UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EFEITOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE BRITA EM ÁREAS URBANAS (POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E VIBRAÇÃO)

Gilson Lucio Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

SÃO PAULO
1993

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC
30900005468

EFEITOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE BRITA EM ÁREAS URBANAS (POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E VIBRAÇÃO)

Gilson Lucio Rodrigues

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
t1736
U. S. P.

Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. U.Duarte	
Examinadores:	Dr. Y.Kihara	
	Dr. P.T.Cruz	

SÃO PAULO
1993

"O desenvolvimento econômico mundial de longo prazo pode ser obtido mais facilmente através da busca de políticas de desenvolvimento sustentáveis, incluindo um equilíbrio de medidas de proteção econômicas, socio-culturais e ambientais. Ao mesmo tempo que se ocupa das preocupações do ambiente global, cada país deveria aplicar este conceito para atender às necessidades de suas circunstâncias ambientais e econômicas".

Reunião Internacional sobre Mineração e Meio Ambiente, em Berlim, de 25 a 28 de junho de 1991.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho teve a colaboração de várias pessoas às quais expressamos os nossos agradecimentos.

Ao professor Uriel Duarte pelo incentivo, pela orientação, leitura e correção do texto.

Aos meus colegas de trabalho pelo apoio, em especial ao Engº Luis Okumura.

A Sra. Alicia pela datilografia e ao Sr. Hélvio pelos desenhos.

RESUMO

A mineração quando tecnicamente mal conduzida ocasiona problemas ambientais tais como poluição (água, ar e solo), vibração, ruído, ultra-lançamento de fragmentos, devastação de áreas, etc.

Nas regiões metropolitanas, devido a falta de um planejamento de uso e ocupação territorial, a proximidade das áreas de mineração com as áreas habitadas já é um fato.

Desta forma, o convívio entre a produção econômica de brita, a segurança e bem-estar à população é fundamental, haja visto a necessidade predominante deste bem mineral.

Assim, procuramos expor neste trabalho a possível convivência entre a mineração e sua vizinhança, desde que tenhamos a adoção de técnicas adequadas por parte do empresário, e a aplicação efetiva de normas e legislação por parte do Estado.

ABSTRACT

Mining activities, when technically bad conducted, cause environmental troubles like pollution (water, air and soil), vibrations, noise, fragment overthrow, devastations, etc.

In the metropolitan areas, due to the lack of a land use planning, the proximity of the mining areas with houses is, indeed, a reality.

Therefore, the co-existence of the economic production of crushed granite mines, the safety conditions and welfare of the people is of essential concern because of the widespread use of that product.

This work shows that reasonable living conditions near mining sites is possible, once adequate technics are used by the mining company and proper legal rules and sanctions are effectively enforced by the government.

ÍNDICE

1.- INTRODUÇÃO 1
2.- OBJETIVOS 4
3.- GENERALIDADES 5
4.- ASPECTOS GEOLÓGICOS 7
4.1.- INFLUÊNCIA DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS NAS EMISSÕES 9
5.- ASPECTOS ECONÔMICOS 12
6.- ASPECTOS AMBIENTAIS 13
6.1.- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA PROVOCADA PELA LAVRA, BENEFICIAMENTO E TRANSPORTE 13
6.1.1.- EFEITOS PROVÁVEIS SOBRE A SAÚDE HUMANA 15
6.2.- POLUIÇÃO PROVOCADA PELO USO DE EXPLOSIVOS 18
7.- LEGISLAÇÃO AMBIENTAL 19
7.1.- SOBRE A QUALIDADE DO AR 20
7.2 - SOBRE O USO DE EXPLOSIVOS 22
8.- EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES 23
8.1.- MEDIDAS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 23
8.2.- MEDIDAS DOS EFEITOS POR DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS 25
9.- METODOLOGIA UTILIZADA NAS MEDIÇÕES 28
9.1.- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 28
9.2.- DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS 29
10.- RESULTADOS OBTIDOS 30
10.1.- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 30
10.2.- DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS 33
11.- COMENTÁRIOS 36
12.- MÉTODOS DE CONTROLE OU MINIMIZAÇÃO E TÉCNICAS PARA COLETA DE POEIRA 39
12.1.- MEDIDAS DE PREVENÇÃO À POEIRA NOS DEPÓSITOS DE PÓ DE PEDRA 61
12.2.- ELEMENTOS DO PLANO DE FOGO QUE INFLUEM NA VIBRAÇÃO 66
13.- CONCLUSÕES 69
14.- BIBLIOGRAFIA 72
ANEXO 01 74
ANEXO 02 75
ANEXO 03 76
ANEXO 04 77
ANEXO 05 78

