estabi-



**I** - Importação de Energia e Nutrientes: Correntes de água e ar, água de percolação, minerais e gases dissolvidos, detritos animais e vegetais, epígeos acidentais ou capturados (herbivoria ou predação);

**E** - Exportação de Materiais: Água, sedimentos, minerais e gases dissolvidos, matéria orgânica, guano, hipógeos acidentais ou capturados (predação);

**OBS.:** Mic. Heter. = Microorganismos Heterotróficos.

O tamanho das calhas não são proporcionais ao volume de material transportado.

**Fig. 95.** Fluxo de energia em um ecossistema de caverna.

lidade muito baixa "para conservar em estado ótimo de funcionamento frente a perturbações procedentes do exterior" (05).

Os recursos energéticos de um ecossistema de caverna são essencialmente externos e para eles são carreados por raízes de plantas e animais, como também pelo ar e pela água.

Na Gruta Lapa Nova, em Vazante-MG, o aporte de recursos energéticos se realiza primordialmente por correntes aéreas e pela atividade dos morcegos, tendo em vista a inexistência de corpos d'água em seu interior.

Já a gruta de Lagoa Rica, em Paracatú-MG, devido às dimensões relativamente pequenas da única entrada seca (8 m x 3 m, antes da sua destruição) observou-se que o aporte de recursos energéticos depende muito das águas que circulam, através de canais sinfonados, entre os lagos da caverna e as lagoas externas, compondo um sistema hidrogeoespeleológico que integra os ecossistemas superficiais vizinhos ao ecossistema de caverna.

Por sua vez, as populações de morcegos que virtualmente colonizam essas cavernas - e que são as grandes responsáveis pela complementação das taxas energéticas necessárias ao desenvolvimento normal das respectivas cadeias alimentares (Beck et alii, 1976; Pérez-Conca, 1977) -, necessitam que as características dos ecossistemas superficiais, de onde retiram seu alimento, não sejam alteradas, para que não se comprometa a baixa estabilidade dos ecossistemas de caverna.

Tal dependência, na manutenção das características de fontes de recursos alimentares externas, denotam o alto grau de fragilidade desses ecossistemas.

---

04. Francisco PÉREZ-CONCA, Problemas ambientales de areas carsicas. Parte 1: la cueva y su ecossistema, p. 167.



Outro aspecto sensível aos ambientes diz respeito à morfologia e às dimensões de entradas, galerias e salões que compõem uma cavidade natural subterrânea, e que regulam a quantidade de luz, umidade e temperatura desses espaços.

As cavernas e o meio cavernícola, como já mencionado, são consequência de vários fatores físicos, químicos e biológicos atuantes em determinado momento. O ecossistema cavernícola está, assim, condicionado às características físicas e químicas que formaram e mantêm aquele meio.

Cavernas com grandes entradas e reduzido desenvolvimento praticamente não apresentam zonas afóticas e silêncio, em contraste com cavernas com pequenas entradas e muito profundas que têm essas duas características bem acentuadas.

Alterações na forma das entradas, salões, pisos ou condutos, entre outros, introduzem modificações sensíveis e permanentes às características físicas, principalmente de luminosidade, temperatura, umidade relativa do ar e correntes aéreas, que, por sua vez, afetam o quadro ambiental no qual se constituíram as populações de caverna, levando-as a um outro nível de estabilidade ou, até mesmo, à extinção, devido à incapacidade para suportarem as mudanças ou de se desenvolverem nas novas condições ambientais impostas (05).

Por fim, importa ressaltar o silêncio - quase absoluto - como outro componente importante e comum às cavidades naturais subterrâneas.

Apesar de seu efeito sobre o comportamento de espécies troglófilas e troglóbias ainda necessitar de estudos específicos, é certo que os animais de caverna estão bem adaptados à quase ausência de vibrações, tanto pelo ar quanto

---

05. A este respeito, foram observadas, nas grutas de Lapa Nova e Tamboril, as repercussões causadas nos primeiros salões das cavernas com o desmatamento havido nas respectivas entradas (ver Cap. 4. Resultados e Discussão).

pelo substrato (rocha, piso, teto, água, etc.), ou a ruídos de qualquer natureza.

As modificações dos níveis de ruído e vibração normais de uma determinada caverna poderá interferir no comportamento e distribuição das populações com consequências ainda não conhecidas.

Segundo Pérez-Conca (1977), "o silêncio no mundo subterrâneo é uma característica constante, somente quebrado pelo gotejo de água do teto da caverna ou pelo ruído da água corrente ao formar cascatas." (06). Assim, qualquer alteração do estado original pode provocar deslocamentos desnecessários, aumentando as taxas metabólicas normalmente praticadas e acarretando, possivelmente, uma demanda maior por alimentos.

## 2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CAVERNAS ESTUDADAS

### 2.3.1 GRUTA LAPA DA PEDRA

A gruta da Lapa da Pedra dista cerca de 10 km ao norte da cidade de Formosa-GO. Localizada na Fazenda Pedras, encontra-se em um maciço pertencente a uma faixa de rochas calcárias dolomíticas, com dobras paralelas que constituem numerosas serras e morros.

Integrantes da série Bambuí-São Francisco, os calcários estão assentados diretamente sobre filitos da série Minas. A maior altura da serra é de 70 m e sua largura máxima fica em torno dos 50 m.

Com sentido geral S/SE-N/NW, as paredes do maciço são verticais e lisas, às vezes com inclinação superior a

---

06. Francisco PEREZ-CONCA, Problemas ambientales de areas carsicas. Parte 1: la cueva y su ecosistema, p. 165.

90°, formando numerosos abrigos na face leste, cujo solo está cerca de 8 m mais baixo que o nível do lado oposto.

Todo o conjunto encontra-se a poucos metros do rio Paranã, da Bacia Araguaia-Tocantins.

Tendo sua entrada principal entre as coordenadas geográficas de 15°28'48" de latitude sul e 47°17'49" de longitude oeste de Greenwich, a gruta Lapa da Pedra apresenta desenvolvimento horizontal total de 70 m, e não possui corpos d'água em seu interior.

De pequenas dimensões, seus reduzidos salões e galerias abrigam número limitado de espeleotemas, como estalactites, estalagmites, poucas colunas e alguns escorrimentos de calcita pelas paredes e piso (Mapa 01).

A fauna troglófila e troglóxena também é modesta, restrita a morcegos, baratas, grilos e aranhas.

Externamente, contudo, suas matas calcárias abrigam (ainda que em número hoje bem reduzido) corujas, falcões, macacos (bugio) e, em um raio maior, felinos.

Entretanto, é por apresentar um sítio arqueológico pré-histórico em seu interior e nas proximidades da entrada principal, que o conjunto assume importância cultural e científica, além de compor um sítio de extremo valor paisagístico e turístico.

Nas paredes e tetos dos primeiros salões da gruta, e em alguns pontos do paredão externo imediato, despontam motivos geométricos e algumas representações figurativas em vermelho, laranja e negro, compondo belos painéis de arte rupestre.

Os estudos conduzidos na região, permitiram definir uma fase cultural pré-cerâmica denominada "Fase Paranã", à qual estão associadas as pinturas e as oficinas líticas a céu aberto, datadas em quase 5.000 anos (Souza, 1977) (Fot. 03).



Fot. 03. Painel com pinturas rupestres em Lapa da Pedra.



Fot. 04. Espeleotemas no salão de entrada da gruta Tamboril.

A Empresa de Mineração Formosa Ltda. - EMFOL desenvolveu a exploração da rocha calcária na extremidade sul do maciço, tendo destruído três pequenas grutas cujas existências e importância foram assinaladas nos estudos arqueológicos de Souza (1977).

### 2.3.2 GRUTA TAMBORIL

Localizada a aproximadamente 10 Km do sítio urbano da cidade mineira de Unai, e a 170 km de Brasília-DF, encontra-se em um maciço calcário na margem esquerda da rodovia MG-251 (sentido Unai-Brasília), e a apenas 2 km desta por estrada de terra.

Sob o código MG-406, do cadastro da Sociedade Brasileira de Espeleologia, sua única entrada conhecida tem as coordenadas geográficas de  $16^{\circ}19'24''$  de latitude sul e  $46^{\circ}59'02''$  de longitude oeste de Greenwich, e está inserida nos calcários dolomíticos, fortemente estratificado e com variação fácio-litológica de níveis siltsos e argilosos, do Grupo Bambuí, cujo acamamento da rocha do maciço (que orientou a direção preferencial da gruta) apresenta variação de mergulho, de sub-horizontal a sub-vertical, no sentido ESE (SEE, 1989) (Mapa 02).

Com diferentes fases evolutivas, registradas no porte grandioso de espeleotemas abatidos e recobertos, está internamente subdividida em grandes salões (com até 150 m), por imensas colunas, estalactites e estalagmites, além de blocos de rocha cobertos por escorrimentos de calcita. Em seu interior é possível detectar o expressivo fraturamento das rochas, as falhas inversas e as dobras localizadas.

O lençol freático teve importante participação na estruturação de espeleotemas do tipo "coralóide" e "couve-flor" que, por se desenvolverem em ambiente sub-aquático,

atestam a sua atuação em vários níveis no passado. Estão presentes, ainda, na caverna, diversos espeleotemas singulares para a região, como macro travertinos, pisos cobertos por "pérolas de cavernas", "vulcões" e "flores de aragonita", entre outras formações raras que emprestam grande valor científico, espeleológico, cênico e turístico à caverna (Fot. 04).

No lado oposto ao da entrada da caverna, no mesmo maciço, a empresa Calcários Santo Inácio Ltda. vem desenvolvendo a exploração da rocha calcária para a produção de pó corretivo de solos, através de duas frentes de lavra.

### 3.2.3 GRUTA LAGOA RICA

A Gruta Lagoa Rica encontra-se em um maciço calcário dolomítico pertencente ao Distrito Espeleológico do Alto e Médio São Francisco, Província do Bambuí, na faixa de calcários dolomíticos Vazante-Paracatú-Januária-Itacarambi, na porção W da Bacia Bambuí. A área espeleológica faz parte da Bacia do São Francisco, Ciclo Diastrófico Brasileiro, faixa de Brasília. Uma zona de dobras angulosas e falhas de empurrão.

Situada a cerca de 18 km ao nordeste da cidade de Paracatú-MG, o acesso até a mesma é feito, partindo-se da cidade, pela BR-040 (3 km) e MG-188 (11 km), sendo o percurso final realizado por estrada de terra.

A única entrada natural conhecida da gruta localiza-se a 15 m de altura da base oeste do maciço, situada nas coordenadas geográficas de 17°08'58" de latitude sul e 46°47'20" de longitude oeste de Greenwich, e o acesso se faz, hoje, por sobre blocos desmoronados, recobertos por vegetação herbácea e arbustiva. A mata primitiva foi quase totalmente retirada nessa porção da serra, restando poucos exemplares de porte arbóreo.

De conformação elíptica, sua entrada possui maior comprimento no sentido norte/sul (5 m) e uma altura máxima de 3 m, aproximadamente. O piso da entrada se apresenta coberto por blocos abatidos e o seu primeiro salão possui excelente iluminação, auxiliada pelo desmatamento generalizado promovido na boca da caverna. Assim, muitos espeleotemas, situadas a dezenas de metros da entrada, estão sendo recobertos por fungos, algas e outros microorganismos que aceleram a sua decomposição.

A gruta apresenta desenvolvimento horizontal de 490 metros, predominantemente no sentido oeste/leste, com um grau de inclinação acentuado até atingir o primeiro lago (- 33 m). Não possui galerias extensas e a sua morfologia indica que possa ter se desenvolvido num recesso, aberto por acomodação, entre as camadas que formam o maciço. Posteriormente, foi sendo preenchida por espeleotemas diversos que, hoje, separam e definem alguns poucos salões e galerias (Mapa 03).

Ao chegar ao nível dos lagos, a gruta apresenta um desenvolvimento predominantemente horizontal, sendo necessário apoiar-se em estalagmites para transpor o primeiro lago.

Esta parte da caverna, devido à razoável luminosidade natural que ainda possui, encontra-se seriamente depredada, com quase todos os espeleotemas ao alcance das mãos quebrados e espalhados pelo piso. Somente as grandes formações e as estalactites e cortinas mais altas estão ainda intactas.

No segundo lago, o maior deles, a monumentalidade do conjunto de cortinas e estalactites que se aproximam da superfície e do lago, e as estalactites e travertinos que ornamentam as margens, confere à gruta uma qualidade paisagística difícil de ser igualada, onde os raios do sol, filtrados pelos diversos espeleotemas, atravessam a gruta e atingem as águas do lago em feixes azuis de rara beleza.

Foram ainda observados helectites, flores de calcita, excêntricos e outros espeleotemas delicados de difícil formação, recobertos por óxidos de ferro que lhes dava uma coloração toda especial (Fot. 05).

#### 3.2.4 GRUTA LAPA NOVA

Surgida no século passado, a partir das romarias que se seguiram em uma de suas muitas grutas, a cidade de Vazante-MG guarda uma relação muito estreita com esses ambientes, que compõem, junto com seus monumentos e praças públicas, um patrimônio histórico e religioso de grande importância para seus cidadãos (Fot. 06).

A gruta Lapa Nova, mais especificamente, está localizada a 3 km do perímetro urbano da cidade e sua entrada principal situada nas coordenadas geográficas de  $17^{\circ}58'58''$  de latitude sul e  $46^{\circ}53'26''$  de longitude oeste de Greenwich, tendo sido cadastrada pela SBE sob a nomenclatura de MG-285.

Formada em rocha calcária do Grupo Bambuí, sua gênese foi orientada pelo fraturamento da rocha que canalizou a ação das águas, dando origem a longas galerias dispostas ortogonalmente (N-S/E-O, aproximadamente).

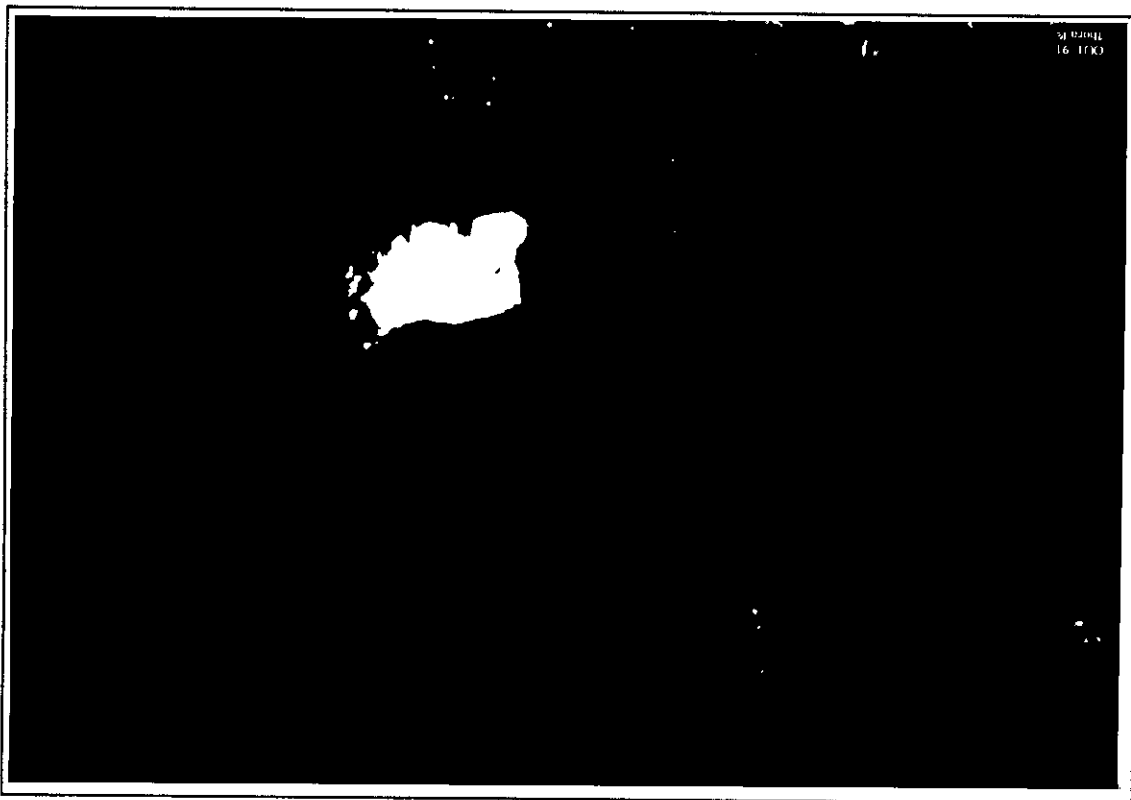
A Sociedade Excursionista e Espeleológica da Universidade Federal de Ouro Preto, em levantamentos bioespeleológicos realizados, não detectou a presença de espécies incomuns ao ambiente cavernícola regional.

Com seu desenvolvimento, em projeção horizontal, na ordem dos 4.550 m, encontra-se entre as 15 maiores cavidades naturais subterrâneas do Brasil (segundo listagem de 01/07/89 da SBE). Seus salões e galerias são amplos, com altura de até 20 m e larguras de 75 m, apresentando espeleotemas de grandes dimensões, notadamente estalagmites e colunas.





Fot. 05. Espeleotemas sobre um dos lagos da gruta Lagoa Rica.



Fot. 06. Vista de um dos salões da gruta Lapa Nova.

Devido às romarias religiosas e outras atividades festivas ou de simples visitação, que são realizadas em seus salões e galerias há décadas, Lapa Nova não apresenta mais espeleotemas delicados, arrancados que foram, durante os anos, para servir de "souvenirs". Os que restaram estão, em grande parte, rabiscados com nomes, datas e mensagens de todo o tipo, fato este comum   maioria das cavernas brasileiras sob algum tipo de visitação não controlada.

Contudo, pelas dimensões de seus salões e galerias e, sobretudo, pela facilidade de acesso a quase todos os seus ambientes, a gruta da Lapa Nova apresenta, em si, um elevado potencial turístico local e até regional, além de constituir-se num raro e valioso instrumento didático, nas áreas de geomorfologia e geologia principalmente, devido à visualização clara dos processos e condições naturais que determinaram sua formação (Mapa 04).

A lavra que a Companhia Mineira de Metais - CMM está conduzindo na base do Morro da Lapa, no qual desenvolve-se a caverna, trata-se de uma mineração a céu aberto, relativamente simples, que não prevê atingir diretamente a gruta e que consiste na retirada, por detonações de cargas explosivas, do material a ser processado, no caso, minério de zinco do tipo "Smithsonita" (Carbonato de Zinco -  $Zn CO_3$  branco, amarelo, cinza ou esverdeado), mineral secundário encontrado em calcários.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 PROCEDIMENTOS GERAIS DO ESTUDO

Tendo em vista a especificidade do tema, - por envolver cavidades naturais subterrâneas, ecossistemas de características exclusivas -, a abordagem pretendida e a ausência quase que completa de trabalhos sobre os processos de impacto ambiental ante a questão espeleológica, sobretudo em nível nacional, optou-se por um procedimento metodológico com etapas apresentando funções limitadas e constituídas de ações integradas e encadeadas.

Aliou-se, aos procedimentos técnicos usuais de pesquisa documental - como elaboração do plano de trabalho, identificação e localização das fontes, obtenção do material, sistematização, classificação, análise e interpretação dos dados (Selltiz et alii, 1967; Angell & Ronald in Festinger & Katz, 1974; Garcia, 1978) -, características de um estudo de caso - como seleção das unidades-caso, coleta, análise e interpretação dos dados (Goode & Hatt, 1969; Ludke & André, 1986; Gil, 1988) -, objetivando, assim, maior segurança e concisão no estudo.

Desta forma, foi elaborado um plano de trabalho para a condução dos procedimentos acima mencionados que considerou as seguintes fases e etapas:

#### I - Coleta e Tratamento dos Dados

a) Realizou-se um levantamento bibliográfico e documental sobre os estudos de impacto ambiental existentes

(em nível nacional e internacional), dos métodos e metodologias utilizados e dos procedimentos institucionais e legais adotados no Brasil (regulamentos, normas, portarias, decretos, resoluções e outros), que tratassem direta e objetivamente sobre as cavidades naturais subterrâneas.

Todas as informações foram identificadas, sistematizadas, classificadas e analisadas, sendo posteriormente compiladas e catalogadas em fichas bibliográficas. As fontes e os meios utilizados para a busca dessas informações encontram-se detalhados na seção 3.2 deste Capítulo.

b) Procedeu-se a uma extensa revisão bibliográfica acerca dos trabalhos de bioespeleologia, geomorfologia cárstica, vegetação e outros conduzidos no País, destacando-se os fatores ambientais e os aspectos sócio-econômicos e culturais comuns a todas as cavernas.

Destes documentos buscou-se extrair, basicamente, dados relativos tanto às características físicas e biológicas das cavernas brasileiras como às manifestações culturais, atuais e pretéritas, normalmente associadas a esses ambientes, visando definir o quadro geral dos ecossistemas cavernícolas predominante no País. O método de catalogação das informações foi o mesmo do item anterior; e as fontes e os instrumentos utilizados na coleta estão, também, expressos em detalhes na seção seguinte.

c) Promoveu-se um estudo detalhado de todas as etapas necessárias ao desenvolvimento das ações ou processos de lavra do calcário, através de relatórios técnicos e do acompanhamento, *in loco*, da execução de dois empreendimentos (Empresas Santo Inácio e Cimento Tocantins); Nessa etapa, foram observados todos os procedimentos de engenharia e operação envolvidos em atividades minerárias em rochas calcárias.

Para tanto, foram identificados locais nos quais essas atividades estivessem em andamento, em fases distintas

de implantação e funcionamento. Como deste momento do processo não se exigisse a existência de cavernas nas proximidades, - pois se objetivava apenas a análise dos procedimentos técnicos desses empreendimentos, suas especificações tecnológicas, equipamentos, insumos e estrutura geral de funcionamento -, deu-se preferência a projetos que estivessem próximos do centro urbano de Brasília-DF (onde estavam sendo conduzidos os trabalhos de gabinete), que eles apresentassem ou não cavidades naturais subterrâneas em suas imediações.

Ressalta-se que o objetivo das investigações desta etapa não era o de obter o máximo de detalhamento dessas ações ou projetos em áreas cársticas, - procedimento este que seria exclusivo à execução propriamente dita dos EIA -, senão parâmetros gerais para melhor selecionar os métodos de EIA/RIMA identificados na etapa "a".

Portanto, estas observações de campo tiveram caráter eminentemente prático, de controle e averiguação das atividades minerárias conduzidas em áreas cársticas calcárias, primordialmente as representadas pela extração de calcários dolomíticos (para uso na agricultura) e calcíticos (para uso na construção civil).

Desta forma, foram escolhidos os seguintes projetos para análise:

- Calcários Santo Inácio Ltda, situado na MG-251, km 83, município de Unai-MG;
- Moinho FZDF S/A, situado na rodovia DF-001, km 18, em Brasília-DF;
- Cimento Tocantins S/A, situado na rodovia DF-150, km 18, Sobradinho-DF;
- Ciplan Cimento Planalto S/A, situado na rodovia DF-205, km 27, também na cidade-satélite de Sobradinho-DF.

As observações de campo dos projetos de mineração se deram no período de julho de 1987 a julho de 1989 e não obedeceram, inicialmente, a nenhuma norma rígida quanto ao número e a frequência das visitas, devido ao fato dessas atividades apresentarem rotinas bem simples de operação, com um ciclo curto de funcionamento que se completa semanalmente.

Contudo, após o reconhecimento completo de todo esse ciclo, iniciaram-se as visitas com dia e horários determinados (de conhecimento apenas do pesquisador), para a observação de aspectos específicos.

Assim, a observação dos processos de extração e transporte era realizada às segundas e terças-feiras, dias da semana que invariavelmente eram destinados para esses trabalhos; os mecanismos de beneficiamento e comercialização eram objeto de observação de quarta a sexta-feira, sendo que nos sábados, domingos e feriados acompanhava-se a movimentação (turística, religiosa ou de lazer) de pessoas nas cavernas, - conforme o caso.

Entretanto, essas observações específicas não se deram, nas cavernas estudadas, de maneira progressiva, ou seja: de segunda-feira a domingo; e nem necessariamente nessa ordem, sem que isso tenha apresentado risco de se introduzir ou se omitir qualquer dado ou aspecto referente às atividades do empreendimento em questão, se assim não se procedesse.

## II - Análise e Interpretação dos Dados

a) Evidenciou-se as características comuns existentes entre as cavidades naturais subterrâneas, desenvolvidas em rochas calcárias sob os aspectos físicos, biológicos e sociais, relacionando-as aos objetivos propostos e ao tema.

Da mesma forma, investigou-se os processos de extração e beneficiamento de calcário, examinando-se e analisando-se os seus passos e instrumentos, as correspondências com a caverna, o comportamento frente aos dispositivos legais dos órgãos ambientais (e destes em relação às atividades extrativas) e os aspectos comuns aos empreendimentos.

b) Tendo-se por base a situação-problema descrita no Capítulo I, foram então definidos 05 critérios para análise dos modelos de EIA/RIMA reunidos neste trabalho:

- Capacidade de qualificação e quantificação de impactos.

É importante que o método adotado seja capaz de não só qualificar os impactos possíveis mas, sobretudo, quantificá-los através de um modelo de valoração eficiente que permita comparações entre impactos de natureza diversa. Tal recurso seria de grande auxílio na escolha entre instrumentos, procedimentos e áreas diferentes entre si, tornando a tomada de decisão mais clara e precisa.

- Consideração de aspectos sócio-culturais.

Conforme anteriormente abordado, aspectos sócio-culturais estão intrinsecamente envolvidos nas características biofísicas de uma caverna, seja através da ocorrência de sítios pré-históricos em seu interior ou em suas imediações, seja por intermédio de manifestações de cunho religioso, folclórico ou de simples lazer, devido aos atributos da paisagem - tanto interna quanto externa - de uma caverna.

Há, portanto, de se ter condições de bem identificar e valorar esses sistemas de vida, que são os primeiros a serem afetados pelo empreendimento, com um modelo que

dê um tratamento satisfatório a esses fatores do meio, adotando critérios específicos que melhor os caracterizem.

- Simplicidade de elaboração

Os empreendimentos minerários que normalmente têm lugar em áreas calcárias, possuem uma estrutura de funcionamento relativamente simples - resumida na extração, britagem e moagem da matéria prima - e bem definida, pois têm como finalidades principais cominuir, classificar, transportar e estocar, o que possibilita uma caracterização imediata das suas ações sobre os ecossistemas cavernícolas.

Por outro lado, esses empreendimentos são desenvolvidos, em sua grande maioria, por empresas de pequeno a médio porte, muitas vezes formadas para esse determinado fim, que não dispõem de recursos suficientes para implementar ações mitigadoras de impacto, ~~na~~ flexibilidade suficiente para alterações no seu plano inicial de instalação, e que geralmente não estão dispostas a aguardar por estudos mais complexos e demorados, desejando apenas saber se poderão ou não executar seu empreendimento.

A simplicidade do modelo é, assim, fundamental para que se tenha respostas rápidas às questões envolvidas, e que, principalmente, não desanimem o empreendedor a procurá-las (ou utilizá-las) devido à possível dificuldade de serem produzidas.

- Clareza de entendimento por pessoas não especializadas.

Nos estudos de impacto ambiental a participação pública é muito importante para que se tenha um produto que realmente corresponda à realidade local e auxilie a tomada de decisão.



Para que esta participação seja a mais abrangente possível é necessário que os seus resultados, expressos no Relatório de Impacto Ambiental-RIMA, sejam acessíveis à grande maioria do público, principalmente dos grupos sociais afetados diretamente pelo meio ambiente estudado, utilizando-se uma estrutura de apresentação e linguagem das mais simples possível, e, sempre que possível, desprovida de termos técnicos. Deverá, também, ser capaz de absorver os interesses públicos desde as fases iniciais do estudo.

- Baixo custo de execução.

Ainda apoiado no fato de que a maioria dos empreendimentos de mineração de rocha calcária são desenvolvidos por pequenas empresas, foram evitados os modelos que conduzissem a documentos onerosos, que se utilizassem de um grande número de especialistas e/ou equipamentos, para que, aliado à simplicidade de elaboração e à acessibilidade de entendimento pelo público leigo, fossem selecionados apenas os modelos que melhor se ajustassem à situação anteriormente descrita.

Assim, à luz dos critérios retro definidos, e em função dos objetivos deste estudo, as metodologias reunidas neste trabalho (Tab. 12) foram examinadas e analisadas, tendo sido identificados os métodos mais apropriados ao tratamento dos fatores ambientais e sócio-culturais das cavidades naturais subterrâneas e dos impactos produzidos por ações ou projetos em regiões cársticas calcárias, através de um sistema de seleção de acordo com uma maior ou menor resposta aos critérios convencionados.

Para este estudo, além do levantamento das bibliografias existentes sobre avaliação de impacto ambiental, foram também consideradas algumas análises críticas que as propostas metodológicas sofreram quando de suas publicações,

bem como alguns trabalhos comparativos - entre os diversos métodos - e de revisão, como os desenvolvidos por Bolea (1977), Glickfeld et alii (1977), Clark et alii (1980), Petak (1981), Bisset (1983) e Tomlinson (1986), entre outros.

Procedeu-se, então, às reorientações e ajustamentos necessários para que estes modelos comportassem as exigências acima especificadas e as características biogeofísicas e sócio-culturais peculiares aos sítios espeleológicos, chegando-se, assim, a um procedimento metodológico apropriado para a condução de estudos de impacto ambiental de projetos ou ações em áreas de ocorrência de cavernas.

c) Paralelamente às fases e etapas acima descritas, e através dos meios detalhados na seção seguinte, foram conduzidos trabalhos de observação e análise de atividades, em diferentes estágios de operação, desenvolvidas por empreendimentos situados em áreas com ocorrência de cavidades naturais subterrâneas, que buscaram identificar os impactos potenciais nesses ambientes e melhor posicionar os estudos e a análise dos resultados.

Para essas observações e análises foi mantido, como unidade-caso, o projeto da empresa Calcários Santo Inácio Ltda. (para a gruta Tamboril), no Município de Unai-MG, e incluídos os projetos da Empresa Mineradora de Formosa Ltda. - EMFOL (para a gruta Lapa da Pedra), da Comércio e Indústria de Calcários Inaê Ltda (para a gruta de Lagoa Rica) e da Companhia Mineira de Metais S/A (para a gruta Lapa Nova) situados, respectivamente, nos Municípios de Formosa-GO, Paracatú-MG e Vazante-MG.

A escolha destes empreendimentos de mineração foi devida, basicamente, ao fato de as cavernas, existentes em suas áreas de influência, apresentarem características físicas e biológicas semelhantes entre si, e comuns à grande maioria das cavernas brasileiras, além de quase todos os as-

pectos normalmente observáveis nestes ambientes ou a eles associados, como:

- Vida troglóxena, troglófila ou troglóbia;
- Grande ocorrência de espeleotemas;
- Visitação pública regular não controlada;
- Atividade folclórica/religiosa;
- Cobertura vegetal por matas semi-decíduas (mata calcária);
- Sítios arqueológicos e/ou paleontológicos.

Por outro lado, foi também devido ao nível de envolvimento (verificado entre os empreendimentos mantidos por essas empresas e as respectivas cavernas) representar casos típicos, como os relacionados às grutas Lapa da Pedra e Lapa Nova, extremos, como o da gruta Lagoa Rica, e marginais (atípicos), como o representado pela gruta Tamboril.

Expressaram, desse modo, os tipos comuns de relação homem/caverna, os limites extremos a que podem chegar e, por contraste, as culminações consideradas anormais, por terem alcançado a harmonia entre os interesses envolvidos.

Para tanto, em cada uma das áreas foram realizadas cinco visitas, no período de julho de 1987 a julho de 1989.

Entretanto, para a Gruta Lagoa Rica, em Paracatu-MG, as observações sistemáticas iniciaram-se em outubro de 1987, alguns meses antes da atividade minerária atingir a situação crítica de ameaça direta à integridade física da caverna - e alcançaram um total de 10 visitas - para que fosse possível acompanhar detalhadamente todos os aspectos técnicos, legais e sociais implicados na relação empreendimento/meio cavernícola em sua fase final, mais nociva e contundente: a destruição física da caverna.

As visitas não tinham duração pré-determinada, mas variaram sempre entre três e cinco dias, de acordo com as necessidades específicas de cada caso ou fato a observar.

### 3.2 COLETA DE DADOS

O levantamento de dados foi realizado empregando-se, basicamente, a técnica de documentação indireta, com pesquisa documental e bibliográfica, e direta intensiva, com observação sistemática e não-participante ou passiva (Marconi & Lakatos, 1988).

No primeiro processo foram utilizados documentos de fontes primárias (01) obtidos junto a:

- Arquivos Públicos, como:

\* Anuários, Sumários, Balanços e Perfis minerais, legislação, normas e procedimentos técnicos, alvarás de pesquisa e lavra, licenciamentos, coletâneas de trabalhos técnicos e anais de eventos do Departamento Nacional da Produção Mineral-DNPM;

\* Anais de seminários e congressos, relatórios técnicos, legislações federais sobre meio ambiente, resoluções do CONAMA, e outros documentos oficiais produzidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA (02);

\* Livros, periódicos, relatórios técnicos e demais documentos produzidos ou editados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC, Fundação Getúlio Vargas-FGV, entre outros órgãos e empresas governamentais.

---

01. Documentos provenientes de órgãos que realizaram as observações (Marconi & Lakatos, 1988).

02. Entidade autárquica de regime especial - criada a partir da fusão da Secretaria Especial do Meio Ambiente-SEMA, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF, da Superintendência do Desenvolvimento da Pesca-SUDEPE e da Superintendência do Desenvolvimento da Borracha-SUDHEVEA - vinculada ao Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República com a finalidade de formular, coordenar, executar e fazer executar a Política Nacional do Meio Ambiente e da preservação, conservação e uso racional, fiscalização, controle e fomento dos recursos naturais renováveis.

- Arquivos Particulares, como:

\* Anais de congressos e boletins informativos de circulação restrita, produzidos por entidades civis ou associações científicas como o "ESPELEO-TEMA" e o "Informativo SBE", da Sociedade Brasileira de Espeleologia-SBE;

\* Publicações avulsas, relatórios de pesquisa e boletins de atividades técnicas de entidades espeleológicas, como o "A Gruta", do Espeleo-Grupo de Brasília-EGB, o "Espeleo Amazônico", do Grupo Espeleológico Paraense-GEP, e o "COLUNA", da Divisão de Espeleologia do Departamento de Geociências do Museu Paulista de Antropologia-MUPA, entre outros;

\* Revistas, periódicos e outras publicações, bem como normas técnicas sobre procedimentos, terminologias e classificações de instituições, como o Instituto Brasileiro de Mineração-IBRAM (03) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT (04);

\* Revistas e outros periódicos de associações internacionais de espeleologia, vinculadas à "Union Internationale de Spéléologie-UIS" (05) ou por ela publicados.

Nos levantamentos bibliográficos, por sua vez, fez-se uso direto dos acervos das bibliotecas das universidades de Brasília, Minas Gerais e São Paulo, e dos órgãos governamentais IBAMA, SPHAN, DNPM, CNPq, e EMBRAPA, através de

---

03. IBRAM - entidade privada que congrega as empresas de mineração com atividades em todo o Território Nacional.

04. ABNT - entidade civil, sem fins lucrativos, que elabora normas técnicas nos campos científico, técnico, industrial, comercial e agrícola, atuando como o Fórum Nacional de Normalização do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-SNMNQI.

05. Órgão internacional, não-governamental, que representa entidades espeleológicas de diversas nações nos fóruns internacionais, normatizando e orientando atividades de pesquisa, proteção e gerenciamento, documentação, exploração e educação em cavidades naturais subterrâneas.

catálogos, bibliografias, índices e "abstracts" especializados.

Lançou-se mão, ainda, dos meios de comunicação disponíveis existentes entre as bibliotecas e os centros de excelência nacionais e internacionais (governamentais ou não), como o proporcionado pelo Sistema em Linha Especializado em Armazenamento e Recuperação de Informações-SEMEAR, do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia-IBICT/CNPq, que, integrado a instituições nacionais e estrangeiras, mantém várias bases de dados em ciência e tecnologia, das quais utilizou-se: ORBIT, DIALOG, QUESTEL, INFOLINE, BASES e TESES; e o INFOTERRA, Sistema de Informação Ambiental do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente-PNUMA, participante do Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente-SINIMA, mantido pelo IBAMA. Desta forma, ampliou-se significativamente os horizontes de pesquisa.

Todos os documentos coletados (através da pesquisa documental ou da bibliográfica) e utilizados, encontram-se referenciados na bibliografia final.

Já no segundo processo de coleta de dados empregado, o de observação sistemática e passiva - onde o pesquisador utiliza instrumentos para a coleta dos dados observados sem, contudo, deles participar - visitas feitas ao local dos empreendimentos foram planejadas quanto aos objetos e objetivos da investigação, tendo sido orientadas da seguinte forma:

- Para os empreendimentos minerários em rochas calcárias foi montada uma rotina simples de trabalho que permitiu a observação sistemática de todas as fases de operação empregadas no processo, com o registro dos dados à medida que ocorriam, obedecendo-se, contudo, uma sequência de observação padronizada em tópicos, - sem ter sido, todavia, rígida - na qual constaram:

- . Obras civis de instalação;
- . Tecnologia empregada;
- . Insumos necessários ao processo industrial (de mineração);
- . Descartes gerados pela atividade;
- . Aspecto paisagístico geral.

As rotinas de trabalho, que incorporavam características próprias à medida que eram ajustadas a cada empreendimento, envolviam, dentro do tópico a observar: (a) a escolha dos pontos de observação: normalmente locais próximos ao objeto, que apresentassem ângulos de visão favoráveis à observação do maior número de ocorrências (para evitar-se deslocamentos desnecessários), e que não interferissem no desenvolvimento normal dos trabalhos. Utilizou-se, também, um ou dois pontos (conforme a situação) distantes 2 ou 3 Km do local das instalações, para controle e averiguação de possíveis interferências externas ao empreendimento ou deste às áreas contiguas; (b) a realização das observações: de acordo com o tópico em observação, anotando-se os procedimentos de operação, dados sobre os equipamentos e realizando-se registros fotográficos e em fitas magnéticas. Sempre que necessário entrou-se em contato com os operadores dos equipamentos ou com os seus supervisores para esclarecimentos adicionais; e (c) o acompanhamento do fluxo de produção: após as observações isoladas das unidades do sistema de produção, acompanhou-se todas as fases da atividade minerária, da extração da rocha à estocagem do produto para a comercialização.

- Para os demais empreendimentos mais frequentemente causadores de impacto em áreas cársticas calcárias, como bar-rageamentos de rio, ocupações urbanas, estradas, linhas de transmissão e os de utilização econômica de caver-



nas (turismo, principalmente), somente o último foi objeto de observações de campo que, não obstante, se limitaram a constatar as principais interferências no ecossistema cavernícola produzidas por essas atividades, não tendo sido adotada qualquer rotina de observação padrão para elas.

Isto foi devido à inexistência, no período de desenvolvimento dos estudos, de casos em diferentes estágios de execução e em número suficiente para que fosse possível uma análise simultânea e significativamente segura das suas principais interferências no meio cavernícola.

Restringiu-se, assim, a apenas uma observação criteriosa das interferências ocasionadas por essas atividades - aproveitamento turístico - no âmbito físico, biológico e antrópico (sócio-cultural) das cavernas.

Já as observações realizadas no meio cavernícola - tanto hipógeo quanto epígeo - foram estruturadas de acordo com as características de funcionamento do empreendimento instalado, para que as interferências produzidas no ecossistema cavernícola fossem melhor detectadas. Assim, construiu-se uma lista de itens para a observação dos possíveis impactos diretos introduzidos nas cavernas estudadas (Fig. 06) (06), que foi utilizada conforme as condições específicas de cada empreendimento, como horários de maior fluxo de atividades e locais mais propícios às observações.

Todas as observações conduzidas pelo pesquisador tiveram caráter não-participativo, isto é, não houve interação com a realidade estudada. Os fatos foram presenciados sem qualquer envolvimento ou interferência do observador.

Com caráter sistemático, deu-se preferência à objetividade na observação das situações e objetos, evitando-se comentar a finalidade do trabalho, discussões em torno dos

---

06. Elaborada a partir da definição de Pérez-Conca (1977) para ecossistema cavernícola.

## LISTA AUXILIAR DE ÍTENS PARA OBSERVAÇÃO

CAVERNA: \_\_\_\_\_

EMPRESA: \_\_\_\_\_

LOCAL: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ÚLTIMA VISITA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERV.
<b>1. FÍSICO</b>			
1.1. Rocha			
1.1.1. Estabilidade interna			
1.1.2. Disposição interna			
1.2. Substrato			
1.2.1. Topografia			
1.2.1.1. Sedimentos fluviais			
1.2.1.2. Espeleotemas			
1.2.2. Solo			
1.3. Movimentos de Massa			
1.3.1. Água			
1.3.1.1. Corrente			
1.3.1.2. Percolação			
1.3.2. Gases			
1.3.3. Sólidos			
1.4. Componentes Adicionais			
1.4.1. Ausência de luz			
1.4.2. Silêncio			
<b>2. BIOLÓGICO</b>			
2.1. Fauna			
2.1.1. Interna			

Fig. 06. Formulário utilizado para anotações durante as observações de campo.

# LISTA AUXILIAR DE ÍTENS PARA OBSERVAÇÃO

CONTINUAÇÃO

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERV.
2.1.1.1. Troglóxena			
2.1.1.2. Troglófila			
2.1.1.3. Troglóbia			
2.1.2. Externa			
2.2. Flora			
2.2.1. Interna			
2.2.2. Superficial			
2.3. Fluxo de Energia			
2.3.1. Matéria orgânica			
2.3.1.1. Produção			
2.3.1.2. Transporte			
2.3.2. Luz			
2.3.3. Umidade			
2.4. Cadeias Alimentares			
2.4.1. Subsistema terrestre			
2.4.2. Subsistema aquático			
<b>3. SÓCIO-ECONÔMICO/CULTURAL</b>			
3.1. Importância			
3.1.1. Pré-histórica			
3.1.1.1. Vestígios arqueológicos			
3.1.1.2. Vestígios paleontológicos			
3.1.2. Espeleológica			
3.1.3. Outras			
3.2. História/Folclore			
3.3. Religião			
3.4. Paisagem			
3.5. Lazer/Turismo			

(Continuação da Fig. 06.)

procedimentos e equipamentos adotados e perguntas aos funcionários cujas respostas pudessem ser encontradas em livros, revistas técnicas, manuais de operação, e outros meios.

Os registros foram realizados por intermédio de cadernetas de campo, das listas de itens, de quadros-resumo dos procedimentos e interações e de desenhos, como croquis, perfis e cortes das áreas, plantas baixas de caverna, e fluxos de produção, entre outros.

Fez-se uso, também, de dispositivos eletromecânicos como meios auxiliares de registro de dados e informações, como máquina fotográfica (semi-automática, reflex, com fotômetro, da marca ASAHI PENTAX - ME), lentes de aproximação (teleobjetiva da marca VIVITAR, modelo MC - Macro Focusing Zoom 75-205 mm) e de ampliação de campo (grande angular da marca SMC PENTAX, modelo M Zoom 35-70 mm) e demais acessórios fotográficos (flash eletrônico, filtros de luz, tripé para câmera, disparador e duplicador de lentes); e de gravador de áudio por fitas magnéticas (da marca GENERAL ELECTRIC, modelo 3-5352).

Para as observações realizadas no interior de cavernas, utilizou-se de equipamentos de iluminação e de segurança próprios para esses ambientes, como capacete de plástico rígido; sistemas de iluminação à carbureto e elétrico; cordas inelásticas; e aparelhos de descida e subida por cordas, além de outros acessórios complementares.

### 3.3 PRESSUPOSTO METODOLÓGICO

Na definição, estruturação e uso da metodologia adotada, admitiu-se como pressuposto serem as atividades minerárias em rochas calcárias as que mais impactos negativos têm causado e causam aos ecossistemas de caverna e aos sítios espeleológicos em geral, alcançando uma posição de destaque em relação às outras formas de atuação humana nesses ambientes, como barrageamentos de rio, ocupações urbanas, estradas e linhas de transmissão de energia e as utilizações econômicas de caverna (principalmente a do turismo).

Tal posicionamento fundamenta-se apenas em alguns poucos trabalhos desenvolvidos nesta área por Allievi(07), Perez & Grossi(08) e Lino(09), além de relatórios esparsos e localizados de algumas entidades civis, espeleológicas ou não, que, de maneira geral, apresentam uma abordagem superficial do tema, sem o aprofundamento técnico necessário, como os boletins da Sociedade Ornitológica Mineira (10)(11)(12), da Sociedade Brasileira de Espeleologia (13), do Espéleogrupo

---

07. João ALLIEVI, Legislação preservacionista para ambientes subterrâneos, Espelec-Tema, (15):101.

08. Rui Campos PEREZ & Wilson Roberto GROSSI, Reconhecimento, valorização e manejo do patrimônio espeleológico da Região Metropolitana de Belo Horizonte, Espelec-Tema, (15):98.

09. Clayton Ferreira LINO, Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo, p.250.

10. SOCIEDADE ORNITOLÓGICA MINEIRA, Grutas estão virando cimento, Boletim da SCM, (8).

11. Idem, Afinal, proteção para as grutas, Boletim da SCM, (15).

12. Idem, Novo aeroporto destruirá grutas, Boletim da SCM, (20).

13. SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA, Departamento de patrimônio espeleológico e o comunicado do X Congresso, Espelec-Tema, (7):06-07.

de Brasília (14) ou do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas (15), entre outros.

Tal se deve ao fato de ainda não terem sido realizados estudos sistemáticos que diagnosticassem, em nível nacional, os principais problemas e ameaças à integridade física e ambiental do patrimônio espeleológico brasileiro, em razão do assunto ser relativamente recente na pauta das preocupações governamentais de cunho ambiental (16) e da falta de recursos humanos especializados e de infra-estrutura física e financeira para o seu tratamento adequado.

Desta forma, todos os estudos foram conduzidos tendo-se por base os impactos possíveis de serem produzidos por atividades minerárias nesta área. Contudo, a aplicação dos resultados não se restringe apenas àqueles empreendimentos, podendo ser ajustado a qualquer obra ou projeto que tenha lugar em regiões onde ocorrerem cavidades naturais subterrâneas.

---

14. Kleber Ramos ALVES, A proteção do patrimônio espeleológico, *A Gruta*, (7):02-03.

15. Ezio Luiz RUBBIOLI, A gruta da Lagoa Rica, *O Carste*, (2):22.

16. A primeira referência legal tratando especificamente sobre a proteção das cavernas é a Resolução CONAMA Nº 005 de 06/08/87.

### 3.4 LIMITAÇÕES DO MÉTODO

O método utilizado pode apresentar limitações quanto à técnica de coleta de dados empregada, centrada, entre outras, na observação sistemática e não-participante (ou passiva) que realiza-se em condições controladas para responder a propósitos pré-estabelecidos, sendo, para tanto, planejada com cuidado e sistematizada e não participando o pesquisador do fato, restringindo-se, apenas, a presenciá-lo.

Segundo Marconi (1988), "as técnicas de observação apresentam uma série de limitações, entre as quais destacam-se as seguintes:

a) (...)

b) A ocorrência espontânea não pode ser prevista, o que impede, muitas vezes, o observador de presenciar o fato.

c) Fatores imprevistos podem influenciar na tarefa do pesquisador.

d) A duração dos acontecimentos é variável: pode ser rápida ou demorada e os fatos podem ocorrer simultaneamente; nos dois casos torna-se difícil a coleta de dados.

e) Vários aspectos da vida cotidiana, particular, podem não ser acessíveis ao pesquisador." (17).

Todas essas limitações identificadas por Marconi são, em parte, minimizadas ou mesmo inexistentes, devido ao objeto da observação se constituir em um processo de manipulação humana, com tempo, espaço e técnicas pré-determinados e com poucas variações, não apresentando ocorrências espontâneas e fatores imprevistos.

Quanto aos fatos simultâneos de duração variada - como as detonações de cargas explosivas e seus efeitos junto ao ambiente cavernícola - e a possível existência de aspec-

---

17. Marina de Andrade MARCONI & Eva Maria LARATOS. Técnicas de Pesquisa, p.66.

tos particulares inacessíveis, empregou-se procedimentos específicos e dispositivos eletro-mecânicos de registro para eliminá-los, ou, ao menos, reduzir seus efeitos.

Assim, no primeiro caso, além de observações alternadas (frente de lavra/caverna) para detonações com as mesmas características, empregou-se até gravadores de áudio instalados em pontos estratégicos na caverna para captar, simultaneamente às observações na lavra, os possíveis ruídos provocados pelas cargas explosivas; e, no segundo caso, deu-se preferência aos pontos discretos de observação para que a presença do pesquisador não fosse notada - principalmente no local da lavra -, e acentuou-se os registros fotográficos a distância, com o uso de teleobjetivas de grande alcance, para se evitar a interferência em alguma ação pela aproximação do pesquisador, como a utilização de cargas menores de explosivos do que a usualmente empregada, desmatamentos, lançamento de resíduos, entre outras.

Evitou-se, ainda, divulgação dos dias e horários em que se realizariam as visitas de observação ou a sua comunicação aos responsáveis com antecedência superior a um dia, assim como utilizar horários de chegada e/ou saída concordantes com os de início e/ou término do funcionamento da empresa.



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos trabalhos de levantamento de dados, de observação e de controle de campo, levados a efeito em empreendimentos minerários interrelacionados à ecossistemas cavernícolas e em cavidades naturais, são expostos neste capítulo.

Com o propósito de facilitar a sua apresentação e discussão, os mesmos foram dispostos ao longo de quatro seções que sintetizam os aspectos abordados nesta dissertação.

##### 4.1 ROCHAS CALCÁRIAS: EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO

O calcário é um bem mineral cuja exploração se faz comumente por lavra a céu aberto, devido às condições em que é encontrado na natureza: em grandes jazidas que alcançam a superfície em afloramentos rochosos verticais, normalmente elevados e de fácil acesso (Fots. 07 e 08), que possibilitam a sua exploração em minas superficiais.

Entretanto, pode ser efetuada a sua exploração através de lavra subterrânea, sendo empregada quando há carência de depósitos superficiais próximos a grandes mercados consumidores ou, ainda, quando a geologia estrutural é desfavorável (01).

Os procedimentos atualmente utilizados para extração de pedras ou blocos calcários são relativamente sim-

---

01. SÃO PAULO, Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico.  Mercado Produtor Mineral do Estado de São Paulo, p. 103.



Fot. 07. Nacipo calcário "Morro da Pedreira", em Santana do Riacho-MG, com atividade extrativa de mármore cipolino em uma de suas faces.



Fot. 08. Afloramento calcário em Formosa-GO, representativo da grande elevação, verticalidade e facilidade de acesso dessas formações minerais.

es e praticamente iguais, para a maioria dos usos a que se destinam, por não exigirem equipamentos sofisticados ou procedimentos técnicos diferentes em decorrência da sua destinação posterior: corretivo agrícola, cimento ou fundente na metalurgia, entre outros.

Nas observações do processo de extração e beneficiamento das rochas calcárias (02), foram analisados apenas os procedimentos das empresas Santo Inácio (Unai - MG), Inaê (Paracatú - MG) e EMFOL (Formosa - GO), tendo em vista que o tipo (cava) e os objetivos de lavra (extração de zinco e chumbo) mantidos pela CMM diferiam do escopo deste trabalho, tendo a mesma sido considerada apenas no tocante aos aspectos sócio-culturais existentes na gruta Lapa Nova.

O processo inicia-se com o desmatamento através de moto-serras, machados ou facões, seguido da remoção do estéril (capeamento) das áreas que irão se tornar as frentes de lavra (com a utilização de tratores de lâmina), sendo o carregamento feito posteriormente por caminhões que os conduzirão (estéril) até aos bota-fora (03).

Apesar de ser o procedimento usual neste tipo de mineração (Sintoni & Valverde, 1978; Santos, 1987), observou-se algumas variações entre as empresas estudadas, na intensidade com que era realizado o desmatamento das áreas e no destino do material estéril.

Assim é que a empresa Santo Inácio, apesar de limitar o desmatamento aos terrenos da jazida e às áreas de serviço, avançou, desnecessariamente, na retirada da cobertura vegetal adiante das atuais frentes de lavra, a ponto de deixar descobertas áreas que só virão a ser lavradas daqui a dois ou três anos (em se mantendo a média da produção das em-

---

02. Que será descrito e discutido nesta seção.

03. Ver definição de "Bota-fora" no Capítulo 8. Glossário.

presas: 70.000 t/ano), com conseqüências imprevisíveis para os processos de formação/manutenção dos espeleotemas, para o microclima e para o meio biótico da gruta Tamboril, já que se trata de área imediatamente acima e próxima da mesma.

Além disso, áreas sem cobertura vegetal no topo de afloramentos calcários podem deixar extremamente instáveis, sob o risco de pequenos desmoronamentos, os taludes e encostas das frentes de lavra abaixo, afetando a segurança da mina e aumentando os custos finais de operação.

Por sua vez, a Calcários Inaê não investiu muito na retirada da cobertura vegetal e na remoção do estéril, procedendo apenas a uma limpeza superficial do terreno, o suficiente para a retirada das árvores de maior porte ou aquelas cujas madeiras proporcionassem alguma rentabilidade econômica extra (aroeiras, basicamente), realizando em seguida a perfuração e a colocação de cargas explosivas.

Em decorrência disso, na Empresa Inaê, após o carregamento das rochas no caminhão e antes da sua deposição nas instalações de britagem (moinho), procedia-se à lavagem do material, para a retirada de solo e outros materiais estranhos à rocha calcária (rocha sã).

Essa empresa foi a única onde se observou a existência de lavagem da rocha.

A EMFOL, por sua vez, procedeu aos desmatamentos de forma aleatória nas áreas de serviço, que foi super dimensionada, apresentando pelo menos tamanho duas vezes maior ao necessário a seu pleno funcionamento.

Nenhuma das empresas expressou qualquer preocupação maior, além da simples liberação da área para a mineração, com a remoção e a deposição adequada do solo e do estéril, tendo sido misturados e utilizados, em grande parte, no nivelamento dos pátios de manobra e praças de serviço, ou, simplesmente, arrastados para um dos lados quaisquer da área de lavra, formando pilhas de entulho.

Esses procedimentos, de retirada da cobertura vegetal com muita antecedência em relação ao momento de desmonte e da não estocagem dos rejeitos e do solo, ao intensificarem, desnecessariamente, os impactos negativos do empreendimento, negam possibilidades futuras de reabilitação das áreas de forma economicamente viável.

Assim, essas empresas (no caso de pequeno porte), além de introduzirem custos adicionais ao processo de lavra (lavagem das rochas, retirada contínua de entulho, interrupção das atividades por riscos de desmoronamentos, fadiga acelerada dos britadores, entre outros fatores) -, também não sem repercussões negativas ao ambiente -, demonstram claramente a inexistência de qualquer planejamento que ultrapasse as necessidades estritas da engenharia de minas ou da simples montagem das instalações de britagem, e que venha a orientar a atividade para um desempenho compatível com a sua importância econômica sem as pressões indesejáveis aos recursos naturais pré-existentes.

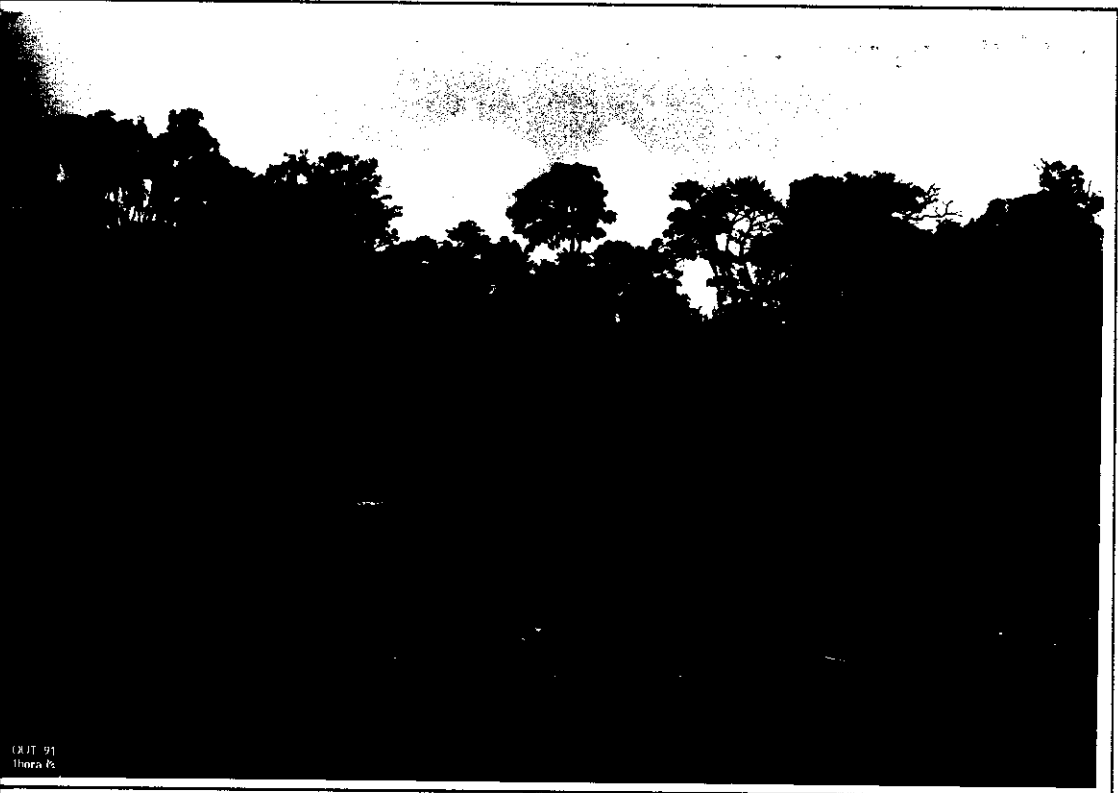
A fase seguinte, da extração propriamente dita, compreende, essencialmente, o desmonte da rocha em pedras de várias formas e tamanhos, através da detonação de explosivos colocados em furos verticais, produzidos por perfuratrizes pneumáticas, ao longo de uma frente a ser lavrada (Fots. 09 e 10).

Esta se constitui na fase mais crítica do processo de mineração de calcários em relação às cavidades naturais subterrâneas. As empresas mais organizadas apresentam um plano de fogo, que define o número e a posição de cada furo, a quantidade de explosivos e a forma de detonação, para que o desmonte seja o tanto quanto uniforme e os fragmentos de rocha resultantes proporcionais.

Segundo Freitas & Redaelli (1987), os objetivos de um plano de fogo para desmonte de rochas são: o arrancamento



Fot. 09. Execução de furos para a colocação de explosivos no processo de desmonte de rochas em pedreiras (Unai-MG).



Fot. 10. Atividade similar de furação para desmonte de rochas, também com a utilização de perfuratrizes pneumáticas, só que em uma frente de lavra com talude baixo (Monte Alegre-PA).

de determinado volume de rocha; a fragmentação da rocha; e o deslocamento da rocha fragmentada. Entretanto, obtém-se, inevitavelmente, efeitos indesejáveis, como: pulverização da rocha; abalos sísmicos e perdas pelo ar.

Com o uso de técnicas adequadas de planejamento e execução de planos de fogo, busca-se realizar o desmonte das rochas com o máximo proveito da energia disponível, empregando-a na fragmentação e na formação da pilha de rochas adequadas, de modo a se minimizar o custo das operações seguintes de carregamento, transporte e britagem, e dos efeitos secundários indesejáveis ocasionados pela transferência de energia da detonação do desmonte para o meio ambiente (Midéia, 1987).

Das empresas sob observação, duas (Santo Inácio e Inaê) apresentavam algum planejamento e controle para a execução das detonações, que, contudo, resumia-se à esquemas de detonação e a quantidade de carga explosiva por espera.

Nenhuma das três empresas executava um plano de fogo que contemplasse, de forma satisfatória, os aspectos abordados anteriormente, cumprindo apenas uma rotina de especificações técnicas e de procedimentos montada por um técnico de explosivos ou engenheiro de minas, quando do início das atividades da empresa.

Apesar das recomendações existentes (04), para que todas as operações necessárias aos desmontes sejam projetadas e executadas por técnicos de competência e capacidade reconhecida e legalmente habilitados, nenhuma das empresas apresentava entre seus funcionários regularmente contratados tal profissional, ficando a condução das operações de desmonte a cargo de um funcionário com alguma experiência anterior em atividades dessa natureza.

---

04. DMGA-IPT, Recomendações técnicas para desmonte de rochas em pedreiras, Brasil Mineral, nº 16,

Dentre as consequências dos efeitos secundários negativos, observados nas três empresas sem distinção, decorrentes do desmonte de rochas sem o planejamento adequado exigido, destacam-se: o lançamento descontrolado de fragmentos rochosos (ultralançamentos) e a movimentação vibratória excessiva do terreno na área circunvizinha, devido à propagação de ondas sísmicas.

Como as pedreiras (frentes de lavra) sob análise neste estudo localizavam-se em áreas rurais, distantes, portanto, de concentrações e edificações humanas, não se verificaram os problemas de desconforto ocasionados pelos ruídos (sobreprensão de ar) das detonações.

É improvável que os ultralançamentos de fragmentos de rocha venham a causar qualquer impacto negativo direto a cavernas que porventura se localizem próximas às áreas de detonação.

Entretanto, considerando a paisagem de entorno como um componente expressivo dos ecossistemas de caverna e, ainda, as múltiplas atividades sócio-culturais possíveis de serem desenvolvidas nesses locais, a segurança dessas áreas fica comprometida, caso não se controle na fonte (detonações) os elementos que possibilitam a ocorrência de ultralançamentos.

A NBR 9653 de novembro de 1986 (05), da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, recomenda que não ocorram ultralançamentos nas operações de desmonte, como norma básica de segurança para essas atividades em áreas urbanas.

Contudo, essa norma técnica da ABNT define ultralançamento como sendo o arremesso de fragmentos de rocha de diâmetro superior a 1000 micras além da área de operação, decorrentes do desmonte de rocha com uso de explosivos. Como a área de operação é obtida, segundo a mesma nota, através da

---

05. Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações ou áreas urbanas.



soma da área de concessão de lavra e/ou licenciada e/ou de propriedade da empresa (conforme definição do Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967) (06), com a área de segurança própria em torno dos depósitos de explosivos (Decreto nº 55.649, de 28 de janeiro de 1965) (07) e, considerando que normalmente a empresa não é proprietária de todas as terras circunvizinhas à área a ser minerada (licenciando ou adquirindo, muitas vezes, estritamente o afloramento calcário), decorre que as áreas de operação resultantes são bem reduzidas, verificando-se, comumente, ultralaçamentos de rocha.

Assim, foram encontrados fragmentos de rocha com diâmetros superiores ao estabelecido pela NBR 9653/86, em áreas de pasto, muito adiante das frentes de lavra (no caso da empresa Santo Inácio, foram encontrados fragmentos de rocha a mais de 500 metros de distância, fora da propriedade da empresa).

Nas empresas Inaê e EMFOL também registrou-se ultralaçamentos de rochas.

Segundo Midéia (1987), os ultralaçamentos não devem ocorrer, sobretudo, porque é tecnicamente possível evitá-los, fundamentalmente, através do planejamento e execução do plano de fogo (seja ele primário ou secundário, "fogacho") e das condições das bancadas (localização, blocos soltos, etc).

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT relaciona, ainda, dez itens a serem observados nos planos de fogo para operações de detonação primária em pedreiras para se evitar o ultralaçamento de fragmentos rochosos: tamponamento adequado dos furos; afastamento; fogos prensados; blocos soltos nas bancadas;

06. Institui o Código de Mineração, dando nova redação ao Decreto-Lei nº 1.985 (Código de Minas), de 29 de janeiro de 1940.

07. Determina distâncias mínimas de segurança para depósitos de explosivos.

direção dos furos; cuidados na utilização de malha alongada; vazão de carregamento; diâmetro da perfuração; detonações secundárias; e furação inclinada.

Entretanto, todos esses procedimentos exigem a participação efetiva de um técnico habilitado no seu planejamento, preparo e execução, para que os efeitos negativos sejam de fato minimizados e as atividades apresentem o nível de segurança necessário e suficiente às áreas vizinhas à pedreira.

Nas pedreiras das empresas EMFOL, Santo Inácio e Inaê, que não dispunham de técnico capacitado e legalmente habilitado para a condução das operações de desmonte, observou-se que, ao menos, cinco dos itens relacionados pelo IPT não vinham sendo praticados em conformidade com as recomendações daquele órgão:

\* Tamponamento - o tamponamento, que segundo o IPT deve ser efetuado com material e compactação adequados (argila, areia, pó de pedra...) e ter comprimento no mínimo igual ao afastamento efetivo, era executado com o material encontrado nas proximidades (solo, pedras de diferentes diâmetros, etc...) e com comprimentos variados que normalmente ficavam aquém da medida de afastamento existente (Fig. 07).

\* Afastamento - o IPT não estipula medidas mínimas, recomendando apenas que na primeira linha dos furos o afastamento não seja pequeno e irregular em relação a face da bancada, o que nem sempre era observado quando das operações de perfuração da rocha (Fig. 08).

\* Blocos Soltos - a existência de "blocos soltos" e pedras na frente da bancada, em posições desfavoráveis, aumenta as possibilidades de ocorrência de ultralançamentos, conforme o IPT.

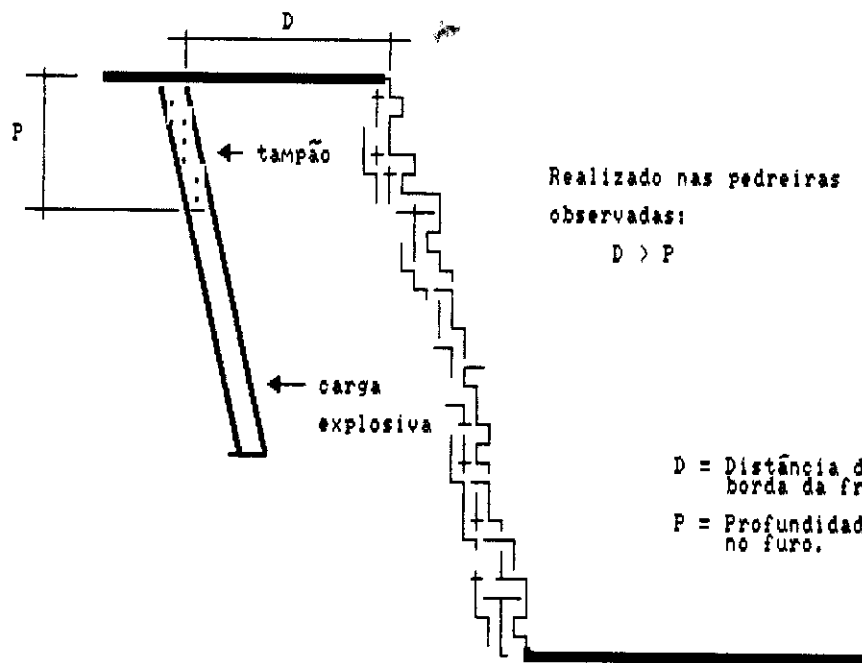
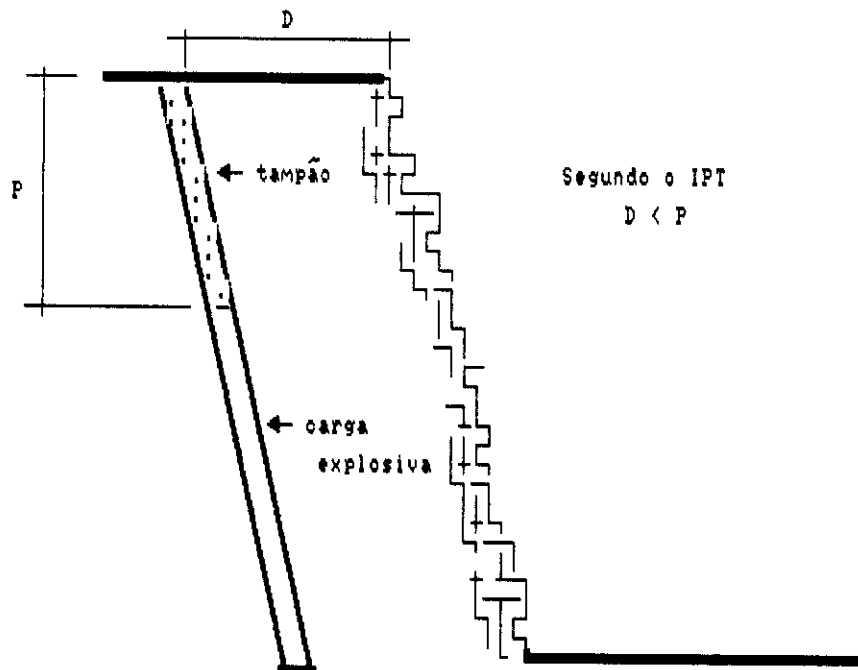
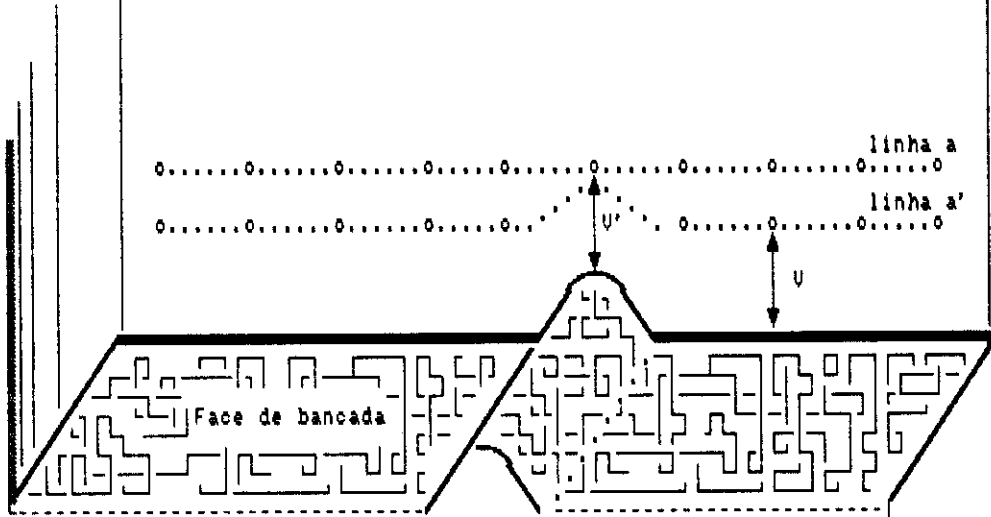


Fig. 87. Desenho esquemático dos procedimentos de tamponamento executados.

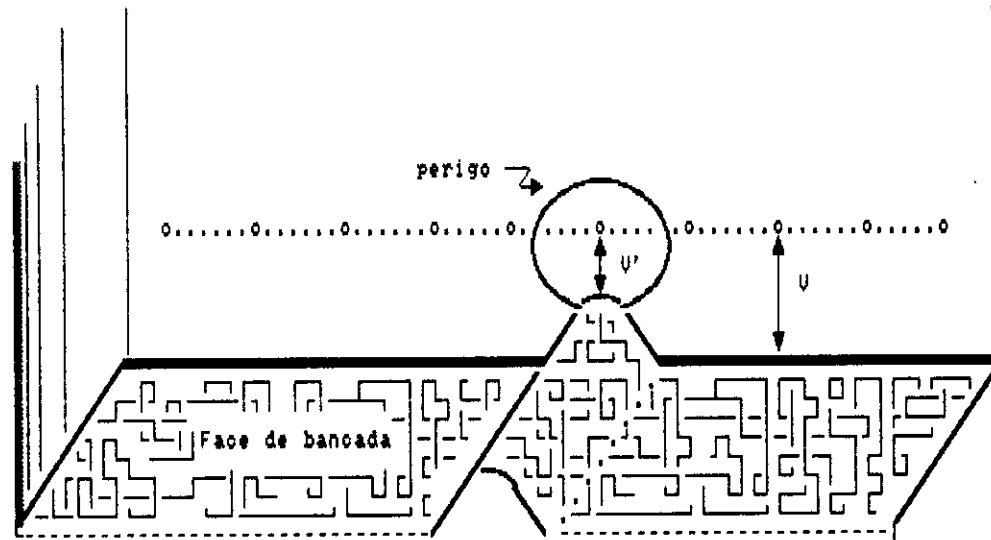
o.. Linha de detonação  
U Distância de afastamento mínima



$U = U'$

Tanto a linha a como a linha a' estão corretas, pois mantêm a distância de afastamento mínima em toda a extensão da linha de detonação.

Fonte: IPT (modificado).



$U < U'$

Situação verificada nas paredes das empresas Inae, Santo Inácio e ENFOL

Poucas vezes, observou-se funcionários inspecionando as bancadas com a finalidade de eliminar esses blocos ou de regular a carga de explosivos nestes locais, optando-se comumente pela detonação direta de todo o conjunto.

\* Direção dos Furos - de acordo com o IPT, a direção dos furos, sobretudo os da primeira linha, deverá ser paralela ao plano da frente das bancadas. Verificou-se nas pedreiras da Santo Inácio e da Inaê, desvios na perfuração por erros de direcionamento das brocas ou hastes das perfuratrizes, em decorrência, principalmente, da altura excessiva das bancadas (Fig. 09).

Sobre o corte do meio rochoso (talude) e a formação de bancadas muito altas, vale destacar aqui o que Teixeira Júnior & Virgilli (1986) colocam em relação aos taludes rochosos: "A medida em que cresce a demanda mundial de minérios, a indústria de mineração passa a trabalhar com taludes cada vez mais altos nos empreendimentos a céu aberto. Relações estéril-minério mais desfavoráveis vêm sendo assumidas, assim como a lavra sobre teores mais baixos" (08). A economicidade na pedreira depende da queda de blocos do alto de taludes instáveis.

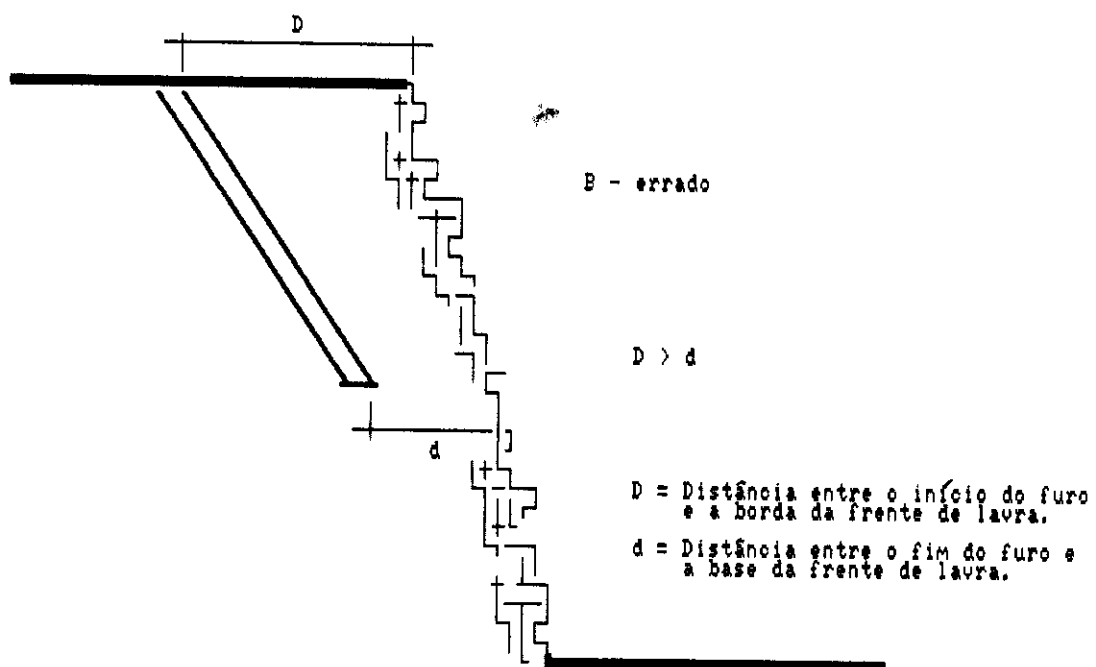
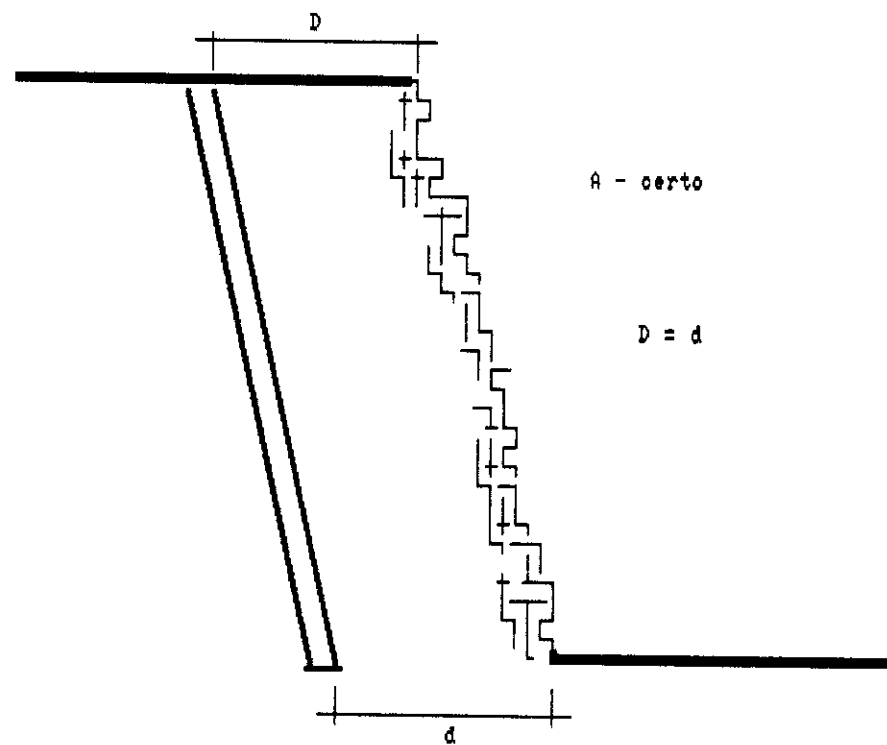
Assim, o ângulo de inclinação dos taludes seriam derivados da relação entre a economia (ou viabilidade do empreendimento) e a segurança nas escavações, sendo que "a mineração moderna é levada a projetar taludes muito íngremes, ou seja, com baixos fatores de segurança, sob pena de tornar anti-econômico o empreendimento, se não o fizer" (09).

Nas empresas Inaê e Santo Inácio, o talude possui inclinação elevada, alcançando ângulos próximos a 90° (Fot. 11) e com altura média de 23 m, onde, na primeira empresa, já

---

08. Paulo Borges TEIXEIRA JÚNIOR & José Carlos VIRGILLI, Análise de risco de taludes rochosos, *Brasil Mineral*, nº 27, p. 43.

09. *id. ibid.*



Fonte: IPT (modificado)

Fig. 09. O desenho "B" mostra a situação normalmente verificada nas pedreiras observadas.



Fot. 11. Frente de lavra da Empresa Santo Inácio com um só talude de 23 m de altura e ângulos de elevação próximos a  $90^{\circ}$ .



Fot. 12. Furação dos blocos maiores para a colocação de cargas explosivas e a realização de detonações secundárias (fogaços).

registraram-se alguns acidentes com vítimas fatais devido à instabilidade dos taludes pelos ângulos de projeto nela praticados, pois quanto mais baixo o talude, maior o volume de material a ser decapeado para se atingir a rocha sã; e, por outro lado, quanto mais elevado for o talude, maior o risco de ruptura associado, podendo, além dos aspectos relacionados a perdas materiais e humanas (difíceis de quantificar) implicar na paralisação das operações por destruição de vias de acesso e soterramento de corpos mineralizados.

De acordo com a Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo, o correto seria realizar o desmonte dos taludes rochosos em bancadas de até 12m de altura, o que não ocorre devido "a falta de visão empresarial que ainda persiste entre os produtores menos organizados e estruturados" (10).

Outra implicação que se apresenta, em relação à altura excessiva dos taludes, além da economicidade, segurança e aumento do risco de ultralançamentos, refere-se aos aspectos de reabilitação das áreas mineradas.

A grande altura dos taludes verificada nas empresas estudadas irá dificultar e onerar consideravelmente os trabalhos posteriores de reabilitação, tornando-os impraticáveis aos pequenos empresários e sem liberdade para a adoção de soluções criativas de uso futuro (11).

\* Razão de Carregamento - exageros na razão de carregamento (carga de explosivos por furo) devem ser evitados, segundo o IPT, principalmente no caso de compartimentação desfavorável do maciço rochoso. Tal recomendação exige, além de conhecimentos da geologia e estrutura da rocha na

---

10. SÃO PAULO, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico,  Mercado Produtor Geral do Estado de São Paulo, p. 90.

11. Sobre a reabilitação das áreas mineradas será analisado e discutido mais adiante.



qual se está trabalhando, cálculos para a obtenção da razão de carregamento (12) e da malha de perfuração desejada.

O máximo de controle no carregamento que se observou nas empresas estudadas foi em relação à carga total de explosivos por espera (13) - em torno de 45 a 65 kg -, desconhecendo-se quanto cada furo recebia de explosivos, o que resultava em faces de bancada e fragmentação das rochas irregulares que prejudicavam o plano de tiros seguinte e o desenvolvimento da atividade como um todo.

Por fim, Siskind (1990), observa que a melhor forma de se controlar os ultralanchamentos é através de um confinamento (tamponamento) adequado da carga correta em cada furo, e da confecção de uma planta que contenha a malha do desmonte. Cita ainda, como exemplo, o caso de uma operação de detonação de rochas calcárias realizada no Texas, Estados Unidos, onde o desconhecimento da quantidade de explosivos por furo provocou "blow out" (14), com ultralanchamentos e sopros-de-ar, por ter, um dos furos, alcançado uma caverna cuja existência se desconhecia.

É bem provável que as irregularidades na fragmentação das rochas e nas faces de bancada e os ultralanchamentos

12. Freitas & Redaelli (1987) indicam que a fórmula geral para o dimensionamento da carga de um furo é dada por:  $n_1 \times n_2 \times n_3 \times E \times Q = V \times E_{fr}$ ; e a razão de carregamento ( $R_c$ ) por:

$$R_c = \frac{Q}{V \times n_1 \times n_2 \times n_3 \times E} = \frac{E_{fr}}{n_1 \times n_2 \times n_3 \times E} \quad (\text{kg/m}^3), \text{ onde:}$$

- $n_1$  = rendimento em função das impedâncias rocha/explosivo;
- $n_2$  = rendimento em função da defasagem  $\gamma$  furo/ $\gamma$  cartucho;
- $n_3$  = rendimento na fragmentação = 0,15
- $E$  = energia específica do explosivo, MJ/kg;
- $Q$  = carga do explosivo, kg;
- $V$  = volume de rocha a ser desmontada,  $\text{m}^3$ ;
- $E_{fr}$  = energia absorvida na fragmentação.

13. Ver definição de "espera" no Capítulo 8. Glossário.

14. Ver definição de "Blow out" ou "tiro de canhão" no Capítulo 8. Glossário.

de fragmentos rochosos verificados nas pedreiras da Empresa Inaê sejam decorrentes do mesmo motivo: exageros na razão de carregamento e grande proximidade com a Gruta Lagoa Rica.

Por sua vez, as vibrações no terreno, provocadas pelas detonações de explosivos em pedreiras não podem ser eliminadas, mas apenas minimizadas, a ponto de se enquadrarem a níveis máximos especificados para determinados fins (Edwards, 1960; Northwood et alii, 1963; Linghan, 1982; Stagg et alii, 1984; Cintra, 1985).

Cerne de todas as situações de conflito entre mine- radores, seja em zonas urbanas ou rurais, e segmentos da so- ciedade civil (15), constitui-se também, em relação às caver- nas, no principal obstáculo para a harmonização dos interes- ses de produção econômica e de proteção ambiental.

As vibrações são derivadas das ondas de choque uti- lizadas no trabalho de fragmentação da rocha, emitidas quando da detonação de cargas explosivas no interior do maciço ro- choso (Midéia, 1987).

Medidas através do parâmetro "velocidade de vi- brações de partícula no terreno" ( $V_p$ ) (Langefors, 1958), pro- pagam-se na forma de ondas sísmicas através do maciço, com uma velocidade que varia de acordo com o meio atravessado (i.e., conforme suas características geológicas, geométricas e físicas) (Tab. 01), amortecidas à medida que sua frente se distancia da origem (Fig. 10).

Seus efeitos sobre estruturas e populações adjacen- tes dependem, assim, de relações estatísticas entre as cargas detonadas por espera, a distância em que se encontram da fonte geradora (pedreira) e o comportamento de cada estrutura

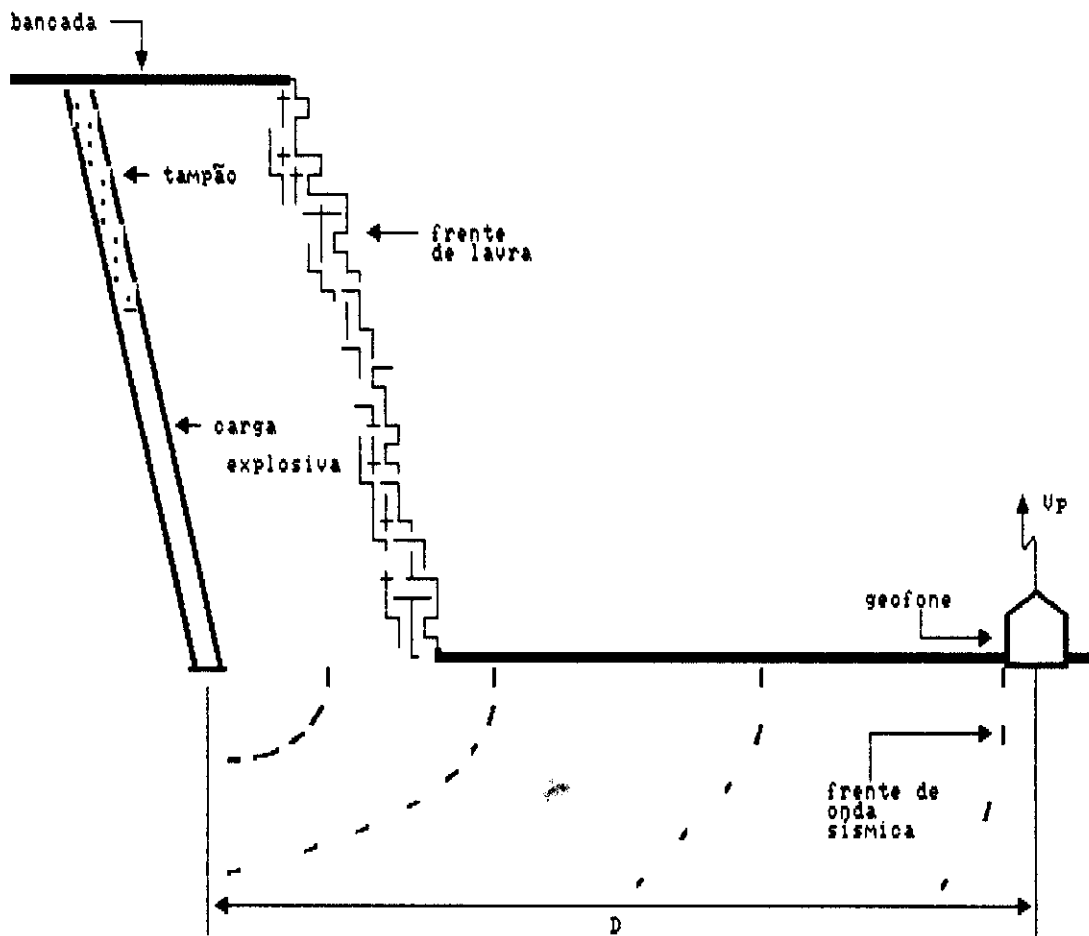
---

15. Midéia (1987), relaciona alguns dos vários problemas relacionados com o uso de explosivos no desmonte de rochas, como: danos ecológicos ao litoral de Santos-SP, em 1982, causados pela perfuração de oleoduto da Petrobrás por fragmentos rochosos; e decréscimo da produção de ovos em granjas no interior do estado de São Paulo em virtude dos ruídos, entre outros.

Tab. 01. Variação da velocidade sísmica conforme a densidade da rocha e a energia específica requerida do explosivo utilizado.

ROCHA	ENERGIA ESPECÍFICA DO EXPLOSIVO MJ/m <sup>2</sup>	DENSIDADE Kg/m <sup>3</sup>	VELOCIDADE SÍSMICA m/s
Granitos	0,00168	2700	5000
Sienitos	0,00153	2600	4200
Gabros	0,00151	2600	4200
Basaltos	0,00165	2900	5400
Arenitos	0,00118	2250	2750
Quartzitos	0,00163	2650	4500
Calcários	0,00147	2600	4000
Dolomitos	0,00154	2650	4000
Salgemas	0,00110	2200	3500
Gnaisses	0,00131	2700	5000
Xistos	0,00144	2600	3100

Fonte: Freitas & Redaelli, 1987.



Fonte: Brasil Mineral - Engenharia e Arte, 1987.

Fig. 10. As ondas sísmicas produzidas nas detonações são amortecidas de acordo com o meio atravessado e a medida que sua frente se distancia da origem.

frente a vibrações efêmeras (Langefors et alii, 1958; Siskind et alii, 1980; Midéia, 1987).

Sanchez (1987) observa que "as pesquisas acerca das vibrações produzidas pelo desmonte de rocha com explosivos orientam-se desde o início para a busca de:

a) de uma relação empírica entre alguma medida da energia da vibração e a probabilidade de dano a residências e outras estruturas vizinhas;

b) de uma relação empírica entre a carga detonada e esta energia da vibração, em função da distância;

c) de aparelhos capazes de captar as vibrações de maneira precisa, fiável e reprodutível;

d) dos limites máximos admissíveis de vibração; e

e) das medidas economicamente viáveis a serem tomadas para evitar que as vibrações ultrapassem estes limites máximos." (16).

Em decorrência dessas pesquisas, iniciadas na década de 30 (17), produziram-se instrumentos sensíveis de medida e diferentes tabelas com valores máximos de velocidade de partícula segundo o tipo de estrutura submetida às vibrações.

Com o desenvolvimento dos sismógrafos (18), dotados de geofones (19), pôde-se captar as vibrações de terreno, detectando e registrando as características das ondas.

---

16. Luiz Enrique SANCHEZ, Desmonte de rochas com explosivos, *Brasil Mineral*, nº 38, p. 54.

17. Entre as primeiras investigações sobre as vibrações produzidas pelo desmonte de rochas com explosivos e seus efeitos sobre estruturas, encontra-se as do "U.S. Bureau of Mines", conduzidas por F.W. Lee.

18. Instrumento que detecta (ampliadamente) e grava as vibrações da Terra, especialmente terremotos (Jackson & Bates, 1987).

19. Detector sísmico que produz uma tensão elétrica proporcional ao deslocamento, velocidade ou aceleração de um movimento do terreno, de acordo com uma determinada frequência (Jackson & Bates, 1987).

Os sismógrafos registram a amplitude, a velocidade ou a aceleração das partículas do maciço exposto à detonação, além do instante de chegada das ondas (Langefors e Kihlström, 1958).

Atualmente, aceita-se que a grandeza que melhor representa o potencial de dano imposto a uma estrutura, em função da utilização de explosivos, é a velocidade de partículas ( $V_p$ ) (20) definidas através da amplitude ( $A$ ) e da frequência ( $f$ ):  $V_p = 2f A$ .

Tendo por base a velocidade de partículas, foram propostas, por diversos autores, velocidades limites a partir das quais determinadas estruturas estariam sujeitas a dano.

Langefors e Kihlström (1958) apresentaram o valor de 73,5mm/s como sendo o limite. Edwards e Northwood (1960) sugeriram, por sua vez, que a velocidade máxima de partículas a ser considerada seria de 50 mm/s (2 pol/s), e Duvall e Fongelson (1962), passando em revista todos os dados obtidos na literatura internacional por Thoenen & Windes (1942), Edwards & Northwood (1960) e Langefors et alii (1958), para o "U.S. Bureau of Mines", confirmaram que o parâmetro que melhor caracteriza o risco de danos a estruturas é a velocidade de partículas, e que valores abaixo de 50 mm/s seriam seguros, para uma grande variedade de condições de solo e de rocha, sendo, posteriormente, também julgados aptos por Devine (1966): "Se as componentes de vibração no subsolo próximo a uma estrutura têm velocidade de partículas menor que 50 mm/s, há pequena possibilidade de ocorrer danos a estruturas" (21).

Várias normas, então, passaram a vigorar em diversos países, correlacionando o parâmetro de velocidades de partículas com o grau de possíveis danos a estruturas,

---

20. Proposta por Langefors e colaboradores, em 1957.

21. James DEVINE,

estabelecendo limites próximos de  $V_p$  em função da distância "ponto de detonação - ponto de captação" (Tabs. 02, 03 e 04).

Contudo, em 1980, este valor de 50 mm/s foi revisto pelo "U.S. Bureau of Mines", que, introduzindo a frequência como parâmetro também a ser considerado quando da avaliação de riscos a estruturas provenientes de detonações por explosivos, passou a recomendar novos limites para a velocidade máxima de partículas, tendo em vista uma análise do comportamento dinâmico das estruturas, em razão do alcance de frequências do movimento vibratório, aliando-os, ainda, à qualidade de construção (Siskind et alii, 1980) (Tab. 05).

Além disso, nos casos em que se exija uma análise mais apurada, o "U.S. Bureau of Mines" propõe ainda, como opção, a utilização do critério de velocidade associado ao de deslocamento.

Assim, nas regiões de 10 a 40 Hz e abaixo de 4 Hz o critério de velocidade seria substituído pelo deslocamento de partículas - 0,008 pol ou 0,2 mm para a faixa intermediária e 0,030 pol ou 0,762 mm para a faixa inferior das frequências - enquanto que de 4 a 12 Hz e acima de 40 Hz retornar-se-ia ao critério de velocidade máxima (Fig. 11).

Dowding (1985) explica que "uma estrutura residencial responderá menos a um movimento de terreno de 12mm/s a uma frequência principal de 80Hz que a uma frequência principal de 10 Hz. Então, o movimento a 80 Hz tem menos probabilidade de fissurar a estrutura que o movimento a 10 Hz" (22).

Segundo Sanchez (1987), a frequência principal do movimento, quando baixa, pode se igualar à frequência natural (de ressonância) manifestada pela estrutura, fazendo com que o movimento seja amplificado e as deformações (resultantes) mais significativas, sendo essas últimas as responsáveis pelo

---

22. C.H. DOWDING Apud Luis Enrique SANCHEZ, Desmonte de rochas com explosivos, *Brasil Mineral*, nº 38, p. 57.

Tab. 02. Danos prováveis em estruturas, segundo Medvedev (1963).

I	CARACTERÍSTICAS	V <sub>p</sub> RESULTANTE (cm/s)
1	oscilações só notadas com uso de instrumento	0,2
2	oscilações quase imperceptíveis	0,2 a 0,4
3	oscilações sentidas por algumas pessoas ou por pessoas que sabiam da explosão	0,4 a 0,8
4	oscilações notadas por muitas pessoas - barulho nas vidraças	0,8 a 1,5
5	queda de reboco, pequenos danos	1,5 a 3,0
6	fendas em reboco, danos a edifícios já reformados	3,0 a 6,0
7	danos a edifícios em estado satisfatório, fendas e queda de rebocos, fendas nas paredes	6,0 a 12,0
8	consideráveis danos a edifícios, fendas em pilares e paredes, grandes fendas em partições	12,0 a 24,0
9	destruição de edifícios, isto é, grandes fendas nas paredes, esfoliação da alvenaria, queda de paredes	24,0 a 48,0
10 - 12	grande destruição e colapso de edifícios	48,0

Fonte: Mideia, 1987.



Tab. 03. Risco de danos em edificações comuns sobre diversas condições de terreno, segundo Langefors & Kihlstrom (1978).

TIPO DE TERRENO	areia, cascalho, argila sob o nível freático	ardésia, calcário brando	granito, gnaisse, quartzito, diabásio, calcário duro	TIPO DE DANO
velocidade de propagação de ondas sísmicas (m/s)	100 - 150	2000 - 3000	4500 - 6000	
VELOCIDADE MÁXIMA DE PARTÍCULA (m/s)	4 - 10	35	70	fraturas imperceptíveis
	6 - 30	55	110	fraturas in - significantes (valor limite)
	8 - 40	80	160	formação de fraturas
	12 - 60	115	230	grandes fraturas

Fonte: Mideia, 1987.

Tab. 04. Critérios elaborados para a correlação de velocidade máxima de partícula com danos em edificações (Mideia, 1987).

Critério de Young S. Chae, 1978.

CLASSE	A	B	C	D
$V_p$ máx res. (mm/s)	100	50	25	13
$D/Q^{1/2}$	10	20	30	50

- A - Estruturas reforçadas
- B - Estruturas residenciais novas em boas condições
- C - Estruturas residenciais "velhas" em mas condições
- D - Estruturas residenciais "velhas" em péssimas condições

Obs.: Se a estrutura é submetida a frequentes abalos ou sem instrumentação deve ser rebaixado a próxima classe. O autor não esclarece se a velocidade de partícula é a resultante ou a componente. Admite-se ser a resultante.

Critério de limites de Ashley, 1976.

TIPO DE CONSTRUÇÃO	$V_p$ máx (mm/s)
monumentos históricos	7,5
residências em mas condições	12
residências em boas condições (ind. e com.)	25
estruturas reforçadas, galerias pluviais, etc.	50

Critério de Moura Esteves, 1978.

TIPO DE CONSTRUÇÃO	$V_p$ RESULTANTE (mm/s)		
	A C<1000 M/s	B C=1000 - 2000 M/s	C C>2000 M/s
exigem cuidados especiais	2,5	5	10
correntes	5	10	20
reforçados	15	30	60

- A - Solos incoerentes, soltos; areias e misturas areia-seixo bem graduados; areias uniformes, solos coerentes moles e muito moles.
- B - Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média; solos incoerentes compactos, areias e misturas areia-seixo bem graduadas; areias uniformes.
- C - Rochas e solos coerentes, rijos.
- C - Velocidade de propagação de ondas elásticas longitudinais.

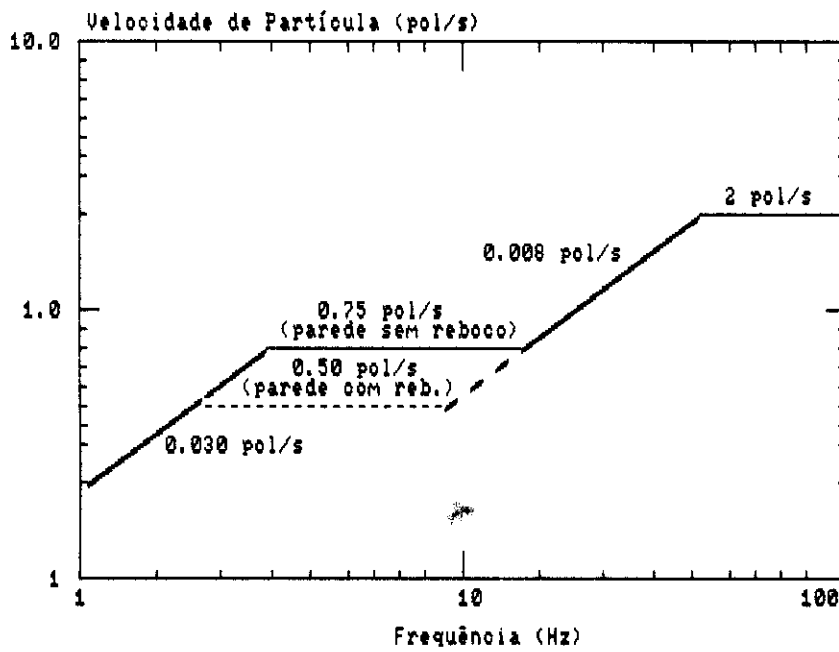
Obs.: Os pontos de medição devem ser localizados na estrutura da fundação.

Tab. 95. Valor máximo de velocidade de partícula (mm/s) segundo proposição do "U.S. Bureau of Mines" (1980).

TIPO DE ESTRUTURA	a baixa frequência (<40 Hz)(*)	a alta frequência (>40 Hz)
Casas modernas, com paredes revestidas de material diferente do reboco comum (gesso, etc.) .....	19	50,8
Casas antigas, com paredes rebocadas .....	12,5	50,8

(\*) Todo pico espectral que ocorra abaixo de 40 Hz e dentro de uma faixa de 6 dB (ou seja, de 5% da amplitude verificada a frequência predominante) justifica o uso do critério de baixa frequência.

de Siskind et alii, 1980.



Fonte: Sanchez, 1987.

Fig. 11. Níveis de segurança para vibrações de estruturas residenciais segundo o "U.S. Bureau of Mines", 1980.

surgimento de fraturas, razão pela qual este autor considera a frequência como um parâmetro essencial nesses estudos.

No Brasil, a ABNT fixou, como limite a não ser ultrapassado, a velocidade de vibração de partícula resultante (VR) (23) em 15mm/s, tendo em vista os resultados dos trabalhos desenvolvidos pela Comissão de Estudos instituída pela ABNT para esse fim (CE.18.2.7.001, de 1982) e a experiência internacional acumulada sobre esse tema.

Conquanto não especifique valores em relação à frequência, a norma brasileira exige que o equipamento de medição tenha resposta em frequência linear na faixa de 5Hz a 150Hz, pelo menos.

Todos esses valores limites atribuídos à velocidade ou ao deslocamento de partículas, e as normas que deles resultaram no Brasil e em outros países, se referiam, como visto, a danos potenciais em estruturas de edificações humanas, cujo tipo de construção e os materiais empregados já foram objeto de estudos específicos, possuindo, assim, respostas conhecidas a determinadas situações.

Porém, inexistem estudos semelhantes sobre os efeitos ou possíveis danos a estruturas de caverna, como consequência dos movimentos vibratórios intensos provocados por uso de explosivos.

As cavernas calcárias, como caracterizado em Capítulo anterior, são cavidades naturais existentes no interior do maciço rochoso, provocadas, entre outros, pela solução do calcário, cujos espaços internos são organizados em salões, galerias, condutos e recessos de micro, pequenas ou grandes dimensões, conforme a natureza da composição mineralógica e

---

23. VR - valor algébrico obtido pela fórmula:  $VR = ((VL)^2 + (VT)^2 + (VV)^2)^{0,5}$ , onde VL, VT e VV são os módulos das velocidades de vibração medidas de zero a pico, segundo as direções longitudinal (L), transversal (T) e vertical (V), definidas com relação à reta que passa pelo ponto central da detonação e pelo ponto de medição (NBR 9653 - ABNT).

das condições geológicas e estruturais da rocha na qual se desenvolva.

Contudo, apesar da falta de dados sobre o maior valor de velocidade de partícula permissível para cavernas, e tendo em vista a necessidade de serem estabelecidos limites para a operação de minas próximas a essas formações naturais, empresas de consultoria especializadas no emprego de explosivos e no controle de vibrações, bem como órgãos estaduais de meio ambiente, a despeito das circunstâncias acima mencionadas, vêm assumindo o valor referente a "ruínas" da norma alemã DIN 4150, de 1975, uma das mais rigorosas em relação aos limites máximos admissíveis (Tab. 06).

Assim, seguindo as recomendações da Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Minas Gerais, foram realizados, em 1989, pela Empresa Britanite Indústrias Químicas Ltda, a serviço da Companhia Mineira de Metais - CMM, testes de detonação com controle de vibrações, visando determinar a resposta da estrutura da gruta Lapa Nova às movimentações do terreno decorrentes do trabalho de lavra da CMM.

Os pontos de captação foram localizados no interior da gruta, tendo sido determinados de forma a corresponder à menor distância entre eles e os fogos da frente de lavra (85 m para o fogo nº 1 e 130 m para o fogo nº 2) (Fig. 12).

Os geofones foram instalados em um travertino (24), sendo orientados para a direção dos fogos e fixados ao espeleotema com pasta de gesso.

O sismógrafo utilizado foi um modelo SINCO 5-3, portátil, adequado para trabalhos numa faixa de frequência de 5 a 150Hz.

---

24. Represas de travertino são formas especiais de escorrimento semelhantes a pequenos diques que represam, em "piscinas" escalonadas, a água rica em carbonato que se encontra no piso das cavernas (Lino, 1989).

Tab. 06. Valor máximo de velocidade de partícula (mm/s) segundo o projeto de norma alemã DIN 4150 (1975).

TIPO DE ESTRUTURA	VELOCIDADE DE PARTÍCULA (mm/s) (*)
Ruínas, prédios históricos.....	2
Construção com danos visíveis e fraturas em alvenaria.....	4
Construções em boas condições e eventuais fraturas na argamassa.....	8
Estruturas industriais e concreto sem argamassa.....	10-40

(\*) Valores registrados na fundação da construção a ser protegida (RI-8507).

Fonte: BRASIL MINERAL 38, 1987.