1. - INTRODUÇÃO

Desde a década de 60 as alterações do equilíbrio ecológico e o impacto da atividade humana sobre a ecosfera terrestre, transformaram-se em assunto de preocupação de alguns cientistas e pesquisadores. Durante o início dos anos 70 ganharam dimensão política, e são hoje um dos assuntos mais polêmicos do mundo. (Fonseca, F.- 1989)

A atividade mineira, dita com objetivo de melhoria das condições de vida, tem se desenvolvido, em alguns casos, de maneira indiferente e conflitante com os princípios de proteção ao meio ambiente.

Quando tecnicamente mal conduzida a sua interferência pode ser sentida desde os trabalhos iniciais de preparação da lavra até a fase de abandono da operação, destacando-se a tecnologia inadequada em geral aplicada à explotação dos bens minerais.

Por áreas mineradas subentendem-se toda a área que serviu a atividade mineira: a própria mina, os depósitos de estéril, rejeitos e produtos, as áreas construídas, as vias de circulação, etc. ..... para tanto é primordial que a atividade de recuperação deva ser prevista e planejada na fase do projeto do empreendimento, devendo se desenvolver naturalmente, na fase de operação e ser concluída na etapa de encerramento e/ou abandono.

Prevalecem inúmeros problemas causados devido ao impacto ambiental redundante da atividade mineradora, totalmente

incoerentes com a realidade, fazendo com que haja como conseqüência direta os reclamos da população, e que na maioria das vezes são exigidas a paralização destas atividades incômodas à sociedade nas quais ressaltam-se os problemas causados pela poluição (água, ar e solo), vibração, ruído, ultra-lançamento de fragmentos, assoreamento de rios, devastação das áreas, etc.

A despreocupação quanto aos aspectos paisagísticos, bem como a reabilitação do solo minerado, de modo também a condicioná-lo a outra atividade, se deve principalmente a ausência de tecnologias adequadas, de modo a racionalizar e otimizar as sistemáticas de um planejamento de lavra.

Na maioria das vezes as lavras se desenvolvem sem controle, não existindo diretrizes para estas atividades, proliferando frentes abandonadas, a maioria sem possibilidade de reabilitação e recuperação paisagística. É importante que os trabalhos de base, que antecedam o início da explotação sejam planejados com cautela e bom senso, de modo qua a seqüência dos trabalhos não sofram solução de continuidade, sendo fundamental que todas as etapas fiquem bem definidas, cada uma com sua devida peculiaridade.

A atividade mineral pela sua rigidez locacional, necessita da adoção de medidas capazes de conciliar o seu desenvolvimento com a expansão urbana, especialmente nas regiões metropolitanas. Nestas regiões, as atividades de explotação mineral iniciam-se em áreas ainda não ocupadas para fins urbanos ou industriais. Entretanto, com o passar do tempo a mineração se vê cercada de loteamentos (muitas vezes

clandestinos) criando-se o problema social, gerando conflitos que, via de regra, resultam na paralisação da atividade mineira.