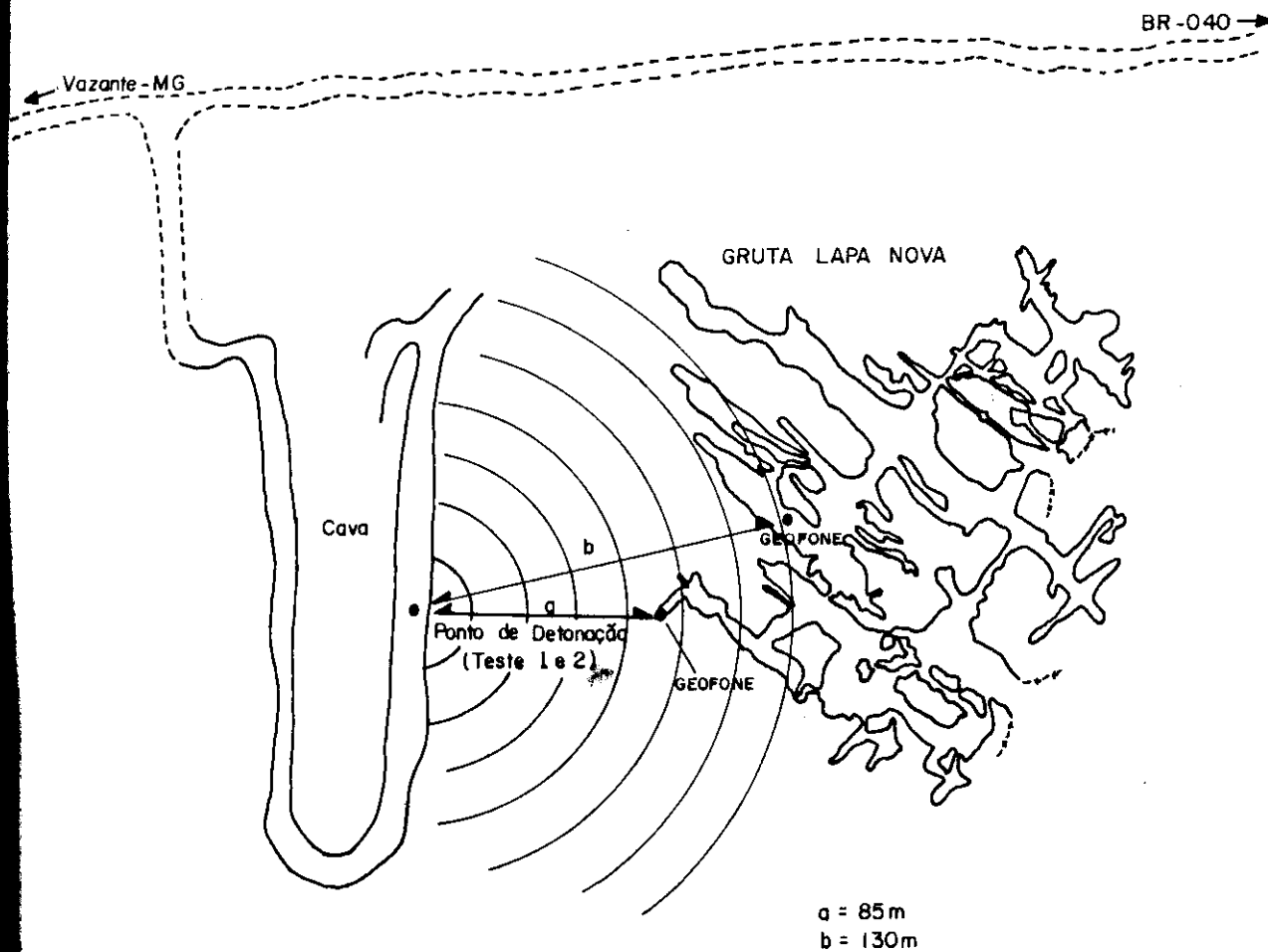


Fig. 12. Localização dos pontos de detonação e captação dos testes de vibração realizados na gruta Lapa Nova (Vazante-MG).



Os fogos para o teste foram preparados segundo a sistemática utilizada normalmente pela empresa: furação horizontal, tipo levante, com profundidade variável; malha de furação padrão livre (variando segundo o aspecto do material a ser desmontado); carga total de explosivo por espera de 3 Kg; e ligação entre os furos realizada por cordel detonante inicializado por espoleta elétrica.

Foram, então, executados dois tipos na frente de lavra denominada "Lapa Nova" (às 14:20 Hs e 15:00 Hs), tendo sido feita a coordenação entre os disparos e o acionamento do sismógrafo por intermédio de cronômetros de tempo (Neto, 1989).

Os resultados dos sismogramas, obtidos com o aparelho ajustado em sua máxima sensibilidade (0,1mm/s de ganho e velocidade do papel de 50,8mm/s), acusaram níveis de velocidade de partículas tão baixos que praticamente apenas sensibilizaram o equipamento, sem alcançar o valor de 0,1mm/s de velocidade máxima de partículas nas duas captações realizadas, ficando abaixo das normas internacionais mais rígidas para a preservação de estruturas sensíveis medidas em suas fundações (DIN 4150, 1983).

Contudo, apesar das conclusões do relatório técnico da empresa indicarem que as operações de lavra, "nas condições em que foram realizadas as captações" (25), não trarão danos à gruta Lapa Nova, os técnicos envolvidos refutam a realização de qualquer extrapolação das condições em que foram realizados os testes, como tentar encontrar a maior carga por espera possível, à determinada distância, frente à preservação da estrutura da gruta.

Em Unai - MG, os trabalhos de determinação da resposta da estrutura da gruta Tamboril às vibrações provocadas por detonações de cargas explosivas utilizadas no desmonte de

---

25. Caetano DALLORA NETO, Relatório de controle de vibrações, Britanite, julho de 1989.

rochas, foram realizados pela empresa EXPLO S.A, para a empresa Santo Inácio, também conforme exigência da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio ambiente do Estado de Minas Gerais.

Utilizando equipamentos similares aos empregados para a gruta Lapa Nova (SINCO S-3, portátil, munido de duas estações de captação de vibração de terrenos, um sensor de impacto de ar - não utilizado - e um registrador oscilográfico, com capacidade de operar uma faixa de 5 a 150Hz de frequência), foram selecionados dois pontos de captação: um no interior da gruta, no trecho mais próximo desta ao local das detonações na frente de lavra (240 m), e o outro externo, imediatamente atrás e acima da frente de lavra (35 m) (Fig. 13).

Segundo o técnico encarregado dos testes, o segundo ponto serviria para estabelecer uma correlação entre a velocidade de partículas, a distância e a carga explosiva, sem risco de possíveis dissimulações de resultado em função da existência de eventuais recessos não conhecidos entre a lavra e a caverna - que fariam amortecer a velocidade de partículas - obtendo-se, assim, situações mais rígidas de registro (26).

O geofone, no interior da gruta, foi instalado na base de uma parede da caverna livre de escorrimento ou qualquer outra deposição mineral, portanto na própria rocha calcária onde, à 240 m lineares de distância, seriam executadas as detonações, diferindo, nesse aspecto, dos testes realizados na Lapa Nova, onde o geofone fora fixado em um espeleotema.

A preparação dos fogos também observou a sistemática dos trabalhos adotados pela Santo Inácio, ou seja: furação vertical com profundidade de 3,5 m a 4,0 m: malha de fu-

---

26. Conforme comunicação pessoal.

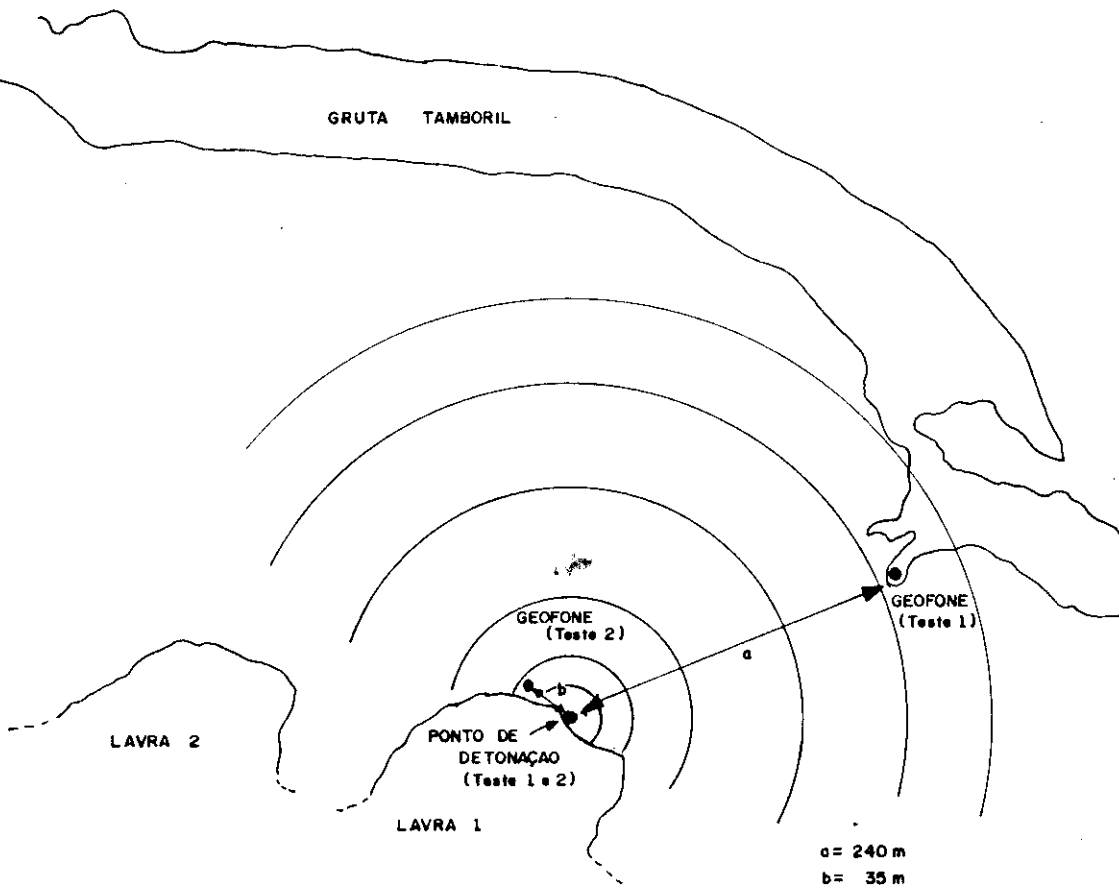


Fig. 13. Localização dos pontos de detonação e captação dos testes de vibração realizados na gruta Tamboril (Unai-MG).

ração livre; carga total de explosivo (27) por espera de 54 Kg; e ligação entre os furos realizada por cordel detonante inicializado por espoleta elétrica.

Os dois disparos, executados às 11:30 hs e as 15:30 hs, foram coordenados com o acionamento do simógrafo através de cronômetros de tempo, sendo que o acionamento deste último sempre precedeu os tiros entre 30 s e 15 s, visando o registro adequado dos mesmos.

Os sismogramas obtidos indicaram uma velocidade máxima de partículas de 2,4 mm/s na estrutura da gruta, com o instrumento ajustado para a sua máxima sensibilidade: 0,1mm/s de ganho e velocidade do papel para registro de 50,8mm/s. Como os valores obtidos permaneceram, como nos testes de Lapa Nova (apesar de mais significativos), abaixo do exigido pela ABNT e dos indicados pelas normas internacionais mais rígidas para medições em "ruínas", as conclusões foram de que não haveria risco de danos à estrutura de Tamboril, em se mantendo as condições verificadas nos testes.

Além disso, recomendou-se, como medida adicional de segurança, a não diminuição da distância de 240 m entre as detonações e a caverna, sugerindo que a frente de lavra "1" fosse abandonada e somente operada a frente "2" (Fig. 13).

Esses dois testes de controle de vibrações em cavernas e seus resultados, apesar de terem sido conduzidos por empresas diferentes, ainda que com equipamentos e procedimentos semelhantes, e em cavernas com morfologia interna e outras características físicas e geológicas próprias e sob condições gerais desiguais, apresentam, porém, alguns aspectos de ordem geral e específica (técnica) que merecem ser melhor considerados.

As normas internacionais, até mesmo as brasileiras, e vários autores, recomendam que a colocação dos captore

---

27. Nitrato de amônia.

(geofones) seja feita junto à fundação da estrutura que se está medindo (28).

Recentemente, Siskind e colaboradores realizaram medições em residências com a colocação de captores no canto superior da parede, junto ao teto; na altura média da parede; e no chão, como de costume.

Segundo este autor, os tipos de registros obtidos "mostram a vibração entrante do solo (medida no solo próximo a casa), as respostas dos cantos da estrutura (medidas sobre a estrutura) e as respostas ou reações da parte média da parede; (...). Acontece que a resposta da parte média da parede é muito importante para entendermos a reação do ser humano, porque cria uma série de ruídos secundários na casa, por exemplo, o bater de janelas e de objetos que estão pendurados na parede ..." (29).

A variação do local de instalação de sensores (junto às fundações ou sobre as estruturas) deve-se a objetivos de medida diferentes.

Na primeira, obtém-se, com esse tipo de instrumentação, a detecção de resposta do solo ou rocha às vibrações provocadas pela energia liberada na fonte (detonação).

Na segunda, verifica-se a resposta da estrutura face às vibrações que lhe chegam pela fundação (Siskind, 1990).

De acordo com Sanchez (1987), "o primeiro esquema (captors junto à fundação da estrutura) é (...) recomendado quando se procura a lei de propagação das ondas de choque pelo terreno, e é o que normalmente se faz para determinar a

---

28. A ABNT determina que os sensores deverão ser instalados no material em que se apoiam as fundações da construção (no caso onde existirem edificações), ou então junto a pilares e cantos de construção.

29. David E. SISKIND, Vibração e deslocamento de ar em pedreiras, Anais do Seminário Internacional Sobre Mineração em Áreas Urbanas, p.41.

carga máxima por espera que pode ser utilizada em determinada mina ou pedreira em função da distância.

Já o segundo esquema (30) é utilizado ao se estudar o comportamento de uma estrutura em resposta à solicitação dinâmica ocasionada pela detonação da carga explosiva. Neste caso, as medidas de velocidade de partículas são complementadas por medidas de deformação (31). Para uma mesma detonação, captadores colocados junto às fundações darão valores de velocidade de partícula diferentes dos registrados por captadores em outros pontos da estrutura." (32).

Dessa forma, na gruta Lapa Nova utilizou-se um espeleotema (no caso, uma represa de travertino) como ponto para a colocação do geofone e, na gruta Tamboril, o ponto escolhido foi a própria caverna, cuja rocha calcária estaria submetida à energia liberada no momento da detonação.

Os espeleotemas são deposições de minerais secundários no espaço de uma caverna onde, no caso de caverna calcárias, predominam os minerais de cálcio (como a calcita, a aragonita e a gipsita), possuindo sistema de cristalização de graus de pureza diferenciados (33).

A escolha de espeleotema, portanto, para a fixação de captadores, só proceder-se-ia, por exemplo, se o objetivo da medida fosse o conhecimento da resposta às vibrações transmitidas pela caverna, de um determinado espeleotema, para confrontar o valor obtido à uma dada tabela de valores máximos para esse tipo de estrutura (caso existisse).

Assim, o que se conseguiu auferir na gruta Lapa Nova com os testes realizados foi apenas a resposta de uma

---

30. Captação sobre a estrutura.

31. Grifo meu.

32. Luis Enrique SANCHEZ, Desmonte de rochas com explosivos, Brasil Mineral, nº 39, p. 58.

33. Ver definições no Capítulo 8. Glossário.

determinada represa de travertino (34) à vibração que lhe foi passada pelo o piso (?) e, porventura, pela parede da caverna.

Por outro lado, na gruta Tamboril o geofone fôra instalado na base de uma parede de rocha sã da caverna, o que significa que a resposta registrada foi referente à vibração produzida na rocha pela energia liberada no momento da detonação da carga explosiva.

A diferença fundamental, a ser destacada entre os dois testes, é que enquanto no primeiro (Lapa Nova) obteve-se um valor de resposta para um determinado espeleotema (com características próprias desconhecidas, como frequência natural de ressonância, composição química, etc), no segundo (Tamboril) obteve-se o valor máximo de partículas efetivamente chegado ao trecho da caverna mais próximo da detonação, e repassado a seus compartimentos internos e a todos os tipos de espeleotemas nela verificados que, por sua vez, terão comportamentos distintos.

Outro aspecto a ser abordado, com referência aos testes de controle de vibrações realizados, é sobre a essência do que se denomina por "dano".

Para Sanchez (1987), "muitas das pesquisas sobre limites da segurança de vibrações (em edificações humanas) pecam pela má definição da palavra dano..." (35), acrescentando, em seguida, a exceção feita a trabalhos canadenses que classificam e definem os danos em "limite de dano", "dano menor" e "dano maior", para o tipo e o grau das consequências

---

34. Que, por sinal, devido à natureza do processo de sua formação (escorrimento de águas circulantes pelo piso das cavernas), pode consolidar-se sobre sedimentos clásticos de constituição distinta (argilas, blocos, solos, areias, restos vegetais e detritos em geral) que, por sua vez, podem proporcionar efeitos desconhecidos de absorção de ondas de choque.

35. Luis Enrique SANCHEZ, Desmonte de rochas com explosivos, Brasil Mineral, nº 38, p. 59.

em edificações (Edwards & Nortwood, 1960; Nortwood et alii, 1963).

Nos relatórios apresentados pelas empresas, e aceitos pelo órgão estadual de meio ambiente de Minas Gerais, não existe qualquer definição para o termo "dano" ou, ao menos, referência ao que os técnicos entenderiam como prejuízo físico causado pelas vibrações e que se enquadrasse como "dano a caverna", tornando, assim, seus resultados ainda mais subjetivos, vagos e limitados.

Nas observações conduzidas na gruta Lagoa Rica, em Paracatu - MG, teve-se a oportunidade de acompanhar as consequências internas havidas na gruta em virtude das vibrações intensas provocadas pelas detonações nas frentes de lavra da empresa Inaê (Tab. 07).

A evolução gradativa dos danos, conforme a distância relativa entre a fonte de vibrações e a caverna, apesar de não ter havido qualquer controle sobre os procedimentos e a preparação dos fogos (como cargas máximas por espera, furação, malha de furação, etc), demonstra que é possível obter-se um quadro de limites de vibração próprio para cavernas e seus elementos, correlacionado ao tipo de estrutura exposta às vibrações, como: espeleotemas (por tipo e classes de tamanho) ou caverna (paredes, tetos, pilares ou blocos) em função da velocidade máxima de partículas (ou do deslocamento); da frequência; da carga máxima por espera; e da distância, à semelhança dos já existentes para edificações humanas.

Sobre a utilização de distância como fator adjunto para o planejamento e maior segurança das pedreiras, Midêia (1987) salienta os dados reunidos por ele através de estudos que, considera, contemplaram uma amostra representativa das condições de operação verificadas em diversos tipos de mineração ou pedreiras, cujos resultados apontaram para uma faixa de distância até 200 m, mantendo-se a velocidade máxima de partículas de 15 mm/s (Fig. 14 e 15), que, para o autor, "já



Tab. 07. Evolução dos danos verificados na gruta Lagoa Rica conforme a distância lavra/caverna.

MES/ANO	DISTÂNCIA LAURA/CAVERNA	DANOS OBSERVADOS
JAN/87	100 m - 80 m	- Nenhum que pudesse ser detectado sem o auxílio de instrumentos ou atribuído incontestemente à lavra.
JUL/87	75 m - 50 m	PEQUENOS Espeleotemas mais frágeis quebrados nos trechos mais próximos à lavra, porém visualmente sem afetar a estabilidade da estrutura da caverna.
JAN/88	45 m - 20 m	GRANDES Dano ou quebra de grandes espeleotemas; movimentação de blocos soltos; estabilidade da estrutura nos trechos mais próximos seriamente comprometida.
JUL/88	20 m - 0 m	TOTAIS Danificação completa de todos os espeleotemas existentes nos salões mais próximos; movimentação de grandes blocos da estrutura da caverna e de solo; aparecimento de grandes fissuras em espeleotemas mais afastados; destruição parcial do último salão, com o aparecimento de uma abertura artificial para o exterior; resistência e estabilidade da estrutura da caverna como um todo irremediavelmente comprometida.

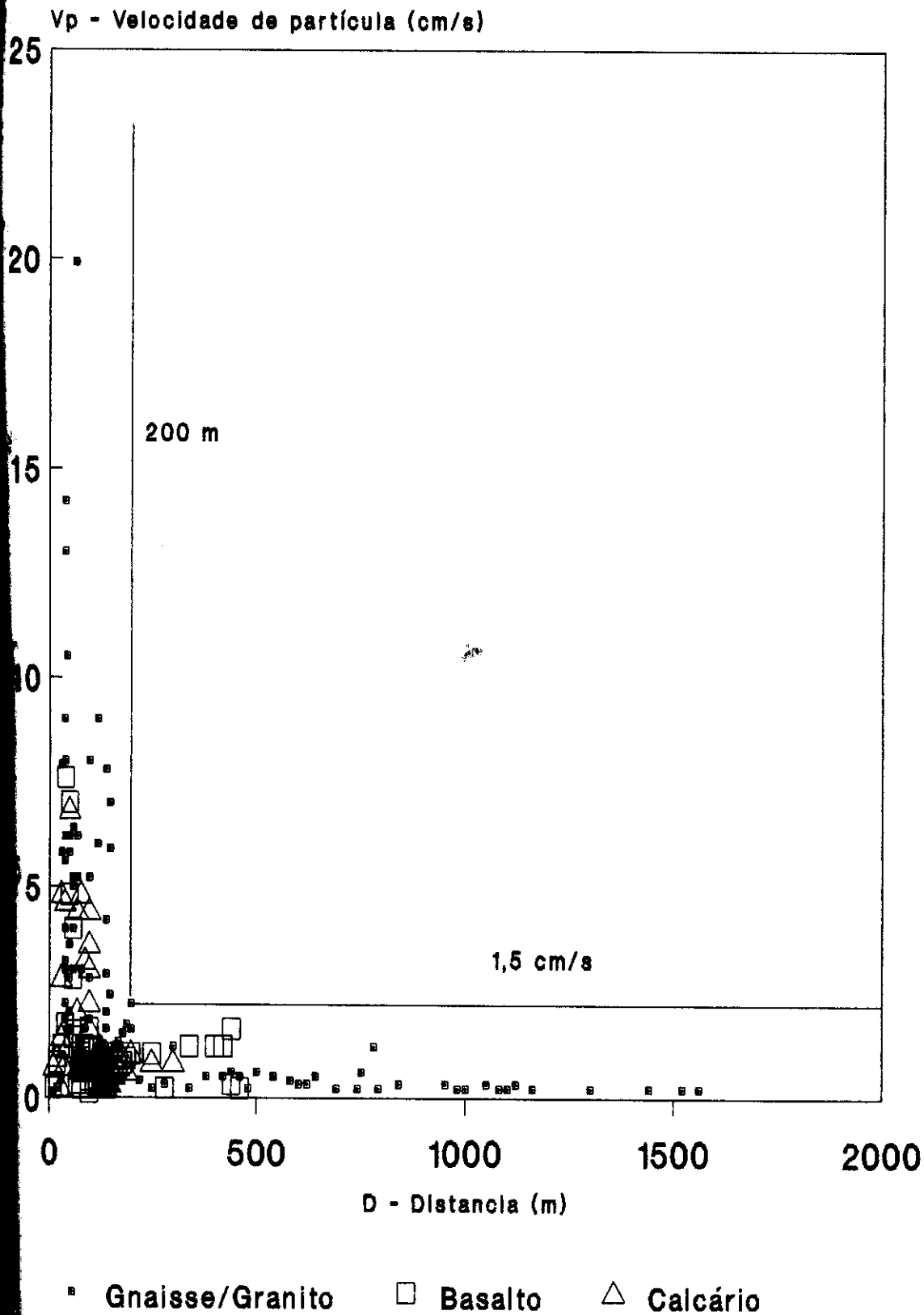
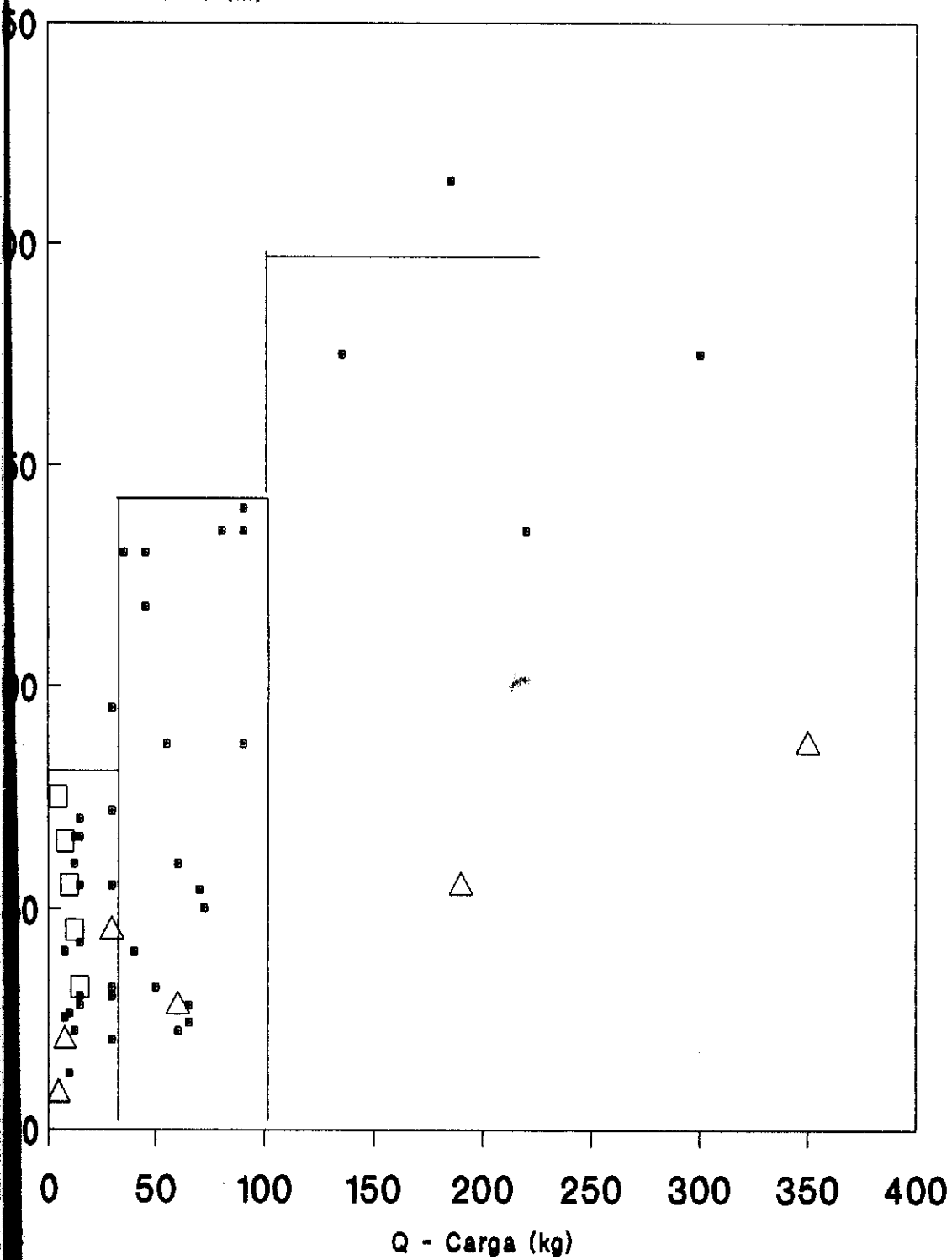


Fig. 14. Distribuição dos valores de Vp em função de D nas detonações de produção: 227 observações de campo (Mideia, 1987).

D - Distancia (m)



▪ Gnaiss/Granito    □ Basalto    △ Calcário

Fig. 15. Domínio das variáveis Q e D para  $V_p > 1,5$  cm/s (52 observações de campo) (Mideia, 1987).

constituem (...) dados concretos para serem considerados nos setores de legislação e planejamento público" (36).

Um último aspecto a ser analisado, sobre o problema da incidência de vibrações em cavernas, está relacionado à questão de desmontes sucessivos ao longo do tempo, ou seja: como reagiriam as estruturas da caverna e de seus elementos (espeleotemas, particularmente) após 30 ou 40 anos de contínuos desmontes, mesmo considerando estarem sob valores baixos de  $V_p$ ?

Em busca de respostas semelhantes, através de trabalhos realizados em edificações (Stagg et alii, 1984), verificou-se que uma casa pode vir a apresentar danos após quase três décadas de atividade minerária.

Porém, estudos complementares demonstraram que influências climáticas, ao longo do tempo, poderiam produzir esforços equivalentes a vários centímetros por segundo de vibrações, como as verificadas em detonações (Siskind, 1990).

Mais uma vez inexistem estudos que contemplem os possíveis danos a cavernas ou a espeleotemas sob fadiga, o que não justifica, por outro lado, que os relatórios até aqui produzidos sejam completamente omissos sobre esta questão, já que se tratam de empreendimentos com uma vida útil média de 25 a 40 anos.

Esses aspectos (pontos obscuros nos relatórios técnicos dos testes realizados), são de significativa importância quando da determinação de parâmetros precisos e seguros para a preservação física das cavidades naturais subterrâneas, que, embora utilizando-se de critérios de medição perfeitamente válidos para essas formações naturais, ainda se apóiam em normas definidas para estruturas artificiais, portanto, de validade limitada para cavernas.

---

36. Nilson F. MIDEIA, Uso de explosivos: histórico, recomendações e normalização, Brasil Mineral - Engenho e Arte, p. 56-57.

Dando continuidade à descrição do processo de extração, após as operações de desmonte da rocha por explosivos os grandes blocos são reduzidos a pedras menores (em torno de 350 mm de diâmetro), por intermédio de marteletes pneumáticos, marretas ou detonações secundárias (quando grandes) (37) (Fot. 12), que são empilhadas e posteriormente transportadas por pás carregadeiras e conduzidas por caminhões basculantes "fora-de-estrada" até o local das instalações de beneficiamento (Fots. 13 e 14).

Situadas, via de regra, próximas às áreas de lavra (38), as instalações de beneficiamento constituem-se em um conjunto de britagem genérico, que tem como finalidades principais cominuir as pedras oriundas da pedreira, classificá-las (em geral, por tamanho), transportá-las e estocá-las (Fot. 15 e 16).

As instalações para beneficiamento primário de pedras calcárias, apesar da possibilidade de variação do modelo dos equipamentos e da sua configuração no local, apresentam um fluxo de procedimentos bem definido, seja qual for a destinação final do produto (Fig. 16), cujas etapas são caracterizadas pela função de cada equipamento.

Assim, o material em estado bruto chega à instalação por caminhão e é despejado em um alimentador (tremonha), que o recebe e conduz de maneira uniforme - por vibração - até o primeiro britador, chamado "primário".

No britador primário (de mandíbulas) é realizada a primeira redução nas dimensões das pedras calcárias (que-

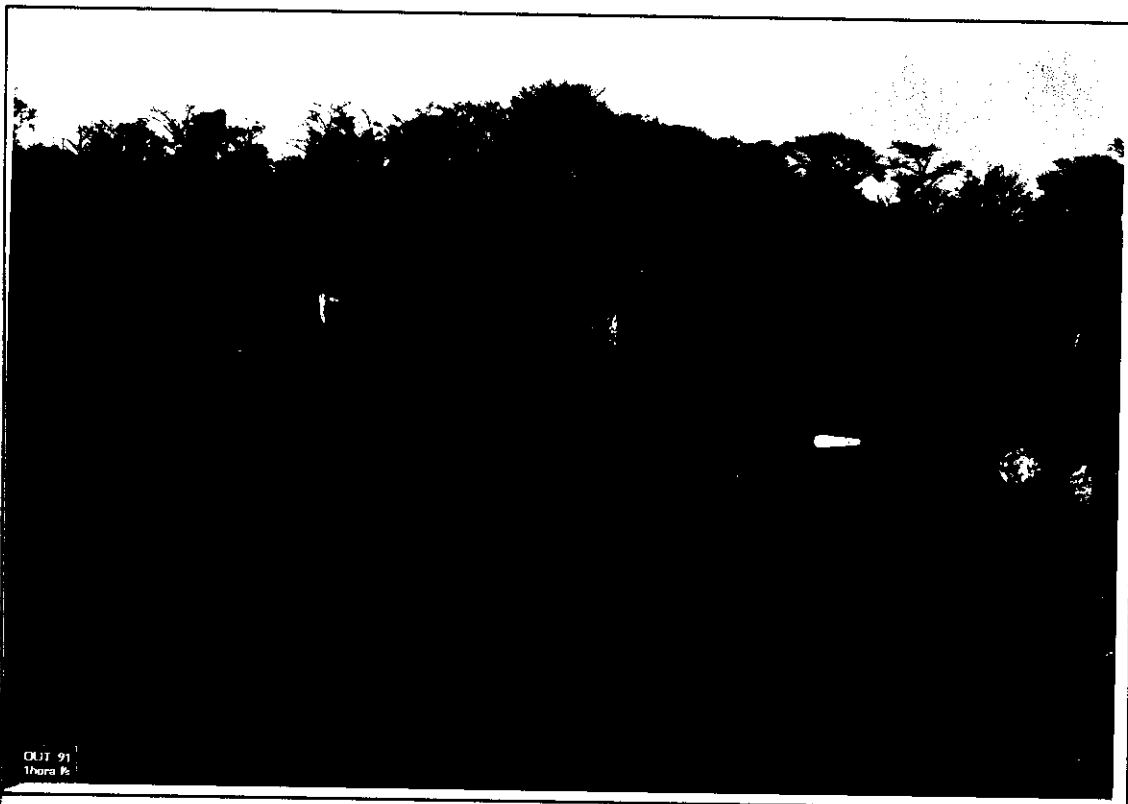
---

37. Detonações secundárias ou "fogachos", são operações que visam diminuir, por explosivos, o tamanho avantajado de blocos oriundos da detonação primária (por ter sido este pouco eficiente). Grandes causadores de ultralanchamentos e sopros-de-ar quando mal executados (Cintra, 1985; Midêia, 1987; Siskind, 1990), são operações rotineiras na mina, envolvendo, em linhas gerais, furação, colocação da carga e detonação.

38. As instalações de britagem utilizadas pela EMPOL ficavam distantes 95 km do local onde se desenvolvia a frente de lavra.



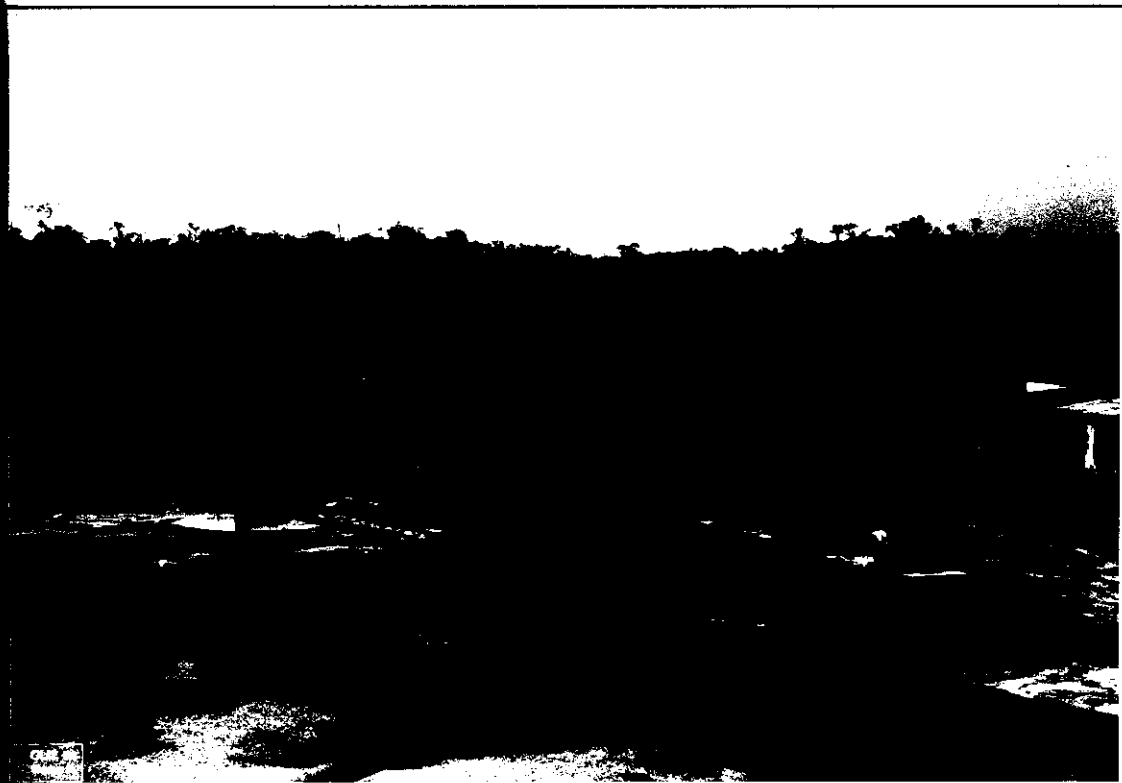
Fot. 13. Carregamento de pedras calcárias por pá carregadeira (Inae).



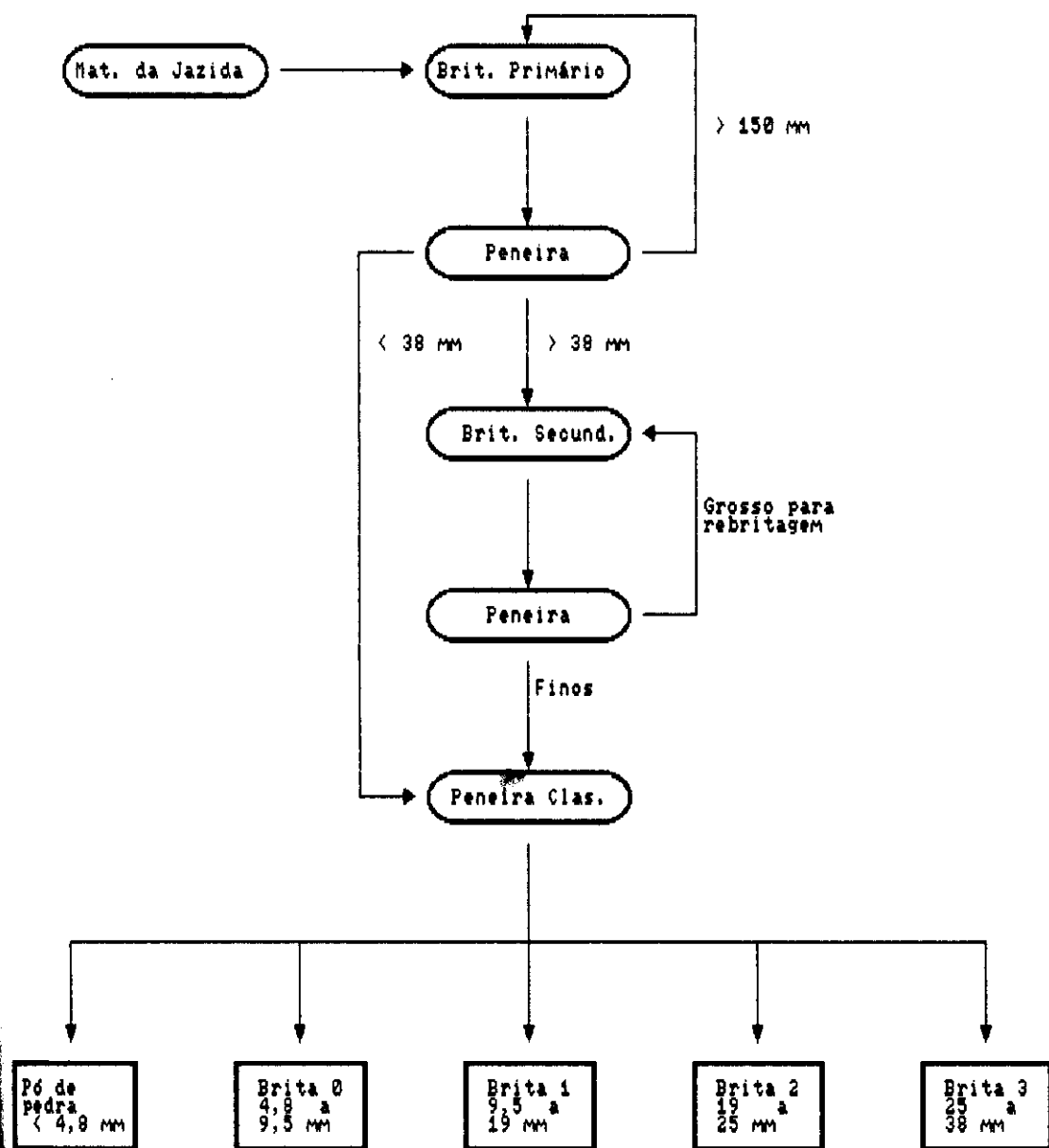
Fot. 14. Transporte de pedras, da área de lavra para o moinho, por caminhão basculante (CMM).



Fot. 15. Instalações de beneficiamento, com moinho, casa de força e balança (Santo Inácio).



Fot. 16. Instalações simples de britagem e moagem, com o pó calcário (1º plano) e a brita (Sotriar).



Fonte: Waisberg, 1987 (adaptado).

Fig. 16. Fluxograma simplificado das instalações de britagem.



brando as pedras com diâmetro maior que 150 mm e deixando passar as menores) para uma granulometria determinada (em torno de 38 mm). Peneiras vibratórias classificam o material britado, separando os que ficarem acima das especificações para nova britagem primária (Fot. 17).

Em empresas de pequeno porte, como a EMFOL, o material procedente do britador primário é diretamente conduzido por correias transportadoras para as etapas posteriores.

Entretanto, empresas maiores ou melhor organizadas, como a Santo Inácio e a Inaê, apresentam uma fase intermediária entre o britador primário e as demais etapas, representada por uma pilha "de estoque de alívio" ou "pulmão", que é constituída pelo material submetido à britagem primária, aí depositado por correias transportadoras.

A finalidade da pilha-pulmão é possibilitar, através de estocagem, uma alimentação contínua às etapas seguintes, evitando possíveis interrupções decorrentes da falta eventual de material na britagem primária.

Da pilha-pulmão (ou do britador primário, conforme o caso) o material é enviado, também por correias transportadoras, às etapas seguintes de rebritagem e classificação (Fot. 18).

A partir dessa etapa, o material segue fluxos específicos, sofrendo, de acordo com as especificações desejadas para o produto (39) e do tipo de máquina utilizada, vários estágios de rebritagem - secundária, terciária ou quaternária - com classificação prévia entre eles através do uso de grelhas e de peneiras vibratórias.

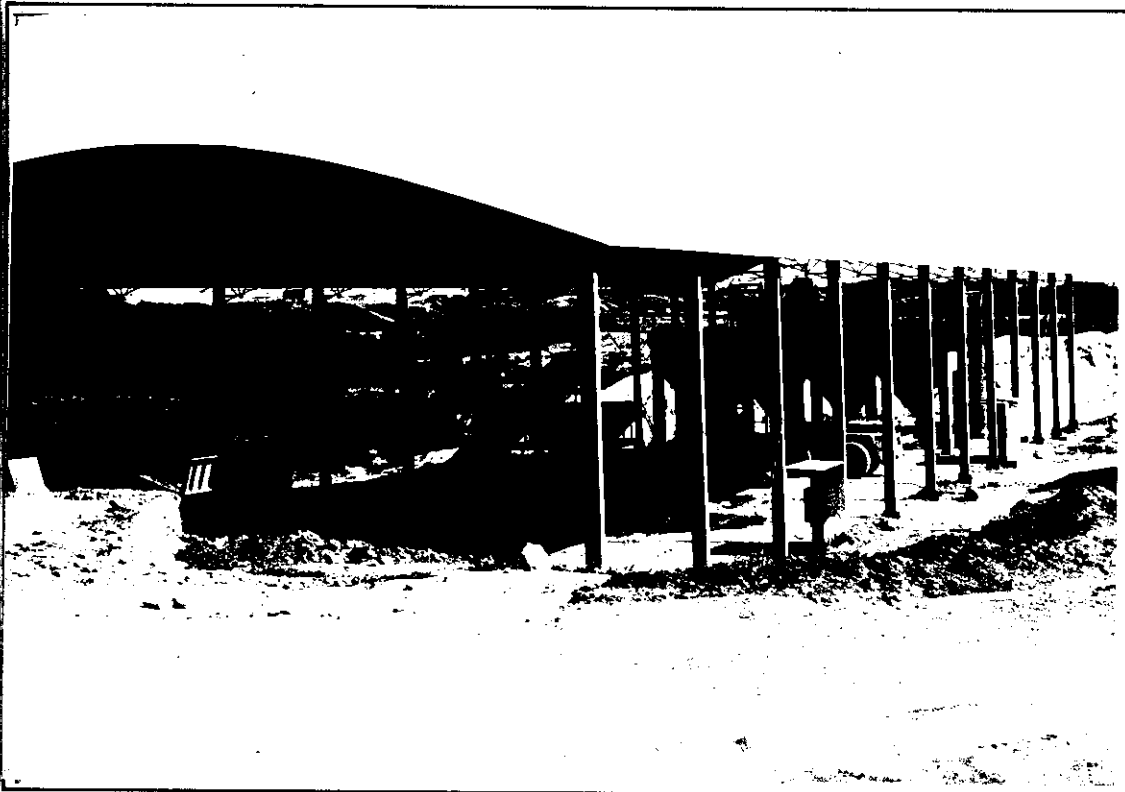
A brita, por exemplo, é obtida a partir da moagem secundária. No caso dos calcários para uso agrícola (dolomíticos), requer-se um produto muito fino (abaixo de 4,8 mm)

---

39. Quanto mais fino se deseja, maior deverá ser o número de rebritagens.



Fot. 17. Britador primário, com alimentador vibratório (tremonha) (Solofertil).



Fot. 19. Sequência de unidades de britagem e moagem interligadas por correias transportadoras (Santo Inácio).

para uma incorporação rápida e eficiente ao solo, exigindo, assim, moagens terciárias e quaternárias (Fig. 17).

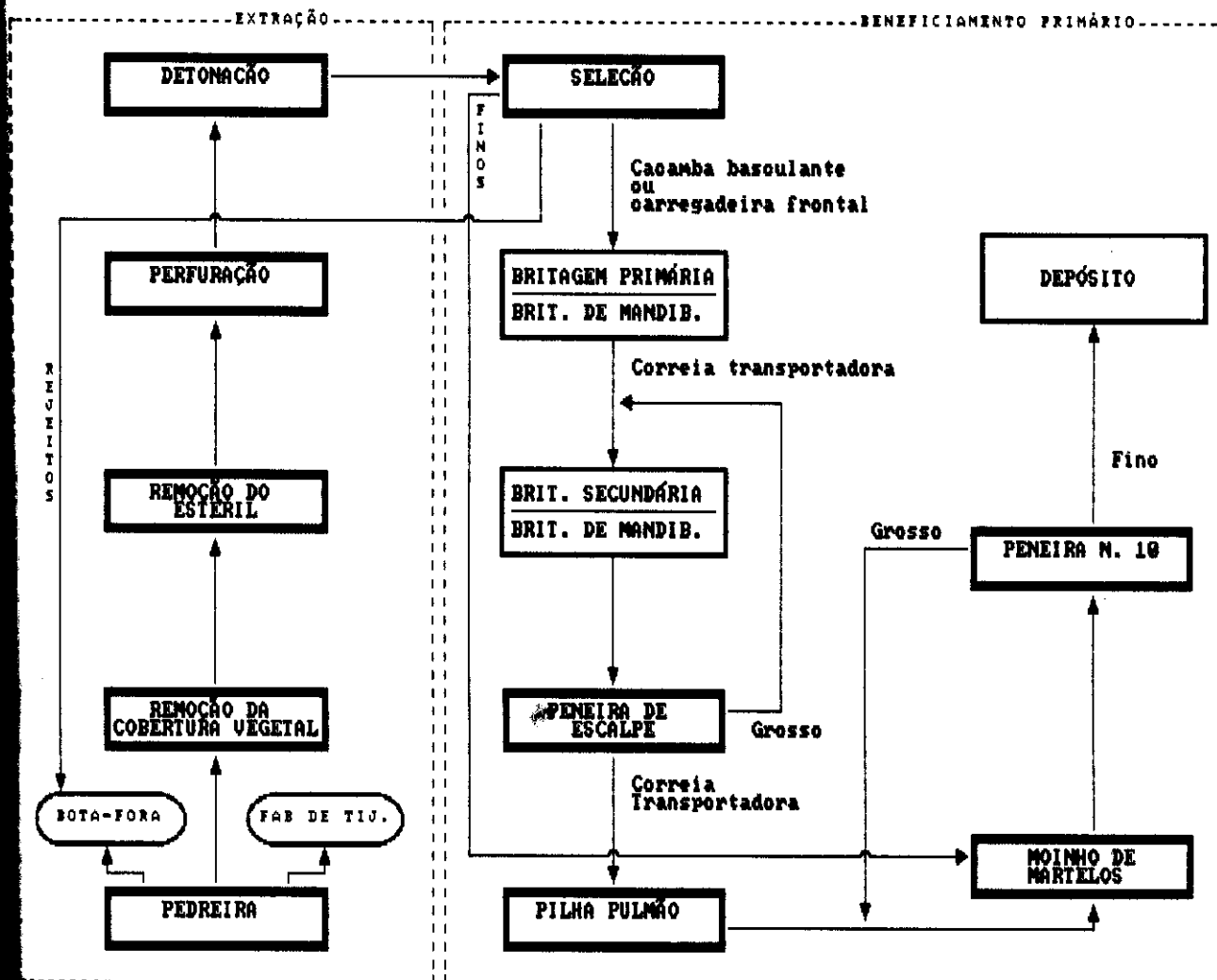
As indústrias de cal e cimento, por sua vez, apresentam, além de estágios de britagem terciária, unidades moageiras específicas à obtenção de seus produtos (beneficiamentos secundários) ( Figs. 18, 19 e 20), que, entretanto, fogem à análise do presente estudo.

No Brasil, a indústria de cal admite ainda um modelo de produção rudimentar, que são as caieiras simples (Fot. 19), cujo desmonte é realizado manualmente, sem a utilização de explosivos, britagem ou moagem.

Através das observações realizadas nos empreendimentos selecionados para este estudo, verificou-se que a atividade de beneficiamento primário do calcário apresenta, devido à natureza do processo e da matéria prima empregada, problemas ambientais relacionados basicamente à poluição atmosférica e à poluição hídrica.

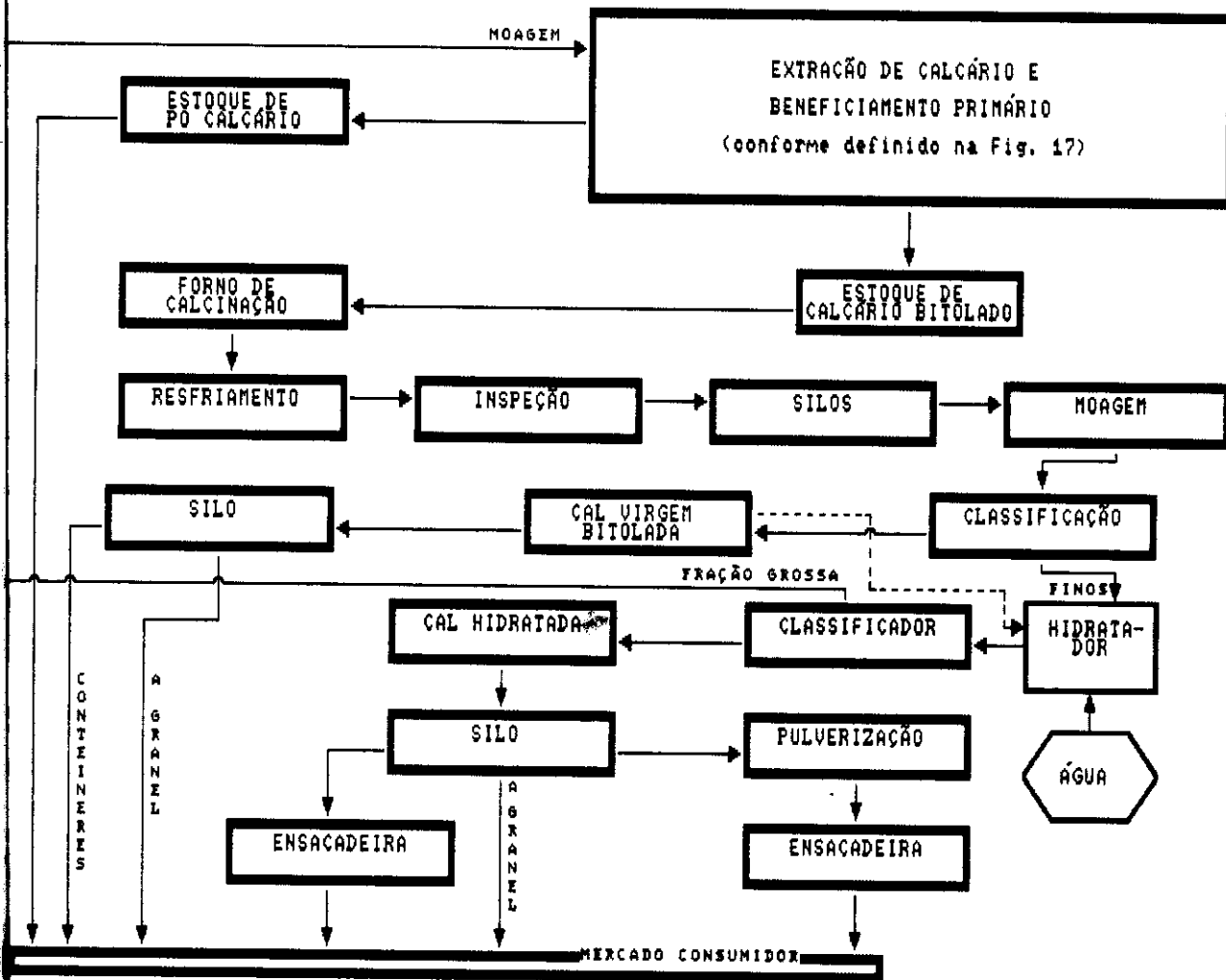
Assim, no primeiro caso havia a virtual produção de poeiras nas vias de acesso, em decorrência do trânsito regular de caminhões basculantes, tratores e outros veículos de apoio, e, principalmente, grande emissão de material particulado na atmosfera ( $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$ ), em virtude da ação contínua dos britadores e moinhos, formando nuvens espessas que, com a eventual ação dos ventos e a topografia da área, podem chegar a atingir distâncias de até 3 km sem se dispersarem, como as observadas na empresa Inaê, em Paracatú - MG (Fot. 20).

No segundo caso eram comuns, apesar de pouco expressivos, lançamentos de efluentes oriundos da lavagem de pedras (portanto, com uma concentração maior de carbonatos de cálcio e magnésio) e da lavagem eventual de máquinas e equipamentos (com resíduos de óleos, graxas e outros produtos), assim como esgotamentos sanitários.



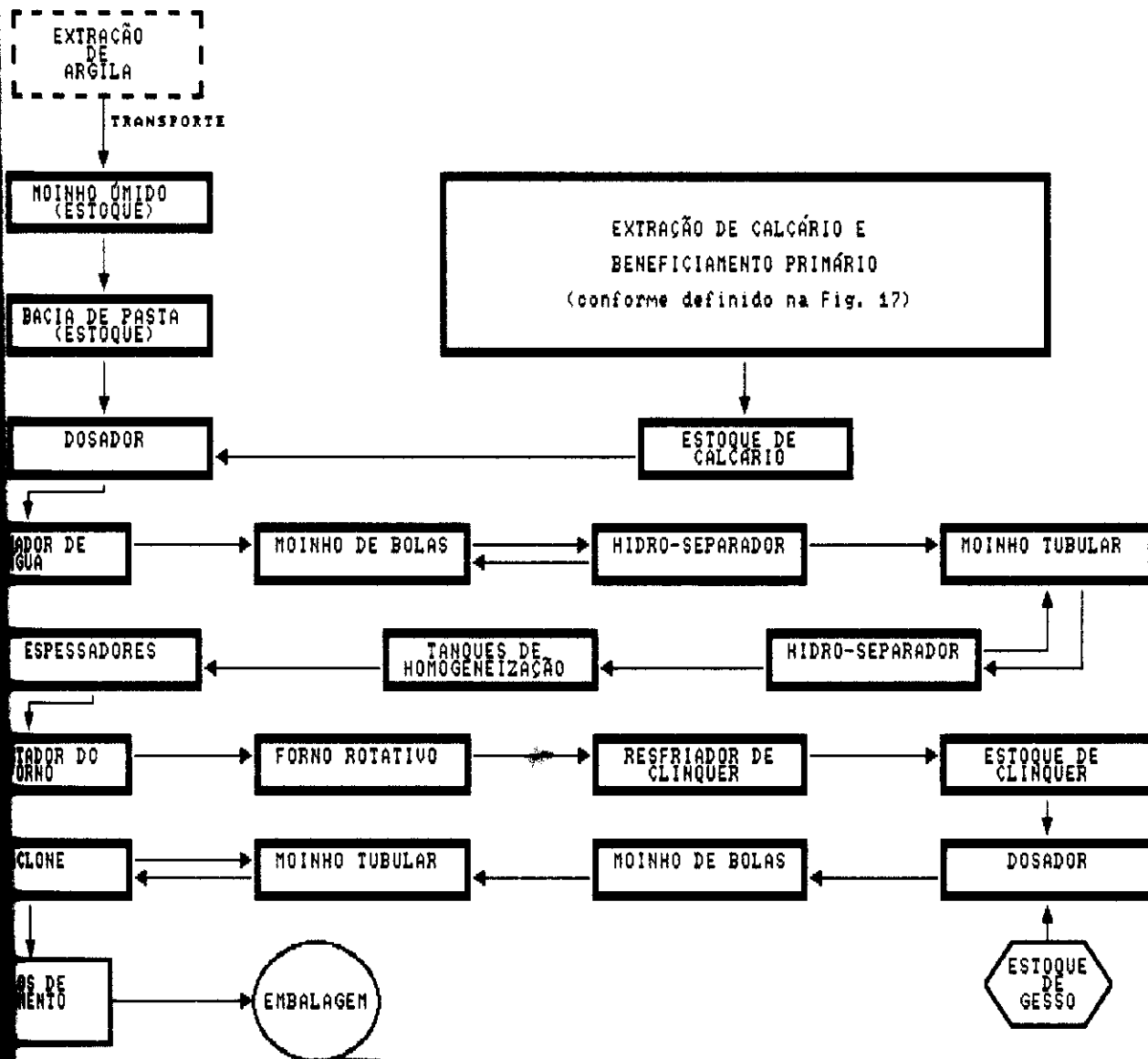
Fonte: Sintoni & Valverde, 1978 (modificado).

Fig. 17. Fluxograma básico da extração e beneficiamento primário do calcário, com a produção de pó corretivo.



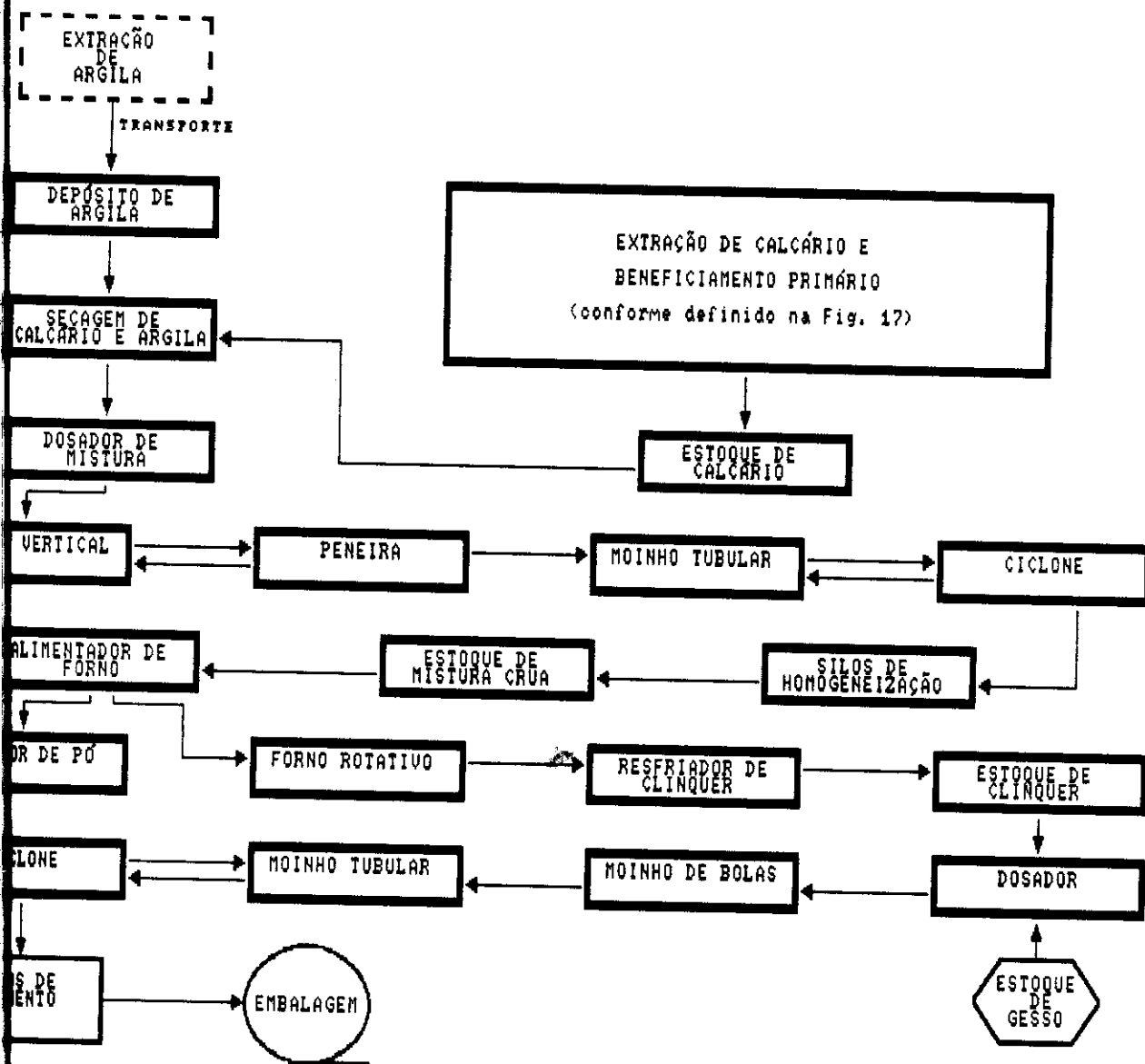
Fonte: Guimarães, 1983 (modificado).

Fig. 18. Fluxograma básico da fabricação de cal.



Antoni e Valverde, 1978 (modificado).

19. Fluxograma básico da fabricação de cimento via úmida.

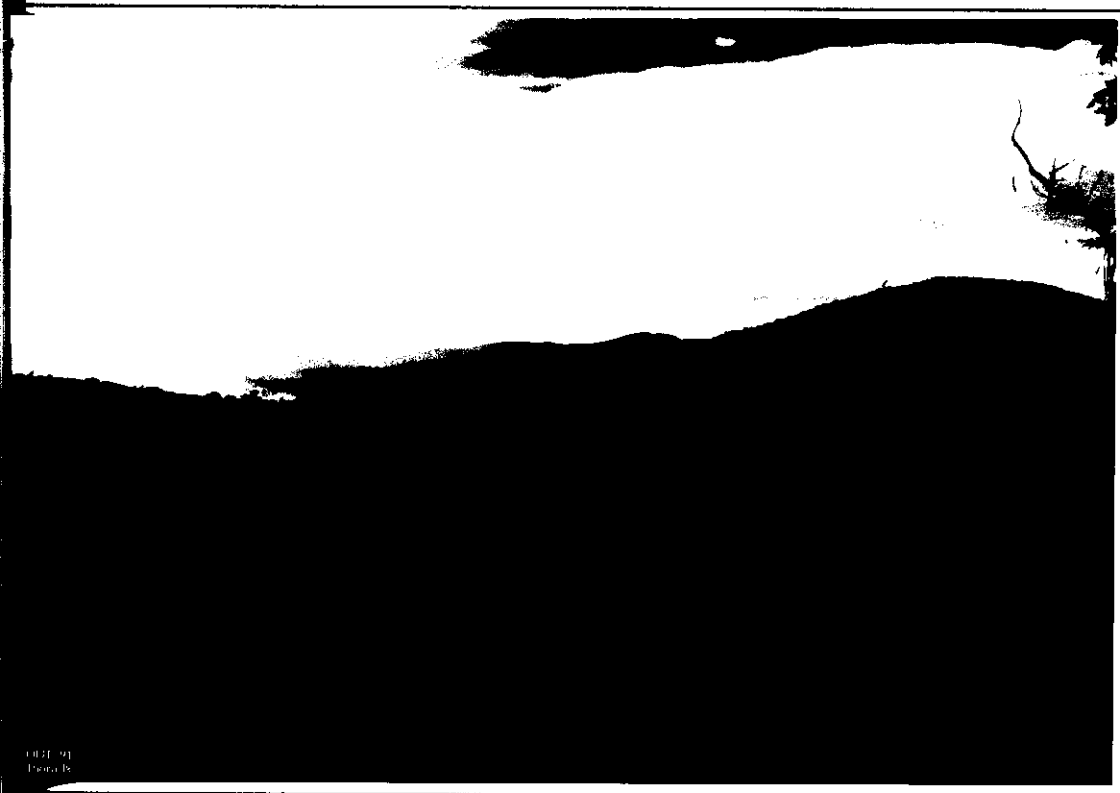


Antoni e Valverde, 1978 (modificado).

Fig. 20. Fluxograma básico da fabricação de cimento via seca.



Fot. 19. Calcira, em Uberaba-MG.



Fot. 20. Dispersão pelo vento de pó calcário gerado no processo de britagem e moagem da rocha (Inae).



Os efeitos da poluição do ar e da água na região circunvizinha às empresas Inaê e EMFOL, normalmente associados às usinas de beneficiamento primário de calcário (moinhos), como danos à agricultura ou à pecuária e à saúde humana (por ser o pó calcário extremamente higroscópico) (SCT-DESP, 1990) (Rodrigues, 1989), ficaram limitados à flora e à fauna (principalmente das áreas bem próximas ao moinho), pois essas empresas se situavam em zonas rurais sem concentrações humanas próximas e de reduzida atividade agropecuária.

Contudo, a empresa Santo Inácio encontrou resistências, quando da sua instalação e início de operação, em 1986, gerando conflitos com a comunidade vizinha por localizar-se junto ao perímetro urbano da cidade de Unai, e próxima (1,5 km) a um loteamento rural em implantação, cujos proprietários receavam a deposição de pó calcário e o aparecimento de problemas respiratórios nos futuros moradores.

Todos esses problemas eram relativamente simples e de fácil controle, estando as soluções para eles bem difundidas no meio técnico ambiental e até mineral (Arruda, 1985; Aguirre Júnior, 1985; Mascarenhas, 1985; Silva, 1986; DNPM, 1986; e Rodrigues, 1989, entre outros).

Apesar de nenhuma das empresas acompanhadas pelo estudo ter apresentado tais soluções, providências simples e de baixo custo poderiam ter sido tomadas, como a otimização das vias e caminhos de acesso; a aspersão de água por caminhão pipa nos trechos de maior produção de poeiras e próximos às concentrações humanas; pequenas barragens para decantação de sólidos dissolvidos; e fossas sépticas, entre as mais práticas e de resultados comprovados.

Para o controle da emissão de pó calcário pelas tremonhas, britadores e moinhos, apesar do custo inicial e do grau de complexidade serem mais elevados que os anteriores, sistemas para contenção e captação, nas fontes emissoras, dessas poeiras fugitivas tem sido desenvolvidos e apresenta-

dos por algumas empresas de mineração, com resultados considerados satisfatórios pelos órgãos ambientais que os exigiram.

Assim, providências como a construção de galpões fechados por sobre as usinas de beneficiamento, por si só, têm impedido que as poeiras ali produzidas se dispersassem, limitando-as às áreas da empresa e reduzindo consideravelmente os problemas com as comunidades vizinhas, como verificado no moinho da empresa Solofertil, em Peirópolis, Uberaba - MG.

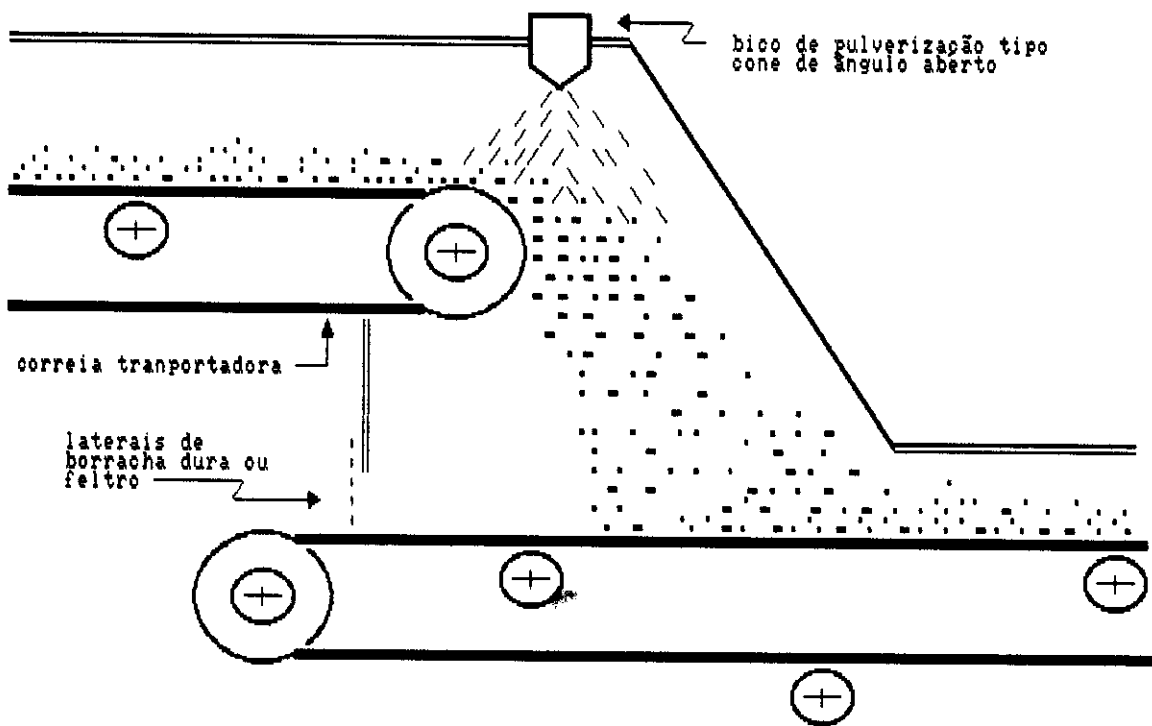
Já em relação aos sistemas de captação das partículas de pó calcário, foram observados dois tipos com processos de funcionamento distintos: por via úmida (ou de aspersão) e por via seca (ou de aspiração).

O primeiro constituir-se-ia na instalação de aspersores de jato "spray" de uma solução de água e detergente dentro dos britadores e moinhos; nos pontos de descarga de pedras nas tremonhas; e no final do curso das correias transportadoras (Fig. 21).

A solução com o material particulado escorreria, assim, para um dique onde haveria a sedimentação do material e a evaporação da água. Um exemplo deste tipo de processo foi observado em um complexo de beneficiamento primário de calcário da empresa Sotriar Ltda., localizada em Divinópolis de Goiás-GO (Fots. 21 e 22).

No segundo, por via seca, seria procedida a aspiração da poeira fugitiva por intermédio de potentes turbo-aspiradores de ar, instalados próximos às principais fontes emissoras, como britador primário, rebritadores e moinhos (Fots. 23 e 24).

O material então aspirado seria conduzido por uma tubulação até um reservatório fechado, dividido em compartimentos, onde as partículas de calcário chocar-se-iam com estruturas internas de alvenaria, vindo a depositar-se; o ar,

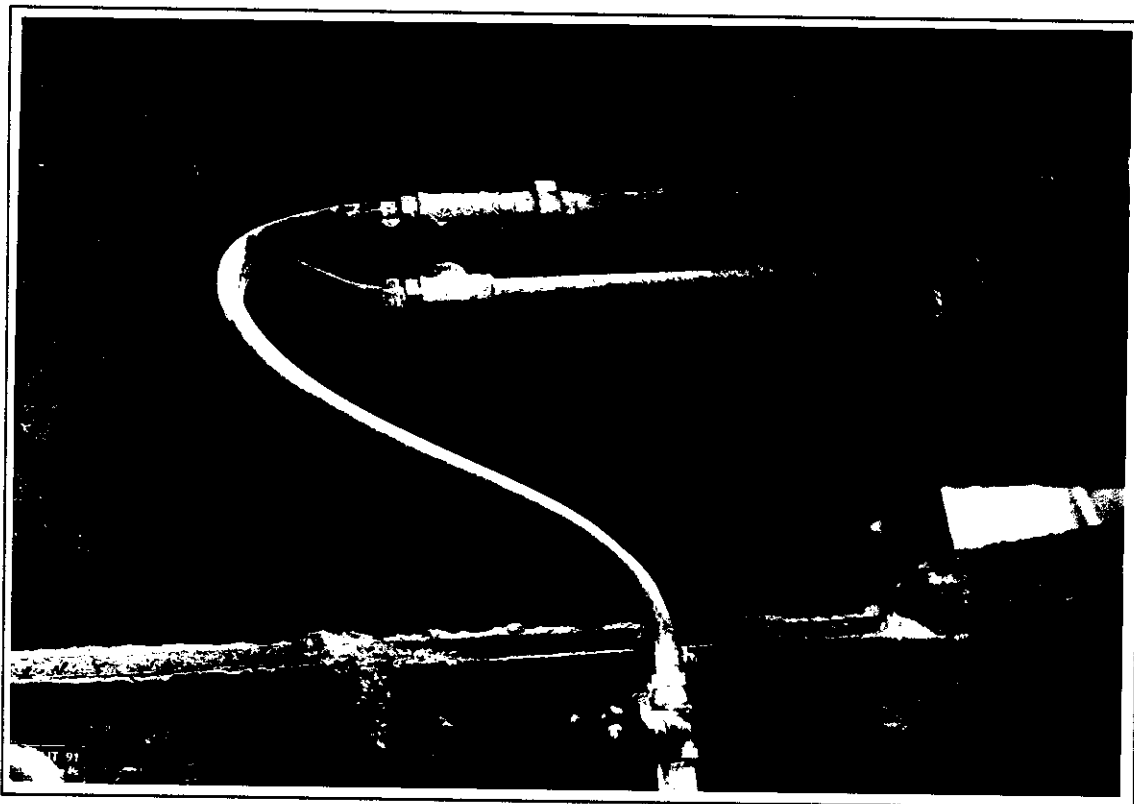


Fonte: Naisberg, 1987.

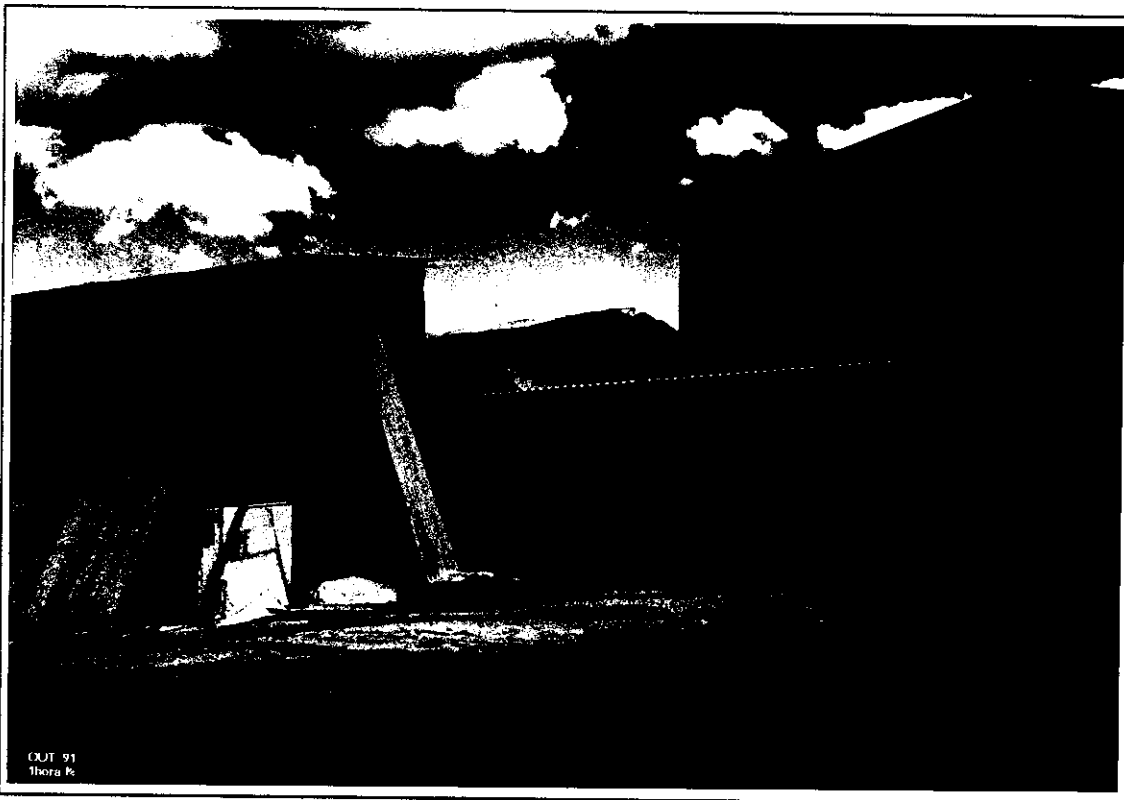
Fig. 21. Desenho esquemático mostrando a localização de bicos de pulverização em um ponto de transferência.



Fot. 21. Sistema de aspersão d'água, para controle de poeiras, instalado no curso final de uma correia transportadora (Sotriar).



Fot. 22. Instalação dos jatos aspersores de água e detergente dentro do moinho (Sotriar).



Fot. 23. Sistema de aspiração de pó (construção em alvenaria), instalado junto a usina de beneficiamento (Longatto).



Fot. 24. Saída do ar do sistema de aspiração. Notar, pela cor do chão próximo a saída, que ainda são emitidas partículas para a atmosfera.

por sua vez, após ultrapassar as diversas barreiras internas e um sistema de filtros de manga, seria, ao final do percurso, liberado para a atmosfera (Fig. 22). Exemplo desse tipo de captação por aspiração foi observado na empresa Longatto Ltda., localizada em Paracatú - MG.

Foram identificadas vantagens e desvantagens nos dois processos.

O por via úmida, ou de aspersão, possibilita uma eliminação de quase 100 % das poeiras fugitivas.

Contudo, além de deixar o material molhado (impedindo, assim, a sua imediata comercialização devido ao peso final artificial), exige adaptações nos equipamentos para a instalação dos bicos aspersores, um controle eficiente da relação água/detergente/ar e uma manutenção diária rigorosa, para evitar falhas no processo motivadas por entupimentos eventuais dos bicos aspersores. Além disso, não se tem conseguido comercializar o material sedimentado, pelo mesmo apresentar um grau elevado de impurezas (terra e outros resíduos).

O processo por via seca, ou de aspiração, é de concepção e execução mais simples e utiliza-se de equipamentos e materiais normalmente encontrados nas empresas de mineração, como tijolos e motores elétricos, com os quais os funcionários já possuem familiaridade, podendo se utilizar, assim, a mão-de-obra já existente na empresa para a sua construção.

Além disso, a manutenção é leve e não precisa ser diária, limitando-se à vistoria e limpeza dos filtros de manga e ao esvaziamento do reservatório, sendo que o pó calcário ali depositado é facilmente comercializado, por tratar-se do "filler", um agregado extremamente fino (entre 0,2 mm e 0,7 mm), muito procurado pelos agricultores, pois sua incorporação ao solo se faz mais facilmente devido a sua baixa granulometria.

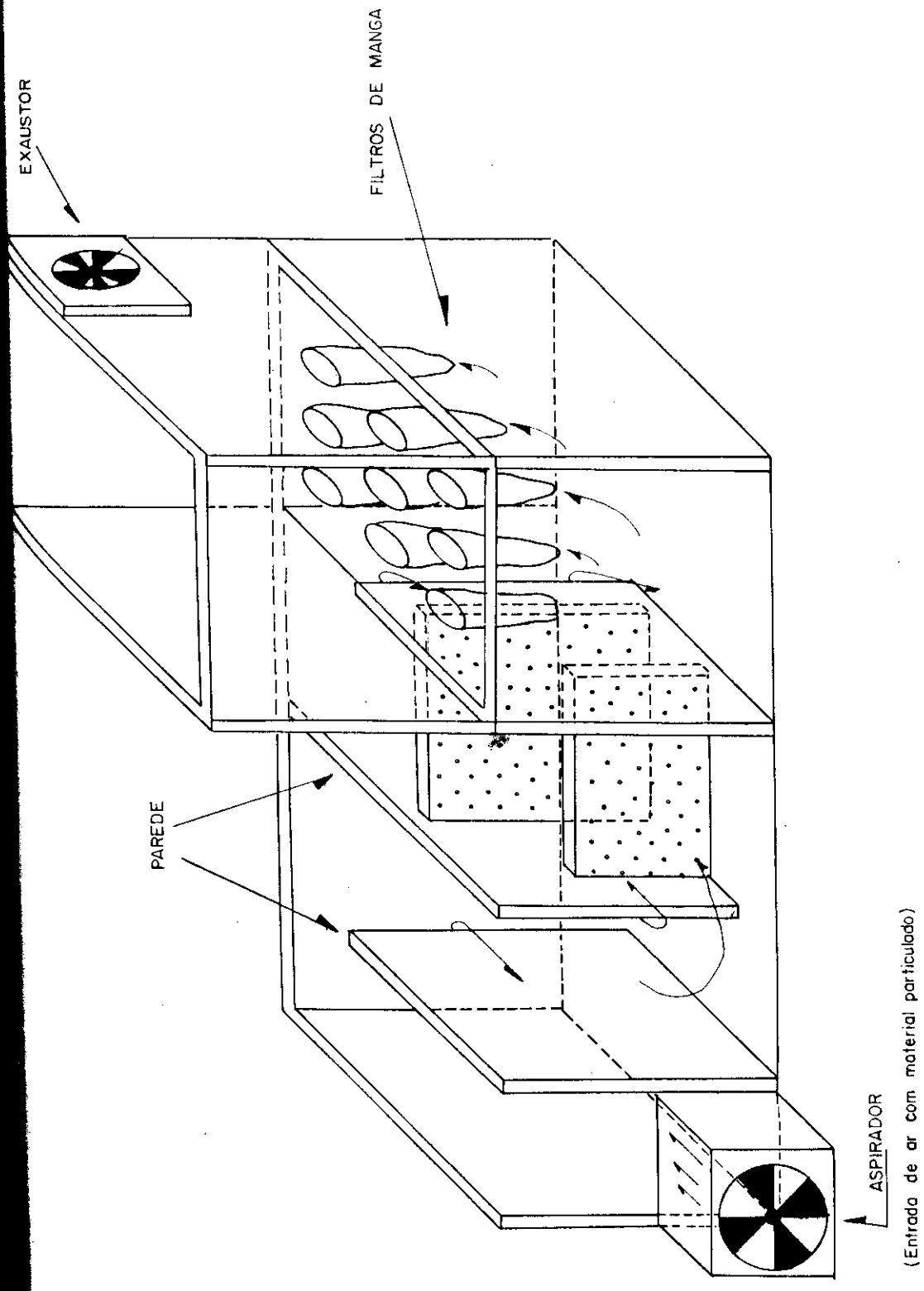


Fig. 22. Desenho, em corte, mostrando as divisões internas e o esquema de funcionamento do reservatório fechado onde se depositam as partículas de pó aspirado (as setas indicam a direção do fluxo).

Contudo, a desvantagem do método de controle por aspiração está na sua baixa eficiência em relação ao de aspersão d'água, girando em torno de 55 a 70 % do total emitido.

Talvez a melhor solução se encontre em um sistema misto, que alie a eficiência do processo úmido à praticidade e economia do processo seco.

Assim, poder-se-ia construir uma câmara interligada ao reservatório de deposição principal de pó seco, para onde o ar seria enviado após deixar o mesmo.

Essa câmara possuiria um tanque d'água de fundo em desnível, do tipo "funil" (Fig. 23), por onde o ar contendo as partículas de pó seria forçado a passar, chocando-se contra a superfície da água do tanque e saindo, posteriormente, por uma abertura superior, onde seria instalado um exaustor auxiliar.

O pó decantado no fundo da piscina poderia, assim, ser facilmente removido toda semana, posto para secar em local limpo e protegido dos ventos, e, em seguida, comercializado juntamente com o recolhido pelo depósito seco.

O modelo acima apresentado (de processo misto por banho d'água), possibilitaria aumentar a eficiência do sistema de via seca sem os inconvenientes do sistema de via úmida por atomização da água, além de permitir, também, a comercialização do material recolhido do tanque.

De fato, observou-se que o principal problema relacionado às atividades de beneficiamento do calcário refere-se à sua localização e disposição no terreno em relação à caverna.

Comparando-se a distribuição física dos elementos da usina de beneficiamento da empresa Inaê, em Paracatú - MG, com a da empresa Santo Inácio, em Unai-MG (Fig. 24 e 25), verifica-se que na primeira a escolha do local para a instalação da infra-estrutura processou-se de forma desordenada e



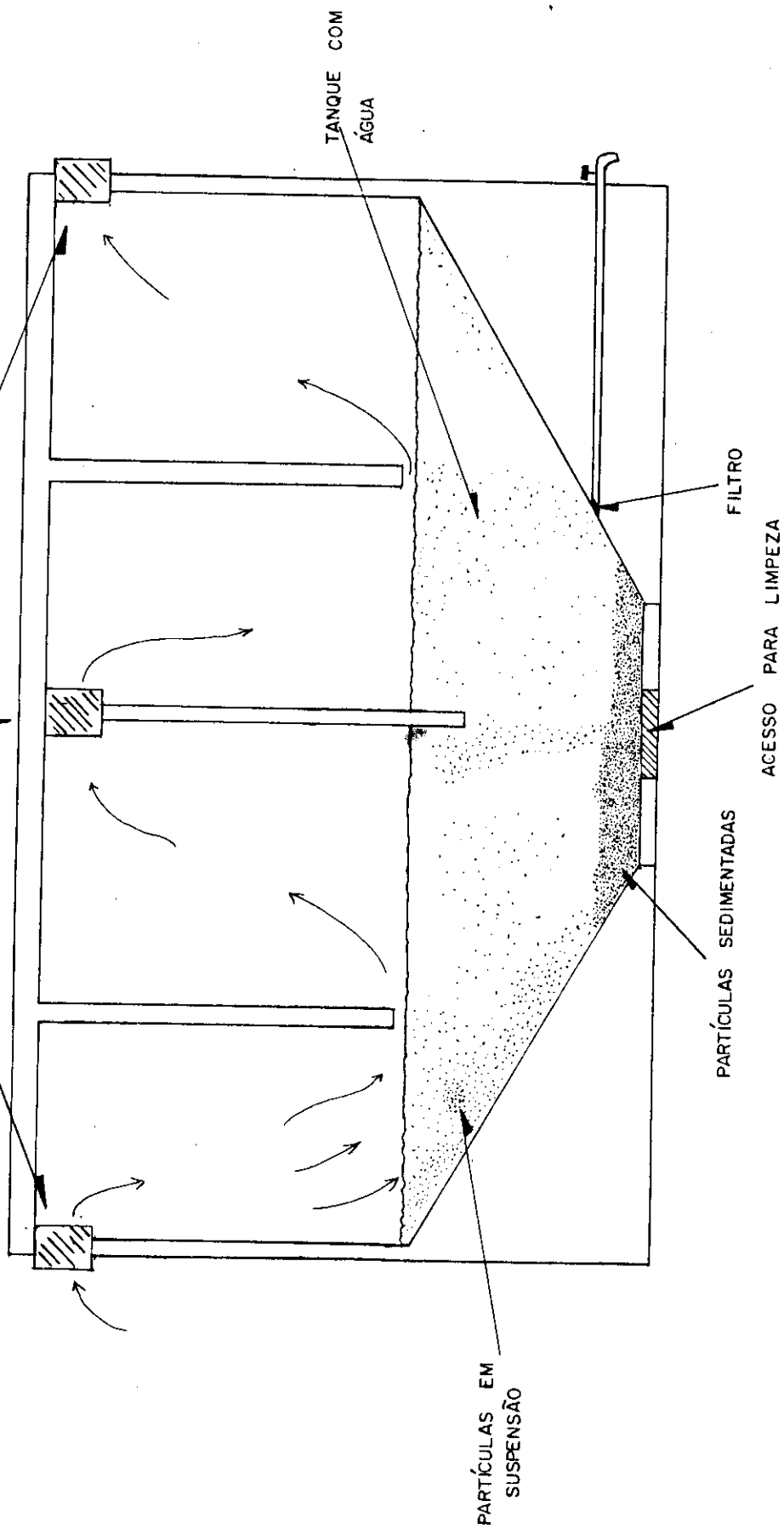


Fig. 23. Desenho, em corte, do tanque d'água que auxiliaria na retenção maior das partículas de pó calcário aspirado.

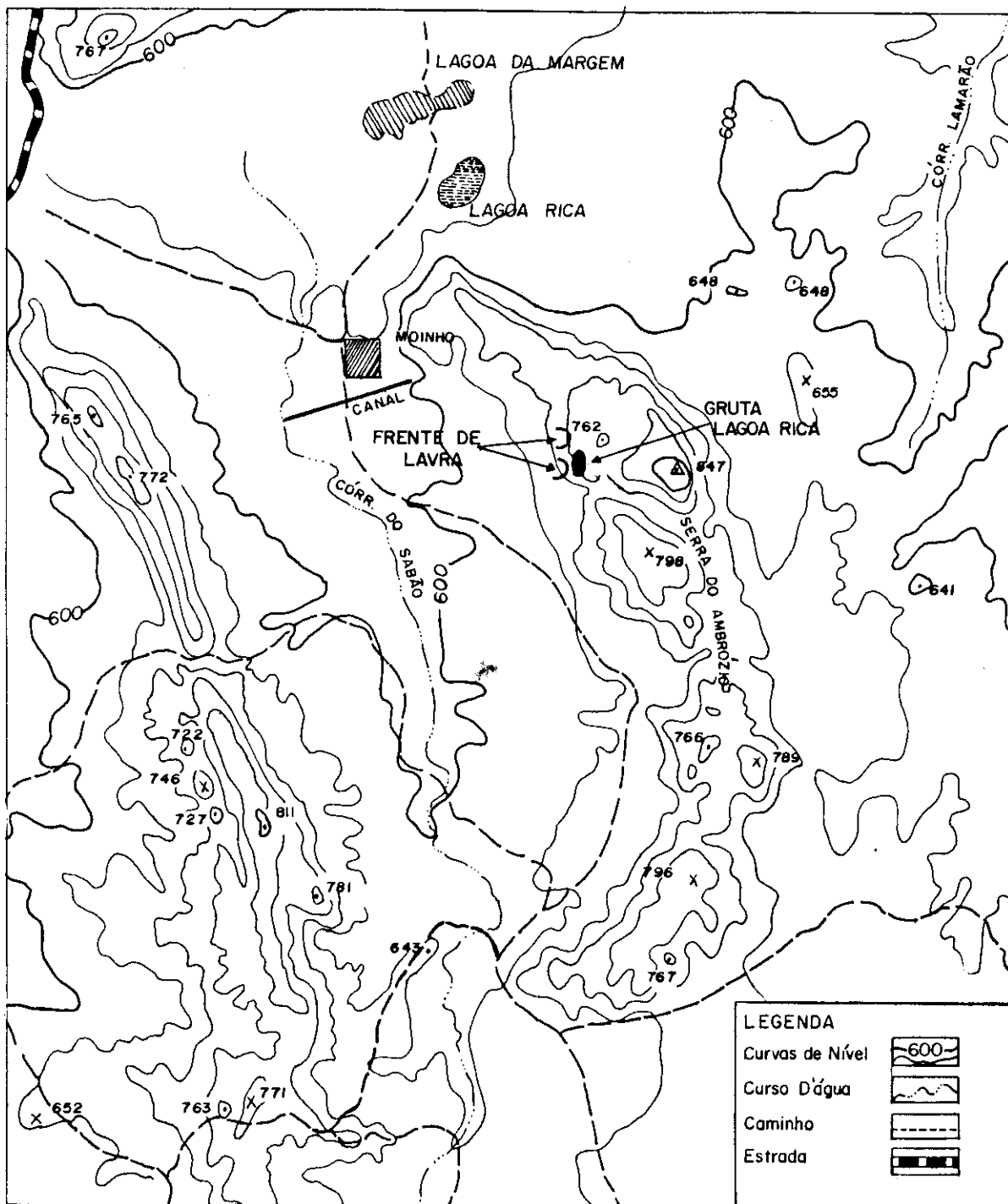


Fig. 24. Distribuição geográfica das unidades (lavra e beneficiamento) da empresa Inaê em relação à gruta Lagoa Rica e sua via principal de acesso (Paracatu-MG).

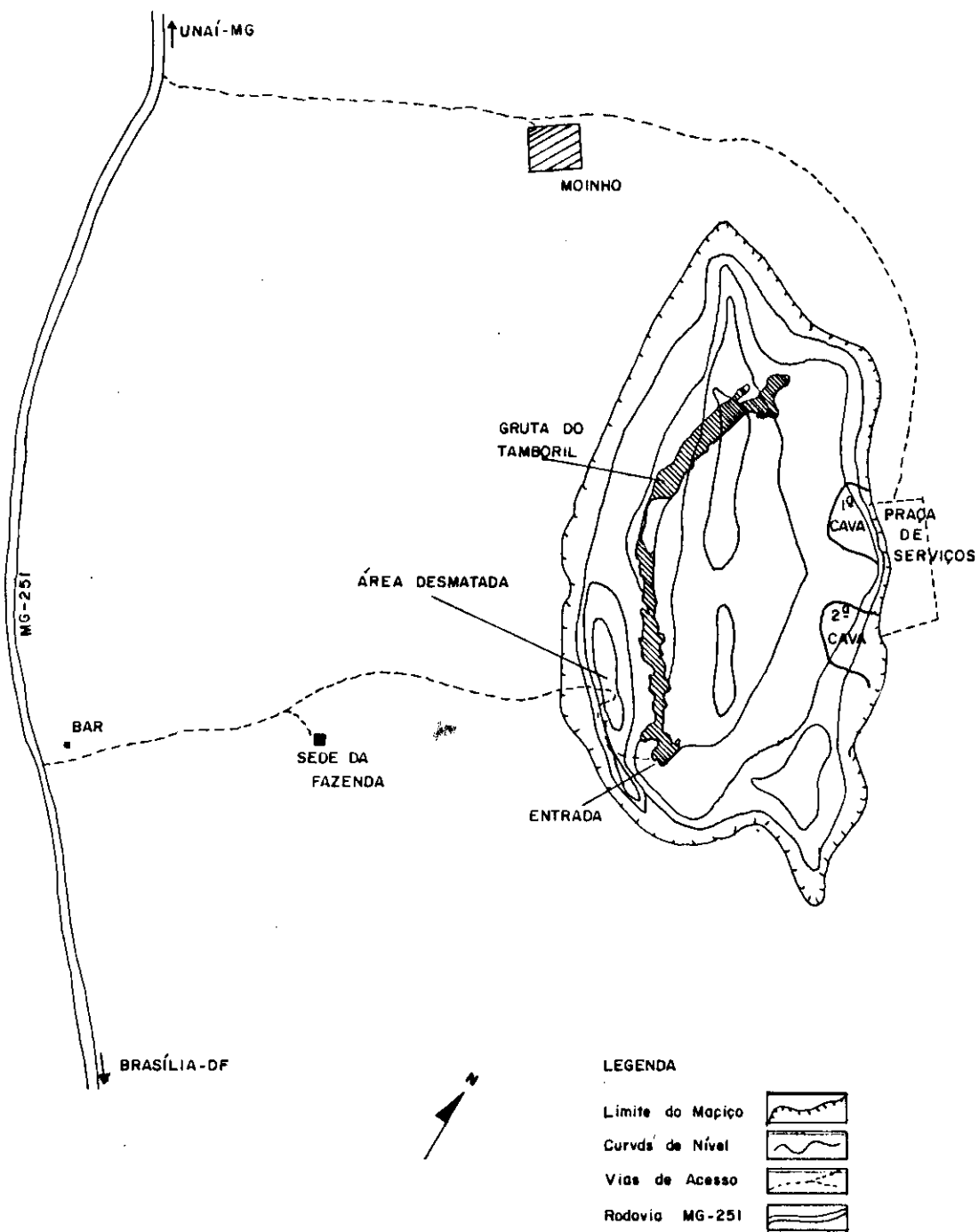


Fig. 25. Distribuição geográfica das unidades (lavra e beneficiamento) da empresa Santo Inácio em relação à gruta Tamboril e sua via principal de acesso (Unai-MG).

irresponsável, interferindo significativamente na paisagem dominada pelo conjunto hidrogeoespeleológico da gruta Lagoa Rica (Fot. 25), enquanto que na segunda a realização de um planejamento simples, para a localização das instalações face à existência da gruta Tamboril, manteve intacta a paisagem onde se encontra a entrada da caverna, minimizou os problemas de poluição hídrica e atmosférica na área e aumentou as possibilidades de compatibilização dos interesses de produção e conservação.

Assim, mesmo que a Empresa Inaê viesse a eliminar os impactos negativos da lavra na gruta Lagoa Rica, haveria ainda a necessidade de mudança completa das instalações para outro local, onde a sua presença e operação não ficasse tão evidenciada em relação à caverna, como ocorre na gruta Tamboril, onde os seus visitantes não tomam conhecimento da existência da atividade minerária na região, pois até as vias de acesso, para uma e outra, são distintas (Fot. 26).

#### 4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS OBSERVADOS

Quando uma ação ou atividade produz uma alteração, favorável (positiva) ou desfavorável (negativa), no meio ou em alguns de seus componentes, afirma-se que há impacto ambiental.

Segundo Bolea (1984), "um impacto de um projeto sobre o meio ambiente pode definir-se como a diferença entre a situação do meio ambiente futuro modificado, tal e como resultaria depois da realização do projeto, e a situação do meio ambiente futuro, tal como haveria evoluído normalmente sem tal atuação.



Fot. 25. Paisagem principal do conjunto hidrogeoespeleológico da gruta Lagoa Rica.



Fot. 26. Paisagem principal do conjunto espeleológico da gruta Tamboril.

Os impactos ambientais podem ser diretos ou indiretos; podem produzir-se a curto ou longo prazo; ser de curta ou longa duração; acumulativos, reversíveis ou irreversíveis; inevitáveis.

Um impacto ambiental direto ou primário é a alteração que sofre um atributo ou elemento ambiental pela ação direta do homem sobre o dito atributo.

Os impactos secundários correspondem aos efeitos indiretos do projeto. (...) são induzidos pelos diretos e não resultam fáceis de identificar e de controlar. (...) a longo prazo são os que causam os verdadeiros problemas." (40).

Os impactos diretos no meio cavernícola, provocados pelas atividades minerárias, foram observados e registrados em formulários especialmente compostos para auxiliar o desenvolvimento desta atividade, tendo sido preenchidos durante as visitas realizadas às cavernas de Lapa da Pedra, Tamboril, Lagoa Rica e Lapa Nova.

No maciço de Lapa da Pedra existia, até agosto de 1987, uma atividade de extração de rocha calcária dolomítica para alimentar o moinho da Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, localizado às margens da rodovia DF-001.

Toda a produção destinava-se a abastecer os pequenos e médios lavradores, dos núcleos rurais do Distrito Federal, com calcário agrícola (dolomítico) para a correção de solo.

Um dos impactos diretos observados ao nível físico (Tab. 08) foi a elevação do nível de luminosidade nos primeiros salões da gruta, devido ao desmatamento ocorrido na sua entrada, e a maior penetração dos raios solares.

Apesar de não terem sido realizadas medições, é possível que alterações nos níveis de temperatura e umidade

---

40. Maria Tereza Esteván BOLEA. Evaluación del Impacto Ambiental, p. 3.

Tab. 08. Resultados das observações na gruta Lapa da Pedra.

CAVERNA: LAPA DA PEDRA

EMPRESA: EMFOL Ltda.

LOCAL: Fazenda Pedra, Formosa-GO.

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERU.
<b>1. FÍSICO</b>			
1.1. Rocha			X
1.1.1. Estabilidade interna			X
1.1.2. Disposição interna			X
1.2. Substrato		X	
1.2.1. Topografia		X	
1.2.1.1. Sedimentos fluviais	...	...	...
1.2.1.2. Espeleotemas			X
1.2.2. Solo		X	
1.3. Movimentos de Massa			X
1.3.1. Água			X
1.3.1.1. Corrente	...	...	...
1.3.1.2. Percolação			X
1.3.2. Gases			X
1.3.3. Sólidos			X
1.4. Componentes Adicionais	X		
1.4.1. Ausência de luz	X		
1.4.2. Silêncio	X		
<b>2. BIOLÓGICO</b>			
2.1. Fauna	X		
2.1.1. Interna			X

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERU.
2.1.1.1. Troglóxena			X
2.1.1.2. Troglófila			X
2.1.1.3. Troglóbia			X
2.1.2. Externa	X		
2.2. Flora			
2.2.1. Interna			X
2.2.2. Superficial	X		
2.3. Fluxo de Energia			
2.3.1. Matéria orgânica			X
2.3.1.1. Produção			X
2.3.1.2. Transporte			X
2.3.2. Luz	X		
2.3.3. Umidade	X		
2.4. Cadeias Alimentares			X
2.4.1. Subsistema terrestre			X
2.4.2. Subsistema aquático			X
<b>3. SÓCIO-ECONÔMICO/CULTURAL</b>			
3.1. Importância			
3.1.1. Pré-histórica			
3.1.1.1. Vestígios arqueológicos	X		
3.1.1.2. Vestígios paleontológicos			X
3.1.2. Espeleológica	X		
3.1.3. Outras	X		
3.2. História/Folclore	...	...	...
3.3. Religião	...	...	...
3.4. Paisagem	X		
3.5. Lazer/Turismo	X		



relativa do ar da caverna tenham sido introduzidas.

O silêncio, principalmente na zona de penumbra, foi outro elemento do nível físico perturbado pelas atividades minerárias externas. As detonações e o trânsito de máquinas pesadas a apenas 80 m da entrada da caverna provocaram a elevação do nível de ruídos nos primeiros salões, sendo que as vibrações foram sentidas em toda a caverna.

Não foram observadas alterações na topografia, nos sedimentos fluviais e no solo da gruta, pois a atividade não atingiu diretamente esses elementos.

Da mesma forma, não foram observados, na ocasião das visitas, interferências na estabilidade e disposição interna das rochas; danificação de espeleotemas; ou impactos nos movimentos de massa, como água de percolação, gases e sólidos.

Ao nível biológico, verificou-se interferências na fauna externa, com a virtual expulsão de vários grupos animais que habitavam as matas calcárias e os cerrados das proximidades, devido às detonações e desmatamentos; e, na flora superficial, com a retirada parcial da vegetação da entrada da caverna, do maciço e da vizinhança deste.

Em razão dos desmatamentos e, conseqüentemente, às possíveis alterações de temperatura e umidade relativa do ar por eles provocadas, era de se esperar impactos na fauna - principalmente ao nível dos troglóxenos - e na flora interna e, por sua vez, nos fluxos de energia e nas cadeias alimentares.

Porém, não foram observados impactos nem na produção e transporte de matéria orgânica nem nos subsistemas terrestre e aquático.

Isto se explica, provavelmente, pelas limitações da metodologia adotada para o trabalho que, para não cair no detalhamento de um estudo de impacto ambiental propriamente dito, evitou o emprego de instrumentos e procedimentos para a

verificação específica desses pontos, limitando-se apenas a comprovar ou não a interferência da ação em determinada situação.

Entre os elementos impactados no nível Sócio-Econômico/Cultural da gruta Lapa da Pedra, destacam-se os vestígios pré-históricos, de cunho arqueológico, como os mais seriamente atingidos pela atividade minerária ali instalada.

O sítio arqueológico pré-histórico, instalado no maciço calcário da gruta Lapa da Pedra, apresenta testemunhos de atividades humanas ocorridas há quase 5.000 anos (41). Nas paredes e tetos da gruta e em alguns locais do paredão externo do maciço existiam painéis pintados com motivos geométricos e algumas representações figurativas em vermelho, ocre e negro (Souza, 1976; Silva, 1985).

Com a entrada em operação da lavra, foram desmatadas tanto áreas acima do maciço como próximas a ele, para a instalação do pátio de manobras, das vias de acesso e do estacionamento de máquinas pesadas (Fig. 26).

Com isso, pinturas rupestres existentes no primeiro salão da gruta foram expostas às intempéries, acelerando o seu desgaste natural, esmaecendo cores e traços (Fots. 27 e 28).

Também devido ao desmatamento da vegetação de entrada, muitas pinturas estão sendo recobertas por camadas sucessivas de calcita, através do escoamento de águas pluviais pelo paredão externo, reativando processos de dissolução química do calcário que, assim, vão se depositando na porção inferior, onde está a entrada da caverna e se encontram os painéis principais (Fot. 29).

Outro problema detectado é a queda de placas de rocha calcária ou calcíticas das paredes contendo pinturas, mo-

---

41. Conforme o "Inventário dos Sítios Arqueológicos", da SPHAN/pró-MEMÓRIA (s/d), o Prof. Pedro Agostinho, da Universidade Federal da Bahia, cadastrou e prospectou o sítio em 1966, tendo obtido uma data de 4760 ± 150 anos para o mesmo.