Para a redução ou mesmo eliminação desses conflitos, e a conseqüente atenuação do impacto ambiental proveniente em grande parte das atividades da lavra à céu aberto, deveria ser realizado um planejamento de uso e ocupação territorial onde seriam estabelecidas estratégias locacionais que contemplassem áreas especiais para o desenvolvimento das atividades, ou seja, não fosse permitida a aproximação de outras atividades enquanto durassem os trabalhos de lavra. Nesse sentido ressalta-se em importância a elaboração de mapas de zoneamento da atividade mineral, capazes de conciliar interesses públicos, privados e sociais, e prevenir os impactos provocados ao meio ambiente.

É importante que sejam efetuados estudos visando a delimitação de distritos próprios, onde a atividade possa se desenvolver sem riscos de ser envolvida pela expansão da malha urbana ou pela proximidade de outra atividade econômica. Por outro lado, é fundamental uma orientação às empresas, com vistas à adoção de técnicas adequadas, tanto no aspecto da produção, quanto na área administrativa.

Este trabalho apresenta dados de avaliação da poluição atmosférica provocada pela atividade de pedreiras, realizada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que foi efetuada com base nos conhecimentos adquiridos durante a cooperação técnica entre o DNPM e o Governo Japonês, através da Japan International Cooperation Agency (JICA).

Em relação ao estudo da influência do uso de explosivos utilizamos o trabalho realizado pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, nas pedreiras em São Paulo.

2. - OBJETIVOS

O aumento da concentração populacional nas zonas urbanas vem acarretando um crescimento desordenado, trazendo grandes problemas de congestionamento habitacional, provocando um deslocamento dos núcleos residenciais para áreas industriais, agravando os efeitos locais de poluição.

Em decorrência da poluição do ar por partículas, devido as atividades de mineração, são apresentadas alterações do sistema respiratório que podem ser permanentes ou temporários, dependendo de fatores determinantes, como tamanho das partículas, quantidade inalada e tempo de exposição.

A utilização de explosivos para o desmonte de rochas acarreta; a vibração do solo através da frente que está sendo desmontada e o sopro-de-ar na parte frontal, além de, algumas vezes, a ocorrência de ultra-lançamentos.

É verdade que, quanto mais se afasta a área de produção da do consumo, nós temos segurança absoluta mas, em compensação, esse benefício vai ser prejudicado com o encarecimento do produto, pelo transporte. Desta forma, a compatibilidade entre a produção econômica de

brita, e a segurança e bem estar necessários à população é fundamental, haja visto que nossa realidade mostra a urbanização próxima as pedreiras em funcionamento; e o simples fechamento das pedreiras é uma solução simplista e equivocada.

Desse modo, procuramos mostrar neste trabalho a possível convivência entre a mineração e a população vizinha desde que tenhamos por um lado, o empresário aplicando técnicas adequadas, e por outro lado o Estado com normas e legislação com fundamento técnico-social, além de uma fiscalização efetiva.

Para isto mostramos estudos realizados nas pedreiras localizadas nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro pois, sendo as duas maiores do País, acreditamos que a avaliação poderá ser estendida para todas as outras regiões, visto que os problemas apresentados são semelhantes.

3. - GENERALIDADES

A produção de brita na Região da Grande São Paulo, que conta aproximadamente com 32 pedreiras, corresponde praticamente a metade do total produzido em todo o Estado de São Paulo. No quadro a seguir podemos acompanhar esta comparação ao longo de alguns anos.

(x 1000 m³)

- BM	1984	1985	1986	1987	1988
- GR	5.305,00	6.490.30	8.262,90	7.813,60	8.405,50
- GN	909,00	1.193,60	1.307,40	1.272,40	1.185,70
- DI		11,80			2,80
TOTAL	6.214,00	8.273,70	9.602,30	9.085,70	9.593,00
Estado de SP (TOTAL)	11.752,20	13.629,40	17.764,30	17.773,90	18.686,50

Fonte: SIPROM-DNPM 2º D.

BM - Bem Mineral

GR - Granito

DI - Diabásio

GN - Gnaisse

Tomando como base as 39 substâncias minerais mais consumidas no Estado de São Paulo, podemos concluir que a brita representa 48,3% deste total. O ANEXO 1 mostra a localização das pedreiras na Região Metropolitana de São Paulo.