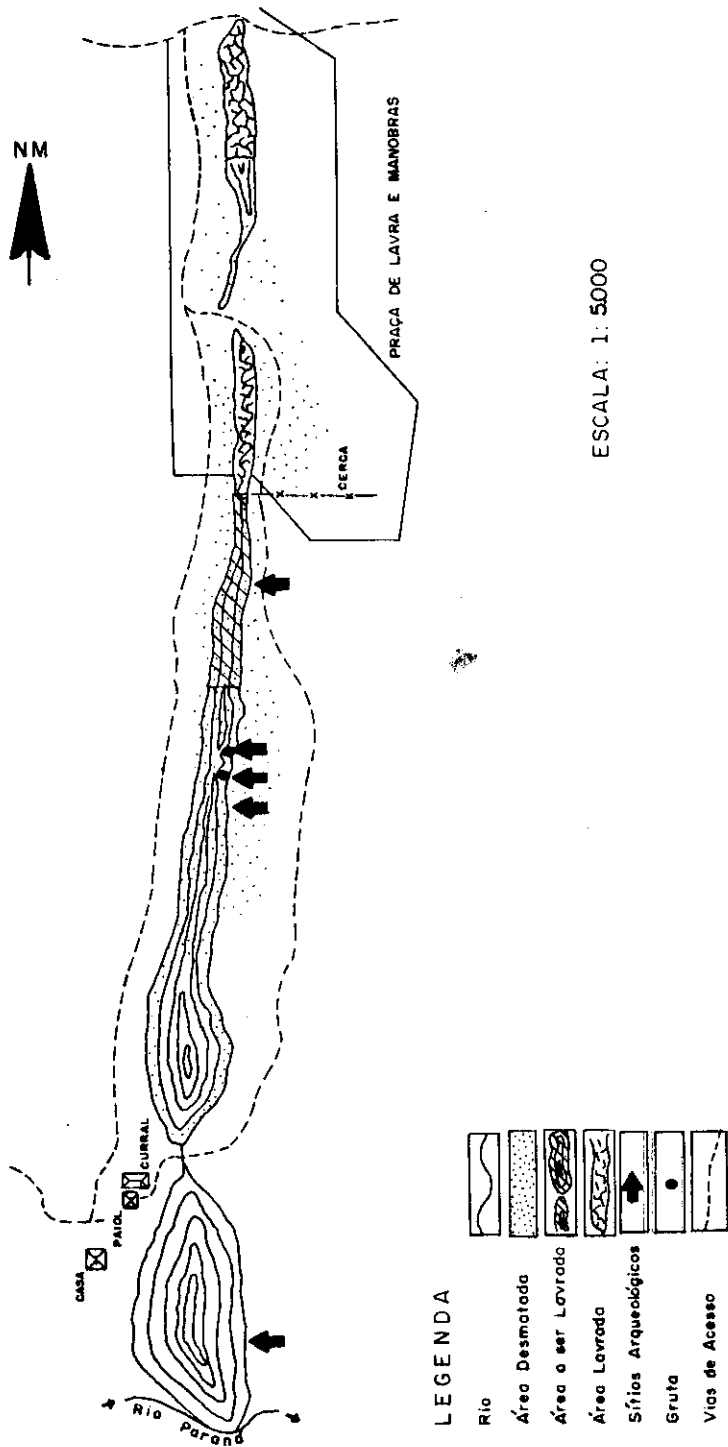
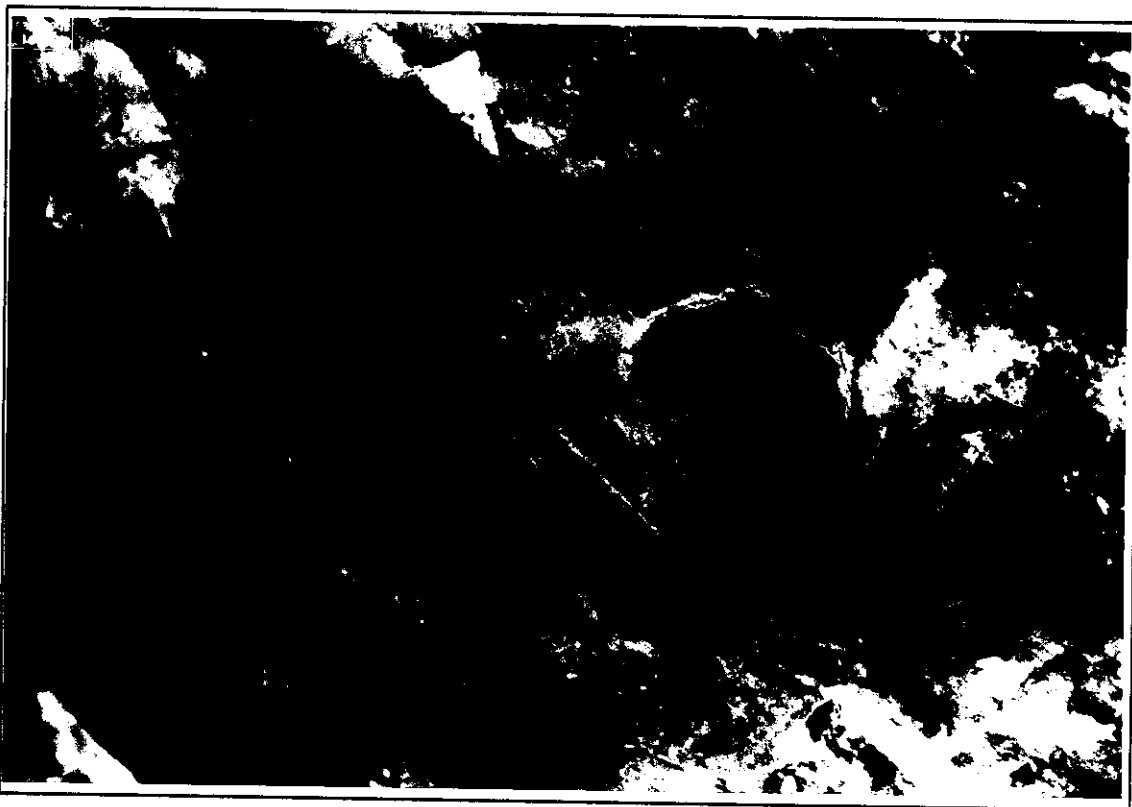


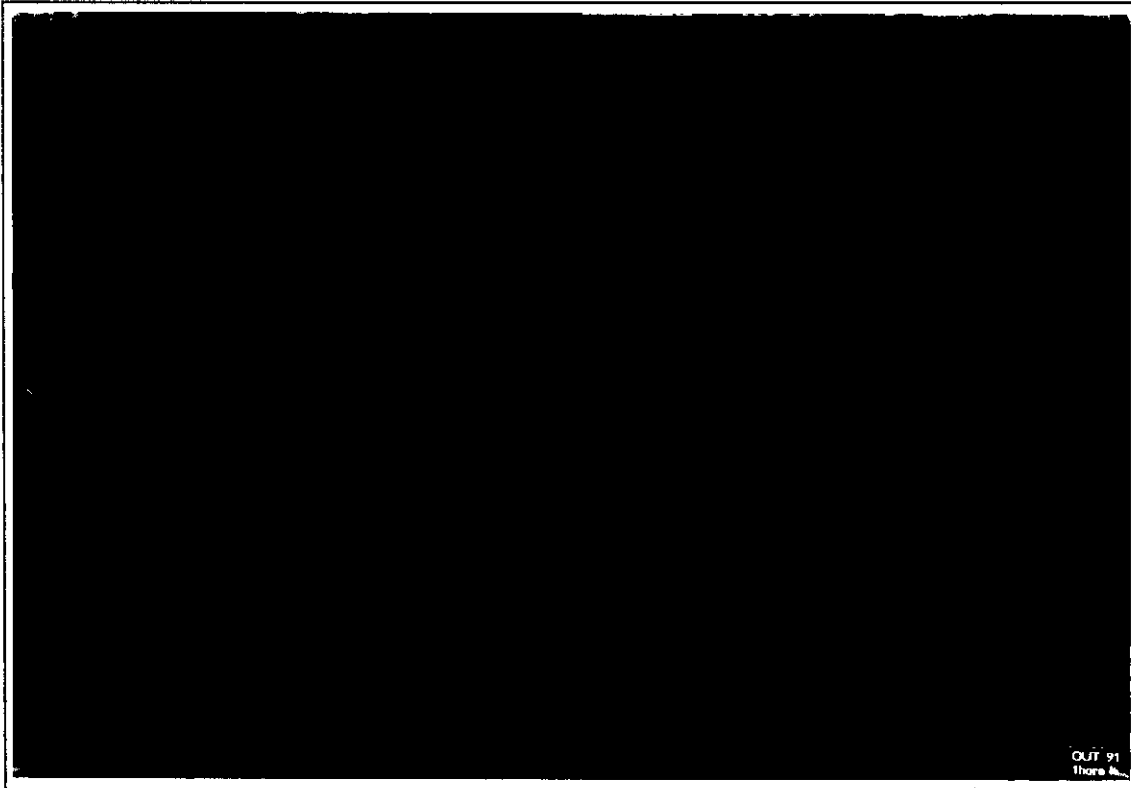
Fig. 26. Distribuição dos sítios arqueológicos e das áreas de mineração operadas em relação à gruta Lapa da Pedra, mostrando os desmatamentos ocorridos e as áreas lavradas e a lavrar (Formosa-GO).



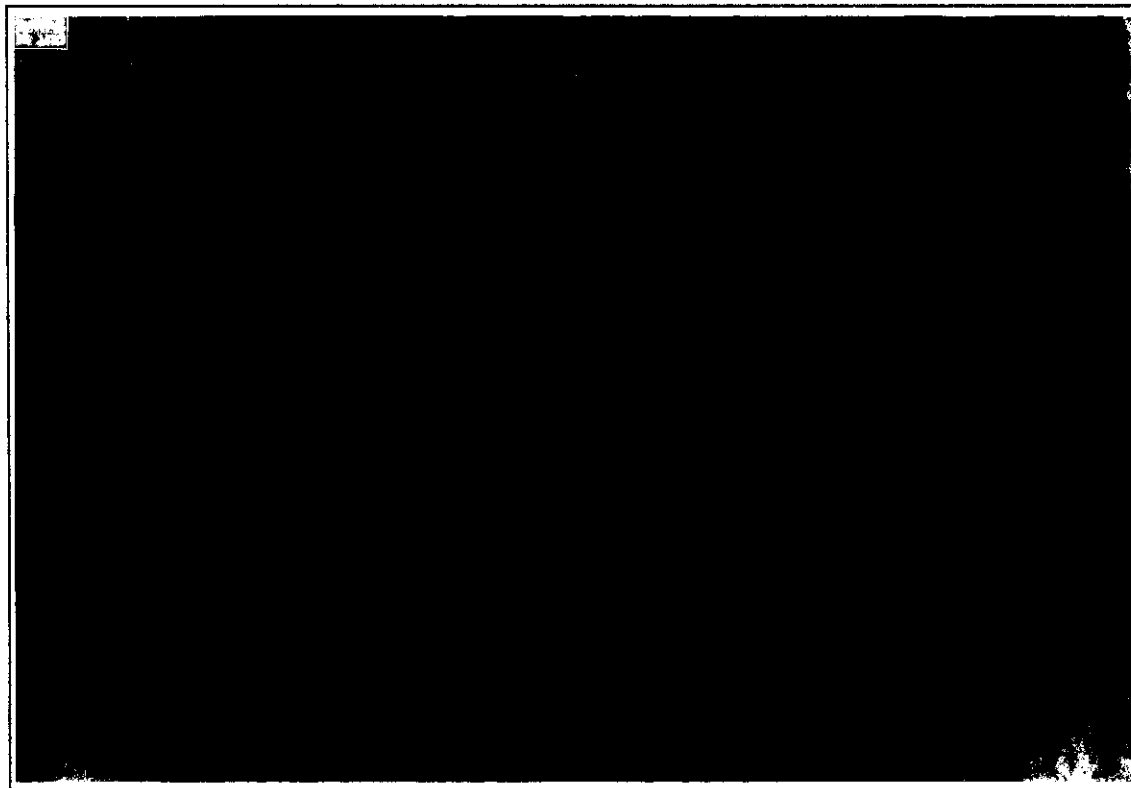
Fot. 27. Exposição dos painéis as intempéries pelo desmatamento promovido (Lapa da Pedra).



Fot. 28. Pinturas rupestres em processo acelerado de desgaste e destruição (Lapa da Pedra).



Fot. 29. Entrada da gruta Lapa da Pedra com painéis de pinturas rupestres em processo de recobrimento pela calcita.



Fot. 30. Placas de rocha calcária contendo pinturas despreendidas da parede externa do maciço, em virtude das vibrações (Lapa da Pedra).

tivada possivelmente pelas vibrações de máquinas pesadas e das detonações ou pelas variações térmicas abruptas em função da retirada da vegetação (Fot. 30).

A destruição de oficinas liticas e de outras áreas externas do sitio arqueológico da gruta Lapa da Pedra, também se deu em virtude da construção de pátios e vias de acesso sem o devido acompanhamento técnico.

Quanto a vestígios paleontológicos, as equipes que ali trabalharam não identificaram nenhum indício a este respeito.

Os desmatamentos e a modificação topográfica do afloramento calcário levaram à fuga a fauna silvestre local (típica de campos cerrados), comumente observada pelos moradores e sempre referenciada nos relatórios técnicos de campo das equipes espeleológicas e arqueológicas que desenvolveram trabalhos de pesquisa na área (42).

A Paisagem e o Lazer/Turismo foram outros elementos do nível Sócio-Econômico/Cultural afetados pelo empreendimento.

Devido à sua proximidade de outras formações naturais, de importância turística já consagrada popularmente (43), e constituído-se no sitio arqueológico pré-histórico mais próximo de Brasília, a gruta Lapa da Pedra apresentava um potencial turístico/educativo e cultural considerável, desenvolvendo-se ali, sobretudo nos finais de semana e feriados prolongados, uma atividade recreativa informal, estando hoje, contudo, reduzido a uma paisagem degradada e inóspita, em

---

42. Relatórios técnicos da SPHAN/pró-MEMÓRIA e do EGB, de 1976 a 1985, fazem constantes referências à exuberância e à variedade da avifauna e à existência de grupos de macacos nas matas que circundavam e cobriam o maciço.

43. A gruta Lapa da Pedra dista apenas 9 km, em estrada não-pavimentada mas de boas condições, da rodovia estadual que interliga a cidade de Formosa ao Complexo Turístico da Cachoeira do Itiquira, um dos pontos turísticos mais requisitados de Brasília.

virtude do abandono das frentes de lavra sem a realização de trabalhos de reabilitação da área minerada (Fot. 31).

Os elementos História/Folclore e Religião não estão presentes, atualmente, na gruta Lapa da Pedra.

No caso da empresa Calcários Santo Inácio Ltda., as interferências no ecossistema da gruta Tamboril, ao nível físico, permaneceram centradas no elemento "silêncio", dos componentes adicionais (Tab. 09).

Em decorrência da razoável distância que separa a gruta da frente de lavra mais próxima (245 m em linha reta), e do fato de a lavra desenvolver-se na face oposta do maciço onde se situa a entrada de Tamboril, o silêncio dos salões mais profundos só é quebrado por um breve instante (no máximo um segundo) pelas detonações que ocorrem na lavra e, assim mesmo, o ruído não passa de um baixo rumor, só perceptível se se estiver ciente e atento à sua ocorrência.

São as vibrações, contudo, os efeitos mais preocupantes nesse caso. Ainda que não tenham sido observados, durante o estudo, danos aos espeleotemas inquestionavelmente devidos às explosões, e os testes sísmicos efetuados pela empresa (44) terem captado uma velocidade de partícula muito baixa na caverna (2,5 mm/s) (45), a inexistência de parâmetros específicos sobre a resistência de minerais de caverna a vibrações oriundas de detonações de explosivos, não permite afirmar, com segurança e sobre todos os aspectos, que não haja riscos de danos (a longo prazo) à gruta Tamboril.

Os sedimentos pluviais, o solo e a ausência de luz não estão sendo afetados pela mineração, pois não foram atin-

---

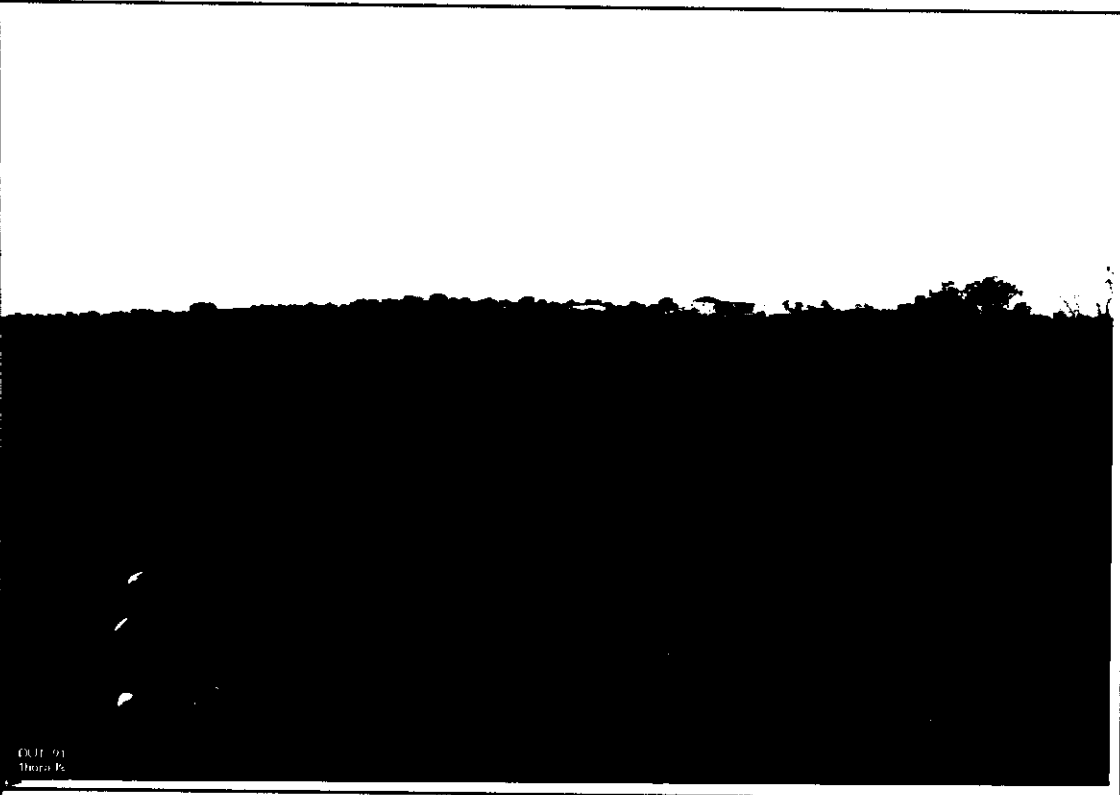
44. Os testes sísmicos foram solicitados pela FEAM como orientação para a adoção de medidas para a proteção da gruta.

45. A Associação Brasileira de Normas Técnicas recomenda que as velocidades de partículas medidas em edificações humanas não ultrapassem a 15 mm/s (NBR 9653/NOV 1986).



OUT 91  
Thera P.

**Fot. 31.** Paisagem principal, do conjunto espeleológico e arqueológico da gruta Lapa da Pedra, desfigurada, degradada e inóspita devido a não reabilitação da área minerada.



OUT 91  
Thera P.

**Fot. 32.** Apesar de estar sob atividade minerária, a paisagem da gruta Tamboril não é visualmente afetada pela mesma (instalações de britagem ao fundo).



Tab. 09. Resultados das observações na gruta Tamboril.

CAVERNA : TAMBORIL			
EMPRESA : Calcários Santo Inácio Ltda.			
LOCAL : Município de Unai, 10 km do centro urbano.			
NIVEL	AFETA	NAO AFETA	NAO OBSERU.
1. FISICO			
1.1. Rocha			X
1.1.1. Estabilidade interna			X
1.1.2. Disposicao interna			X
1.2. Substrato			
1.2.1. Topografia		X	
1.2.1.1. Sedimentos fluviais	...	...	...
1.2.1.2. Espeleotemas			X
1.2.2. Solo		X	
1.3. Movimentos de Massa			X
1.3.1. Agua			X
1.3.1.1. Corrente	...	...	...
1.3.1.2. Percolacao			X
1.3.2. Gases			X
1.3.3. Solidos			X
1.4. Componentes Adicionais			
1.4.1. Ausencia de luz		X	
1.4.2. Silencio	X		
2. BIOLÓGICO			
2.1. Fauna			
2.1.1. Interna	X		

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERU.
2.1.1.1. Troglóxena	X		
2.1.1.2. Troglófila	X		
2.1.1.3. Troglóbia			X
2.1.2. Externa	X		
2.2. Flora			
2.2.1. Interna			X
2.2.2. Superficial	X		
2.3. Fluxo de Energia			
2.3.1. Matéria orgânica			X
2.3.1.1. Produção			X
2.3.1.2. Transporte			X
2.3.2. Luz			X
2.3.3. Umidade			X
2.4. Cadeias Alimentares			X
2.4.1. Subsistema terrestre			X
2.4.2. Subsistema aquático			X
<b>3. SÓCIO-ECONÔMICO/CULTURAL</b>			
3.1. Importância			
3.1.1. Pré-histórica	...	...	...
3.1.1.1. Vestígios arqueológicos	...	...	...
3.1.1.2. Vestígios paleontológicos	...	...	...
3.1.2. Espeleológica	X		
3.1.3. Outras	X		
3.2. História/Folclore	...	...	...
3.3. Religião	...	...	...
3.4. Paisagem	X		
3.5. Lazer/Turismo	X		

gidos diretamente pela atividade, ficando a uma distância significativa dos mesmos.

Dentre os elementos do nível físico, não foram observadas interferências diretas: na estabilidade e disposição interna das rochas, que está intimamente ligada à intensidade dos explosivos utilizados; nos movimentos de massa, como água de percolação.

Ao nível biológico, possivelmente ocorreram interferências na fauna, tanto interna quanto externa. As populações troglógenas podem ter sido afugentadas em virtude das detonações e desmatamentos ocorridos na superfície, alterando os habitats.

Apesar de pouco frequente, troglófilos (grilos e amblipígeos em geral) encontrados nos últimos salões da caverna, foram algumas vezes observados movimentando-se após a caverna ser percorrida por vibrações provocadas pelas detonações: à medida que elas ocorriam alguns mudavam ligeiramente de local, reposicionando-se ou procurando novos abrigos.

Como não foram realizadas observações sistemáticas a este respeito, não se pode afirmar que era exclusivamente devido às vibrações. Contudo, pode-se considerar que se esta perturbação ocorrer, e se for intensa e contínua, possa vir a levar alguns organismos ou populações cavernícolas a um "stress", sem mencionar o gasto adicional de energia despreendida em deslocamentos desnecessários.

Sobre este aspecto, Trajano (1986) salienta a grande vulnerabilidade dos troglóbios a perturbações humanas, sobretudo variações de temperatura, umidade relativa do ar e pH da água. Refere-se também ao "fato conhecido que a maioria dos troglóbios apresenta taxas metabólicas reduzidas em

relação aos epigeos aparentados, como adaptação à vida em um ambiente onde as fontes de energia são escassas" (46).

A maior demanda de alimentos, provocada pelo aumento da taxa metabólica dos troglóbios em decorrência do esforço extra de deslocamento, pode vir a alterar a relação de equilíbrio entre a energia suplementar requerida e a efetivamente disponível, com consequências no tamanho das populações.

A fauna externa tem sido afetada, por sua vez, pelos desmatamentos e movimentações humanas nas proximidades. Mais uma vez, o ruído das operações é o principal agente causador da fuga de animais da área.

Quanto à flora, a retirada da cobertura vegetal, apesar de restrita à área de lavra, foi o principal fator impactante identificado.

Impactos diretos na produção e transporte de matéria orgânica; no grau de luminosidade e umidade relativa do ar da caverna; e nas cadeias alimentares, são esperados em virtude da alteração da vegetação superficial.

Neste sentido, verificou-se um aumento substancial da luminosidade e temperatura, com possíveis consequências na umidade relativa do ar e na circulação de ventos, afetando não só o primeiro salão como também os seguintes, sendo que as repercussões biológicas mais claramente observadas, foram: o desaparecimento de espécies antes vistas nidificando nos paredões de entrada da gruta, como aves diversas e pequenos mamíferos que se abrigavam entre as rochas do primeiro salão; o recobrimento de espeleotemas por musgos, fungos e líquens que antes não os apresentavam; e o aumento significativo no número de insetos nos primeiros salões da gruta.

---

46. Eleonora TRAJANO, Vulnerabilidade dos troglóbios à perturbações ambientais, *Espeleo-tema*, nº 15, p. 20.

No nível Sócio-Econômico/Cultural, somente foram afetados os elementos "Paisagem" e "Lazer/Turismo", sendo que os demais não se verificam na gruta Tamboril.

Paisagisticamente, as interferências provocadas foram bem minimizadas, devido à boa localização da lavra e do setor de beneficiamento.

A lavra encontra-se na face oposta à da entrada da gruta, e o moinho à uma distância adequada (mil metros, aproximadamente) e em cota topográfica inferior a ela, fazendo com que, da estrada que conduz à caverna (e que é diferente da utilizada pela empresa) e até à sua entrada, quase não se visualize as instalações, ficando as mesmas parcialmente escondidas (Fot. 32).

Quanto ao lazer e à atividade turística informal abrigada pela gruta Tamboril, foram estas sensivelmente prejudicadas em razão do temor manifestado pelos visitantes de que a caverna não oferecesse mais segurança, tendo em vista as detonações no outro lado do maciço calcário.

Essa preocupação fez com que empresas interessadas em implantar uma infra-estrutura turística adequada na gruta, e, assim, explorar economicamente a área, se desinteressassem pelo projeto, e que os proprietários da empresa mineradora tentassem impedir o acesso de pessoas, instalando portões de ferro na entrada da caverna.

Como nos quatro anos em que a empresa vem operando na área e, principalmente, em decorrência das providências que estão sendo finalmente tomadas pelos órgãos ambientais para a sua proteção, a Prefeitura Municipal vem manifestando novo interesse em empreender um projeto turístico na gruta, haja vista o grande potencial ainda existente.

Nas observações realizadas na gruta de Lagoa Rica foram registrados fortes impactos negativos e diretos, moti-

vados pela grande proximidade das áreas de lavra da empresa Calcários Inaê Ltda. com a caverna (Tab. 10).

Os impactos identificados na ocasião das visitas se deram ao nível físico, com possíveis repercussões nos níveis biológico e sócio-econômico/cultural.

Foram afetadas, diretamente, a estabilidade e a disposição interna das rochas. Com as detonações de cargas explosivas executadas a menos de 20 m lineares da caverna, grandes blocos calcários foram deslocados, deixando alguns salões em situação de extrema instabilidade física (Fot. 33).

Alterações no substrato, particularmente na topografia e no solo, também foram detectados. No primeiro e último salão da caverna, com o deslocamento acentuado de rochas e espeleotemas, a topografia interna foi sensivelmente modificada, com redução da área útil e mudança no sentido natural de caminamento interno (Fig. 27).

O solo, no salão de entrada, foi parcialmente removido pelas cargas explosivas nele colocadas e, o restante, coberto por blocos desabados do teto da caverna (Fot. 34).

Os espeleotemas, localizados no primeiro e último salões, em virtude da maior proximidade destes com as áreas de lavra (Mapa 03), apresentavam danos em graus variados, conforme a natureza, o tipo e o tamanho que apresentavam e a distância em que se encontravam das ondas de choque. Assim é que algumas estalactites e cortinas, mais recuadas e de grande dimensões, sofreram danos parciais, com quebras apenas nas suas extremidades.

Colunas, estalactites, estalagmites, cortinas, de quaisquer dimensões, e outras formações mais delicadas, como algumas flores de calcita e aragonita, sobretudo as existentes no teto, piso e parede contíguos às das detonações, foram destruídas, seja pelo desprendimento total dos tetos e paredes, seja pela ruptura junto à base, em virtude das vibrações elevadas.

Tab. 10. Resultados das observações na gruta Lagoa Rica.

CAVERNA : LAGOA RICA

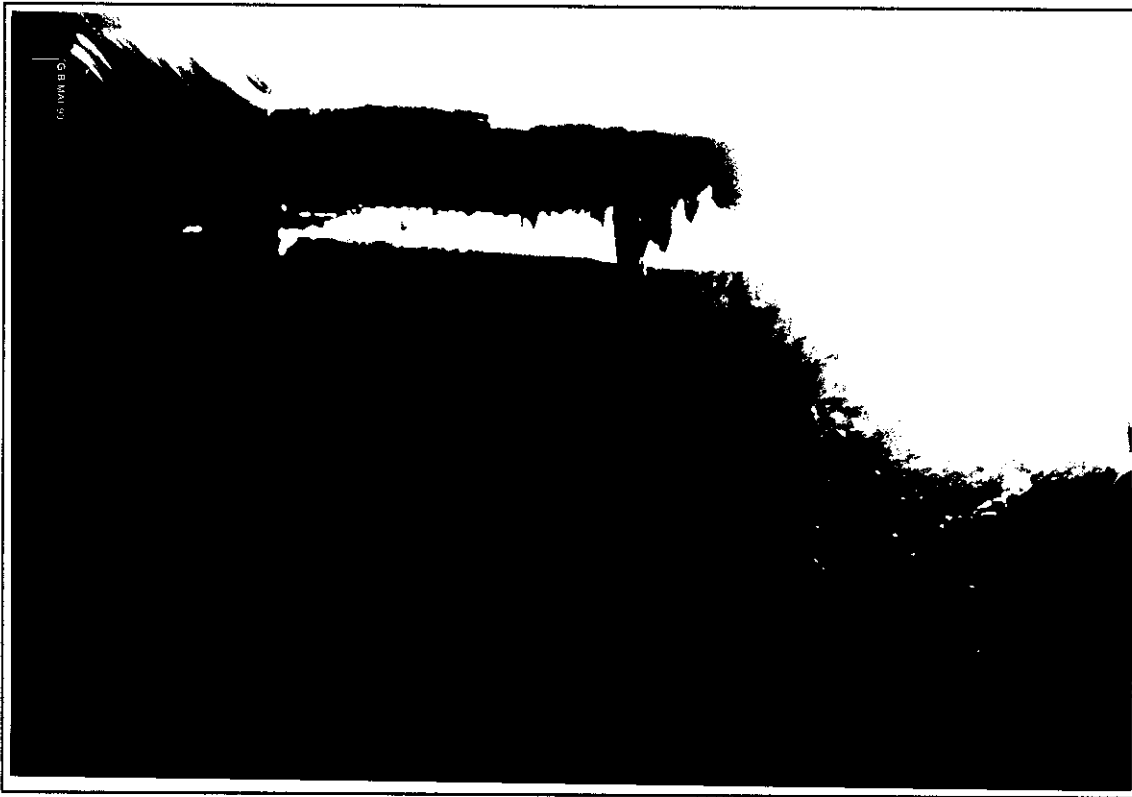
EMPRESA : Calcários Inae Ltda.

LOCAL : Fazenda Lagoa Rica, Paracatu-MG.

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERV.
1. FÍSICO			
1.1. Rocha	X		
1.1.1. Estabilidade interna	X		
1.1.2. Disposição interna	X		
1.2. Substrato	X		
1.2.1. Topografia	X		
1.2.1.1. Sedimentos fluviais	...	...	...
1.2.1.2. Espeleotemas	X		
1.2.2. Solo	X		
1.3. Movimentos de Massa			X
1.3.1. Água			X
1.3.1.1. Corrente	...	...	...
1.3.1.2. Percolação			X
1.3.2. Gases	X		
1.3.3. Sólidos	X		
1.4. Componentes Adicionais	X		
1.4.1. Ausência de luz		X	
1.4.2. Silêncio	X		
2. BIOLÓGICO			
2.1. Fauna	X		
2.1.1. Interna	X		

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERU.
2.1.1.1. Troglóxena	X		
2.1.1.2. Troglófila			X
2.1.1.3. Troglóbia			X
2.1.2. Externa	X		
2.2. Flora			
2.2.1. Interna			X
2.2.2. Superficial	X		
2.3. Fluxo de Energia			
2.3.1. Matéria orgânica	X		
2.3.1.1. Produção			X
2.3.1.2. Transporte	X		
2.3.2. Luz	X		
2.3.3. Umidade			X
2.4. Cadeias Alimentares			X
2.4.1. Subsistema terrestre			X
2.4.2. Subsistema aquático			X
<b>3. SÓCIO-ECONÔMICO/CULTURAL</b>			
3.1. Importância			
3.1.1. Pré-histórica			X
3.1.1.1. Vestígios arqueológicos			X
3.1.1.2. Vestígios paleontológicos			X
3.1.2. Espeleológica	X		
3.1.3. Outras	X		
3.2. História/Folclore		X	
3.3. Religião		X	
3.4. Paisagem	X		
3.5. Lazer/Turismo		X	

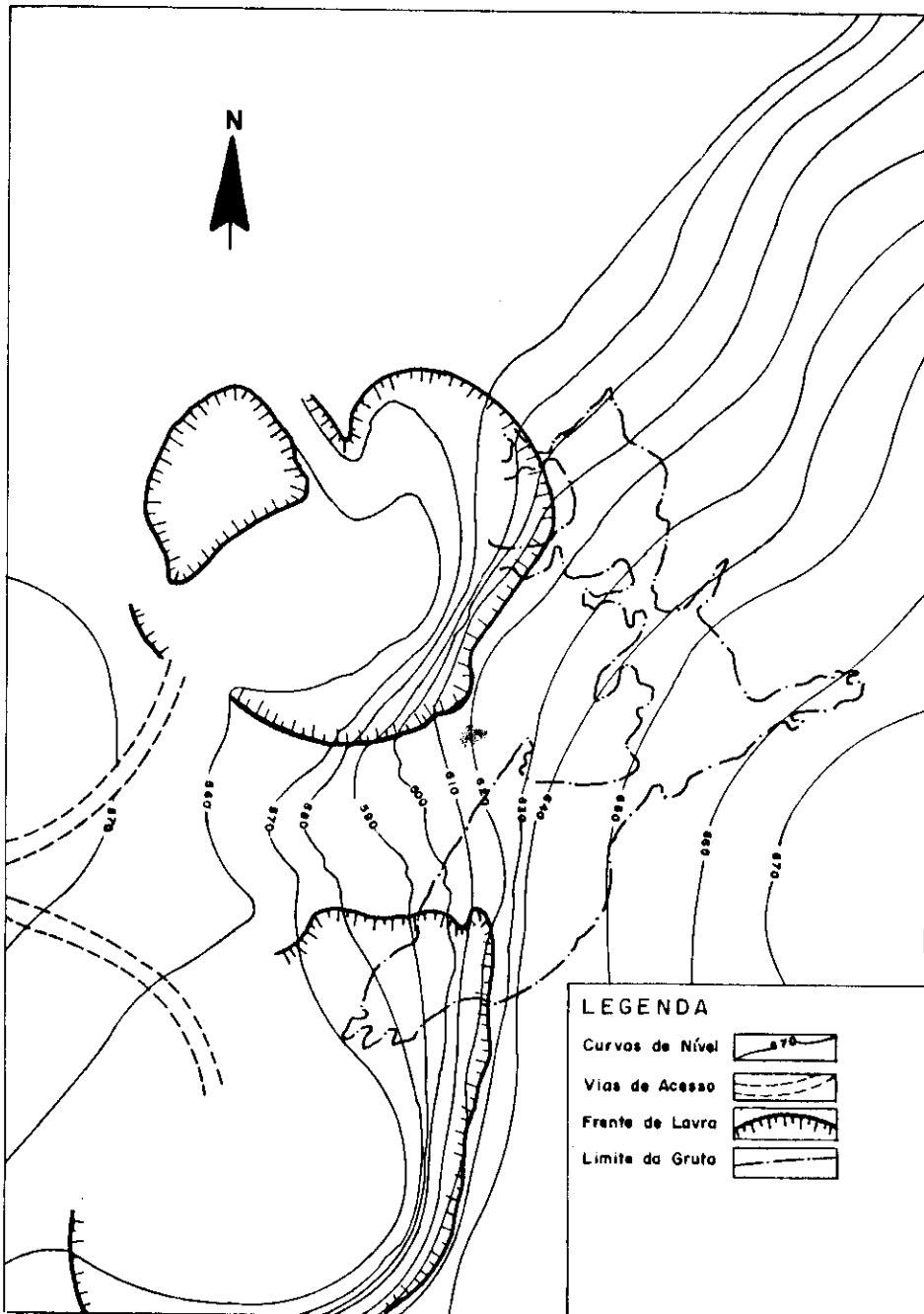




Fot. 33. Blocos abatidos no primeiro salão e desfiguração da entrada da gruta Lagoa Rica por ação de cargas explosivas nas proximidades.



Fot. 34. Instabilidade física dos últimos salões da gruta, com destruição de espeleotemas.



Fonte: GBPE, 1989 (modificado).

Fig. 27. Planta baixa mostrando o impacto direto das frentes de lavra da empresa Inaê na gruta Lagoa Rica (Paracatu-MG).

Grandes colunas, estalagmites e estalactites, situadas a mais de 20 m da entrada, apesar da distância foram danificadas em toda a sua extensão por pedras lançadas pela detonação de cargas instaladas na entrada da cavidade, resultando em total desfiguração desses espeleotemas pelas marcas deixadas na superfície dos mesmos (Fot. 35).

Com a obstrução total da única entrada aérea da caverna e, posteriormente, sua abertura parcial, aliada à modificação da morfologia da boca de entrada e da topografia interna, houve possivelmente interferências no fluxo de ar, na temperatura e na umidade relativa do ar de seus salões e galerias.

Dos componentes adicionais, o silêncio foi o elemento afetado, sendo que o grau de luminosidade não sofreu interferências visíveis.

Dos movimentos de massa, a água de percolação foi o único elemento que não apresentava alterações, na ocasião das visitas, que pudessem ser atribuídas à atividade minerária em curso.

Entretanto, a possibilidade de interferências também nesse elemento é grande, tendo em vista os desmatamentos realizados na superfície e a utilização das águas da lagoa Rica (que possivelmente se interliga com os lagos da caverna) no processo de beneficiamento da rocha (Fig. 28).

Os gases e sólidos, e demais componentes dos movimentos de massa, foram possivelmente afetados pela modificação estrutural interna da caverna, principalmente quando do bloqueio total da entrada por quase 06 meses, de julho a dezembro de 1988.

Ao nível biológico, tanto a fauna interna quanto a externa foram duramente atingidas. Repercussões negativas são evidentes nos animais troglótenos, em especial os morcegos, devido à destruição e à obstrução da entrada da caverna, o que impediu a circulação dos animais entre as zonas interna



Fot. 35. Estalactites danificadas no salão do primeiro lago, em decorrência das intensas vibrações no terreno (Lagoa Rica).



Fot. 36. Paisagem principal de Lagoa Rica que demandara vultosos investimentos para sua reabilitação (no círculo, o local onde se achava a entrada da gruta).

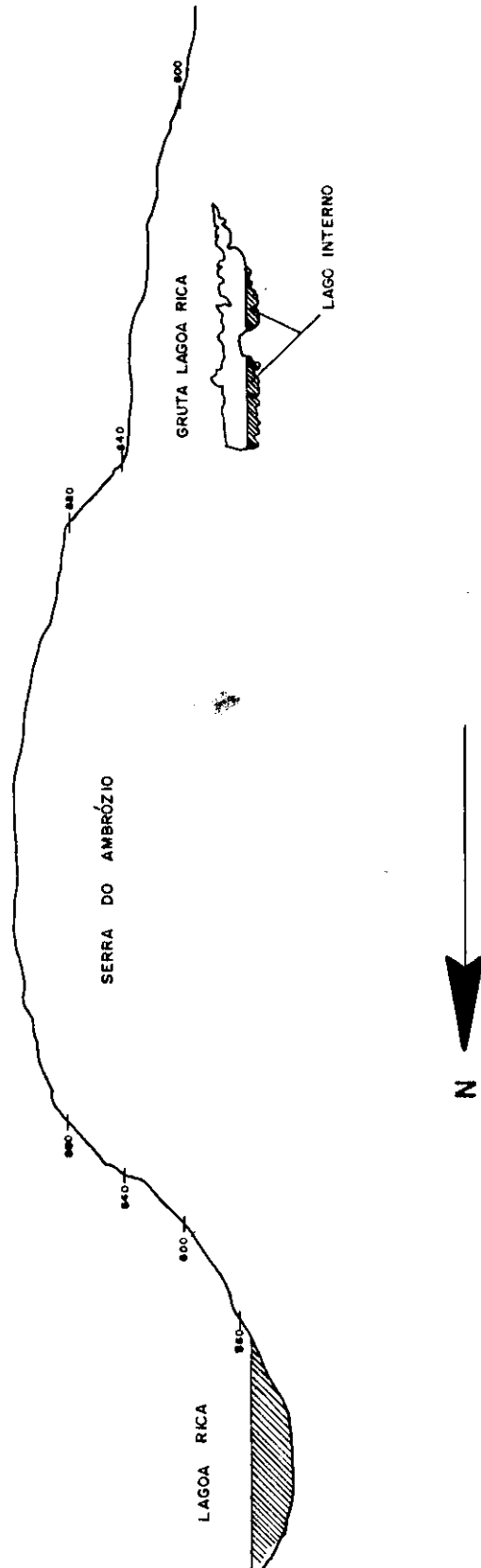


Fig. 28. Desenho, em corte, da Serra do Ambrózio, mostrando a relação hidrológica entre a lagoa Rica e a gruta (Paracatu-MG).

e externa, por longo período, bem como nas aves que nidificavam nas cavidades das paredes e do piso da entrada, e nos insetos e outros grupos animais de pequeno e médio porte, comuns na região que ali encontravam abrigo.

Externamente, os prejuízos à fauna, além da perda do abrigo que a entrada da caverna representava, foram melhor percebidos na evasão dos animais de pequeno e médio porte das matas próximas às frentes de lavra.

Os impactos na flora superficial caracterizaram-se pelo desmatamento indiscriminado de áreas que só seriam objeto de mineração três ou quatro anos mais tarde. Internamente, não foram observadas interferências diretas, embora a flora possa ter sido atingida pelas modificações introduzidas no ambiente.

Apesar de não terem sido observadas interferências na produção de matéria orgânica, esta pode ser considerada, dada as modificações introduzidas no meio físico da caverna.

Pelas mesmas razões, o transporte de matéria orgânica, a luminosidade e a umidade foram alterados, sendo significativas as alterações na estrutura da caverna e no equilíbrio dos elementos do nível físico.

Apesar de não ter sido possível, com os meios e as condições existentes na ocasião das observações, a detecção de impactos secundários nas cadeias alimentares, torna-se evidente a sua ocorrência, considerando as graves perturbações havidas nos elementos do meio físico e na fauna e flora da caverna.

Quanto à sócio-economia e aos aspectos culturais envolvidos, a relevância científica que a gruta da Lagoa Rica apresenta foi - apenas considerando as possibilidades espeleológicas - sensivelmente prejudicada pelas modificações humanas em seu ecossistema, sobretudo ao nível físico.

Foi possível divisar interferências diretas apenas no elemento "paisagem", tendo em vista a inexistência de es-

tudos arqueológicos ou paleontológicos na área da caverna, além de não terem sido verificadas manifestações folclóricas ou religiosas, ou qualquer fato ou registro histórico relevante da municipalidade associado à gruta da Lagoa Rica.

Drasticamente descaracterizada, a recomposição paisagística externa, se possível, só se dará às custas de muito esforço político e financeiro, sendo trabalho para muitos anos (Fot. 36).

Destaca-se, no caso Lagoa Rica, os impactos aplicados na rede hidrológica da caverna, tão desnecessários quanto danosos ao ecossistema.

Na gênese das feições cársticas calcárias, nas quais se insere as cavernas como um dos seus componentes, a água, entre os muitos processos envolvidos, assume uma participação decisiva, através da erosão mecânica ou da abrasão marinha, e, fundamentalmente, na corrosão, por agentes químicos, dissolução e transporte da rocha (Davis, 1930; Allievi & Lino, 1980; Novaes Pinto, 1984; Lino, 1989).

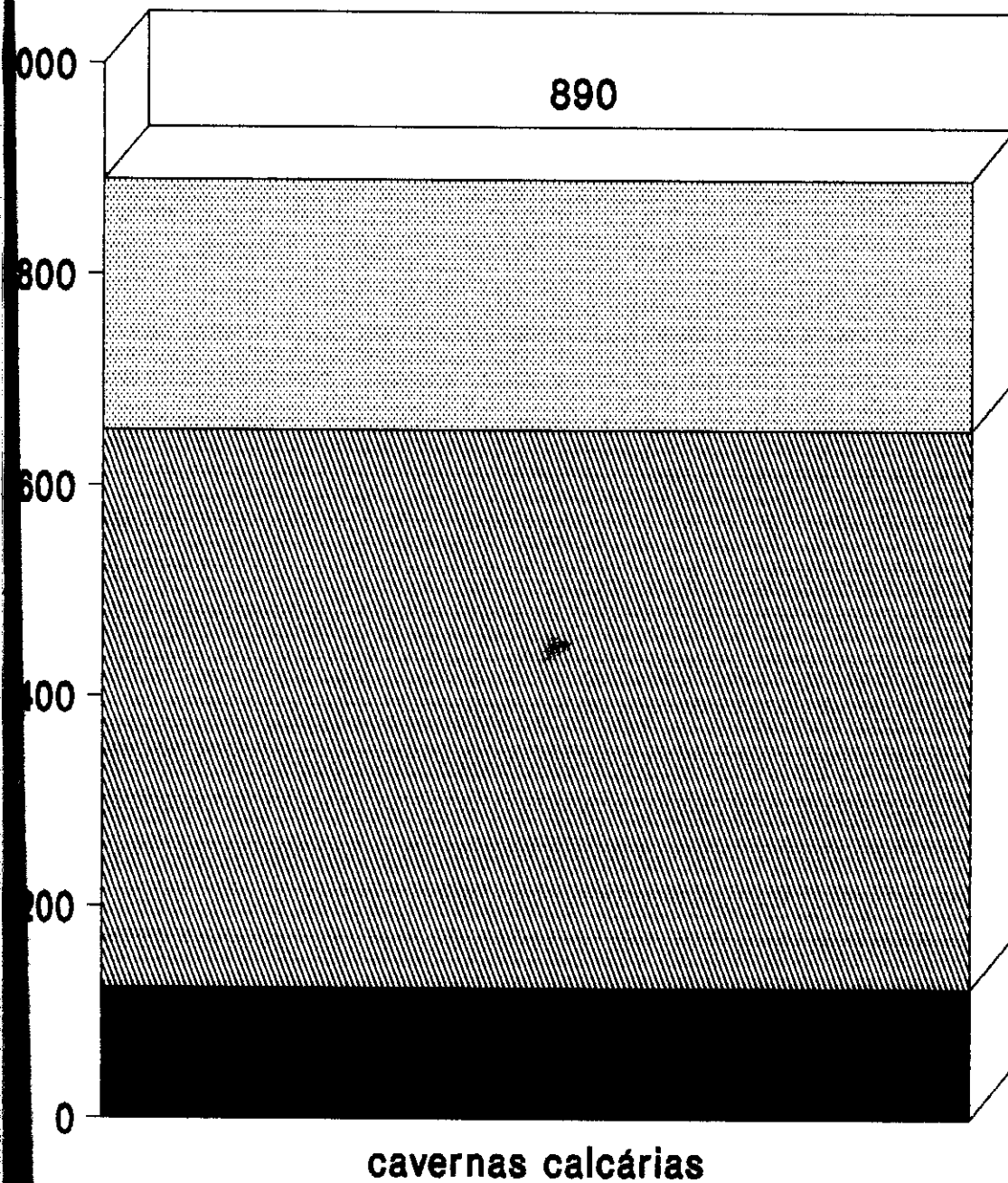
Tal participação se estende além dos aspectos físicos, contribuindo também na instalação e manutenção das cadeias alimentares das cavernas e, assim, na constituição, em grande parte, de um ecossistema típico (Vandel, 1965; Barr, 1971; Pérez-Conca, 1977).

Através dos dados contidos no Cadastro Nacional de Cavidades Naturais (Apêndice 2), mantido pela Sociedade Brasileira de Espeleologia, constatou-se esta forte interação com o regime hidrológico - subterrâneo ou superficial - pois 30% (47) das cavernas calcárias cadastradas apresentam algum curso d'água perene (Fig. 29).

Apesar das 70% restantes serem passíveis de enquadramento como "secas" - por não apresentarem corpos d'água significativos (rios ou lagos) permanentes em seu interior -

---

47. Foram consideradas apenas as cavernas cujos dados fossem conhecidos, dispensando as que, apesar de relacionadas, não apresentassem definição quanto ao item "hidrologia" do referido cadastro.



- sem água no interior    
  com água no interior  
 com água perene

Fig. 29. 30% das cavernas calcárias cadastradas apresentam algum curso d'água perene em seu interior.



, ainda assim o grau de umidade relativa do ar dessas cavernas é normalmente elevado - oscilando entre 90 % e 100 %, mesmo em regiões de semi-árido, conforme Lino (1989) e Polson & White (1969), entre outros autores.

As cavernas teriam, assim, maior susceptibilidade aos impactos que introduzissem modificações nos seus corpos d'água, superficiais e/ou subterrâneos.

Neste sentido, Lino (1989) ressalta que a degradação indireta das cavernas pode dizimar toda a vida existente nesses ambientes, sobretudo através da destruição do entorno e da poluição das águas que percorrem as redes cársticas.

Segundo este pesquisador, "a poluição das águas subterrâneas não é causada (...) apenas por deposição direta dos rejeitos. O problema tem se ampliado em todo o mundo devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura, aos processos erosivos pelo mau uso do solo, aos efluentes industriais não tratados e aos rejeitos e poluentes oriundos da mineração irregular" (48).

Na gruta de Lagoa Rica, observou-se que a atividade minerária interferiu nos cursos d'água que participam da rede hidrológica da região, à qual a caverna pertence.

Foi construído, pela empresa, um canal para captação das águas do córrego do Sabão e transporte para uma pequena lagoa próxima, denominada Sanguessuga, que teve a sua comunicação com a lagoa Rica bloqueada por uma barragem.

A água assim represada destinava-se às atividades de manutenção das operações e para consumo dos funcionários, além de servir a uma fase dos trabalhos de mineração peculiar a essa empresa: a lavagem das pedras calcárias extraídas da pedreira. Após o uso, os efluentes gerados eram então lançados de volta ao córrego.

---

48. Clayton Ferreira LINO, *Cavernas: o fascinante Brasil subterrâneo*, p. 254.

Os impactos secundários, neste caso, são (apesar de sua avaliação não ter sido pretendida neste trabalho) claramente qualificáveis e, a longo prazo, os que causarão os piores problemas à gruta da Lagoa Rica e a seu sistema ecológico.

A gruta de Lapa Nova, por sua vez, não apresenta impactos diretos significativos no meio físico decorrentes das atividades minerárias em curso pela Companhia Mineira de Metais (Tab. 11).

Apesar das áreas de lavra se encontrarem relativamente próximas à cavidade (cerca de 70 m entre os pontos mais próximos) (Fig. 30), testes sísmicos levados à efeito pela empresa revelaram que as detonações, na forma em que estão sendo realizadas, não têm produzido qualquer dano às estruturas e formações existentes na caverna. De fato, segundo observou-se, não haviam sido afetados pela mineração, até a data das visitas, a estabilidade e disposição das rochas e a topografia ou o solo, pois as condições físicas internas permaneciam inalteradas.

Dos componentes adicionais, somente o silêncio, com o aumento do nível de ruídos e vibrações, sofreu alterações.

Não foram observados, por sua vez, impactos nos movimentos de massa, águas de percolação, gases ou sólidos.

Ao nível biológico apontam-se impactos na fauna e flora externa, em decorrência de desmatamentos no maciço e nas imediações da entrada da caverna.

Com excessão do grau de luminosidade e dos elementos do microclima nos salões de entrada da caverna - devido à remoção da vegetação de entrada -, a produção e o transporte de matéria orgânica, a umidade, a fauna e a flora interna e as cadeias alimentares não apresentavam impactos que pudessem ser sugeridos pelas poucas alterações havidas externamente.

Tab. 11. Resultados das observações na gruta Lapa Nova.

CAVERNA : LAPA NOVA			
EMPRESA : Companhia Mineira de Metais - CMM			
LOCAL : Vazante-MG.			
NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERV.
1. FÍSICO			
1.1. Rocha		X	
1.1.1. Estabilidade interna		X	
1.1.2. Disposição interna		X	
1.2. Substrato		X	
1.2.1. Topografia		X	
1.2.1.1. Sedimentos fluviais	...	...	...
1.2.1.2. Espelotomas		X	
1.2.2. Solo		X	
1.4. Movimentos de Massa			X
1.4.1. Água			X
1.4.1.1. Corrente	...	...	...
1.4.1.2. Percolação			X
1.4.2. Gases			X
1.4.3. Sólidos			X
1.5. Componentes Adicionais	X		
1.5.1. Ausência de luz		X	
1.5.2. Silêncio	X		
2. BIOLÓGICO			
2.1. Fauna	X		
2.1.1. Interna			X

NÍVEL	AFETA	NÃO AFETA	NÃO OBSERU.
2.1.1.1. Troglóxena			X
2.1.1.2. Troglófila			X
2.1.1.3. Troglóbia			X
2.1.2. Externa	X		
2.2. Flora			
2.2.1. Interna			X
2.2.2. Superficial	X		
2.3. Fluxo de Energia			
2.3.1. Matéria orgânica			X
2.3.1.1. Produção			X
2.3.1.2. Transporte			X
2.3.2. Luz	X		
2.3.3. Umidade			X
2.4. Cadeias Alimentares			X
2.4.1. Subsistema terrestre			X
2.4.2. Subsistema aquático			X
<b>3. SÓCIO-ECONÔMICO/CULTURAL</b>			
3.1. Importância			
3.1.1. Pré-histórica	...	...	...
3.1.1.1. Vestígios arqueológicos	...	...	...
3.1.1.2. Vestígios paleontológicos	...	...	...
3.1.2. Espeleológica	X		
3.1.3. Outras	X		
3.2. História/Folclore	X		
3.3. Religião	X		
3.4. Paisagem	X		
3.5. Lazer/Turismo	X		

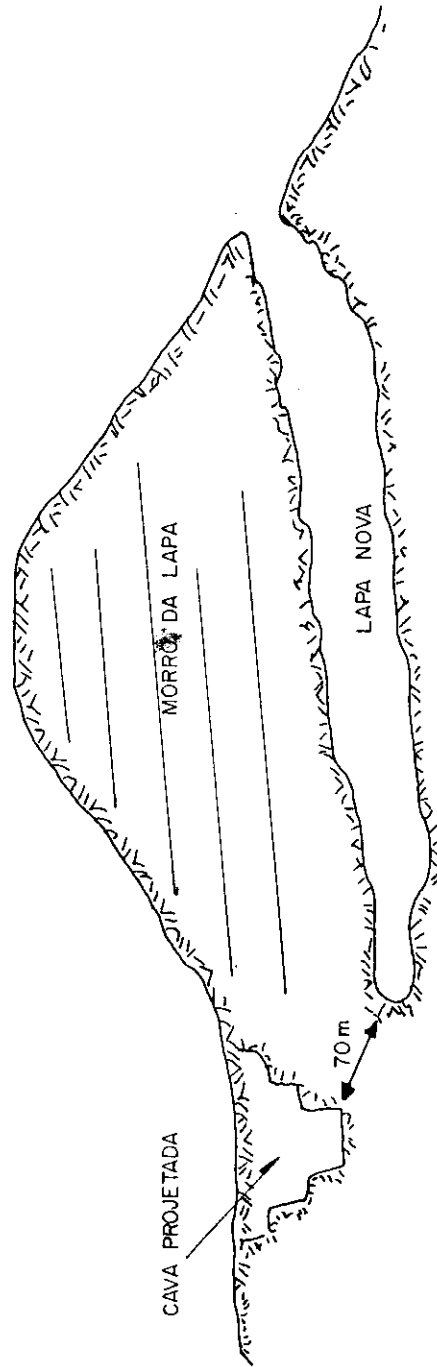


Fig. 30. Desenho, em corte, do Morro da Lapa, mostrando a proximidade da cava final da CMM com a gruta Lapa da Pedra (Vazante-MG).

Porém, ao nível sócio-econômico/cultural é que foram observados os mais fortes impactos.

Historicamente ligada ao surgimento da cidade de Vazante, a gruta de Lapa Nova é reconhecida pela população local como um patrimônio natural do município (Mello, 1977).

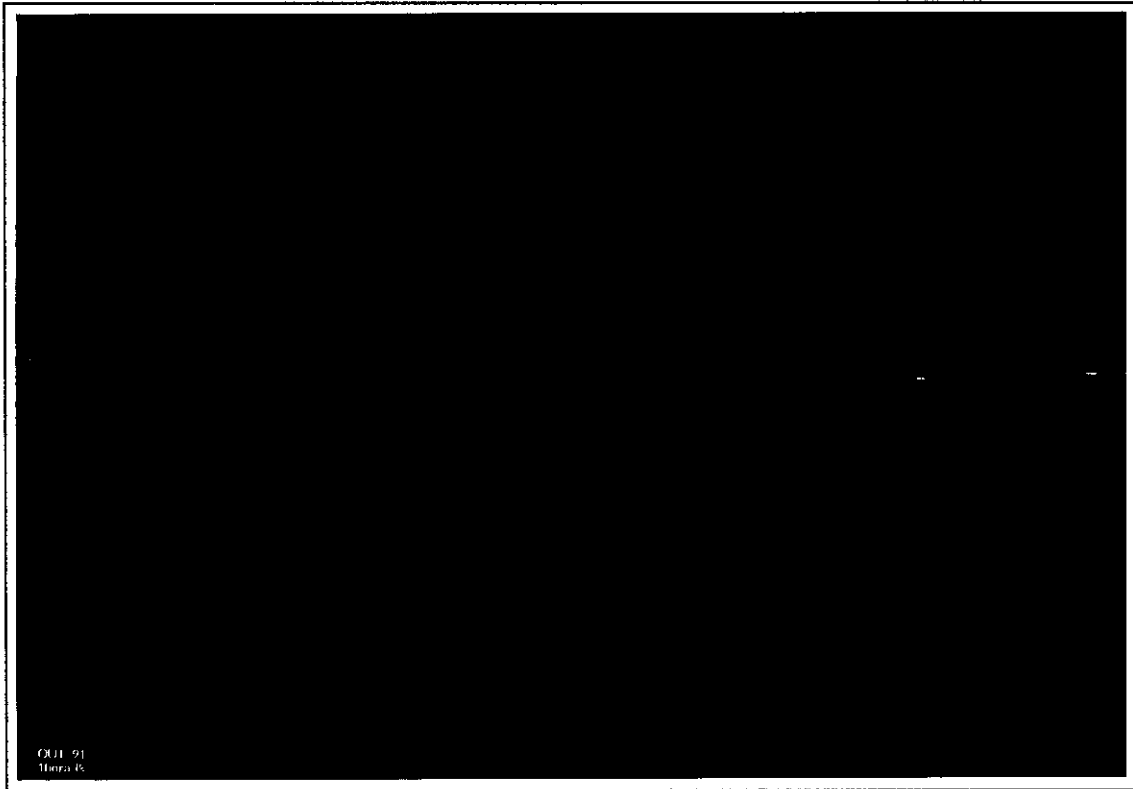
A caverna também alcança grande importância nas manifestações religiosas da cidade e de todo o município, com procissões, romarias e demais festividades religiosas nas datas mais importantes do calendário católico brasileiro, além de peregrinações individuais ou coletivas que ocorrem, afastadas de qualquer motivo especial, durante todo o ano.

Além da natureza histórica e da religiosidade manifestada na caverna pela população local, atividades recreacionais e turísticas são também desenvolvidas na gruta Lapa Nova, devido às condições favoráveis apresentadas, como grandes salões e amplas galerias, piso predominantemente horizontal e desprovido de obstáculos, belos e variados espeleotemas e localização privilegiada (dista apenas 5 km do centro urbano).

Dessa forma, com a instalação da atividade minerária nas proximidades da gruta, a população do município manifestou-se contrária ao empreendimento, temendo que Lapa Nova viesse a ser danificada ou destruída por completo.

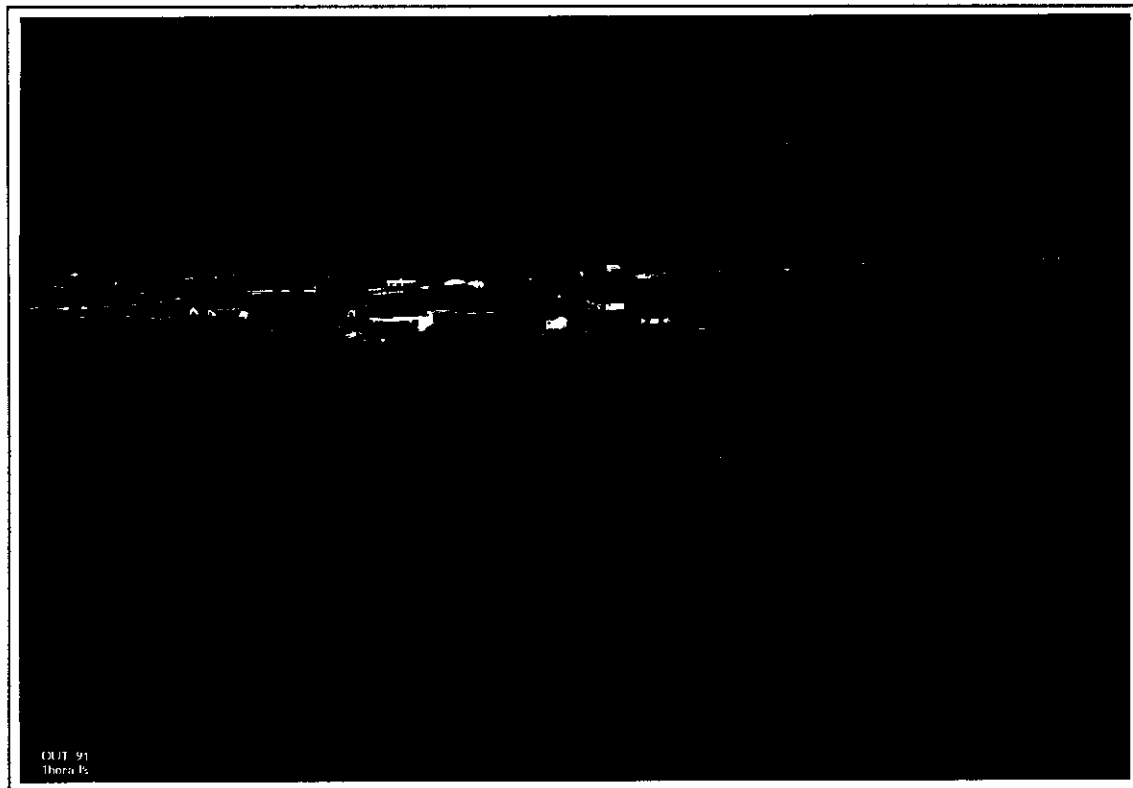
A paisagem, também afetada pelo empreendimento, apresentou, entretanto, um quadro mais crítico que os demais a ela relacionados, tendo em vista a grande proximidade do perímetro urbano e das atividades estarem situadas em nível topográfico desfavorável (superior ao da cidade).

Dada a grande proximidade da lavra a céu aberto à área urbana da cidade (Fots. 37 e 38), verificam-se, também, alguns problemas típicos relacionados à mineração em zonas urbanas, com transtornos aos moradores mais próximos, como problemas respiratórios e pequenos incidentes, motivados pela quantidade de material particulado em suspensão no ar e pelos



CUI 91  
Thera B

**Fot. 37.** Praça de lavra da CMM com a cidade de Vazante ao fundo.



CUI 91  
Thera B

**Fot. 38.** Zona de contato das áreas de bota-fora da CMM com um bairro da cidade de Vazante.

eventuais ultralanchamentos de pedras por explosões nas cavas, respectivamente (49).

#### 4.3 OS ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL E AS CAVERNAS

As metodologias de avaliação de impacto ambiental podem ser entendidas como a tentativa de se prever um cenário futuro, de uma determinada área ou região, decorrente da reação do ambiente a um conjunto de intervenções impactantes que nele será introduzido e que o afetarão, para que sejam identificadas, planejadas e realizadas ações que evitem ou atenuem os efeitos indesejáveis prognosticados e ampliem os efeitos desejáveis.

Para tanto, é necessário identificar e conhecer os fatores ambientais que atuam na região (palco dos acontecimentos previstos) e as intervenções ambientais que caracterizam o empreendimento, para que as alterações ambientais e suas consequências - que gerarão uma nova situação biogeofísica para a área - possam ser vaticinados.

Dai que quanto mais se identifica e melhor se conhece os fatores ambientais atuantes, mais completo e melhor será o prognóstico, e mais efetivas poderão ser as ações mitigadoras e/ou maximizadoras.

Arnould (1989), a respeito dos estudos de impacto de mineração de agregados sobre o meio ambiente na França, afirma que os mesmos apresentam características internacionais que podem ser descritas por:

---

49. Conforme informações obtidas junto aos moradores do bairro mais próximo, localizado à apenas 150 m das áreas de lavra.



1. análise do estado inicial;
2. análise dos efeitos projetados, previstos pelo projeto de mineração;
3. justificativa do projeto;
4. medidas previstas para prevenir, suprimir, reduzir ou compensar os efeitos, com uma avaliação do custo das que vierem a ser tomadas;
5. medidas previstas para a devolução do estado original e a que preço.

Na verdade, a mudança de uma qualidade ambiental existente para outra (melhor ou pior da que seria sem o empreendimento, e não em relação à atual) é o centro do problema, pela qual o tomador de decisão terá que se posicionar, favoravelmente ou não, auxiliado pelos EIA/RIMA.

Não existe, sobretudo na atividade mineral, "devolução do estado original", compreendido como o retorno ao estado inicial antes da degradação, pois envolve antes de tudo: movimentação da terra, alteração na topografia e retirada de um produto que não será repostos.

É preciso que se estabeleça a qualidade ambiental que se queira ter no futuro (cenário fim) para a área modificada, que poderá ser desde uma tentativa de aproximação do que ela é hoje, através da reintrodução dos mesmos fatores ambientais (mas jamais igual), até ao que ela seria sem o empreendimento, casos os fatores ambientais existentes tivessem continuado a agir sem intervenções, ou outra totalmente diversa, mas integrada à estabilidade e à dinâmica dos ecossistemas de que faz parte.

O enfoque através de cenários (atual, futuro sem a ação e futuro com a ação) é uma boa forma de se compreender e analisar as forças (físicas, biológicas, sociais, econômicas,

culturais) presentes nas ações de mineração de rochas calcárias e de proteção de cavernas.

Assim, pode-se dar um tratamento matemático à problemática atual da avaliação de impactos ambientais em cavernas, derivados da exploração de rochas calcárias, através da seguinte equação:

Seja IAp, O "Impacto Ambiental - previsto", avaliado antes do evento, e IAr o " Impacto Ambiental - real", medido durante e após o evento; SAFCEp, a "Situação Ambiental Futura Com o Evento - previsto", considerada a partir da caracterização do empreendimento, e SAFCEr a "Situação Ambiental Futura Com o Evento - real", verificada durante e após a operação do empreendimento; SAA, a "Situação Ambiental Atual", obtida pelo levantamento dos aspectos físicos, químicos, biológicos e sócio-econômicos atuantes que caracterizam o ambiente considerado; SAFSEp a "Situação Ambiental Futura Sem o Evento - Previsto", avaliada segundo a atuação e a interação dos fatores ambientais atualmente existentes na área, e SAFSEr a "Situação Ambiental Futura Sem o Empreendimento - real", decorrente da evolução dos fatores ambientais envolvidos; e EM o "Erro Metodológico".

Agora, se:

$$\begin{aligned} IAp &= SAFCEp - SAFSEp \\ IAp + SAFSEp &= SAFCEp \\ \text{então: } SAFSEp &= SAFCEp - IAp \quad (1) \end{aligned}$$

Ainda, se:

$$\begin{aligned} IAr &= SAFCEr - SAFSEp \\ IAr + SAFSEp &= SAFCEr \\ \text{então: } SAFSEp &= SAFCEr - IAr \quad (2) \end{aligned}$$

Agora, se a equação (1) = (2), então:

$$\text{SAFCEp} - \text{IAP} = \text{SAFCER} - \text{IAR}$$

$$\text{SAFCEp} + \text{IAR} = \text{SAFCER} + \text{IAP}$$

$$\text{IAR} - \text{IAP} = \text{SAFCER} - \text{SAFCEp}$$

onde:

$$\text{IAR} = (\text{SAFCER} - \text{SAFCEp}) + \text{IAP} \quad (3)$$

Na Figura 31 tem-se a representação gráfica do erro metodológico (EM), saído da equação:

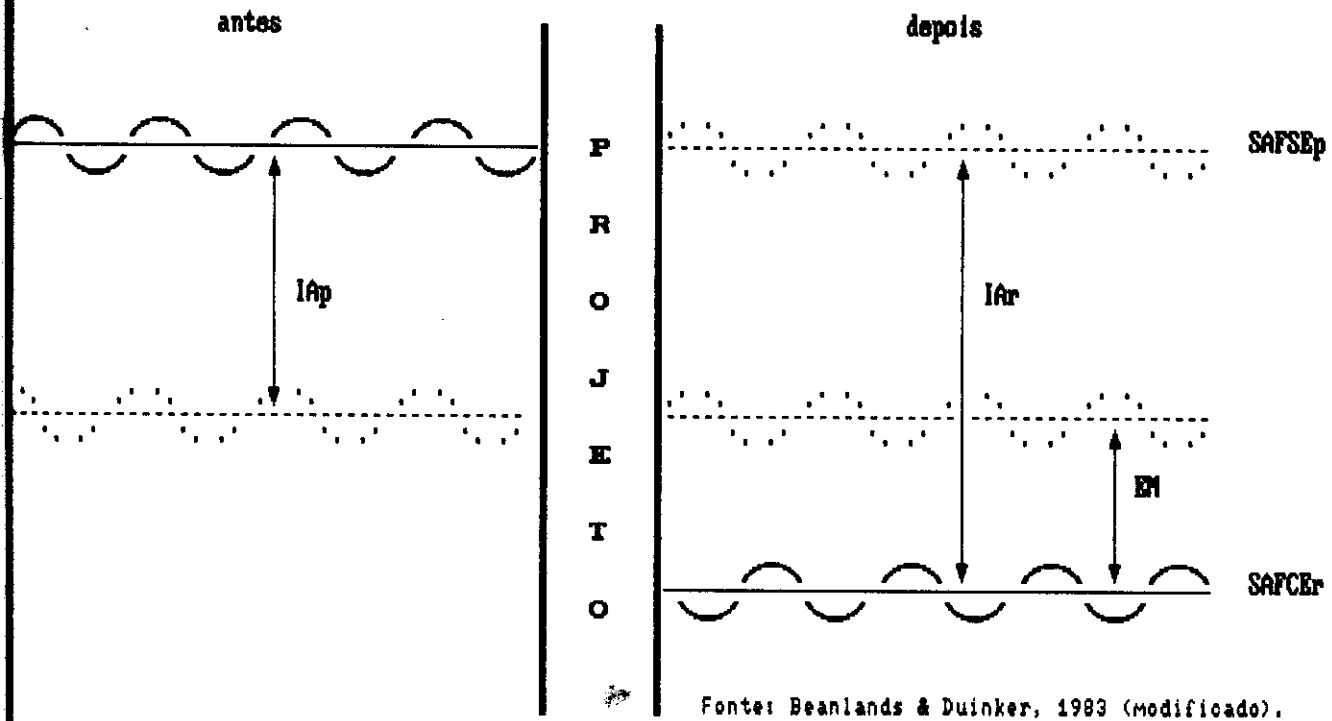
$$\text{EM} = \text{SAFCER} - \text{SAFCEp}$$

ou

$$\text{EM} = \text{IAR} - \text{IAP} \quad \text{onde, } \text{IAR} > \text{IAP}.$$

O desafio é tornar EM o mais próximo possível do zero, o que significaria que as metodologias adotadas para a avaliação de impactos ambientais são capazes de prognosticar com precisão os efeitos que serão produzidos pelo evento, e, assim, dar maior segurança e liberdade de escolha aos tomadores de decisão e à sociedades como um todo.

Por falta de indicadores ambientais próprios, de levantamentos de dados eficientes e de padrões de comportamento específico para os elementos e atributos da caverna sob intervenção, o conjunto de fatores ambientais da área de influência do empreendimento, e seus efeitos no meio, são insuficientemente conhecidos e mal analisados, podendo conduzir a falhas no prognóstico dos cenários futuros, levando a um EM elevado e de grande risco para os ecossistemas de caverna, como o existente na gruta Tamboril face as atividades da empresa Santo Inácio, em Unai-MG.



$$EM = SAFCEr - SAFSEp$$

ou

$$EM = IAr - IAp$$

onde  $IAr$  e sempre  $> IAp$ .

Fig. 31. Representação gráfica da equação que demonstra o erro metodológico (EM).

Contudo, para uma análise das metodologias hoje aplicadas, foram reunidos 62 trabalhos versando sobre métodos de Avaliação de Impacto Ambiental - AIA, dispostos na Tabela 12, e que foram agrupados em seis sistemas principais por exibirem princípios comuns de organização:

- Diagramas de Sistemas/Redes de Interação;
- Listas de Controle;
- Matrizes de Interação;
- Métodos "Ad hoc";
- Modelos de Simulação;
- Superposição de Transparências.

A análise, procedida em um ou dois métodos representantes de cada tipo de sistema, foi realizada considerando-se as características básicas de cada sistema e confrontando-as com os critérios de qualidade pré-selecionados, os quais deveriam ser exibidos pelos sistemas mais apropriados ao tratamento dos problemas relacionados aos impactos ambientais em caverna.

Os resultados, expressos objetivamente na Tabela 13, foram os seguintes:

#### 4.3.1 Baixo Custo

Três dos seis sistemas em análise - o de Superposição de Transparências, o de Diagrama de Sistemas/Rede de Interação e o de Modelo de Simulação - foram obstados no item "Baixo Custo" por requererem consideráveis volumes de dados dos locais onde se situará o empreendimento, e de um grande comprometimento de recursos humanos e financeiros, de tempo e

Tab. 12. Métodos de avaliação de impacto ambiental.

- ADKINS, W.G. and BURKE, D. (1974) Interim Report: Social, Economic and Environmental Factors in Highway Decision Making,
- APPLEYARD, D. (1973) The Berkeley Environmental Simulation Laboratory: its use in Environmental Impact Assessment.
- APPLEYARD, D. and CRAIK, K.H. (1974) The Berkeley Environmental Simulation Project: its use in environmental impact,
- BAKER, J.K., DEE, N. and FINLEY, J.R. (1974) Measuring impacts of water resource developments on the human environment.
- BALBACH, H.E. and NOVAK, E.W. (1975) Field investigation of an environmental computer system
- BAUNGOLD, M.S. and ENK, G. A. (eds.) (1972) Toward a Systematic Approach to Environmental Impact Review.
- BISHOP, A.B. (1972) An approach to evaluating environmental, social and economic factors in water resources planning.
- BISHOP, R.C. (1974) Uncertainty and the evaluation of environmental impacts: a case study, in Dickert, t.G. and Domeny,
- BURNHAM, J.B., KARR, M. H, WILFEST, G.L., MAYNARD, W.S., NZALEY, S. M., JONES, G., JONES, I., GRAY, B., PARKER, N., COE, J. and GEITNER, N. (1974) Techniques for Environmental Decision Making Using Quantified Social and Aesthetic Values.
- CENTRAL NEW YORK REGIONAL PLANNING AND DEVELOPMENT BOARD (1972) Environmental Resources Management.
- DAVIS, M. (1975) Future directions in environmental impact analysis.
- DEE, N., BAKER, J. K., DROBNY, N.L., DUKE, K. M. and FAHRINGER, D.C. (1972) Environmental Evaluation System for Water Resource Planning. Final Report.
- DEE, N., BAKER, J.K., DROBNY, N.L., DUKE, K. M. AND FAHRINGER, D. C. (1973) Planning Methodology for Water Quality Management: Environmental Evaluation Systems.
- DEE, N., BAKER, J.K., FROBNY, N.L., DUKE, K. M., WHITMAN, I. and FAHRINGER, D.C. (1973) An environmental evaluation system for water resources planning.
- DEE, N., MAIDEN, B., BERNHAGEN, W. and SCHROEDER, R. (1975) Application of environmental impact assessment modeling to macro-scale land use planning
- DUKE, K.M., DEE, N., FAHRINGER, D.C., MAIDEN, B.G., MOODY, C.W., POMEROY, S.E. and WATKINS, G. A. (1977) Environmental Quality Assessment in Multiobjective Planning.
- ENVIRONMENTAL CANADA (1974) An Environmental Assessment of Nanaimo Port Alternatives.
- FISCHER, D.W. and DAVIES, G.S. (1973) An approach to assessing environmental impacts.
- GILLILAND, M.W. and RISSER, P. g. (1977) The use of systems diagrams for environmental impact assessment: procedures and an application.
- HOLLING, C. S. (ed.) (1978) Adaptive Environmental Assessment and Management.
- HYDE, L.W. (1974) Environmental Impact Assessment by Use of Matrix Diagram.
- INHABER, H. (1977) Indices of environmental quality and their use in environmental assessment
- INSTITUTE OF ECOLOGY (1971) Optimum Patway Matrix Analysis Approach to the Environmental Decision-Making Process.
- KANE, J., VERTINSKY, I. and THOMSON, W. (1973) A methodology for interactive resource simulation.
- KENEY, R.L. (1976) Preference Models of Environmental Impact.
- KENEY, R. L. and ROBILLIARD, G. A. (1977) Assessing and evaluating environmental impacts at proposed nuclear power plant sites.
- KRAUSKOPP, T. M. and bunde, D. C. (1972) Evaluation of environmental impact through a computer modeling process, in Ditton, R. and Goodale, T. (eds.)
- LEE, E.Y.S., JAIN, R.K., LEE, E.K.C. and GETTEL, B. (1974) Environmental Impact Computer System.
- LOPPOLD, L.B., CLARKE, F.E., HANSHAW, B.B. and BALSLEY,, J.R. (1971) A Procedure for Evaluating Environmental Impact,
- LORAN, B. (1975) Quantitative assessment of environmental impact.
- MCHARG, I. (1968) A Comprehensive highway Route-selection Method,
- MINSHALL, C.W., DEE, N., Assessment,
- MULTIAGENCY TASK FORCE (1 Planning of
- NEWKIRK, R. T. and THRO Environmental
- NEWMAN, P. (1974) Enviro: implications
- ODUM, H. T. (1972) use of
- ODUM, E. P. , ZIEMAN, J. evaluating
- OGLESBY, C.H., BISHOP, A Alternatives
- OSTRANDER, E. R., CROWBER (1973) Envi Stroudberg,
- PARKER, B.C. and HOWARD, the Dry Vall
- PETERSON, G. L., GEMMEL multidiscipl
- REGIER, H. A. and RAPPORT
- REIQUM, H., DEE, N. and and II.
- RICHARDSON, S. E. , HANSI the Water Re
- ROSS, J.H. (1974) Quantita
- ROSS, J.M. (1976) The Num
- SCHELESINGER, B. and DAET matrix techn
- SMITH, M.A. (1974) Field
- SOLOMON, R. C., COLBERT, Water Resou
- Evaluation
- SONDHEIM, M. W. (1978) A c
- SORENSEN, J. (1971) A Fran the Multiple
- SPHERE ENVIRONMENTAL CON Construction
- STOVER, L.V. (1972) Enviro
- SUZUK, Y., ITO, K. and ONO a case study
- TEKNEKRON, INC. (1977) Hi Statement Met
- TOFNER, R.O. (1973) A bala
- WALTON, L. E. and LEWIS, L WATER RESOURCES COUNCIL, Evaluation Pr
- WELCH, H.W. and LEWIS, G. Environmental
- WHITMAN, I. L., DEE, N., Environmental
- YORQUE, R. (1975) Ecolog Methodologies

- MINSHALL, C.W., DEE, N., GRIFFIN, J. and GOODMAN, F.K. ENVIRONMENTAL CANADA (1974) An Environmental Assessment of Nanaimo Port Alternatives.
- MULTIAGENCY TASK FORCE (1972) Guidelines for Implementing Principles and Standards for Multiobjective Planning of Water Resources, Review Draft.
- NEWKIRK, R. T. and THROUGHTON, M. J. (1974) Computer Based Environmental Assessment Applied to Environmental Assessment.
- NEWMAN, P. (1974) Environmental impact: Part 1 - Development of a semi-quantitative parameter and its implications.
- ODUM, H. T. (1972) use of energy diagrams for environmental impact statements,
- ODUM, E. P., ZIEMAN, J. C., SHUGART, H. H., IKE, A. and CHAMPLIN, J.R. (1975) Totality indices for evaluating environmental impact; a test case-relative impact of highway alternatives
- OGLESBY, C.H., BISHOP, A.B. and WILLEKE, G. (1970) A Method for Decision Among Freeway Location Alternatives,
- OSTRANDER, E. R., CRONBERG, T., HELMREICH, R., HERSHBERGER, R., LOZAR, C. C., SLOAN, S. and SYNDER, I. (1973) Environmental assessment methodology, in Preiser, W. F.E., Hutchinson, D. and Stroudberg, R. (eds.)
- PARKER, B.C. and HOWARD, R.V. (1977) The first environmental monitoring and assessment in antarctica: the Dry Valley Drilling Project.
- PETERSON, G. L., GEMMELL, R.S. and SCHOFFER, J. L. (1974) Assessment of environmental impacts: multidisciplinary judgements of large-scale projects.
- REGIER, H. A. and RAPPORT, D. J. (1977) The application of ecological modeling to impact assessment
- REIQUAM, H., DEE, N. and CHOI, P. (1974) Development of Cross-Media Evaluation Methodology, Vols. I and II.
- RICHARDSON, S. E., HANSEN, W. J., SOLOMON, R. C. and JONES, J. C. (1978) Preliminary Field Test of the Water Resources Assessment Methodology (WRAM)
- ROSS, J.H. (1974) Quantitative Aids to Environmental Impact Assessment
- ROSS, J.H. (1976) The Numeric Weighting of Environmental Interactions
- SCHLESINGER, B. and DAETZ, D. (1973) A conceptual framework for applying environmental assessment matrix techniques.
- SMITH, M.A. (1974) Field Test of an Environmental Assessment Methodology.
- SOLOMON, R. C., COLBERT, B. K., HANSEN, W. J., RICHARDSON, S. E., CANTER, L. and VLACHOS, E. C. (1977) Water Resources Assessment methodology (WRAM)- Impact Assessment and Alternative Evaluation
- SONDHEIM, M. W. (1978) A comprehensive methodology for assessing environmental impact.
- SORENSEN, J. (1971) A Framework for Identification and Control of Resource Degradation and conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone.
- SPHERE ENVIRONMENTAL CONSULTANTS LTD (1974) Loch Carron Area: Comparative Analysis of Platform Construction Sites.
- STOVER, L.V. (1972) Environmental Impact Assessment: A Procedure.
- SUZUKI, Y., ITO, K. and ONO, T. (1977) a simulation model for regional environmental impact analysis - a case study of the Kinki region.
- TEKNEKRON, INC. (1977) High Level Waste Repository Site Suitability Criteria: Environmental Impact Statement Methodology.
- TOPNER, R.O. (1973) A balance sheet for the environment.
- WALTON, L. E. and LEWIS, L. E. (1971) A Manual for Conducting Environmental impact Studies.
- WATER RESOURCES COUNCIL, SPECIAL TASK FORCE (1970) A Summary Analysis of 19 Tests of Proposed Evaluation Procedures on Selected Water and land Resource Projects.
- WELCH, H.W. and LEWIS, G. D. (1976) Assessing environmental impacts of multiple use land management.
- WHITMAN, I. L., DEE, N., MCGINNIS, J.T., FAHRINGER, D. C. and BAKER, J. K. (1971) Design of an Environmental Evaluation System.
- YORQUE, R. (1975) Ecological and Resilience Indicators for Management. Managing the Unknown. Methodologies for Environmental Impact Assessment.

Tab. 13. Resultados da análise dos métodos representativos de cada sistema de acordo com os critérios estabelecidos.

Capacidade de Quantificação e Qualificação de Impactos						
Consideração de Aspectos Sócio-culturais						
Simplicidade de Elaboração						
Clareza de Entendimento						
Baixo Custo						
Modelo	Tipo					
Mc Harg	O	-	+/-	-	+/-	+/-
Krauskopf	O	-	-	-	+	+
Delphi	A	+/-	+	+/-	Ø	+/-
Leopold	M	+	+/-	+	+	+/-
Hyde	M	+	+/-	+	+/-	+/-
Sorensen	R	-	Ø	-	+/-	+/-
Jain/Hurban	C	-	+/-	-	+/-	+/-
Balbach/Novak	C	-	-	-	+/-	+/-
Task Force	L	+	+/-	+/-	+	+/-
Adkins/Burke	L	+	+/-	+/-	+	+/-

Legendas:

. Tipo de Modelo

A = "ad hoc"

C = Modelo de Simulação (computador)

L = Lista de Controle ("check-list")

M = Matriz de Interação

R = Superposição de Transparências ("overlay")

S = Diagrama de Sistema (rede)

. Análise

+ = Apresenta, de maneira significativa

+/- = Apresenta, de maneira moderada

- = Não apresenta

Ø = Não determinado



de tecnologia de computadores (principalmente no sistema de Modelo de Simulação).

Os sistemas "Ad hoc", aqui representados pelo método Delphi, por ser o mais empregado dentre eles, podem apresentar custos relativamente baixos conforme o tamanho da equipe que for mobilizada para os trabalhos. Contudo, esta não poderá ser muito reduzida por força da própria característica do sistema, que apoia sua maior eficiência e objetividade no número sempre maior de especialistas envolvidos (Silveira & Moreira, 1986).

Por outro lado, os sistemas de Matriz de Interação e de Lista de Controle foram os que se apresentaram mais ajustados ao aspecto "Baixo Custo", por requererem número reduzido de dados técnicos, tempo, pessoal especializado e equipamentos.

#### 4.3.2 Capacidade de Qualificação e Quantificação de Impactos

Os sistemas de Simulação, Lista de Controle e Matriz de Interação apresentam condições de avaliação, ao menos qualitativamente, dos impactos produzidos no meio estudado.

Nos modelos de simulação, com o auxílio de base informatizada para as aproximações necessárias, é possível atingir-se a quantificação de impactos para alguns indicadores físicos selecionados, como qualidade do ar, da água e de ruídos, por exemplo. Pode-se, ainda, utilizar dados específicos conhecidos, que não necessariamente tenham sido gerados no caso em que se esteje aplicando o sistema, como, por exemplo, taxas de natalidade/mortalidade, densidade populacional, relação presa-predador, entre outros (Bisset, 1985; Tomlinson, 1986).

As listas de controle e as matrizes de interação, entretanto, permitem apenas a identificação qualitativa dos impactos, não possibilitando a comparação dos impactos de uma mesma matriz ou lista, e nem a sua soma ou acumulação.

Por outro lado, mostram-se de grande eficiência na comparação de alternativas de um mesmo projeto ou ação, assim como nas avaliações preliminares, devido à aproximação inicial que permitem obter do impacto ambiental.

Os sistemas de superposição de transparências e "Ad hoc" apresentam, em relação à capacidade de quantificar e qualificar impactos, características semelhantes aos sistemas anteriores, possibilitando, entretanto, melhores condições para a quantificação dos impactos que os demais (principalmente em relação ao sistema de Superposição de Transparências).

Esta possibilidade, ampliada advém das características do próprio sistema que, utilizando-se de computadores, possui maior capacidade de tratar grande quantidade de dados.

Já os sistemas "Ad hoc", apesar da flexibilidade da sua estrutura - que permite obter respostas específicas para determinada ação, sem contar com um grande volume de dados - não permitem atingir níveis satisfatórios de detalhamento, caracterizando-se mais na qualificação dos impactos do que na sua quantificação, que fica sujeita aos dados disponíveis e ao conhecimento científico e à experiência profissional de cada integrante da equipe.

Os diagramas de sistema, de acordo com a sua estrutura, podem ser capazes de dar um tratamento quantitativo (além do qualitativo) aos impactos. Ao estabelecer a sequência de impactos desencadeados por determinadas ações, e as interações dos componentes ambientais afetados (quando possível), chega-se ao conjunto de ações que, direta ou indiretamente, contribuem para sua magnitude.

Contudo, a consideração apenas dos impactos negativos (especificamente no caso do método de Sorensen aqui analisado) limita a sua utilização, embora possam ser incluídos os impactos benéficos em um Diagrama de Sistema.

#### 4.3.3 Consideração de Aspectos Sócio-Culturais

Todos os sistemas estudados possibilitam, em maior ou menor grau, a contemplação dos aspectos sócio-culturais envolvidos nos empreendimentos sob avaliação.

Seu emprego dependerá, basicamente, dos dados sócio-culturais disponíveis e da composição da equipe que realizará a avaliação, sendo que os sistemas que permitem a utilização de dados informatizados (Superposição de Transparências, Diagrama de Sistema e Modelo de Simulação) apresentam vantagens adicionais por permitirem a inserção de maior número de informações.

Destaca-se, porém, o Sistema de Listas de Controle e Matriz de Interação como os mais adequados ao tratamento das componentes sociais, sendo suficientemente abrangentes (permitem a inclusão de todos os critérios desejados) e sistemáticos (possibilitam a verificação de todos os aspectos do problema, omitidos ou não).

Os sistemas "Ad hoc", entretanto, devido à grande subjetividade e tendenciosidade envolvidas, não permitiram determinar sua capacidade de abordagem de aspectos sócio-culturais, pois dependem sobremaneira da composição da equipe e da forma como os trabalhos serão conduzidos, embora possibilitem o emprego destes aspectos nos Estudos de Impacto Ambiental.

#### 4.3.4 Simplicidade de Elaboração

A complexidade apresentada pelos sistemas de Superposição de Transparências, Diagrama de Sistema e Modelo de Simulação, notadamente pela necessidade de emprego de computadores, especialistas em informática e grande volume de informações, torna-os inadequados para o desenvolvimento de estudos de impacto ambiental de pequenos empreendimentos, pois exigem significativos investimentos em infra-estrutura e recursos humanos especializados, assim como de tempo razoável para a execução dos trabalhos, elevando sobremaneira os custos finais.

Já os sistemas de Matriz de Interação, Lista de Controle e "Ad hoc", nesta ordem, são os que apresentam modelos mais simples de aplicação, com pouca exigência de dados, rapidez de elaboração e baixos investimentos em pessoal especializado e equipamentos.

#### 4.3.5 Clareza de Entendimento

O sistema "Ad hoc" (neste estudo representado pelo método Delphi), é o que melhor se ajusta às exigências definidas por este item, pois permite a participação de pessoas sem formação técnico-científica, porém com conhecimento ou interesse no problema enfocado, o que faz com que os resultados possam vir a ser, ao final, mais acessíveis ao público leigo.

Além disso, a estrutura utilizada para a realização dos trabalhos (no caso uma série de questionários) é bem simples e possibilita uma visualização clara de todo o processo.

O sistema de Superposição de Transparências é muito útil para a difusão ou esclarecimento de informações quando da apresentação do trabalho final ao público. Porém, é difícil esta participação pública durante as fases de elaboração, devido à complexidade dos trabalhos.

As matrizes de interação e as Listas de Controle, por sua vez, não permitem uma interpretação fácil (principalmente as matrizes), a exigir da equipe a produção de um resumo acessível ao público interessado ou às autoridades responsáveis pela tomada de decisão.

Entretanto, é o sistema de Modelo de Simulação que se apresenta mais distante da possibilidade de compreensão por pessoas não-especializadas. A utilização de dados informatizados e a manipulação de grande quantidade de informações impede que a participação pública (nos resultados) seja exercida de maneira mais profícua, tornando-a superficial ou quase inexistente.

Quanto aos Diagramas de Sistemas, a clareza de entendimento está condicionada ao maior ou menor número de interações listadas, decorrentes do número de impactos de 1ª, 2ª ou 3ª ordem gerados em um determinado fator ambiental. Quanto maior o número dessas interações maior a dificuldade de compreensão por pessoas não-especializadas, sobretudo se forem empregados recursos de informática para o tratamento das informações.

Todavia, a sua utilização em empreendimentos de pequeno porte, com baixo índice de impactos, pode gerar um diagrama ou uma rede de interação bastante simplificada e, possivelmente, ao alcance do entendimento pelo público leigo.

Assim, verifica-se, após análise dos sistemas, que as Matrizes de Interação e as Listas de Controle sobrepõem-se aos demais, reunindo o maior número de atributos para o tratamento dos impactos ambientais em caverna, principalmente no tocante à simplicidade de elaboração e ao baixo custo.

Apesar de passível de ser exigido segundo a legislação vigente (50), o estudo de impacto ambiental para a exploração de bens minerais da Classe II (Decreto-Lei nº 227 de 28/02/67), onde se incluem os calcários, pode, a critério do órgão ambiental competente (no caso o Estadual), vir a ser dispensado em função da natureza, localização, porte e demais peculiaridades do empreendimento, cabendo, no lugar do EIA/RIMA, a apresentação pelo empreendedor de um Relatório de Controle Ambiental - RCA a ser elaborado segundo diretrizes estabelecidas pelo órgão ambiental.

De fato, muitos empreendimentos de exploração de minerais de Classe II (como ardósias, argilas e calcários) são de pequeno porte (empresas familiares), que empregam poucos funcionários e apresentam impactos negativos diretos, pontuais e extremamente limitados à sua área física (espacial) de atuação - como, por exemplo, a exploração de mármore ou as caieiras - que não suportariam (financeiramente) ter que realizar um EIA/RIMA para obter (ou não) o licenciamento de sua atividade.

Por outro lado, o Decreto nº 99.556, em seu artigo 3º, assim como a Portaria nº 887 do IBAMA, em seu artigo 4º, declaram a obrigatoriedade de elaboração e estudo prévio de impacto ambiental para ações ou empreendimentos de qualquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previs-

---

50. Resolução CONAMA nº 001 de 23/01/86, artigo 2º, inciso IX; Resolução CONAMA nº 005 de 06/08/87, Inciso I, item 3º; Portaria IBAMA nº 887 de 15/08/90, artigo 4º; Decreto nº 99.556 de 01/10/90, artigo 3º; e a resolução CONAMA nº 010 de 06/12/90, artigo 1º.

tos em áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas ou de potencial espeleológico.

Evidencia-se, assim, que, para que se decida sobre a elaboração de um RCA em substituição ao EIA/RIMA, é indispensável o conhecimento prévio da ocorrência ou não de cavidades naturais subterrâneas, ao menos na área de atuação direta do empreendimento.

A realização de levantamentos espeleológicos de campo, por equipe mínima de quatro espeleólogos (credenciados por associação ou entidade pública constituída para a prática da espeleologia) torna-se, portanto, a base mínima de informações sobre a qual todo o processo de licenciamento de atividades desse tipo em áreas calcárias, deve se apoiar.

Os resultados alcançados pelo presente trabalho indicam ainda que, no caso de empresas de exploração de rochas calcárias para a produção de pó calcário dolomítico e/ou brita - cujas instalações totais e áreas de lavra forem previstas para se localizar em um raio sempre superior a 300 m de qualquer cavidade natural -, os efeitos negativos principais de sua instalação e operação (como degradação da paisagem, poluição atmosférica, ruídos e vibrações no terreno) poderão ser extremamente minimizados apenas com o planejamento do empreendimento em função da caverna (como localização das instalações e vias de acesso, plano de fogos, engenharia de lavra, horários de funcionamento, plano de controle ambiental, monitoramento, plano de reabilitação da área minerada e tempo de vida (produção máxima para a área), podendo vir a ser adotado, também, o RCA no lugar do EIA/RIMA.

Porém, caso haja o interesse em se processar a atividade em raio inferior a 300 m de uma caverna conhecida (ou descoberta pelos trabalhos preliminares de levantamento espeleológico na área pretendida), o EIA/RIMA não poderá deixar,

em nenhuma hipótese, de ser exigido pelo órgão ambiental competente.

Neste caso, o EIA deverá ser realizado obedecendo-se a todos os preceitos legais contidos nas Resoluções do CONAMA que regulam o assunto, sendo que algumas considerações no tocante à composição da equipe e à participação pública precisam ser feitas.

O artigo 7º da Resolução CONAMA nº 001, de 23/01/86, que instituiu os EIA/RIMA para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, determinou que os estudos fossem conduzidos por equipe multidisciplinar habilitada.

Nos casos que envolvem cavernas é importante que essa equipe venha a ser composta por, no mínimo, quatro especialistas em espeleologia, sendo: um biólogo, um geólogo, um especialista em prospecção/exploração e outro em topografia/mapeamento de cavernas.

Um problema que se apresenta é em relação à "habilitação", exigidas no texto da Resolução, já que a especialidade ainda não existe formalmente nos currículos acadêmicos.

Poder-se-ia contornar esse obstáculo, pelos órgãos ambientais competentes, através da exigência de filiação direta ou indireta (por uma entidade a ela filiada) à Sociedade Brasileira de Espeleologia, como garantia da capacidade dos membros da equipe em realizar um trabalho de qualidade e confiança.

Já a participação pública, que segundo a Resolução CONAMA nº 009, de 03 de dezembro de 1987 (51), está condicionada apenas à audiência pública e, ainda, ao juízo do órgão de meio ambiente de haver ou não (salvo se solicitado por entidade civil, pelo Ministério Público ou por 50 ou mais cidadãos), deveria ser obrigatória nos casos que envolvam

---

51. Resolução aprovada na 15ª Reunião Ordinária do CONAMA, porém, só referendada pelo presidente do Conselho por ocasião da 24ª Reunião, em 28 de junho de 1990.



cavernas com atributos históricos (locais, regionais ou nacionais), culturais (de fundo religioso ou folclórico) ou turísticos (formal ou não, irregular ou não), e necessariamente realizada (ao menos uma delas) na sede do município ao qual pertença a ou as cavidades do estudo, e não meramente "em local acessível aos interessados". (52).

Além disso, dever-se-ia buscar e assegurar a participação pública efetiva durante a elaboração do estudo, e não apenas ao seu término. A população local teria grande interesse e, certamente, muito auxiliaria a equipe na definição, por exemplo, de critérios e pesos para determinados elementos culturais (tão difíceis de quantificar e qualificar) possíveis de serem impactados (positiva ou negativamente) pelo empreendimento; e na localização de instalações ou vias de acesso ou, ainda, nos eventuais usos futuros desejáveis para a área pós-mineração.

Poder-se-ia, ainda, colocar o projeto à consulta de toda a comunidade que sofrerá os impactos da atividade, durante um determinado prazo, para que análises, verificações, críticas e sugestões pudessem ser feitas antes do mesmo ser conduzido à rigidez formal (constrangedora e inibidora para pessoas mais humildes) da audiência pública.

Ademais, nos casos em que se decida pela preparação de um Relatório de Controle Ambiental no lugar de um Estudo de Impacto Ambiental, esta deveria ser prática obrigatória exigida pelo órgão ambiental competente, já que nem mesmo a audiência pública a população terá para efetivar sua participação (restrita ao RIMA).

Essa participação da população na elaboração do estudo, e não apenas na sua análise final, traria ainda o benefício de serem suprimidas dúvidas e desconfianças (tão natu-

---

52. BRASIL, Resolução CONAMA nº 009 de 03 de dezembro de 1987, artigo 2º, parágrafo 4º.

rais quanto persistentes em comunidade mais afastadas dos grandes centros urbanos) que normalmente surgem e acompanham o empreendimento (mesmo após o licenciamento ambiental), trazendo, no futuro, problemas de relacionamento entre empresa, sociedade e órgão ambiental, como os verificados em Vazante (gruta Lapa Nova) e Unai (gruta Tamboril).

Na verdade, esse embate deveria ser buscado durante a elaboração do EIA/RIMA ou do RCA, através de reuniões entre os representantes de todos os segmentos da sociedade envolvidos: mineradores, técnicos do órgão estadual de minas, do de meio ambiente, do CODEMA local (se houver), do órgão de cultura local, do serviço de saúde - tendo em vista eventual poluição atmosférica e das águas -, da câmara legislativa municipal e de associações espeleológicas ou de defesa do meio ambiente, como a forma mais saudável e segura de se garantir todos os interesses da coletividade, tornando-os responsáveis pelas decisões tomadas, à semelhança, do que ocorre em outros países do mundo para problemas similares (Arnould, 1989).

É preciso salientar, ainda, que o EIA/RIMA, nos casos de empreendimentos que trarão impactos negativos diretos a cavernas (podendo, imediatamente ou no curso de sua operação ao longo dos anos, levá-las à destruição), é que subsidiará os tomadores de decisão sobre a limitação ou abdicação dos benefícios pontuais e temporários da atividade econômica, em favor dos gerais, difusos e permanentes proporcionados pela caverna, ou não.

Nesse último caso, a adoção de critérios em auxílio à análise sobre a relevância ou não de determinada cavidade e/ou de sua área de influência já começa a ser discutido pela

sociedade organizada (53). Alguns desses possíveis critérios são arrolados a seguir:

- a) seja de representatividade local e/ou regional dos principais tipos ou feições cársticas superficiais e/ou subterrâneas, ou contenha formações complexas e/ou raras;
- b) componha conjuntos paisagísticos de excepcional beleza cênica;
- c) ocorram unidades faunísticas e/ou florísticas de interesse científico;
- d) faça parte da história, espeleológica ou brasileira, em nível local, regional ou nacional;
- e) seja de utilização e/ou vocação turística ou desportiva;
- f) contenha manifestações religiosas e/ou folclóricas;
- g) abrigue sítios paleontológicos;
- h) apresente testemunhos de grupos humanos passados;

---

53. A proposta de anteprojeto de Lei encaminhada pelo IBAMA, dispondo sobre a proteção do patrimônio espeleológico nacional (em tramitação), reúne várias sugestões apresentadas durante debates promovidos por entidades paranaenses ligadas ao tema, de onde surgiu a idéia da constituição de um "patrimônio espeleológico significativo", cujas cavidades a ele vinculadas estariam definitivamente protegidas de qualquer ação em qualquer tempo.

i) possua desenvolvimento em projeção horizontal igual ou superior a 1000 (mil) m ou desnível igual ou superior a 80 (oitenta) m.

Outro aspecto importante relativo às explorações minerárias de calcários e à proteção de cavernas, diz respeito a destinação futura da área minerada.

A legislação existente trata com suficiência o assunto. Especificamente, tem-se a Lei 6.938, de 31/08/81, modificada pela Lei 7.804 de 20/07/89, que prevê a recuperação de sítios degradados no seu artigo 2º; a Constituição Federal, no artigo 225, parágrafo 2º, que obriga o explorador de recursos minerais a recuperar o meio ambiente degradado; e o Decreto nº 97.632, de 10/04/89, regulamentando a Lei 6.938, que estabelece a necessidade de apresentação, junto com o EIA/RIMA, do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), pela atividade de mineração.

Entretanto, na prática observa-se o abandono puro e simples da área minerada, por razões que vão desde a ignorância e a irresponsabilidade do minerador perante as normas e leis que regulam a exploração dos recursos minerais e ambientais, até a insuficiente publicidade das exigências legais existentes e fiscalização, por parte dos órgãos públicos competentes, passando pela passividade da sociedade como um todo diante de situações desse tipo.

A exploração de rochas calcárias em pedreiras, como descrito em item anterior, importa na abertura de grandes áreas pela retirada de rochas, que, devido à natureza da ocorrência (das calcárias) - à superfície e em grandes maciços de elevada inclinação -, dá-se preferencialmente na encosta de morros e ao nível do solo, como as observadas nas empresas EMFOL, Santo Inácio e Inaê.

Apesar das recomendações técnicas, para uma lavra segura, indicarem o máximo de 12 m para a altura das bancadas (54), constatou-se a realização de apenas uma única bancada, com execução de taludes muito íngremes (75° a 85°) e com alturas em torno de 20 m a 25 m (empresas Inaê e Santo Inácio), formando zonas perigosas de verdadeiros penhascos: irregulares, instáveis e inseguros.

O abandono posterior dessas áreas (como realizado pela empresa EMFOL) implicará, necessariamente, em uma paisagem degradada, inóspita e desoladora.

O quadro se agrava quando a atividade se processa (ou se processou) em uma paisagem dominada por uma caverna; ponto sensível pelo valor cênico, cultural, histórico, científico ou turístico que possa encerrar.

Segundo Majer (1989), recuperação é um termo genérico que cobre todos os aspectos de qualquer processo que visa à obtenção de uma nova utilização para a área degradada, nem sempre por processos biológicos.

Entendida assim, compreende-se porque normalmente o empreendedor se posiciona, diante da obrigatoriedade de deixar o sítio minerado em condições de operar usos futuros, como uma tarefa para a posteridade, isto é: que será realizada dali a 20, 30, 40 ou mais anos, separada da fase de operação da mina pois, afinal, antes é "preciso" degradar a área para depois "tentar" obter uma nova utilização para ela, tornando-se (o empreendedor) um tanto quanto distante da responsabilidade de vir um dia a executá-la.

Novamente se apresenta a necessidade do planejamento prévio da atividade, principalmente nos casos de explorações de calcário para fins agrícolas (como os verificados nas empresas Inaê, EMFOL e Santo Inácio), onde os proprietários confundem-se com os empreendedores e lida-se com uma mar-

---

54. SÃO PAULO, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo, p. 90.

gem estreita de lucro, para que os procedimentos de lavra venham, pouco a pouco, incorporando ações para a reabilitação da área.

Neste sentido, Bauer (1989) coloca que "...o planejamento deve ser feito no momento em que se pensa em uma nova operação de mineração. É o momento em que o plano do todo ocorre. E o último ponto, uma última condição para que uma operação seja bem sucedida é que a recuperação e a remodelação do terreno têm que ocorrer e ser conduzida em sequência e como parte integrante da operação de mineração.

Não se pode separar as duas atividades. Se o fizer, você estará positivamente fazendo 'recuperação', isto é, terá devastado um terreno, criado um problema e, depois que a mineração terminar, ter-se-á que voltar e corrigir tudo, e normalmente isso é caro.

Mas não será caro se forem programados e compreendidos todos os dados. É possível direcionar a mineração enquanto durar a atividade." (55).

Assim, apesar de serem praticadas com o intuito de diminuir custos de operação, desmatamentos exagerados, bancadas únicas e taludes excessivamente inseguros, encontram-se dissociados do compromisso de reabilitação da área e significarão gastos adicionais elevados ao final da lavra, para que se proceda à sua estabilização, remodelagem topográfica e recomposição do solo, com revegetação parcial ou total da área.