Existem aproximadamente vinte e duas pedreiras em atividade na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A produção de brita naquela região atinge cerca de 1.298.22 m³ por ano. As principais aplicações da brita são como insumos para construção civil e asfalto

(fonte: Anuário Mineral - DNPM - 1990). O ANEXO 2 mostra a localização das pedreiras na cidade do Rio de Janeiro.

As pedreiras apresentam características diferentes entre si, dentre as quais destacamos:

- Algumas pedreiras possuem grandes áreas de servidão, mantendo desta forma uma distância considerável à frente de lavra e as instalações de britagem, reduzindo por conseguinte os problemas para a população circunvizinha, enquanto que outras praticamente estão implantadas dentro dos núcleos habitacionais, acentuando portanto problemas com a população;

- Enquanto algumas pedreiras apresentam sistemas de controle de poeira, outras não possuem nenhum equipamento de prevenção de poluição;

- Por outro lado, algumas pedreiras se preocupam em direcionar a lavra de maneira tal que, por ocasião das detonações a matéria-prima fique confinada, enquanto que outras não se preocupam, ocorrendo conseqüentemente o ultra-lançamento.

4. - ASPECTOS GEOLÓGICOS

A Região Metropolitana de São Paulo tem sido alvo de vários estudos geológicos abrangendo toda gama de conhecimento da geociências. O escopo do estudo aqui proposto, não exige para que seja

atingido o seu propósito, um amplo conhecimento geológico, bastando a localização dos principais corpos com potencialidade para se desenvolver trabalhos de lavra, fato que permitiu uma compilação bibliográfica, dando-se ênfase aos aspectos geoeconômicos. O ANEXO 3 apresenta as principais áreas potenciais para brita na Região Metropolitana de São Paulo.

A geologia da região, é representada, basicamente, por seis grupos distintos de rocha (CPRM-DNPM - 1979):

a.- Complexo Gnaissico - ocorre ao sul e norte da área, é compreendida por migmatitos, gnaisses, xistos, granitos, anfibolitos e quartzitos.

b.- Grupo São Roque - ocupando a faixa central da Região Metropolitana de São Paulo, compreendida pela falha de Jundiuvira e as falhas de Taxaquara e do Jaguari. Litologicamente é caracterizado por uma seqüência metassedimentar de baixo grau metamórfico, contendo calcários, filitos, metassilitos, metarenitos, metaconglomerados, metabasitos e micaxistos diversos.

c.- Rochas granitoides diversas - são litotipos com predominância das porfiroblásticas.

d.- Rochas dinamicamente deformadas - são representadas por filonitos, milonitos, blastomilonitos e outros termos cataclásticos.

e.- Formações São Paulo, Caçapava e Itaquaquecetuba - a primeira está localizada na parte central da Região Metropolitana de São

Paulo, a segunda está presente no extremo nordeste da área, são caracterizadas por sedimentos de origem flúvio-lacustrinos, representados por pacotes argilo-arenosos e cascalhos. Algumas vezes apresentam espessuras de até 100 metros, quando então, são as responsáveis pelas fontes de areia na região. A formação Itaquaquecetuba localiza-se principalmente nos municípios de Mogi das Cruzes e Itaquaquecetuba. É caracterizada pela predominância da areia sobre níveis argilosos.

f.- Aluviões recentes - são as coberturas sedimentares localizadas nas várzeas atuais dos principais rios da região, sendo constituídas de areia, argila e cascalho inconsolidados.

As estruturas mais expressivas na área são os falhamentos transcorrentes de Taxaquara-Jaguari, Jundiuvira e Cubatão, que servem de limite entre o Complexo Cristalino e os tipos litológicos que compõe o Grupo São Roque.