Bauer (1989) acrescenta ainda que "é muito importante usar a vantagem de ter o equipamento de movimentação de terra, que já está no local, para construir a forma da paisa-

---

55. Anthony M. BAUER, Mineração planejada e reabilitação de áreas, Seminário Internacional Sobre Mineração em Áreas Urbanas - Anais, p. 51.

gem desejada e o tipo de ambiente que se quer, enquanto os equipamentos ainda estão à disposição". (56).

Em Tamboril e Lapa da Pedra, devido à drástica des-caracterização da paisagem, promovida pelas empresas Inaê e EMFOL, respectivamente, e ao fato das lavras estarem atualmente fora de operação, a recomposição paisagística demandará a aplicação de vultosos recursos financeiros ao longo dos próximos anos.

Na França, a obrigação legal de se apresentar um plano de reabilitação da área minerada, para a obtenção de autorização de extração (também para agregados), é acompanhada de uma obrigação financeira, na forma de uma caução, para o custeio dos trabalhos adicionais de recuperação da área e, também, como um seguro contra uma eventual insolvência da empresa (Arnould, 1989).

A adoção dessa espécie de financiamento autônomo, na forma de uma taxa mínima sobre a comercialização do produto, poderia ser estudada para o Brasil, o qual poderia constituir um fundo auxiliar, gerido pela administração pública local, para a realização de estudos complementares, acompanhamentos técnicos dos projetos e, excepcionalmente, trabalhos de recuperação de áreas (pelo fracasso econômico de empresas) ou de incremento, no projeto original de recuperação, para alcançar usos superiores aos inicialmente previstos, segundo a vontade da comunidade local.

Os trabalhadores de recuperação das áreas degradadas dependerão, como fica claro, da escolha do uso futuro que se queira para elas.

Nesse aspecto, mais uma vez a comunidade pode e deverá ser ouvida, para que sejam atingidas soluções criativas de senso comum.

---

56. Anthony M. BAUER, Uso futuro de áreas de mineração, Seminário Internacional sobre Mineração em Áreas Urbanas - Anais, p. 28.

Para Arnauld (1989) "em diversos casos há interesse em fazer mais do que a devolução do estado original do solo, algo como um remanejamento, uma reabilitação do mesmo" (57).

Bauer (1989) acrescenta que não existe nenhuma atividade que não possa ser instalada sobre antigas pedreiras.

Florestamentos com espécies nativas para a manutenção da vida selvagem; florestamentos comerciais com espécies exóticas ou não; cultivos diversos; pastagem para animais; parques, áreas de lazer e recreação; e loteamentos residenciais ou comerciais (quando próximos ou dentro de sítios urbanos) são alguns possíveis usos futuros do solo que se apresentam para essas áreas.

Contudo, tendo em vista a ocorrência de cavernas nas proximidades, as iniciativas que conduzam ao restabelecimento da flora e fauna local deveriam ser incentivadas, ou, ao menos, as soluções que se integrem de forma harmoniosa com o conjunto paisagístico dominado pela caverna, e com a utilização que a sociedade dela faz, como, por exemplo, "lodges", centro de informações para grutas turísticas ou base de estudos, para as com potencial científico, entre outros.

Muitos autores (DNPM, 1983; IBAMA, 1990, entre outros) recomendam algumas medidas para a recuperação de pedreiras. As principais são:

Na fase de planejamento e operação:

- Realizar estudos geotécnicos e dos ventos;
- Implantar cortinas verdes;
- Depositar e recuperar estêreis;
- Estocar a camada fértil do solo;
- Planejar locais de deposição de estêreis e solo;

---

57. Marcel ARNAULD, Estudo do impacto na mineração de agregados sobre o meio ambiente na França, Seminário Internacional sobre Mineração em Áreas Urbanas - Anais, p. 22.



Na fase terminal da mineração:

- Detonar cristas para destruir linhas retas ao fim da lavra;
- Revegetar com serrapilheira ou espécies herbáceas e arbustivas nativas;
- Não deixar depressões confinadas no piso final.

Por fim, tendo por base as situações de lavra e beneficiamento de calcário observadas nas empresas Inaê, Santo Inácio e EMFOL (face as grutas de Lagoa Rica, Tamboril e Lapa da Pedra, respectivamente), alguns procedimentos, atenuadores de conflitos e inibidores de custos extras, para casos que envolvam cavernas, são propostos a seguir:

1. Independente de solicitação, encomendar, logo de imediato à decisão de se operar uma mineração em rochas calcárias, um levantamento espeleológico da região por equipe credenciada junto à Sociedade Brasileira de Espeleologia, com a realização de topografia, mapeamento e projeção à superfície ( com amarração topográfica externa), de todas as cavidades eventualmente encontradas e que se enquadrem na classificação de "caverna" (gruta ou abismo).

2. Planejar a escolha da área a ser lavrada em função da maior distância possível das cavernas existentes na região (no mínimo de 300 m), bem como em situação de oposição à entrada principal das mesmas ou das vias preferenciais de acesso a elas.

3. Propor a localização das instalações de beneficiamento fora do ângulo de visão de quem se dirige à caverna, ou dela se utilize como visitante ou turista, e em condições favoráveis de ventos, evitando-se o emprego das mesmas vias secundárias de acesso ou o cruzamento com estas, mesmo que isso venha a significar acréscimo nos custos de instalação.

4. Evitar planejar a lavra com a utilização de bancadas com alturas maiores que 12 m, e com inclinações superiores a 75°. Da mesma forma, evitar, se possível, o avanço maciço adentro, procurando avanços laterais que propiciarão a liberação paulatina de áreas para trabalhos conjuntos de mineração e reabilitação, que reduzirão os custos futuros dessa obrigação.

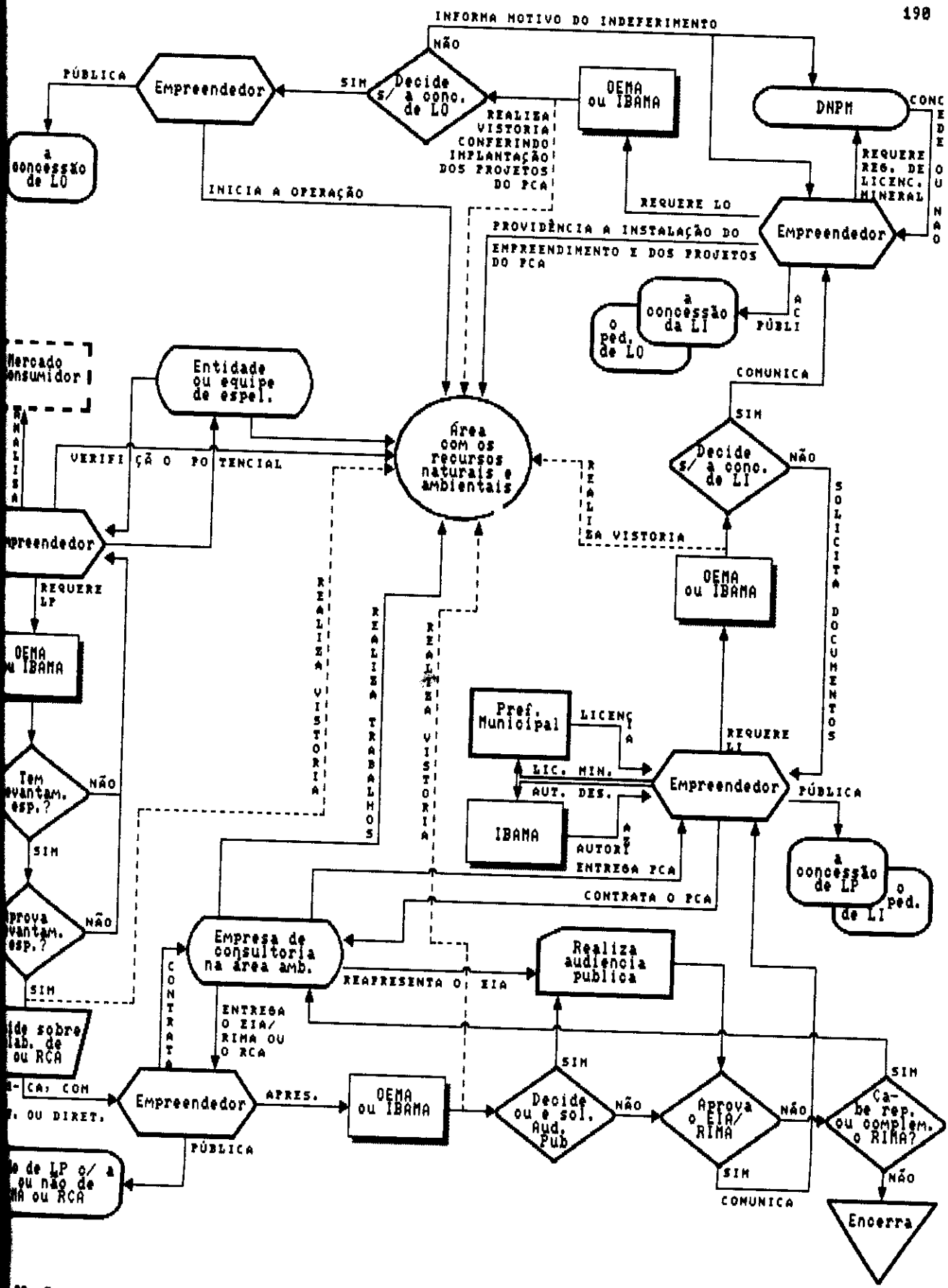
5. Participar diretamente, ou procurar auxiliar de alguma forma, os movimentos de proteção e estudo das cavernas na região (ou, caso inexistentes, incentivar a sua formação junto a núcleos de ensino ou entidades de apoio à cultura) pois possibilitará, além de benefícios sociais, culturais ou científicos à sociedade, a oportunidade de melhorar a imagem da empresa junto a grupos que apresentem resistências exageradas ou mesmo tecnicamente infundadas ao empreendimento.

6. Buscar, desde o início, a participação de "experts" em assuntos de espeleologia, de representantes (legítimos) da comunidade local diretamente envolvida e de outros segmentos da sociedade que manifestarem interesse, e nunca evitá-los.

Desse modo, e considerando-se todo o exposto neste Capítulo, apresenta-se, como proposta de orientação e encaminhamento da questão, os passos e procedimentos descritos na Figura 32.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS ASPECTOS SÓCIO-CULTURAIS, INSTITUCIONAIS E LEGAIS

As cavernas selecionadas para o presente estudo assim o foram por apresentar uma ou outra característica de



22. Base da estrutura de licenciamento ambiental recomendada para minerais Classe II (calcareos).

atuação humana em seus recessos, alcançando, portanto, uma representatividade de aspectos sócio-culturais associados a cavernas brasileiras.

Importância pré-histórica, histórica, religiosa, turística, esportiva e científica são, como detalhado em Capítulo anterior, as possíveis dimensões culturais atingidas por algumas cavernas brasileiras, inexistindo estudos sistemáticos que identifiquem a ocorrência de determinado aspecto sócio-cultural, associado à impossibilidade de se prever qual ou quais cavidades serão atingidas por determinado empreendimento.

Desse modo, ficou evidenciado na gruta Lapa da Pedra, no município de Formosa-GO, que a existência de sítios pré-históricos pressupõe medidas de proteção mais rígidas e de maior alcance, diante de explorações calcárias nas imediações.

No caso em questão verificou-se a extrema necessidade de serem definidas áreas de preservação duas ou três vezes maiores do que as normalmente estabelecidas para cavernas que apresentem vestígios pré-históricos.

A vegetação, principalmente das entradas e próxima aos paredões, não pode sofrer qualquer tipo de intervenção humana, sob o risco de expor pinturas ou gravuras rupestres ao efeito danoso das intempéries.

Em Lapa da Pedra, por exemplo, o desgaste havido na vegetação de entrada provocado pela empresa de mineração, vem levando as pinturas rupestres à destruição, através da descoloração acelerada, pelo sol, da superposição de carbonatos de cálcio oriundos de seções superiores e da remoção física pelo impacto direto da chuva e ventos, que antes não as atingiam nesse grau.

Da mesma forma, vibrações, provocadas por detonações de cargas explosivas ou pelo tráfego de máquinas pesadas nas proximidades, podem provocar a queda de espeleotemas

ou placas de calcita, contendo pinturas ou gravuras rupes-  
tres.

Outro problema de explorações minerárias de calcá-  
rio em áreas de sítios arqueológicos é a definição das vias e  
estradas para o trânsito de máquinas e outros equipamentos,  
sobretudo em áreas onde os sítios pré-históricos não foram  
suficientemente estudados e delimitados.

Em Lapa da Pedra, muitos locais de sepultamentos e  
oficinas primitivas de material lítico foram compactados ou  
removidos pelos pátios de manobra construídos sobre eles  
(Fot. 39).

No Distrito de Peirópolis, Município de Uberaba-MG,  
a empresa de mineração Calcário Solofértil Ltda. vem  
desenterrando continuamente fósseis de Chelonia, Crocodilia,  
Coelurosauria, Carnossauria e Sauropoda, além de fragmentos  
de peixes teleosteos e de vegetais, entre outros, colocando  
em risco de destruição jazidas fossilíferas de grande impor-  
tância encontradas em depósitos areníticos da Série Baurú  
(Formação Baurú - Cretáceo Superior) meramente para a produ-  
ção de pó de calcário dolomítico para a correção de solos na  
agricultura (Fot. 40).

Lapa Nova, em Vazante-MG, acondiciona aspectos his-  
tóricos e manifestações religiosas por entre seus salões e  
galerias.

Utilizada como abrigo e referência pelo primeiros  
moradores da região, a história do município de Vazante se  
confunde com a descoberta da caverna que em função da reli-  
giosidade desencadeada à sua volta, deu origem à atual cidade  
de Vazante (Mello, 1977).

Situada dentro do perímetro urbano, a Gruta de Lapa  
Nova recebe todo ano romeiros de toda a região noroeste do  
Estado de Minas Gerais e sul de Goiás, transformando-a em



Fot. 39. Pátio de manobras abandonado da EMFOL, em cuja área, compactada pela ação das máquinas, encontravam-se sítios arqueológicos (Formosa-GO).



Fot. 40. Área de lavra da Solofertil onde, entre a camada arenítica (mais escura) e a calcária (mais clara), encontravam-se depósitos fossilíferos (Uberaba-MG).

verdadeiro templo de peregrinações.

Devido à exploração minerária que vem sendo realizada pela Companhia Mineira de Metais S/A, na base do maciço onde a gruta se desenvolve, movimentos populares organizados e até ações do poder público local, surgiram em defesa da integridade física de Lapa Nova.

Denominado "SOS Lapa Nova", o movimento, organizado pelos moradores mais antigos da cidade, mobilizou a sociedade civil e os órgãos governamentais estaduais e federais para a possibilidade de destruição de um patrimônio de valor histórico e religioso local, tido como o principal monumento da cidade.

Diante da pressão popular organizada, e das exigências então expressas pelos órgãos ambientais envolvidos (58), a empresa realizou testes de abalos sísmicos e adotou várias medidas no sentido de minimizar as possíveis consequências à caverna, como diminuição da área a ser lavrada; estudos para a implantação de uma Área de Proteção Ambiental - APA estadual no local; apoio financeiro para estudos visando dotar a caverna de uma infra-estrutura turística adequada ao ambiente e ao tipo de visitação nela realizado, entre outras.

A solução, negociada entre as partes envolvidas, tem tido as suas ações acompanhadas de perto pelos integrantes do Movimento e técnicos da FEAM, garantindo uma maior tranquilidade aos moradores e confiabilidade técnica aos trabalhos.

Em Unai-MG, a gruta do Tamboril é representativa em outro uso que o homem normalmente empresta a esses ambientes: a visitação com fins turísticos. Com caráter que varia desde o simples lazer semanal, por moradores da cidade de Unai, ao turismo regular, efetuado por pessoas de fora, atinge até

58. Atuaram no caso em questão a Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais - FEAM e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

atividades meramente esportivas, efetuada por cavernistas (59).

Dada a grande riqueza de ornamentações, com espeleotemas dos mais variados tipos e tamanhos (60), é significativa a visitação nessa caverna, que chega a atingir de 40 a 60 pessoas por final de semana (61). A gruta Rei do Mato, com toda a infra-estrutura de que dispõe e a despeito da melhor localização (situada ao longo da BR-040, entre Brasília e Belo Horizonte), tem recebido aproximadamente uma média de 100 visitantes para os mesmos dias da semana (62).

Com a entrada em funcionamento, em març o de 1986, de uma unidade moageira da empresa Calcários Santo In cio Ltda, para o processamento de rochas calcárias de duas frentes de lavra abertas no mesmo afloramento onde se localiza a

59. Não existe pela SBE, uma categorização formal das pessoas que entram em caverna conforme a sua finalidade. Assim, diante da necessidade de bem identificar as pessoas que, de uma forma ou de outra, se envolvem ou estão envolvidas com esses ambientes adotou-se, no âmbito deste trabalho, a seguinte classificação, por razão de interesse:

Vitante ou Turista = Todo aquele que eventualmente entra em cavernas para satisfazer uma curiosidade pessoal, manifestar atos ou credos religiosos ou contemplar esteticamente as cavernas, não dispondo de instrumentos ou qualificação técnica específica sobre o tema, e s  penetrando em zonas mais profundas da caverna se a mesma dispuser de condições mínimas para tal, como facilidade de caminhamento, iluminação instalada, guias, etc.

Cavernista ou Espeleista = Todo aquele que dispõe de conhecimentos específicos da natureza e propriedade das cavernas e se dedica a encontr -las, explorá-las, registrá-las ou simplesmente percorrê-las, esportivamente ou não, com a utilização de equipamentos e técnicas especialmente desenvolvidas para atividades nesse meio.

Espele logo = Todo aquele com formação científica que se dedica ao estudo das cavidades naturais subterrâneas, visando ampliar o conhecimento humano sobre o meio cavernícola.

60. É a única caverna na região geoecon mica do Distrito Federal (que engloba 93 cidades de Minas Gerais e Goiás), com a ocorrência de vulcões de caverna (considerados raridades mundiais), apresentando ainda estalactites, estalagmites, represas de travertino, cortinas e colunas de grandes dimensões, em termos nacionais.

61. Número estimado a partir das observações efetuadas no período de estudo.

62. Segundo informação obtida junto a funcionários da Prefeitura Municipal de Sete Lagoas-MG, encarregada da sua administração.



caverna, manifestações populares contra a instalação da empresa naquela área começaram a ocorrer, nas cidades de Unai-MG e Brasília-DF.

Participaram dessas manifestações, escolares, professores, profissionais liberais e outros cidadãos da comunidade, além de entidades civis de estudo de cavernas, como o Espeleo-Grupo de Brasília-EGB, o Grupo de Espeleologia da Geologia da Universidade de Brasília-GREGEO/UnB e o Grupo de Resgate e Exploração de Cavernas-GREC, todos sediados em Brasília-DF.

Como resultado das manifestações em favor da manutenção da gruta do Tamboril, os órgãos encarregados da execução da política ambiental de Minas Gerais (63) definiram, na ocasião, apenas certos limites e procedimentos que a empresa deveria adotar para operar naquele afloramento, ao invés de exigirem os devidos estudos de impacto ambiental.

Assim, as recomendações estabelecidas pela COPAM/FEAM para a concessão da licença de funcionamento da mineração Santo Inácio, o foram sem que seus técnicos sequer tivessem o conhecimento pleno do desenvolvimento físico (morfologia interna) da gruta Tamboril, como fica demonstrado no "croquis" apresentado no relatório técnico emitido pelo órgão, onde a cavidade aparece como tendo o seu término após o lago (Fig. 33), o que na realidade não ocorre.

Além disso, foram solicitados "estudos técnicos por parte do empreendimento, da potência dos tiros de explosivos, procurando minimizá-los ao máximo (tiros leves),..." e a realização de "medições sísmicas no interior da gruta (em toda a sua extensão) para subsidiar os referidos estudos técnicos" (64), sem qualquer orientação de como e onde deveriam tais

63. Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), órgão executivo da Comissão de Política Ambiental (COPAM) do Estado de Minas Gerais.

64. Parecer Técnico Relativo à Concessão de Licença para Exploração de Calcário Dolomítico no Aço da Gruta do Tamboril, EPDA nº 001/86 - COPAM.

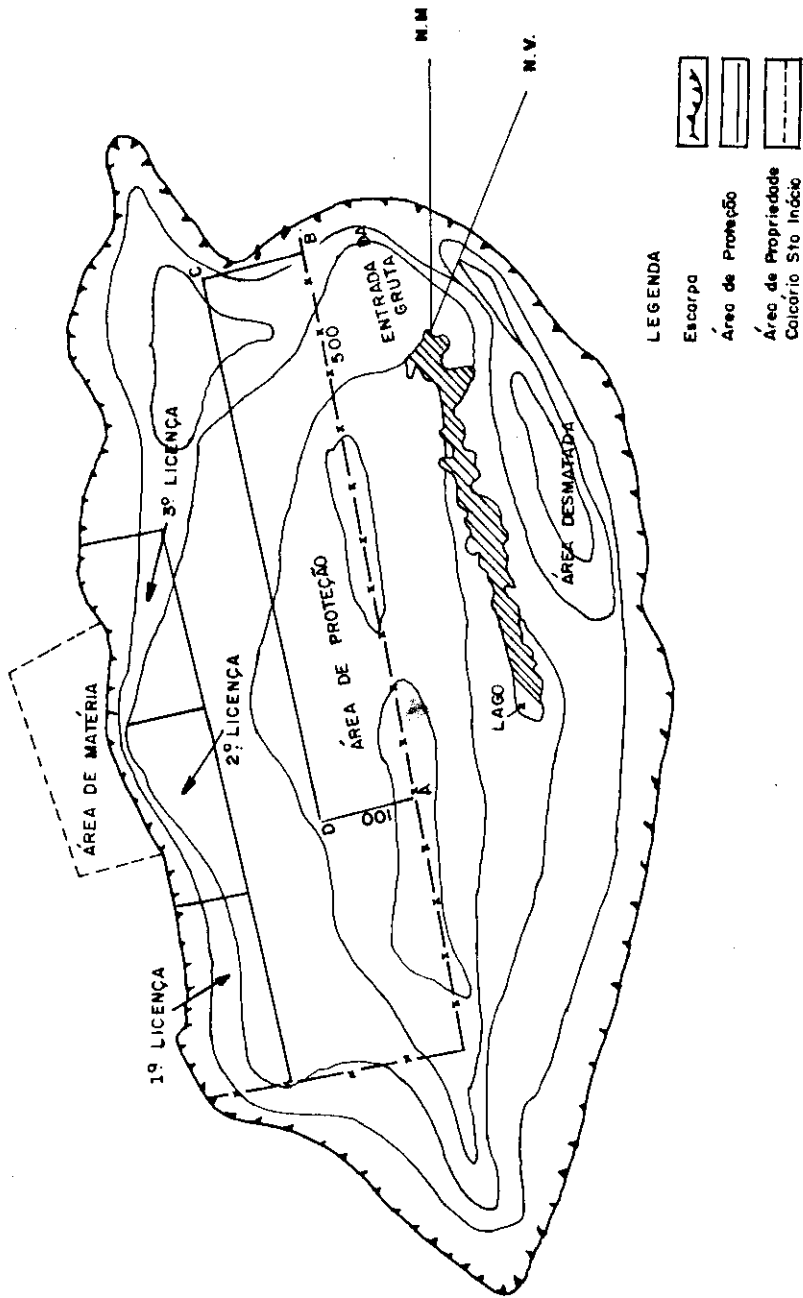


Fig. 33. Planta baixa utilizada pela COPAM/FEAM para verificação de impactos na gruta Tamboril (notar que a gruta só está desenhada até o lago).

estudos e medições serem desenvolvidos e, o mais significativo, como seus resultados viriam a subsidiar o quê, em relação à possibilidade ou não da mineração próxima à cavidade.

Neste caso, como a FEAM havia repassado a atribuição de fiscalização, dos estudos e medidas por ela recomendados, à Prefeitura Municipal de Unai, que tão pouco dispunha de pessoal qualificado nem equipamentos necessários para o adequado acompanhamento, esses trabalhos de fato nunca vieram a ser executados pela empresa, que retomou as suas atividades normais, sem maiores preocupações com as possíveis consequências à caverna, na área de lavra 2 e não na 1 como havia sido estabelecido pela COPAM, o que acabou por evitar o atingimento direto da caverna pela lavra.

Somente em janeiro de 1990 é que a FEAM retornou à área, novamente motivada pelas denúncias dos moradores locais que, mais organizados (à semelhança de Vazante), fundaram uma associação local denominada "Acorda Unai", com a finalidade de proteger definitivamente a caverna.

As atividades da empresa foram então totalmente paralisadas por quatro meses, suspenso o licenciamento da Prefeitura Municipal de Unai que a credenciava minerar - após solicitação expressa do IBAMA neste sentido -, e condicionada a sua liberação à realização dos estudos técnicos definidos pela FEAM.

No caso de Tamboril, destacam-se dois aspectos relevantes: o primeiro, em relação à grande pressão exercida pela comunidade local que, mesmo sem apresentar maiores motivações pela caverna (históricas ou religiosas, por exemplo), mobilizou-se em torno de sua defesa, reconhecendo-a como importante monumento natural ao qual, acreditam, poderão destinar um melhor uso no futuro.

Tal "despertar" da comunidade para os valores naturais evidencia, mais uma vez, a necessidade de realização de estudos que incorporem adequadamente a variável social vi-

sando planejamentos mais eficazes de utilização dos recursos naturais.

O segundo diz respeito a uma certa resistência, verificada nos órgãos ambientais, em se exigir o EIA/RIMA, conforme determina a legislação em vigor para situações dessa natureza (65).

Por considerarem muitas vezes suficientes as análises realizadas por seus técnicos - os quais normalmente não possuem o conhecimento necessário sobre ecossistemas de caverna e muito menos a técnica e os equipamentos indispensáveis para uma avaliação criteriosa das cavernas sob análise - limitam-se a uma vistoria na área superficial à caverna e aos primeiros salões de entrada, formulando exigências técnicas e procedimentos, às empresas, de eficácia duvidosa para a proteção efetiva do patrimônio natural e cultural ali considerado.

Certamente, essa resistência, a despeito das explicações oferecidas pelos órgãos ambientais responsáveis, tem origem no desaparelhamento e na insuficiente qualificação dos técnicos desses órgãos para o fornecimento de parâmetros adequados e de instruções específicas para a feitura dos EIA (ou o estabelecimento de qualquer rotina de procedimentos que leve ao licenciamento), assim como para a posterior avaliação dos respectivos RIMA.

Diante das dificuldades institucionais enfrentadas para a aplicação correta da legislação, as soluções adotadas por órgãos como a FEAM, longe de se apresentarem como alternativas viáveis, contituem-se, na verdade, atenuadores enganosos da real gravidade do problema ambiental existente.

Se, por um lado, visa a atender, ao menos minimamente, casos considerados "mais simples", por outro, acoberta as deficiências desses órgãos e impede que diretri-

---

65. Principalmente as resoluções do CONAMA nº 001, de 23/01/86, e nº 005, de 06/08/87.

zes importantes do instrumento EIA/RIMA - como a "hipótese zero" (possibilidade de não execução do empreendimento) e a participação pública - sejam contempladas, reduzindo em muito a eficiência dos trabalhos e limitando o alcance, das medidas mitigadoras de impactos negativos, à compreensão dos responsáveis pela tomada de decisão, gerando incertezas quanto à validade do sistema e preocupando o público leigo diretamente envolvido pela possibilidade de ações danosas pelo funcionamento do empreendimento.

A importância científica de determinada cavidade natural também responde à uma das dimensões culturais assumidas por esses recessos subterrâneos, implicando na necessidade de sua proteção e influenciando nas possíveis destinações econômicas para a área onde se situa.

A gruta da Lagoa Rica, representativa neste tipo de aspecto social ligado às cavidades naturais, era praticamente desconhecida da população do Município de Paracatú, até que os problemas gerados pela empresa de mineração Inaê, que operava o maciço onde a gruta se desenvolve, viesse à público pela imprensa.

Ainda que figure em muitos dos livros escritos sobre o Município, e da sua relativa proximidade com o centro urbano de Paracatú (18 km, dos quais 14 km por via asfaltada), poucos habitantes da cidade a conheciam, não existindo qualquer utilização, mesmo pelos moradores das vizinhanças, como área de lazer ou visitaçã irregular espontânea, como a que ocorre em Tamboril.

Tendo a empresa Inaê se instalado a apenas 50 m da entrada da caverna, em 1980, a primeira denúncia e solicitação de providências aos órgãos públicos competentes data de 1981.

Contudo, somente em 1987 é que as autoridades municipais, estaduais e federais manifestaram preocupação pela

sua proteção. Tal demora é explicada, por um lado, em razão da legislação em vigor na época ser apenas correlativa, e não específica, o que dificultava as ações devidas, e, por outro, pela morosidade característica dos serviços públicos em decorrência, mormente, da situação crônica de reduzidos recursos humanos, materiais e financeiros.

Porém, o importante a ser destacado é que as pressões para a proteção da referida caverna, partiram exclusivamente das entidades civis dedicadas à prospecção e ao estudo dos ambientes subterrâneos, tendo sido praticamente nula a participação da comunidade local no início das reivindicações pela manutenção da integridade física e biológica da caverna.

Desde a primeira comunicação de risco de destruição da caverna, efetuada pelo EGB, todos os interesses manifestados foram de cunho científico e institucional, não havendo qualquer mobilização pública, mesmo após o envolvimento, no processo, do Conselho de Defesa do Meio Ambiente-CODEMA (66) de Paracatú.

Apesar de válidos, os procedimentos em que não há a participação do público local tornam-se, em geral, "estéreis", desprovidos de uma motivação que melhor sensibilize as autoridades políticas, sobretudo locais, sendo a solução para o conflito mais demorada, acarretando, assim, maiores riscos ao patrimônio a ser protegido, já que os "interessados" ou "prejudicados" diretos pela proteção ou não da caverna estão distantes do processo.

Em Lagoa Rica, todavia, no momento em que a pressão das autoridades se fez mais presente, a providência imediata tomada pelos mineradores foi a de tentar destruir a caverna, através de explosivos, no intuito de eliminar o objeto gera-

---

66. Os Conselhos de Defesa do Meio Ambiente - CODEMA são órgãos locais de assessoramento aos Prefeitos municipais sobre a competência dos poderes públicos na administração ambiental e para a resolução dos problemas, a defesa e a conservação ambiental (Paes, 1988).

Por do conflito, repetindo procedimentos usualmente praticados no passado (67).

Entretanto, mesmo persistindo as dificuldades institucionais dos órgãos ambientais, a existência hoje de instrumentos legais específicos e a maior sensibilização da sociedade como um todo para os problemas ambientais da atualidade, determinaram, para a ação deliberada dos mineradores visando à destruição da gruta de Lagoa Rica, um desfecho diferente. Forçados a desobstruir a entrada da caverna por ação judicial, a atividade foi inteiramente embargada e os responsáveis aguardam sentença final da Procuradoria-Geral da República.

Esses instrumentos legais específicos que foram reponderantes na forma ágil e precisa, embora tardia, como o caso da gruta Lagoa Rica vem sendo tratado, são, de fato, bem recentes.

Até 1987, inexistia qualquer diploma legal ou documento oficial de caráter conceitual que se referisse, de forma completa, específica ou ao menos suficiente, às atividades naturais subterrâneas e ao patrimônio natural por elas contido e representado.

De fato, sempre se recorreu a instrumentos que, devido à abrangência de atributos naturais e sócio-culturais que formam ou aos quais estão relacionadas as cavernas, eram-lhe de certa forma correspondentes ou, em parte, compatíveis.

Empregava-se na defesa das cavernas, até aquela data, leis, decretos, normas, portarias, resoluções, acordos, convenções e outros tantos instrumentos que; apesar de dispersos entre si e de níveis de atuação nem sempre complementares, possibilitavam algum tratamento, do ponto de vista da

---

67. A gruta da Igrejinha (SBE/MG-186), foi parcialmente destruída pelo minerador (1987), mesmo estando a atividade legalmente suspensa pela FEAM/COPAM.

proteção legal, às cavernas brasileiras.

Assim sendo, segundo Lino (1989), a proteção das cavernas no Brasil poderia ser requerida:

. por seu conteúdo - Decreto-Lei 4.146, de 04 de março de 1942, que estabelece a proteção dos depósitos fósseos; Lei 3.924, de 26 de julho de 1961, que dispõe sobre a proteção das jazidas arqueológicas e paleontológicas; Lei 5.197, de 03 de janeiro de 1967, sobre proteção à fauna; e leis (federais, estaduais e municipais) de proteção aos mananciais, como o Código de Águas (Decreto 24.643, de 1934), o Decreto 50.877, de 1967, sobre poluição hídrica, e a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que protege fontes, cursos d'água e águas subterrâneas.

. pelo seu valor cultural, paisagístico, turístico e ambiental - Decreto-Lei 25, de 30 de novembro de 1937, que organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional e institui a figura do Tombamento (federal, estadual ou municipal); Lei 6.513, de 20 de dezembro de 1977, que define a criação de Áreas Especiais e Locais de Interesse Turístico; Decreto 80.978, de 12 de dezembro de 1977, que promulga a Convenção Relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, de 1972, onde é explícita a referência a "cavernas".

. através do estabelecimento de Unidades de Conservação da Natureza - Lei 4.771, de 1965, que estabelece o Código Florestal; Decreto 84.017, de 1979, que institui o regulamento de Parques Nacionais; Lei 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental; Decreto 89.336, de 31 de janeiro de 1984, que dispõe sobre as Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico.



. pelo ajuizamento de ações civis - Lei 7.317, de 24 de julho de 1985, que disciplina a ação pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

Em 1987, através da Resolução nº 005, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA ao aprovar o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico recomendou, em seu item 3º, do inciso I, que fosse incluída na Resolução CONAMA nº 001 de 1986 - que estabeleceu as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental - a obrigatoriedade de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental nos casos de empreendimentos potencialmente lesivos ao Patrimônio Espeleológico Nacional.

Na verdade, tal obrigatoriedade, apesar de implícita, já constava da Resolução 001/86, pois, arrolada como uma das atividades modificadoras do meio ambiente que depende de EIA/RIMA para licenciamento, figura a "extração de minério, inclusive da Classe II (68) definidas no Código de Mineração" (69).

Entretanto, o mérito da Resolução 005/86 está em ter procedido uma mudança no tratamento da questão espeleológica nos EIA/RIMA que se produzissem: de meros componentes do diagnóstico ambiental de uma determinada área (quando este se mostrava realmente completo), onde se situaria, por exemplo, uma atividade extrativa mineral, as cavernas passaram a ser o centro do estudo a ser desenvolvido; a razão deste estar se processando; e as definidoras da realização ou não do

68. Onde se incluem os calcários.

69. BRASIL, Resolução CONAMA nº 001 de 23/01/85, artigo 2º, inciso IX.

empreendimento, às quais, de uma maneira ou de outra, estaria, o empreendimento, sempre subordinado.

Em 1988, a inclusão das cavernas naturais subterrâneas como bens da União (inciso X, do artigo 20), ressaltou e, de certa forma, reforçou a execução de tais estudos, sendo que, em 1990, uma Portaria do IBAMA (887, de 15 de junho de 1990) e um Decreto federal (99.556, de 01 de outubro de 1990) estabeleceram competências, definiram ações e, mais uma vez, declaram e decretaram, respectivamente, a obrigatoriedade de elaboração de estudos de impacto ambiental para ações ou empreendimentos de qualquer natureza, ativos ou não, temporários ou permanentes, previstos em áreas de ocorrência de cavidades naturais sub-terrâneas ou de potencial espeleológico, que direta ou indiretamente possam ser lesivos a essas cavidades.

A partir da Constituição Federal, várias Constituições Estaduais e Leis Orgânicas de Municípios têm sido construídas fazendo menção explícita à proteção das cavidades naturais subterrâneas, de onde destaca-se, por exemplo, a Constituição do Estado de Minas Gerais, um dos mais ricos e importantes em número e qualidade de ocorrências espeleológicas no País, que considerou as cavernas patrimônio ambiental e cultural do Estado, sendo feita a sua utilização somente na forma da lei, em condições que assegurem a sua conservação.

Encontra-se em tramitação no Congresso Nacional um Projeto de Lei, proposto em substituição ao Decreto 99.556 de 01 de outubro de 1990, que irá regulamentar o disposto na Constituição Federal.

Assim sendo, a administração pública, o cidadão e a coletividade já se encontram suficientemente amparados, em termos legais, para exigir, propor, exercer ou fazer executar políticas que conduzam à proteção efetiva do patrimônio espeleológico nacional.

## 5. CONCLUSÕES

As relações humanas com os ambientes de caverna e seus valores intrínsecos, e a necessidade da utilização, pelo próprio homem, da mesma matéria prima que as comportam (no caso, as rochas calcárias), produzem situações conflitantes onde interagem fatores abióticos, bióticos e culturais.

Segundo dados do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), em 1988 a exploração de calcários assegurava, sozinha, quase 20% da mão de obra empregada entre as principais substâncias da mineração brasileira (entre minas e usinas), perdendo apenas para a extração de carvão, em números absolutos, se considerado junto a dolomita, a conchas calcárias e mármore (Tab. 14).

Por outro lado, como já salientado no início deste trabalho, 82% das cavidades naturais subterrâneas cadastradas pela SBE no mesmo ano (1988) se davam em rochas calcárias.

A grande aplicabilidade do calcário na sociedade atual é confrontada com a sua igualmente grande capacidade de produzir ecossistemas únicos, frágeis e de extremo valor estético, científico, histórico, econômico e cultural para essa mesma sociedade.

É, assim, em função da importância que a sociedade empresta a essas formações naturais que, em muitos casos, as respostas devem ser procuradas, considerando a divergência de interesses e os valores conflitantes.

Portanto, a problemática maior, e o verdadeiro desafio, está em se estabelecer o equilíbrio harmonioso entre as necessidades atuais e as futuras do homem, face à utilização adequada dos recursos naturais disponíveis.

Tab. 14. Trabalhadores empregados na atividade minerária de rochas calcárias em comparação com outros setores importantes da mineração nacional.

Substância	Mão de Obra Empregada na Mineração em 1987		
	Total de Minas	Total de Usinas	Total Geral
Carvão	11 833	952	12 785
Ouro	7 736	3 158	10 894
Ferro	9 852	3 705	13 557
Calcários (calcário, dolomita, conchas e mármore)	9 129	4 460	13 589
Calcário (isolado)	6 939	3 170	10 109

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro, 1988.

A seguir, algumas conclusões específicas alcançadas por este trabalho, com comentários que visam o seu melhor entendimento diante da situação-problema definida, sendo consequência dos resultados apresentados e discutidos no Capítulo 4. Resultados e Discussão, sem se ater, entretanto, àquela ordem dos assuntos.

1. Em atividades mineradoras de rochas calcárias não existe planejamento superior às necessidades imediatas de instalação das frentes de lavra e das usinas de beneficiamento.

Essa conclusão faz referência ao fato dos empresários desse tipo de atividade econômica não investirem o suficiente no planejamento de seus empreendimentos, dirigindo as ações de instalação da infra-estrutura de acordo com o que entendem ser, no momento, de menor custo financeiro, não indo além, sequer, dos aspectos específicos relativos à economicidade da lavra, como, por exemplo, a diminuição de custos e o aumento da produtividade pela otimização dos recursos ou o treinamento de pessoal.

2. No desmonte de rochas em pedreiras, pelos pequenos e médios produtores de calcário, não há observância às normas básicas definidas.

Aliada à ausência de planejamento básico na instalação física do empreendimento, essa conclusão evidencia que parte dos problemas situa-se na falta de orientação técnica habilitada, e fiscalização para o adequado desmonte das rochas, a gerar desperdícios, acidentes e maximização dos impactos negativos, notadamente as vibrações no terreno, os ultralancamentos de rocha e as sobrepressões de ar (ruídos).

3. O maior obstáculo à compatibilização dos interesses extrativistas minerais com a proteção de cavernas calcárias está nos efeitos sísmicos decorrentes das detonações de cargas explosivas nas pedreiras.

A localização de atividades minerárias em rochas calcárias nas proximidades de cavernas tem como principal fator gerador de conflitos os danos potenciais a que ficam sujeitas as cavidades em decorrência das vibrações produzidas pela detonação de cargas explosivas nas frentes de lavra (pedreiras).

O desconhecimento dos processos envolvidos na produção das vibrações (tipo de explosivo, carga por furo, número de furos/carga por espera, etc.), do meio percorrido pelas ondas sísmicas, da formação da caverna e do grau de fragilidade de seus componentes internos, sempre irá se interpor às tentativas de conciliação dos interesses.

4. O principal problema relacionado às atividades de beneficiamento do calcário refere-se à sua localização e disposição no terreno em relação à caverna.

Essa conclusão reforça a importância do planejamento prévio e respaldado de informações precisas para o estudo sobre as situações possíveis de localização espacial das instalações em função de eventuais cavernas na região.

5. A poluição atmosférica é o principal impacto negativo gerado pelas usinas de beneficiamento primário de rochas calcárias.

Essa conclusão identifica a poluição atmosférica, gerada pelas usinas de beneficiamento primário do calcário,

como a aglutinadora das ações de controle ambiental a serem estabelecidas e praticadas.

6. Dos impactos negativos identificados nas cavernas, em função dos trabalhos de extração de rocha nas frentes de lavra, o desmatamento (à exceção das vibrações no terreno, já tratado em item específico) é o que assume maior relevância no contexto mineração/caverna.

Fica evidenciado por essa conclusão que dentre as alterações ambientais decorrentes do processo de desmonte de rochas calcárias, o desmatamento, afóra as vibrações, é o impacto negativo com mais sérias repercussões aos ecossistemas cavernícolas, desde as consequências indiretas à estabilidade das condições climáticas e dos fluxos internos de materiais e energia até a composição e manutenção estética da paisagem de entorno, a exigir grande atenção quando do seu planejamento e execução, dado o grau de prejuízo ambiental que pode acontecer a esses frágeis sistemas ecológicos.

7. Cavernas com vestígios pré-históricos ou que apresentem manifestações religiosas e/ou potencial turístico, pressupõem medidas de proteção mais rígidas e de maior alcance que as normalmente definidas para a proteção dessas ocorrências diante de explorações minerárias.

Essa conclusão, dado os atributos adicionais comportados por uma cavidade natural, indica a necessidade de serem assegurados a intocabilidade dos sítios pré-históricos existentes e a ampliação, ao máximo, do "sentimento" de segurança experimentado pelo eventual turista ou visitante, pelo não comprometimento de parcelas da paisagem próximas à ocorrência espeleológica por atividades estranhas ao meio.

8. Os sistemas de lista de controle e matriz de interação são os mais adequados ao desenvolvimento de estudos de impacto ambiental provenientes de empreendimentos minerários em cavernas calcárias.

Essa conclusão identifica os sistemas de lista de controle e matriz de interação como os mais ajustados ao tratamento das variáveis envolvidas no contexto mineração/caverna, quando do desenvolvimento de estudos de impacto ambiental.

9. Os órgãos públicos de proteção ambiental encontram-se despreparados para proceder à orientação, ao acompanhamento, ao monitoramento, à análise e ao licenciamento de atividades minerárias causadoras de impactos em sistemas ecológicos de caverna.

10. Os testes e procedimentos adotados para a verificação de dano às estruturas e componentes internos das cavernas são insuficientes para os objetivos a que se propõem.

11. Há a necessidade de serem definidos parâmetros precisos e normas próprias para as cavernas, com o estabelecimento de limites de risco de dano a estruturas e espeleotemas considerados mais frágeis, em função da velocidade máxima de partículas, distância, litologia, explosivo e carga máxima por espera, para a proteção física das cavernas e de suas formações e propriedades intrínsecas.

A utilização de parâmetros e normas definidos para estruturas humanas na averiguação de danos a cavernas por vibrações no terreno, provenientes de detonações de explosivos, é impropriedade, pois não foram considerados na sua elaboração



e definição as peculiaridades da gênese de cavidades naturais subterrâneas, do seu conteúdo mineral ou da fragilidade do seu ecossistema.

O estabelecimento de normas e padrões idôneos para cavernas, e adequados às características brasileiras, constitui-se em uma necessidade atual indicada pela conclusão dez, para a perpetuidade das condições que formaram e mantêm as cavidades naturais subterrâneas e a garantia de atividades econômicas importantes ao homem em suas proximidades.

As conclusões nove, dez e onze salientam, assim, a ausência, na administração pública, de recursos humanos, físicos, normativos e de informação específica para o tratamento adequado da questão espeleológica, notadamente face a atividades minerárias em rochas calcárias.

Como tema recente no rol de suas atribuições e responsabilidades, é preciso que todos os esforços sejam envidados no sentido de tornarem-se aptos, o suficiente e o quanto antes, para o exercício da orientação segura, da análise precisa e da decisão firme, que a sociedade tanto anseia e merece.

## 6. RECOMENDAÇÕES

No curso deste trabalho foram detectadas várias situações de conflito, entre mineradores, órgão federais, estaduais e municipais e grupos organizados da sociedade civil, que poderiam ter sido evitadas ou minimizadas se algumas providências simples tivessem sido tomadas.

As recomendações apresentadas a seguir, são, assim, uma modesta tentativa de influir favoravelmente para que essas situações de tensão, que geram riscos desnecessários à integridade física das cavernas, sejam atenuadas na relação - imprescindível - entre todos os segmentos da sociedade envolvidos.

### - IBAMA

1. Implantar o Sistema Nacional de Informações Espeleológicas, para reunir as informações existentes, e as que vierem a ser produzidas, sobre as cavernas brasileiras, instituições de pesquisa, pesquisadores e documentação técnico-científica, em banco de dados informatizado e acessível;

2. Promover a divulgação e a conscientização da sociedade sobre o valor e a importância da proteção dos ambientes de caverna, informando, especificamente às administrações municipais, acerca da existência de cavernas em seu território, assim como orientando na sua proteção e adequada utilização.

3. Manter, notadamente nas suas unidades descentralizadas dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia,

Goiás e Paraná, técnicos treinados e capacitados para o desenvolvimento de trabalhos de fiscalização e manejo de cavernas.

4. Realizar o diagnóstico da situação do Patrimônio Espeleológico Nacional, identificando áreas críticas e definindo ações e usos compatíveis.

5. Evitar a realização de trabalhos que já venham ou possam vir a ser atendidos por grupos e entidades dedicadas ao estudo e ao conhecimento do Patrimônio Espeleológico Nacional, buscando formas de integração e tratamento mútuo com essas associações.

6. Buscar, em conjunto com outros órgãos públicos e entidades privadas, como DNPM, IPT, IBRAM, SBE, ABNT, universidades, o desenvolvimento de padrões e normas específicas para a operação de pedreiras próximo à cavernas.

Algumas dessas recomendações formuladas ao IBAMA já fazem parte do texto da Portaria 887/90 editada pelo órgão, cabendo, agora, apenas a sua implementação.

Contudo, é preciso um contato mais próximo e efetivo com os órgãos estaduais de meio ambiente e as prefeituras municipais de cidades situadas em áreas de potencial espeleológico, dando e coletando informações sobre as cavernas conhecidas, a fim de serem evitados licenciamentos minerais e ambientais sem os estudos necessários.

#### - Órgãos Estaduais de Meio Ambiente

1. Manter permanentemente treinado, capacitado e aparelhado seu corpo técnico para avaliação, vistoria e acompanhamento de trabalhos que se realizam próximos ou no interior de cavernas.

2. Buscar entendimentos com o IBAMA e administrações municipais, na forma de convênios, acordos ou ajustes técnicos,

para que sejam definidos competências de atuação, proporcionadas ações integradas e evitados choques e sobreposições.

3. Sempre que uma atividade vier a ser prevista em área de potencial espeleológico solicitar a realização de levantamentos técnicos específicos antes de qualquer decisão sobre a necessidade ou não de EIA/RIMA e, neste caso, só vir a cogitar sobre a sua dispensa se comprovadamente a mesma vier a ser realizada fora de um perímetro mínimo de 300m de qualquer cavidade.

4. Apesar de pouco eficazes para cavernas (pela falta de padrões) procurar estabelecer rotinas de procedimento para a realização de testes sísmicos, que auxiliarão os trabalhos de monitoria e, no futuro, ao desenvolvimento de normas específicas, como:

- distância fonte emissora/captação(ões);
- instalação de sensores em rochas sã dentro da caverna e em seu ponto mais próximo à área de lavra;
- realização de, no mínimo, quatro testes (dois internos e dois externos);
- dimensionamento da carga para espera;
- especificação do plano de fogo.

Essas recomendações visam melhorar a relação entre os diversos órgãos da administração pública de proteção ambiental, para que as ações sejam mais coerentes, rápidas e efetivas.

#### - Prefeituras Municipais

1. Procurar conhecer e valorizar as formações naturais de caverna, encontradas em seu território, promovendo, incenti-vando e apoiando iniciativas de estudo e proteção;

2. Acompanhar o desdobramento dos trabalhos que poderão conduzir ao licenciamento ambiental de atividades em áreas de caverna, concedendo o licenciamento mineral após certificar-

se da inviolabilidade desses ambientes pelas atividades propostas.

3. Para aquelas cujos territórios são detentores de grande número e potencial de cavernas, manter permanentemente um especialista ou um grupo espeleológico para assessoria às várias ações administrativas do Município.

Essas recomendações são para que as Prefeituras não se distanciem dos valores naturais e culturais da sua população, mantendo-se atentas ao patrimônio que detêm e que, em última análise, é a que de fato autoriza ou não empreendimentos minerários lesivos às cavernas calcárias.

- Empresas de Mineração de Rochas Calcárias

1. Iniciar todo e qualquer tipo de atividade pelo planejamento prévio e sucinto das fases e ações necessárias, buscando absorver toda a legislação existente que possa incidir sobre o empreendimento (em nível municipal, estadual e federal), providenciando, de imediato, um levantamento completo da área pretendida para exploração.

2. Prestar toda e qualquer informação relativa ao empreendimento, participando de todas as discussões que forem geradas pelas intenções da mineração.

3. Caso possível, procurar auxiliar entidades ou ações destinadas à proteção, conhecimento ou valorização de cavernas existentes na sua propriedade ou área de atuação.

4. Manter todos os dados de operação disponíveis e procurar seguir à risca as determinações do Plano de Controle Ambiental.

5. Informar imediatamente os órgãos responsáveis sobre qualquer aparecimento de caverna ou surgência d'água, na área de lavra, em decorrência do ato da mineração, paralisando as atividades.

Essas recomendações, plenamente exequíveis pelo mine-  
rador, são para que os conflitos desnecessários não culminem  
com a destruição do objeto a se proteger e com o impedimento da  
atividade econômica desejada, com duplo prejuízo para a  
sociedade, como foi o caso de Lagoa Rica.

- Entidades Espeleológicas

1. Proceder, no mínimo, ao levantamento topográfico e  
ao mapeamento, com projeção e amarração à superfície, de todas  
as cavidades que explorar, publicando trabalhos e informando as  
autoridades públicas sobre suas descobertas.

2. Exigir das autoridades públicas o cumprimento da  
legislação existente, o aparelhamento dos órgãos e a capacita-  
ção de técnicos, acompanhando "pari passu" os desdobramentos  
que levarão ao licenciamento ou não de atividades lesivas ao  
patrimônio espeleológico, não se furtando à utilização de  
instrumentos independentes, como a Ação Civil Pública.

Essas recomendações são para que as entidades se tor-  
nem mais atuantes e participativas, consolidando uma atividade  
que, sistematicamente, já desenvolvem há quase três décadas, e  
trabalhem para que sejam sempre procuradas soluções que harmo-  
niosamente contemplem os dois lados (mineração e caverna), para  
o bem maior, que é o de toda a sociedade.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz Nacib. Topografias Ruineformes no Brasil: notas prévias. São Paulo: USP-Instituto de Geografia, 1977. 14p. il. (Geomorfologia, 50).

AB'SABER, Aziz Nacib. Geomorfologia e espeleologia. ESPELEOTEMA. São Paulo, (12) 24-31, 1979.

AB'SABER, Aziz Nacib. Ambiente e culturas - equilíbrio e ruptura no espaço geográfico ora chamado Brasil. REVISTA DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. Rio de Janeiro, (22): 236-254, 1987.

AGUIRRE JÚNIOR, J. C. de. A SEDIMENTAÇÃO NO CONTROLE DA POLUIÇÃO POR ATIVIDADES MINERADORAS. Coletânea de Trabalhos Técnicos Sobre Mineração. DNPM, p. 136-147, 1985.

ALHO, Cleber J.R. Ecologia e Cultura: pontos de sobreposição. Ciencia e Cultura (S.L.), V.31, n.6, p.638 - 652, (1979)

ALLIEVI, João, BOGGIANI, Paulo Cesar, OLIVEIRA, Ricardo Gonçalves de. GRUTA DA MANTIQUEIRA; projeto de aproveitamento turístico e iluminação. relatório. (S.L.s.n.), 1985.34p

ALLIEVI, João, LINO, Clayton F. Proteção Legal e monumentos naturais: cavernas ESPELEOTEMA, São Paulo, n. 14, p.54.62, 1984.

- ALLIEVI, João. Legislação preservacionista para ambientes subterrâneos: aspectos legais atualizados. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (15): 101-109, 1986.
- ALMEIDA, Claudia Araujo de, CASTRO, Dione Maria Marinho, KAUFMAN, Eliane et al. RELATORIO PRELIMINAR: avaliação de impacto ambiental de projetos de desenvolvimento urbano. (Rio de Janeiro): FEEMA/PNUMA, 1982.In.
- ALMEIDA, Joaquim Rosa, RESENDE, Mauro. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no estado de Minas Gerais. Inf.AGROPEC. Belo Horizonte, V.11, n.128, p.19.26, ago. 1985.
- ALVES, Kleber Ramos. RELATÓRIO DA GRUTA LAGOA RICA, PARACATU - MG. Brasília, SEMA, 1988. in. il.
- ALVIM, Paulo de Tarso. ECOLOGIA DO CERRADO: origem, conservação e utilização. Brasília: CPAC, 1989. 2p. Resumo da Palestra proferida no Painel V do VII Simpósio sobre o Cerrado.
- AMBROSIO, Aluisio. PERFIL ANALÍTICO DO CIMENTO. Rio de Janeiro: DNPM, 1974. 76p. (Brasil, Departamento Nacional da Produção Mineral, Bol.30)
- ANGELL, Robert C. & RONALD, Freedman. Utilização de documentos, arquivos, dados censitários e índices. In: FESTINGER, Leon & KATZ, Daniel. A PESQUISA NA PSICOLOGIA SOCIAL. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1974.
- ANUARIO MINERAL BRASILEIRO. Brasília: DNPM, n 17, 1988.



- ARNOULD, Marcel. Estudo do impacto da mineração de agregados sobre o meio ambiente da França: legislação; reabilitação de áreas; balanço de 10 anos de experiência. ANAIS SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS. SCTDE-SP/DNPM, p. 21-24, São Paulo, 1989.
- ARRUDA, A. T. MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE - ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS. Coletânea de Trabalhos Técnicos Sobre Mineração. DNPM, p. 13-22, 1985.
- ARRUDA, Alexandre Trajano de. POLUIÇÃO AMBIENTAL CAUSADA PELA MINERAÇÃO: Mineração e Meio Ambiente - aspectos técnicos e legais (S.L: s. n.), (19--?) p. 425-433.
- ASSIS, Luiz Fernando Soares de. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS POLÍTICA E PLANEJAMENTO (Brasília): FINEP, 1987. 22p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Vibrações mecânicas e Choques: Terminologia. Rio de Janeiro, 1982. 60p. (NBR 7497).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem: procedimento. (Rio de Janeiro), 1983. 11p. (NBR 7731).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Poluição do ar Terminologia. Rio de Janeiro, 1985. 25p. (NBR 8969).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653 Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas: procedimento (Rio de Janeiro) 1986. 8p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 Resíduos Sólidos: Classificação. (Rio de Janeiro), 1987. 63p.
- BALANÇO MINERAL BRASILEIRO. Brasília: DNPM, 1988.
- BARR, T. C. OBSERVATIONS ON THE ECOLOGY OF CAVES, American Nature. 101:475-942, 1967.
- BARR, T. C. ECOLOGICAL STUDIES IN THE MAMOTH CAVE SYSTEM OF KENTUCKY. II, The Ecosystem. Ann. de Spel., 26(1):47-96, 1971.
- BARUQUI, Alfredo Melhem, FERNADES, Mauricio Roberto. Práticas de Conservação do solo. Inf. Agropec. Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p.55-69, ago. 1985.
- BARUQUI, Francisco Melhem, RESENDE, Mauro, FIGUEIREDO, Matozinhos de Souza. Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zonas da Mata e Rio Doce). Inf. Agropec. Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 27.37, ago.1985.
- BATISTA, Marcia Nogueira. ILUMINAÇÃO CÊNICA DA GRUTA DA MANGABEIRA: relatório setembro 1986. Brasília. SPHAN, 1986. 4p.
- BATISTA, Marcia Nogueira. Projeto de Iluminação, suas características: Gruta Mangabeira. Brasília: SPHAN, 1986. 1v.
- BAUER, A. M. Mineração planejada e reabilitação de áreas. ANAIS SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS. SCTDE-SP/DNPM, São Paulo, 1989.

- BECK, B. F.; FRAM, M. & CARVAJAL, J. R. THE AGUAS BUENAS CAVES, PUERTO RICO: GEOLOGY, HYDROLOGY AND ECOLOGY WITH SPECIAL REFERENCE TO THE HISTOPLASMOSIS FUNGUS. NSS Bulletin, 38(1):1-16.
- BELLOCH MARQUÉS, Vicente, DIAZPINEDA, Francisco, Dominguez Hernandez, Hilario et al. CURSO SOBRE EVOLUCIONES DE IMPACTO AMBIENTAL. 2.ed.rev.Madrid : Direccion General del Medio Ambiente, 1985. 561p. il.
- BILLINGS, M.P. Causes of folding and faulting. In: \_\_\_\_\_ Structural geology. 2. ed. Estados Unidos da América, Prentice-Hall, Inc. cap. 14, p. 226-241, 1954.
- BISSET, Ronald. An onerview of recent EIA methods. SYMPOSIUM ON EIA, Chania, Crete (UK), 25 p., 1983.
- BISSET, Ronald. METODO FOR ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT: A Selective Swvery With Case Studios. (s.l.: s.n.) (19-?) 63p.il.
- BISSET, Ronald. METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: Curso de aperfeiçoamento. São Paulo USP, (1985) 38p. Trabalho apresentado no Second Kuwait Workshop on Environmental Managemant and Environmental Impact Assessment (EIA), 1985. Kuwait.
- BLOOM, A.L. Karst. In: GEOMORPHOLOGY: A SISTEMATIC ANALYSIS OF LATE CENOZOIC LANDFORMS. Estados Unidos da América, Prentice Hall, Inc. cap. 7, p. 136-162, 1978.
- BÖGLI, A. Mixed - water corrosion, INTERNATIONAL JOURNAL OF SPELEOLOGY, 1:61-70, Wenheim, 1964.
- BOLEA, M. Teresa Estevan. LAS EVOLUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL. Madrid: CIFCA, 1977. 100p.

- BOLEA, M. Teresa Estevan. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL. Madrid (Espanha). Fundação MAPFRE, 1984. 600 p.
- BRASIL, Decreto lei n. 25, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do Patrimônio histórico e artístico Nacional. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL), Brasília, (1937).
- BRASIL, Decreto Lei n 4.146 de 04 de março de 1942. Dispõe sobre a Proteção dos depósitos Fossíferos. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL) Brasília, 06 de Março, 1942.
- BRASIL, Lei n 3.924, de 26 de julho de 1961. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL) (1961).
- BRASIL, Decreto n 80978, de 12 de dezembro de 1977. Promulga a Convenção Relativa a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, de 1972. Diário Oficial (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL), Brasília (1972).
- BRASIL, Decreto n 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação Civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e dá outras providências. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL) Brasília, p.10649, 25 jul. 1985. Seção 1.

- SIL. Decreto n.99556, de 01 de outubro de 1990. Dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no Território Nacional, e dá outras providências. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL), Brasília, v. 128, n. 190, p. 18836, 2 de outubro de 1990. Seção 1, pt.1.
- SIL. Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Fundação Nacional Pró-Memória (5ª DR). ILUMINAÇÃO CÊNICA DA GRUTA DA MANGABEIRA: PARTICIPAÇÃO DA SPHAN, 1986. (datilografado).
- SIL. Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Fundação Nacional Pró-Memória (5ª DR). O PROJETO DE ILUMINAÇÃO E SUAS CARACTERÍSTICAS. 1986 (datilografado).
- SÍLIA-DF, Decreto n 10714, de 01 de setembro de 1987. Dispõe sobre medidas, visando proteger, como locais de Interesse Turístico, as grutas e cavernas do Distrito Federal, Brasília, v. 12, n. 165, setembro de 1987.
- UN, Ricardo A. AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: Projeto Paraná I. Brasília: SEMA, 1984.
- Z, J.H. Caves in the galena formation. JOUR. GEOL., t.46, p. 828-841, 1938.
- Z, J. H. Vadose and phreatic features of limestone caverns. JOUR. GEOL., t.50, p. 675-811, 1942.
- Z, J.H. Genetic relations of caves to peneplains and Big Springs in the Ozarks. AM. JOUR. SCI., t.251, p. 1-24, 1953.

- BROWNLOW, A.H. Sedimentary rocks. In:\_\_\_\_\_. GEOCHEMISTRY. Estados Unidos da América, Prentice-hall, Inc, 1979. cap. 07, p. 299.
- BRUNSDEN, D. WEATHERING. In: EMBLETON, C. & THORNES, J. PROCESS IN GEOMORPHOLOGY. Inglaterra, Edward Arnold, 1979, cap. 4, p. 73 - 129.
- CARRIERE, (s.l.) Ministère de L'Environnement, 1987. 31p. il. (Notices d'impact sur l'environnement, 4).
- CARRIERE, de roches alluvionnaires hors nappe. (s.l.) Ministère de L'Environnement, 1987. 20p. il. (Notice d'impact sur l'environnement,6).
- CARRIERE, de roches alluvionnaires dans la nappe. (s.l.) Ministère de L'Environnement, 1987, 28p. il. (estude d'impact sur l'environnement,3).
- CARRIERE, de Roches Massives a Flana de Coteau. (s.l.) Ministère de L'Environnement, 1987. 29 p. il. (Estude d'impact sur l'environnement,1).
- CARRIERE, de roches massives en fosse. (s.l.) Ministère de L'Environnement, 1987 30p.il. (estude d' impact sur l'Environnement,2).
- CARRIERE, de roches massives hors nappe. (s.l.) Ministère de L'Environnement, 1987. 36p. il. (estude d'impact sur l'environnement,7).
- CARROLL, D. The weathering environment. In:\_\_\_\_\_. ROCK WEATHERING. Estados Unidos da América, Plenum Press. cap. 2, p. 7-18, 1970.

- CHAIMOWICZ, F. Levantamento bioespeleológico de algumas grutas de Minas Gerais. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (14): 97-107, 1984.
- CHAIMOWICZ. Observações preliminares sobre o ecossistema da gruta Olhos D'Água, Itacarambí, MG, ESPELEO-TEMA. São Paulo (15): 65-78, 1986.
- CHRISTOFOLETTI, A. A Morfologia cársica. In: \_\_\_\_\_ . GEO-MORFOLOGIA. São paulo, Ed. Edgard Blucher ltda. cap. 06, p. 153-154, 1980.
- CIMENTO: demanda expandiu 22,21% em 1986. MINÉRIOS, (19--).
- CINTRA, Benedicto Hadad, Impacto de ar. BRASIL MINERAL (s.l.) p.146. 151, abril de 1985.
- CLARK, Brian D.; BISSET, Ronald & WATHERN, Peter. ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT: A BIBLIOGRAPHY WITH ABSTRACTS. London, Mansell. 516 p. 1980.
- CLAUDIO, Celina F.B. Rosa. Implicações da avaliação de impacto ambiental. AMBIENTE, São Paulo (1): 3, 159-62, 1987.
- COIMBRA, José de A. Aguiar. Enfrentamos uma problemática interdisciplinar. In: O OUTRO LADO DO MEIO AMBIENTE. São Paulo, Ed. CETESB, 1985. p. 175-186.
- COMÉRIO, P. O calcário; sua gênese. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (10): 12, 1976.
- COMO a Sociedade se comporta com Meio Ambiente. (s.l.: s.n.) (19-- ?) cap.4, p.175-186.

- CONGRESSO DE ESPELEOLOGIA DA AMERICA LATINA E CARIBE, 1, 1988. Belo Horizonte. Anais...São Paulo: SBE (1988) 255 p. il.
- CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MINERIA,"2, 1989. São Paulo/CONGRESSO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 3, 1989. São Paulo. Trabalhos Técnicos: Coletânea. São Paulo: OLAMI/IBRAM, (1989) 162p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.1, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece definições responsabilidades critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL), Brasília, 17 de fevereiro de 1986.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resoluções CONAMA-1987. Brasília: SEMA, 1988. 18p.
- COSTA, João Felipe, BUGIN, Alexandre. Recuperação de Áreas em Mineração de Carvão. BRASIL MINERAL (s.l.) n.71, p. 54-60, outubro 1989.
- COUTO, Flávio Augusto D'Araujo. ADOÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS PELOS AGRICULTORES DA REGIÃO DO CERRADO. Brasília: CPAC, 1989. iv. Palestra XII apresentada durante o VII Simpósio sobre o Cerrado.
- CULVER, D. C. ANALYSIS OF SIMPLE CAVE COMMUNICATIES. I, Caves as islands. Evolution, 24:463-474, 1970.
- DANEZZI, Romeu. A importância cultural das pedras ornamentais. BRASIL MINERAL, n.29, p.212-214, abril, 1986.
- AVIS, W.M. Origin of limestone caverns. GEOL. SOC. AM. BULL. 41, p. 475-628, 1930.



- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Perfil Analítico do Cimento, Rio de Janeiro, 70 p., 1974 (Boletim nº 30).
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Código de Mineração e Legislação Correlativa. Ed. Rev. por Humberto de Carvalho Matos. Brasília, 1982. 292p.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Coletânea de Trabalhos Técnicos sobre Controle Ambiental na Mineração. Brasília, 1985. 376p. il.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Curso de Controle da Poluição na Mineração: Alguns Aspectos. Brasília, 1986. 2v.il.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Manual de Equipamentos para o Controle da Poluição na Mineração. Brasília, 1986. v.2, il.
- ESSEN, E.M.B. ET ALII. Levantamento Preliminar da Fauna de Cavernas de Algumas Regiões do Brasil. CIÊNCIA E CULTURA. São Paulo, 32 (6): 714 - 725, 1980.
- ESSEN, Eliana M.B., ESTON, Verena R., SILVA, Marietta S. et al. LEVANTAMENTO PRELIMINAR DA FAUNA DE CAVERNAS DE ALGUMAS REGIÕES DO BRASIL. (s.l.: s.n.), (19--?) p. 714-726.
- VINE, J. U.S. Bureau of Mine, 1976.
- PM quer ser ouvido no planejamento: SEMA vai recadastrar todas as minas e lavras clandestinas em São Paulo. MINÉRIOS (s.l.) v.13, n 149, p 51-55, junho 1989.

DOCUMENTO Inédito aponta erros e acertos. MINÉRIOS (s.l.), v.13, n.147, p.32-41, abril 1989.

DOUROJEANNI, M.J. & TOVAR, A. Notas sobre el ecosistema y la conservación de la cueva de Las Lechuzas (Parque Nacional de Tingo María. Perú). REV. FOR. PERÚ. Lima, 5 (1-2): 28-45, 1971-1974.

DOWDING, C. H. BLAST VIBRATION MONITORING AND CONTROL. Prentice-Hall, 297 p., Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.A., 1985.

DUVALL, W. I. & FOGELSON, D. E. Review of Criteria for Estimating Damage to Residences from Blasting Vibrations. U.S. BUREAU OF MINES REPORT OF INVESTIGATION 5968, 19 p. Washington, 1962.

EDWARDS, A. T. & NORTHWOOD, T. D. Experimental Studies of the Effects of Blasting on Structures. THE ENGINEER 210: 538-546. London, 1960.

ESPELEO-TEMA. São Paulo: SBE, n. 7, 1976.

ESPELEO-TEMA. São Paulo: SBE, n.15, 1986.

ESTADOS UNIDOS, Department of the Interior. Bureau of Land Management. ENVIRONMENTAL IMPACT STATEMENT PROPOSED RESOURCE MANAGEMENT PLAN FOR THE WASHALZIE RESOURCE AREA WORLAND, WYOMING: final. Worland, 1987, 211p. il.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Interior. Bureau of Land Management. DRAFT RESOURCE MANAGEMENT PLAN ENVIRONMENTAL IMPACT STATEMENT FOR THE WASHALZIE RESOURCE AREA WORLAND DISTRICT, WYOMING. Worland, 1986, 222p. il.

- ESTADOS UNIDOS. Departament of the Interior. Bureau of Land Management. RECORD OF DECISION AND APPROVED RESOURCE MANAGEMENT PLAN FOR THE WASHALZIE RESOURCE AREA. Worland, 1988, 55p. il.
- ESTUDOS de viabilidade UHE Kararaô: estudos ambientais cavernas. São Paulo (s.n.) 1987. 35p. (Estudos Xingu Contrato DT-IHX-001/75).
- EVOLUÇÃO Tecnológica favorece produtividade. MINÉRIOS MINERALES, (S.L.) P. 57-59, março, 1989.
- FEVERSHUETTE, Ruy Correia. Responsabilidade administrativa por danos causados ao meio ambiente. R. MINIST PUB. NOVA FASE, Porto Alegre, v.1, n.21, p.52-57, 1987.
- FIGUEIREDO, Luiz Afonso Vaz de. PESQUISA HIDROGEOQUÍMICA E CLIMATOLÓGICA EM CAVERNAS: Problemas e Perspectivas. (s.l.:s.n.) (1989) 13p. il.
- FIGUEIREDO, Luiz Afonso Vaz de. PESQUISAS HIDROGEOQUÍMICAS PARA O CONHECIMENTO DOS AMBIENTES CÁRSTICOS. (s.l.:s.n.) (19--?) 3p.
- FOLLE, Sérgio Mauro. USO DE LÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS NO PREPARO DE SOLOS DE CERRADO. Brasília: CPAC, 1989, 31p. (Palestra apresentada durante o VII Simpósio sobre o Cerrado).
- FONSECA, Francisco. Mineração, Meio Ambiente e Siderurgia na Amazônia. BRASIL MINERAL, (S.L.) n. 71, p. 72-73, outubro 1989.

- FREITAS, Sergio Augusto de, REDAELLI, Leonardo. Nova método para cálculo de plano de fogo. BRASIL MINERAL (s.l.) n.43, p.110-111, junho 1987.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. FORMATO DE EIA-ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RESPECTIVO RIMA PARA MINERAÇÕES. (Rio de Janeiro), (198-?) 29p.
- GALLOPIN, Gilberto C. EL AMBIENTE HUMANO Y LA PLANIFICACION AMBIENTAL. CIFCA: (Madrid ?) 40p. (Opiniones. Fascículos Sobre Medio Ambiente, 1).
- GAMBLE, F.M. Disturbance of underground Wilderness in karst caves. INTERN. J. ENVIRONMENTAL STUDIOS. (s.l.), v.18, p.33-39, 1981.
- GARCIA, Carlos B. LA TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL. México, Universidade Nacional Autónoma de México, 1978, 62 p.
- GARDNER, J.H. Origin and development of limestone caverns. GEOL. SOC. AM. BULL. 46. p. 1255-1274, 1935.
- GENU, Pedro Jaime de Carvalho, RAMOS, Victor Hugo Vargas, PINTO, Alberto Carlos de Queiroz. CULTURA PERENES: situação atual e perspectivas-I Fruticultura. Brasília: CPAC, 1989. Resumo da Palestra VII apresentada durante o VII Simpósio sobre o Cerrado.
- GIL, Antonio C. COMO ELABORAR PROJETOS DE PESQUISAS São Paulo, Atlas, 1988, 160 p.
- GLICKFELD. M.J.; WHITNEY, T. & Grigsby, J.E. A SELECTIVE ANALYTICAL BIBLIOGRAFY FOR SOCIAL IMPACT ASSESSMENT. Stanford, Califórnia, Departamento de Engenharia Civil, Stanford University, 1977.

- GODOY, N.M. Nota sobre a fauna cavernícola de Bonito, MS. ESPELEO-TEMA. São Paulo. (15): 79-92, 1986.
- GONZALES, E.L. & ZAVAN, S.S. Análises físico-químicas e bacteriológicas em águas provenientes de algumas cavernas do Alto Ribeira, SP. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (15): 43-52, 1986.
- GOODE, William J. & HATT, Paul K. MÉTODOS EM PESQUISA SOCIAL. São Paulo, Nacional, 1969.
- GRIFFITH, James J., WILLIAMS, Dom Duame. PROPOSTA PARA A CRIAÇÃO DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO EM REABILITAÇÃO CONSERVACIONISTA PARA O SETOR DE MINERAÇÃO NO BRASIL VIÇOSA: UFV, 1987. 12P.
- GROSSI, Wilson Roberto. A conservação de sítios espeleológicos. Fund. J. P. Belo Horizonte, v.15, n.7/8, p.1-104, setembro/dezembro 1985.
- GUERRA, Antônio Teixeira. DICIONÁRIO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO. IBGE, 439 p. 4ª Ed., 1972.
- GUERRA, Antônio Teixeira. RECURSOS NATURAIS DO BRASIL: CONSERVACIONISMO. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1969. 183 p. (série A- Biblioteca Geográfica Brasileira, 25).
- GUERRA, Ari Medeiros, MELLO, José de Castro. LOCAÇÃO DE POÇOS COM BASE NA RELAÇÃO ENTRE ESTRUTURA E FEIÇÕES CÁRSTICAS - GRUPO BAMBUÍ, IRECÊ - BA. (s.l.:s.n.) (19--?) p.208-220. il.

- HALLIDAY, William R. AMERICAN CAVES AND CAVING: Techniques, pleasures, and safeguards of modern cave exploration. New York: Harper & Row, 1974. 348p.
- HOLLICK, Malcolm. Environmental impact assessment: an international evaluation. ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, V.10, N.2, P.157-178, 1986.
- HOWARD, A. D. & REMSON, I. GEOLOGY IN ENVIRONMENTAL PLANNING. Mc Graw-Hill, Inc., U.S.A., 1978.
- HOWARTH, F. G., STONE, F. D. The Conservation of Hawaii's cave resources. In: CONF. NATURAL SCIENCES, Hawaii Volcanoes National Park, 1982. Proceedings...Hawaii, University, Dept of Botany, 1982 p. 95-99.
- HOWARTH, Francis G. Ecology of cave arthropods. ANN. REV. ENTOMOL. (s.l.), n. 28, p.365-389, 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. DIREC. Relatório técnico de viagem - Gruta Lapa Nova - Vazante, MG. Brasília, 1989, iv.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Programa Nossa Natureza: leis e decretos. Brasília, 1989. 127p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Termo de referência para elaboração de EIA/RIMA em projetos de mineração. Brasília, 1990. 11p.

- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. DIRCOF. Departamento de Registro e Licenciatura. Manual de recuperação e licenciamento de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação. Brasília, 1990. 96p. il.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. 887, de 15 de junho de 1990. Determina diferentes ações relativos ao patrimônio espeleológico Nacional. DIÁRIO OFICIAL (DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL), Brasília, p.11844, 20 de junho 1990. Seção 1, pt.t.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS: MERCADO PRODUTOR MINERAL DO ESTADO DE SÃO PAULO: levantamento e análise. São Paulo, 1990. 188p. il.
- INTRODUÇÃO ao mundo da britagem. MINERAÇÃO METALURGIA (s.l.) n.475, p.22-25, (199-?).
- JACKSON, J. A. & BATES, R. L. Glossary of Geology. AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE, Virginia, E.U.A., 788 p., 1987.
- JIMÉNEZ BELTRAN, Domingo. Articulacion con el marco legal existente y procedimientos administrativos de aplicacion: informes finales, presentacion de resultados, In: CURSO NACIONAL SOBRE EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL, 1982. Managua. cap.6, p.10-1-10-20.
- JOSÉ, Cleide Aparecida. Estudos limnológicos no vale do Paranã. Brasília: UnB, 1983. 51p. il.
- KARMANN, I. Caracterização geral e aspectos genéticos da gruta arenítica "Refúgio do Maroaga", AM-02. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (15): 9-18, 1986.

- KIRSCH, H. Petrologia. In: \_\_\_\_\_. MINERALOGIA APLICADA. Trad. Rui Ribeiro Franco. São Paulo, EDUSP. cap. 4, p. 75, 1975.
- LAKATOS, Eva Maria, MARCONI, Marina de Andrade. MÉTODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1987. 198p.
- LANGFORS, U.; WESTERBERG, H. & KIHLSSTRÖM, B. Ground Vibrations in Blasting. WATER POWER, 10:335-338; 390-395; 421-424, 1958.
- LANGFORS, U. & KIHLSSTRÖM, B. THE MODERN TECHNIQUE OF ROCK BLASTING, Cap. 9: Ground Vibrations. Almqvist & Wiksell, 3ª ed., 438 p., Stockholm, 1978.
- LARAIA, Roque de Barros. CULTURA: um conceito antropológico. 3 ed. Rio de Janeiro: Jorge Zaliás Editor, 1986. 112p.
- LAVRA de vermiculita vira açudes no Piauí. MINÉRIOS MINERALES. São Paulo, v.14, n.162, p.33, setembro 1990.
- LAW, Donnis L. MINED.LAND REHABILITATION. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984. 184p.
- LE BRET, Michel. MERVEILLEUX BRÉSIL SOUTERRAIN. Ed. de l'Octogone, Vestric, 1975.
- LEE, F. W.; THOENEN J. R. & WINDES, S. L. Earth Vibrations Caused by Quarry Blasting. U.S. BUREAU OF MINES REPORT OF INVESTIGATIONS 3319, 19 p., Washington, 1936.
- LIMA, Mria José Araujo. ECOLOGIA HUMANA: realidade e pesquisa. Petrópolis: Vozes, 1984. 163p. il.



- LINEHAN, P. & WISS, J.F. Vibration and Air Blast Noise from Surface Coal Mine Blasting. MINING ENGINEERING 34(4): 391-395, Littleton, 1982.
- LINO, Clayton Ferreira. A PROTEÇÃO FÍSICA DAS CAVERNAS; considerações preliminares. (s.l.:s.n.) 1986, 2p.
- LINO, Clayton Ferreira. CAVERNAS: O FASCINANTE BRASIL SUBTERRÂNEO. Ed. Rios, São Paulo, 280 p., 1989.
- LINO, Clayton Ferreira & ALLIEVI, João. CAVERNAS BRASILEIRAS. Ed. Melhoramentos, São Paulo, 1980.
- LINO, Clayton Ferreira & ALLIEVI, João. PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO: valor e proteção. (s.l.:s.n.), (1981 ?) 10p. Trabalho apresentado no II Simpósio Nacional de Ecologia-Belo Horizonte, 1981.
- LIPPS, E.F. & AUSTIN, J.J. La necesidad de conservación de las cavernas para estudios bioespeleológicos. REV. DEL MUSEO ARGENTINO DE CS. NAT. "B. RIVADAVIA". Buenos Aires, 13 (57): 545-547, 1984.
- LLADÓ, N.L. FUNDAMENTOS DE HIDROGEOLOGIA CARSTICA. Espanha, Editorial Blume, 1970, 269 p.
- LONGWELL, C.R.; KNOPF A. & FLINT, R.F. Sediments and sedimentary rocks. In: \_\_\_\_\_. OUTLINES OF PHYSICAL GEOLOGY. 2 ed. Estados Unidos da América, John Wiley & Sons, Inc. cap. 11, p. 187-206, 1959.
- LUDKE, Menga & ANDRÉ, Marli E.D. PESQUISA EM EDUCAÇÃO. ABORDAGENS QUALITATIVAS, São Paulo, EPU, 1986.

- MABESOONE, J.M. Rochas sedimentares. In: \_\_\_\_\_.  
SEDIMENTOLOGIA. Recife, UFP, cap. 05, p. 143-147.  
1968.
- MAJER, J. D. Fauna studies and land reclamation technology: a review of the history and need for such studies. In: ANIMALS IN PRIMARY SUCCESSION: THE ROLE OF FAUNA IN RECLAIMED LANDS, J. D. MAJER, COORDINADOR, p. 3-33. Londres, Cambridge University Press, 1989.
- MALOTT, C.A. Invasion theory of cavern development. PROC. GEOL. SOC. AM., p. 323, 1937.
- MANGOLIM FILHO, Armando, COPPEDÊ Jr., Alberto, MANSANARES, wander lei. ESTUDOS BÁSICOS DE DRENAGEM PARA O PLANEJAMENTO DE UMA MINA DE CALCÁRIO NO MUNICÍPIO DE FILADELFIA-GO (s.l.:s.n.) Trabalho apresentado no II Congresso Latino Americano de Minerio/III Congresso Brasileiro de Mineração 15p.
- MANUAL de procedimentos de avaliação de impacto ambiental. (s.l.:s.n.) (19--?) in.
- MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. TÉCNICA DE PESQUISA. São Paulo:Atlas, 1988. 205p.
- MASCARENHAS, G. R. CONTROLE AMBIENTAL DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO - ALGUMAS TÉCNICAS ADOTADAS. Coletânea de Trabalhos Técnicos Sobre Mineração. DNPM, p. 23-38, 1985.
- MASCARENHAS, Geraldo Ratton. Aspectos Ambientais na elaboração do plano de aproveitamento econômico (P.A.E.). In: CURSO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO NA MINERAÇÃO. Brasília: DNPM, 1986. p. 105-117.

- MATIELLO, José Braz. CAFEICUETURA NOS CERRADOS:situação atual e perspectivas. Brasília: CPAC, 1989. 8p. Palestra VII proferida durante o VII Simpósio sobre o Cerrado.
- McALESTER, A.L. Vida no Mar. In: \_\_\_\_\_. L'HISTÓRIA GEOLÓGICA DA VIDA. Trad. Sérgio Estanislau do Amaral. São Paulo, EDUSP. cap. 03, ítem 2, p. 63-68, 1969.
- MELLO, Antonio de Oliveira, DA VISÃO DA LAPA AO MINÉRIO: Vazante: Prefeitura Municipal, 1977. 203p. il.
- MENESES, Ulpiano Bezerra de. NATUREZA DA ARQUEOLOGIA E DO DOCUMENTO ARQUEOLÓGICO: problemas gerais de arqueologia brasileira. Notas de aula. São Paulo: USP (19--?) 11p.
- MERCADO brasileiro de cimento. MINERAÇÃO METALURGIA (s.l.) n. 443, p.4-9, (19--?).
- MERENNE-SCHOUMAKER, Bernadette. Aspectos de l'influence des Touristes sur les microclimats de la Grotte de Remonchamps. ANN SPELEOL. (s.l.), v.30, n.2, p.273-285, 1975.
- MESTROV, Milan, LATTINGER-PENKO, Romana. Investigation of the mutual influence between a polluted river and its hyperheic. INT. J. SPELEOL. (s.l.) n.11, p.159-171, 1981.
- METALURGIA E PROCESSAMENTO . O IMPACTO AMBIENTAL DAS BARRAGENS DE REJEITOS. nov - 1977.
- METALURGIA E PROCESSAMENTO. NA GRANDE SÃO PAULO, CRATERAS IMENSAS NO SOLO. nov. 1977.

- METODOLOGIA de avaliação de impactos ambientais (s.l.:s.n.) (19--?) 1v.
- MÉXICO. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. La Aplicación del procedimiento de impacto ambiental en la evaluación de actividades con elevado potencial de riesgo: México, (19--?) 1v. (série: Impacto Ambiental, 2).
- MIDEA, Nilson F. Uso de explosivos: histórico, recomendações e normalização. BRASIL MINERAL (s.l.) p.45-58, janeiro 1987.
- MILARE, Edis. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL. São Paulo: Associação Paulista do Ministério Público (199\_?) p.23-52. (Curadoria do Meio Ambiente. Cadernos Informativos)
- MILKO, Peter. Caverna dos Guácharos - Colômbia. ESPLEO-TEMA. São Paulo, (14): 75-77, 1984.
- MILKO, Peter. Medidas físicas e químicas - Expedição Goiás 79. ESPELEO-TEMA (14): 116-122, 1984.
- MINERAÇÃO & METALURGIA. MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE - IMPACTOS PREVISÍVEIS E FORMAS DE CONTROLE. nº 491.
- MINERAÇÃO & METALURGIA. RECUPERAÇÃO DE ÁREAS EM MINERAÇÃO DE CARVÃO. nº 491.
- MINUTA de correspondência a ser dirigida à comunidade e aos romeiros. Brasília: SPHAN, 1986. 2p.
- MOHR, Charles E. EXPLORING AMERICA UNDERGROUND.(s.l.:s.n.) (19--?) p.803-837.

- MOMMA, Alberto. COOPERAÇÃO ECONÔMICA BRASIL-JAPÃO NA ÁREA AGRÍCOLA. Brasília: CPAC, 1989. 4p. (Pronunciamento proferido durante a Sessão 3 do VII Simpósio sobre o Cerrado)
- MOURA, Vicente Pongitory Gifoni. A PESQUISA COM EUCALYPTUS E PINOS NA REGIÃO DOS CERRADOS. Brasília: CPAC, 1989. 10p. (Palestra VI apresentada no VII Simpósio sobre o Cerrado).
- MRN transfere planta para recuperar lago. MINÉRIOS (s.l.) V.12, n.144, p.38-39, janeiro 1989.
- NA GRANDE São Paulo crateras imensas no solo. ME&p, (s.l.) p.14-20, novembro 1977.
- NEGRET, Helen R. Cales. PROPOSTA DE PESQUISA SOBRE OS ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) NO BRASIL (s.l.:s.n.) (19--?) 6p.
- NORTHWOOD, T. D.; CRAWFORD, R. & EDWARDS, A. T. Blasting Vibrations and Building Damage. THE ENGINEER 215:973-978, Londres, 1963.
- NOVAES PINTO, Maria. ESTUDO DE ALGUMAS CAVERNAS NO ENTORNO DE BRASÍLIA. 14 p. (mimeografado).
- NOVAES PINTO, Maria. Morfologia e ambiente de cavernas - uma contribuição ao ensino. REVISTA GEOGRAFIA E ENSINO. Belo Horizonte, 2 (2): 11-19, dez. 1984.
- OJEDA, Margarida, PALACIOS-VARGAS, José G.A. New species of troglopedetes (Collembola: Paronellidae) from Guerrero, México. ENT.NEWS, (s.l.), v.95, n.1, p.16-20, janeiro/fevereiro 1984.

- OLIVEIRA MELLO, Antônio de. UNAf: rumo às Veredas Urucuianas, primeiro grau. Unai: Edição da Prefeitura de Unai, 1988. 264p. il.
- OLIVEIRA, Antônio Inagê de Assis. ASPECTOS INSTITUCIONAIS E PROCEDIMENTOS LEGAIS À AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. Brasília: FINEP, 1987. 26p. Trabalho apresentado no curso de Introdução ao Estudo de Avaliação de Impacto Ambiental.
- OLIVEIRA, Carlos Alberto da Silva, MAROVELLI, Waldir Aparecido. HORTALIÇAS IRRIGADAS NA REGIÃO DOS CERRADOS. Brasília: CPAC, 1989. Resumo da palestra apresentada durante o Painel VI do VII Simpósio sobre o Cerrado.
- ONU discute o futuro da mineração. BRASIL MINERAL (s.l.) n.63, p.76-81, fevereiro 1989.
- PAES, Maria Luiza Nogueira. OS CODEMA'S e o caso Divinópolis: Gestão Ambiental participativa. Brasília: UnB, 1988. 77p. (Mestrado em Planejamento Urbano) UnB, 1988.
- PALACIOS-VARGAS, José G. Collemboles Cavernicoles du Mexique. PEDOBIOLOGIA, (s.l.), n.25, p.349-355, 1983.
- PALACIOS-VARGAS, José G. Microartrópodos de la Gruta de Aguacachil, Guerrero, Mexico. AN. ESC. CIENC. BIOL. Mexico, n.27, p.55-60, 1983.
- PALACIOS-VARGAS, José G., THIBAUD, Jean-Marc. Nuevos Hypogastruridae Anoftalmos (Collembola) de cuevas y suelos de Mexico. FOLIA ENTOMOLOGICA MEXICANA (s.l.), n.66, p.3-16, 1985.

- PARZEFALL, J. & SENKEL, S. SCHOOLING BEHAVIOUR IN CAVERNICOLOUS FISH AND THEIR EPIGEAN CONSPECIFICS. México, : 107-109, 19 .
- PECK, S.B. & KUKALOVA-PECK, J. PRELIMINARY SUMMARY OF THE SUBTERRANEAN FAUNA OF THE GALAPAGOS ISLANDS. ECUADOR. PART II. THE INSECTS, EVOLUTION AND BIOGEOGRAFIA. : 166-169, 19 .
- PEIXOTO, Carlos Alberto de Mello ESCODINO, Paulo Cyro Baptista, MARQUES, Antônio Francisco S.M. Agua subterrânea para irrigação: na região cárstica do Norte de Minas Gerais e sul da Bahia: discussão preliminar. IRRIGAÇÃO E TECNOLOGIA MODERNA (s.l.), n.26, p.11-17, 1986.
- PENTEADO, M. M. Relevô terrestre. In: \_\_\_\_\_. Fundamentos de Geomorfologia. 3 ed. Rio de Janeiro, IBGE. cap. 3, ítem 3.5, p. 27-31. 1980.
- PEREIRA, Newton Muller. Prevenir autos que seja tarde. BRASIL MINERAL (s.l.) n.23, p.59, outubro 1985.
- PEREZ CONCA, Francisco. Problemas ambientales de áreas cársticas: la cueva y sur ecosistema. BOL. SOC. VENEZOLANA ESPEL. (s.l.) v.8, n.16, p.155-174. outubro 1977.
- PEREZ CONCA, Francisco. Problemas ambientales de áreas cársticas. Parte 2º: El efecto de la ocupación humana sobre el ecosistema cavernícola. BOL. SOC. VENEZOLANA ESPEL. (s.l.) v.9, n.117, p.66-73, 1978.
- PEREZ, Rui Campos & GROSSI, Wilson Roberto. Reconhecimento, valorização e manejo do patrimônio espeleológico da Região Metropolitana de Belo Horizonte. ESPELEO-TEMA. (15): 93-100, 1986.

- PEREZZA, Maria Claudia de, BIRAAQUE, Maria José, LINK, Volker Reinhold et al. ESTUDO ANALÍTICO DE METODOLOGIAS DE ÇLALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. (s.l.: s.n.) (19--?) 12p.
- PERZEFALL, Jakob, SENKEL, Suzane. SCHOOLING BEHAVIOUR IN CAVERNICOLOUS FISH AND THEN EPIGEAN CONSPECIFICS. (s.l.:s.n.), 6p. trabalho apresentado no Nono Congresso Internacional de Espeleologia, Espanha, 1986.
- PETAK, Willian J. Environmental Management: a System approach. ENVIRONMENTAL MANAGEMNET (s.l.) v.5, n.3, p. 213-224, 1981.
- PFUHL, Alfred. Activities, effects, environment. QUARTERLY JOURNAL OF INTERNATIONAL AGRICULTURE. (s.l.) v.25, n.2, p.131-145, junho 1986.
- PINHEIRO, R. V. L. Nova proposta para classificação de províncias espeleológicas. ANAIS DO CONGRESSO DE ESPELEOLOGIA DA AMÉRICA LATINA E DO CARIBE, p. 220-222, 1988.
- PINTO, Agnes Maria Salles Dias et al. ÁREA DE PROTEÇÃO ESPECIAL DO AEROPORTO METROPOLITANO DE BELO HORIZONTE - ESTUDOS INTEGRADOS - FASE I: patrimônio espeliológico e arqueológico. Belo Horizonte: CETEC, (198-?) v.3.
- PINTO, Uile Reginaldo. COMO OBTER LICENCIAMENTO DE MINERAIS, 2 ed. rev. Brasília: DNPM, 1981. 133p. il.
- POULSON, T. L. & WHITE, W. B. THE CAVE ENVIRONMENT SCIENCE. 165:971-81, New York, 1969.



- QUARESMA, Luis Felipe. A indústria extrativista mineral e suas interligações: legislação, taxação e consequências. MINERAÇÃO METALURGIA. (s.l.) n.489, p. 11-12 (19--?).
- QUEIXAS dos mineradores de baixo custo: a busca da integração legislação-empresa-universidade, a participação dos órgãos do setor e as deficiências de quem fiscaliza. MINÉRIOS (s.l.) v.13, n.149, p.56-57, junho 1989.
- RAMOS, José Maurício. Meio Ambiente: novos tempos na mineração. MINERAÇÃO METALURGIA, n.479, p.27-32, (1985?).
- RECOMENDAÇÕES técnicas para desmonte de rochas em pedreiras. BRASIL MINERAL (s.l.) n.16, p. 27-32, março 1985.
- RECUPERAÇÃO de áreas em mineração de carvão. MINERAÇÃO METALURGIA, (s.l.) n.491, p.16-37 (19--?).
- REGO, Neylor Calasans, Souza, José Bonifácio de Almeida, CORTESÃO, Judith. CAVERNAS BRASILEIRAS DE IMPORTANCIA ECOLÓGICA E ESTRATÉGICA: proposta de cadastramento e estudo Brasília: MINTER, 1981. 20p.
- REID, Janet W., JOSÉ, Cleide A. Some Copepoda (Crustácea) from caves in Central Brazil. STYGOLOGIA, Leideu, V.3, n.1, p.70-82, 1987.
- RENAULT, P. LA FORMACIÓN DES CAVERNES. Paris, Presses Universitaires de France, 1970. 126 p. (Coleção "Que Sais-Je?", le point des connaissances actuelles, nº 1400).
- RESCK. Dimas V.S., GOMES, José Fernando M. PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO A NÍVEL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NA REGIÃO DOS CERRADOS. Brasília: CPAC, 1989. 22p. Palestra proferida no Painel V durante o VII Simpósio sobre o Cerrado.

- RESENDE, Mauro, ALMEIDA, Joaquim Rosa de. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. INF. AGROPEC. Belo Horizonte, v.11, n.128, p.38-54, agosto 1985.
- RESENDE, Mauro. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. INF. AGROPEC., Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, agosto 1985.
- REVISTA do departamento histórico nacional. Rio de Janeiro, n.22, 1987.
- RIBEIRO, José Felipe, SANO, Sueli Matiko, MACEDO, Jamil et al. OS PRINCIPAIS TIPOS FITOFISIONÔMICOS DA REGIÃO DOS CERRADOS. Planaltina: CPAC, 1983. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 21)
- RIBEIRO, Maurício Andrés. Mineração e meio ambiente: problemas e perspectivas. FUND.J.P. Belo Horizonte, v.15, n.1/8, p.1-104, setembro/dezembro 1985.
- RODRIGUES, Monice Duarte. Caminhos para a mudança. BRASIL MINERAL, (s.l.), n.62, p.44-48, janeiro 1989.
- RUBBIOLI, E. L. A gruta da Lagoa Rica. O CARSTE, (2):2 p. 22-24, 1990.
- SANCHEZ, Luis Enrique. Incidência ambiental das vibrações. BRASIL MINERAL (s.l.), n.38, p.52-61, janeiro 1987.
- SANCHEZ, Luis Enrique. Preservação de cavernas no Mato Grosso do Sul. INFORMATIVO SBE São Paulo, v.1, n.32, p.11-12, (1990).

- SANCHEZ, Luiz Enrique. Cavernas e paisagem cárstica do Alto Ribeira/SP: uma proposta de tombamento. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (14): 9 - 21, 1984.
- SANTOS, Fábio Márton Costa, JUNQUEIRA, Paulo Alvarenga, TEIXEIRA, Ronaldo. A MINERAÇÃO DE CALCÁRIO NA FAZENDA ESCRIVANINHA E A PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE E DOS VALORES CULTURAIS ESPELEOLÓGICOS, PALEONTOLÓGICOS E ARQUEOLÓGICOS. (s.l.:s.n.), 1982. 1v. il.
- SANTOS, N. V. PERFIL ECONÔMICO: MERCADO PRODUTOR DE ROCHAS CALCÁRIAS NO ESTADO DO PARANÁ. Curitiba. SEIC-CPM, 1987, 38 p.
- SCHMITT JÚNIOR, Arnaldo. Impacto ambiental da mineração de carvão. BRASIL MINERAL, n.71, p.62-71, outubro 1989.
- SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA - SEDUE. LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES CON ELEVADO POTENCIAL DE RIESGO. México, 16 p. (série: impacto ambiental nº 2), 1986.
- SELLTIZ, Claire et alii. MÉTODOS DE PESQUISA NAS RELAÇÕES SOCIAIS. São Paulo, Helder, 1967.
- SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁERAS URBANAS, 1989. São Paulo, ANAIS...Brasília: DNPM, (1989?) 147p.
- SIFRE, Michel. Six Months alone in a cave. NATIONAL GEOGRAPHIC (s.l.) 1975, março.
- SILVA, Aldebani Braz da. PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Curso de Controle da Poluição na Mineração: Alguns Aspectos - Volume 1. DNPM, 1986.

- SILVA, Adelbani Braz da. CONTRIBUIÇÃO DA GEOLOGIA NA EXPLOTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO GRUPO BAMBUÍ NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS. (s.l.:s.n.) (19--?) p.251-262 il.
- SILVEIRA, R. S. A. & MOREIRA, I. V. D. Métodos de AIA e técnicas de previsão de impactos. MANUAL DE PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL. FEEMA/SEMA, 1986.
- SIMAKOV, Nilkolai Vasilrvich et al. The USSR practices on land rehabilitation after completion of mining operations. UNEP Industry and Environment, (s.l.) p.26-29, Janeiro/Março.
- SINTONI, A. & VALVERDE, F. M. ROCHAS CALCÁRIAS NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ. Brasília, DNPM, 1978 (Boletim 45).
- SISKIND, D. E. Vibração e deslocamento de ar em pedreiras. ANAIS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS. SCTDE-SP, DNPM, São Paulo, p. 40-43, 1989.
- SMITH, D.I. Applied geomorphology and hidrology of karst regions. In: APPLIED GEOMORFOLOGY - A PERSPECTIVE OF THE CONTRIBUTION OF GEOMORPHOLOGY TO INTERDISCIPLINARY STUDIES AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT Org. John R. Hails. Amsterdam: Ezsevier Scientific Publishing Company. 418 p. p. 85-118. 1977.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. ALTO VALE DO RIBEIRA: necessidade de preservação. São Paulo, 1980. 10p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ESPELEOLOGIA. CADASTRO NACIONAL DE CAVIDADES NATURAIS: índice de dados sobre as cavernas do Brasil. (s.l.), (1989) 222p. il.

- SOCIEDADE ORNITOLÓGICA MINEIRA. Afinal, proteção para as grutas, BOLETIM DA SOM, nº 15, 1978.
- SOCIEDADE ORNITOLÓGICA MINEIRA. Grutas estão virando cimento, BOLETIM DA SOM, nº 8, 1976.
- SOCIEDADE ORNITOLÓGICA MINEIRA. Novo aeroporto detruirá grutas, BOLETIM DA SOM, nº 20, 1980.
- SOUZA, A. C. C. M.; FERRAZ, S. M. & SOUZA, M. A. C. M. SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS NO PARANÁ. Projeto Bacia do Paranã, UFGO, p. 43-54, 1977.
- SPARKS, B.W. Geomorphology. 2. ed. Londres, Longman. 530 p. 1972.
- STAGG, M. S.; SISKIND, D. E. STEVENS, M. G. & DOWDING, C. H. Effects of Repeated Blasting on a Wood-Frame House, U.S. BUREAU OF MINES REPORT OF INVESTIGATIONS 8896, 82 p., Washington, 1984.
- SUMÁRIO MINERAL 1988. Brasília: DNPM, v.8, 1988. 111p.
- SUMMARY of recommendations for international action. In.: UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE ENVIRONMENT, 1972. Stockholm. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF NATIONAL RESOURCES MANAGEMENT (SUBJECT ÁREA II) stockholm (1972?) cap.III "paginação irregular".
- SWINNERTON, A. C. ORIGIN OF LIMESTONE CAVERNS. Geologycal Society American Bulletin. 43, p. 663-694, 1932.
- TEIXEIRA Jr. Paulo Borges, VIRGILLI, José Carlos. Análise de risco de taludes rochosos. BRASIL MINERAL (s.l.), n.27, p.43-47, fevereiro 1986.

- TERMOS de referência gerais para a realização de estudos de impacto ambiental (s.l.:s.n.) (19--?) 1v.
- THOENEN, J. R. & WINDES, S. L. Seismic Effects of Quarry Blasting. U.S. BUREAU OF MINES BULLETIN 442, 83 p., Washington, 1942.
- THOMAS, M.F. Weathering processes and products. In: TROPICAL GEOMORPHOLOGY. Gran-Bretanha, MacMillan. cap. 1, p. 13-48. 1974.
- THORNBURY, W.D. PRINCIPLES OF GEOMORPHOLOGY. New York, John Wiley & Sons, Inc.. 618 p. 1966.
- TOMLINSON, Paul. PROJECT SCREENING METHODS. Aberdeen: Centre for Environmental Management and Planning, 1986. 1v. il. Trabalho apresentado no International Seminar on Environmental Impact Assessment, 1986.
- TRAJANO, Eleonora. Vulnerabilidade dos troglóbios à perturbações ambientais. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (15): 19-24, 1986.
- TRAJANO, Eleonora. & GNASPINI NETO, Pedro. Observações sobre a mesofauna cavernícola do Alto Vale do Ribeira, SP. ESPELEO-TEMA. São Paulo (15): 29-34, 1986.
- TRAJANO, Eleonora. Alguns problemas envolvidos na classificação ecológica dos cavernícolas. ESPELEO-TEMA. São Paulo, (15): 25-28, 1986.

- TRAJANO, Eleonora. BIOLOGIA DO BAGRE CAVERNÍCOLA, PIMELODELLA KRONEI E DE SEU PROVÁVEL ANCESTRAL PIMELODELLA TRANSITORIA (SILURIFORMES, PIMELODIDAE). São Paulo USP, 1987. 1v. (Dissertação Doutor em Ciências) - Instituto de Biociências Universidade de São Paulo, 1987.
- TRAJANO, Eleonora. Fauna cavernícola brasileira: composição e caracterização preliminar. REVISTA BRASILEIRA DE ZOOLOGIA, São Paulo, v.3, n.8, p.533-561, maio 1987.
- TRICART, J. INTRODUCTION A LA GÉOMORPHOLOGIE CLIMATIQUE. 5. ed. Paris, Société D'Édition D'Enseignement Supérieur, 1965. 306 p.
- TROMBE, F. LA SPÉLÉOLOGIE. Paris, Presses Universitaires de France, 1965. 127 p. (Coleção "Que Sais-Je?", Le point des connaissances actuelles, nº 709).
- Uma LAVRA, subterrânea é eficiente para calcário. MINÉRIOS (s.l.), v.12, n. 144, p. 44-45, janeiro 1989.
- UNESCO. THESAURUS DE L'UNESCO. Vol. 1 e 2, Paris, 1983.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. The restoration and rehabilitation of land soils after mining activities. Nairobi, nº 08, 26 p., 1983.
- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. LAPA DA LAGOA RICA, Grupo de Espeleologia da Geologia - GREGEO, Relatório de Situação, 1990.

- VALADÃO, Charles Henrique Sales, SILVA, Evangelina Maria Aparício da. ESTRATÉGIAS DE DEPOSIÇÃO E RETOMADA DE MINÉRIO EM GRANDES PILHAS. (s.l.:s.n.) (1989?) p.262-277. Trabalho apresentado no Congresso Latino Americano de Minéria/ Terceiro Congresso Brasileiro de Mineração, São Paulo, 1989.
- VALVERDE, Fernando M., KIYOTANI, Milton Alzira. Mineração em áreas urbanas. BRASIL MINERAL (s.l.), n.30, p.30-36, maio, 1986.
- VANDEL, A. BIOSPELEOLOGY: THE BIOLOGY OF CAVERNICOLOUS ANIMALS. Pergamon Press, New York, 1965.
- VIEIRA, André Calixto, MENENZES, Sebastião de Oliveira. Considerações fotológicas e pedológicas sobre a região de Cantagalo, estado de Rio de Janeiro. MINERAÇÃO METALURGIA. (s.l.) p.10-15, (19--?).
- VIEIRA, Vicente de Paulo P.B. AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE RECURSOS HÍDRICOS: impacto econômico, social, ambiental e regional. (s.l.:s.n.) (19--?) p.103-122.
- WAGNER, Elmar. POLÍTICA DE OCUPAÇÃO E UTILIZAÇÃO DOS CERRADOS. Brasília: CPAC, 1981. 13P. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 1).
- WAGNER, Elmar. CONTRIBUIÇÃO DOS CERRADOS PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS: a segunda geração de problemas. Brasília; CPAC, 1989. 2p. Resumo da palestra apresentada durante o painel III do VII Simpósio sobre o Cerrado.
- WAISBERG, Benami. Controle ambiental em instalações de britagem. BRASIL MINERAL. (s.l.) p.106-109, junho 1987.



- WALSH, James. Depth defiers of Huautla. NATURE (s.l.) p.38-39, apr. 1991.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Regional Office for Europe. TECHNICAL PAPERS. Old Aberdeen: University of Aberdeen, 1981. p.42-51.
- XAVIER, Carlos Alberto Ribeiro de. A natureza no patrimônio cultural do Brasil. REVISTA DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. Rio de Janeiro, (22): 233-235, 1987.
- ZANETTI, Hermes. PRONUNCIAMENTO DO DEPUTADO NA CÂMARA DOS DEPUTADOS DIA 06/03/88. Brasília: CPAC, 1989. 5p.
- ZIMMER, Ademir Hugo, CORRÊA, Afonso Simões. PRODUÇÃO DE CARNE EM PASTAGENS TROPICAIS. Brasília:CPAC, 1985. 37p. Palestra proferida durante o VII simpósio sobre o Cerrado.