4.1. - INFLUÊNCIA DOS ASPECTOS GEOLÓGICOS NAS EMISSÕES

A natureza da rocha é um fator de grande importância na execução do desmonte e beneficiamento dessa rocha. Alguns aspectos da rocha apresentam fundamental influência no processamento, como por exemplo: tectônica das rochas, textura das rochas, composição mineralógica, estrutura das rochas. Essas características é que irão compor

as suas propriedades tecnológicas, como: resistência ao esmagamento, resistência ao impacto, resistência a abrasão, friabilidade, fendilhamento e durabilidade.

4.1.1. - TEXTURA DAS ROCHAS

A textura dos gnaisses e granitos que compõem as jazidas em exploração mostra uma grande variação, e representa uma propriedade que influi diretamente na resistência ao esmagamento e na porcentagem de pó formada na britagem.

Através de ensaios realizados em várias amostras o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT chegou a seguinte conclusão:

- Os basaltos microcristalinos produzem durante o processamento industrial uma porcentagem de pó de pedra cinco vezes menor do que os gnaisses e os granitos com características texturais macroscópicas;

- As rochas que geralmente apresentam uma maior resistência ao esmagamento tendem a produzir menores porcentagens de pó durante a britagem;

- As rochas de textura microcristalina tendem a apresentar características de maior resistência ao esmagamento.

4.1.2. - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

A composição mineralógica distinta de certos gnaisses - como a grande quantidade de cristais de granada e de micabiotita - tem influência para alterar as propriedades físicas das rochas, podendo, modificar as suas propriedades tecnológicas.

Talvez isto explique a razão das baixas porcentagens de pó de britagem em alguns tipos de gnaisses, em relação a outras que possuem menor resistência ao esmagamento.

4.1.3. - ESTRUTURA DAS ROCHAS

Os gnaisses apresentam características estruturais inerentes à cristalização dos seus minerais. Logo, as linhas de fluxos dos granitos, os planos de xistosidade dos gnaisses e os sistemas de diaclasamento apresentam grande influência nos processos utilizados na etapa de desmonte e fragmentação da rocha e certamente durante a fase de britagem.

Estes planos representam áreas de fraqueza da rocha e a vocação é fraturar-se ou partir-se preferencialmente seguindo a orientação dos mesmos, quando submetida ao processamento industrial.

5. - ASPECTOS ECONÔMICOS

No mundo civilizado um homem moderno consome anualmente de 200 a 300 quilos de bens de origem animal, de 400 a 600 quilos de bens de origem vegetal e algumas toneladas de bens de origem mineral (PINHEIROS, 1989). Dentre esses minerais consumidos pode-se destacar a pedra britada que participa da composição de concretos e pavimentos, etc. Sendo a brita um produto de características regionais, a amplitude do seu mercado é determinada pelo custo relativo de transporte no preço final do produto. A distância média de transporte de brita na Grande São Paulo é de aproximadamente 30 quilômetros e a máxima de 50 km.

O fenômeno da migração brasileira para os grandes centros urbanos é um fato. E isto faz com que a cada dia seja maior o número de favelas, cortiços e a necessidade de saneamento básico na periferia das grandes cidades. Não seria um erro afirmar que a necessidade de consumo de brita em São Paulo, principalmente na capital, é pelo menos o dobro do consumo atual, para satisfazer a necessidade de inúmeras obras de infra-estrutura e habitacionais que a metrópole está a exigir.

Ainda segundo PINHEIROS, op cit, em termos de comparação, enquanto que na França e nos Estados Unidos se consome, respectivamente, 4,3 e 6,2 metros cúbicos de brita por habitante por ano, em São Paulo esse número não alcança 0,9 metros cúbicos e no Rio de Janeiro atinge apenas 0,6 metros cúbicos por habitante por ano. Esses números refletem uma

drástica situação em que vivem nossas metrópoles onde, no Rio de Janeiro três milhões de favelados vivem em situações indignas para seres humanos. A deficiência do abastecimento de água exige a construção de milhares de dutos, o saneamento básico praticamente inexiste na Baixada Fluminense e na periferia do Grande Rio. Em São Paulo a situação não é diferente, pois: necessita pavimentar seis mil quilômetros de vias públicas, 60% das habitações na Região Metropolitana são favelas, cortiços ou casas precárias, 54% da Região Metropolitana de São Paulo não possui rede coletora de esgôtos, etc. Este é um quadro que pode ser extensivo a todas as grandes cidades do País, refletindo de forma clara a necessidade predominante dessa matéria prima, a brita.

6. - ASPECTOS AMBIENTAIS

6.1. - POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA PROVOCADA PELA LAVRA, TRANSPORTE E BENEFICIAMENTO

A lavra a céu aberto produz emissões de gases e material particulado. Os gases emitidos são os provenientes do desmonte de rocha com o uso de explosivos, de fogacho dos blocos, da queima e evaporação de combustível e pela movimentação dos equipamentos e veículos. O material particulado mais importante é o pó de pedra proveniente da lavra e beneficiamento da rocha.

As partículas em suspensão são extremamente

finas, de grande dispersão, podendo ser carreadas a longas distâncias. Têm grande poder de penetração no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos, o que as torna altamente prejudiciais à saúde. O quadro a seguir mostra a capacidade de penetração das partículas nas vias respiratórias do corpo humano.

Tamanho da Partícula	Local de sedimentação no corpo humano
> 7,0 micra	fossas nasais
3,3 - 7,0 micra	traquéia e brônquio primário
2,0 - 3,3 micra	brônquio secundário
1,1 - 2,0 micra	brônquio terminal
< 1,1 micra	alvéolo

Fonte: Manual de equipamentos para o controle da poluição na mineração. Vol. I. DNPM - 1985.

As fontes de emissões estão classificadas em dois grandes grupos:

1. - Emissões de processamento: têm início com o descarregamento da matéria-prima dos caminhões basculantes no alimentador do britador primário, seqüenciando-se nas operações de britagem, transferência

(em geral através de correias sem coberturas) e peneiramento.

2. - Emissões fugitivas: provenientes das operações não fixas é a de mais difícil solução, pela natureza das operações geradoras, e representam uma contribuição muito grande em termos de poeira total gerada numa pedreira.

As condições meteorológicas e topográficas do local são fatores fundamentais na distribuição dos poluentes atmosféricos. Dentre os parâmetros importantes, do ponto de vista ambiental podemos destacar: velocidade e direção do vento, temperatura, nível de precipitação pluviométrica, umidade relativa, variação da pressão, etc. Ressalta-se também, a influência da topografia através da distribuição das unidades topográficas (várzeas, colinas, morros, etc.).

6.1.1. - EFEITOS PROVÁVEIS SOBRE A SAÚDE HUMANA

A poluição do ar por partículas pode provocar alterações no sistema respiratório, que terá seu grau de intensidade determinado pelo tamanho das partículas, quantidade inalada e tempo de exposição. Estas alterações podem ser permanentes ou temporárias dependendo dos fatores acima expostos.

O pó de pedra é constituído basicamente de silicatos e sílica livre. Segundo João de Barros no seu "Tratado de Higiêne" (in: Braile, 1988) são vários os efeitos da sílica. Abaixo transcrevemos alguns pontos que consideramos importantes:

> "A silicose é um processo especial de fibrose pulmonar (fibrose modular), decorrente da inalação de sílica e tida hoje como resultante da ação tóxica desse material";

> "Enorme é a massa de gente exposta aos seus perigos, à vista de ser grande o número de ocupação em que se lida com a sílica, nos trabalhos com a crosta terrestre, tão profusamente rica nesse mineral; assim em operações em minas, perfurações de túneis, construção de estradas, exploração de pedreiras, especialmente de natureza granítica, extração de metais, trabalhos em pedra, emprego da pedra e da areia nas construções, manufatura e uso de substâncias abrasivas, etc."

> "Não basta, porém, para a ocorrência da silicose a simples inalação de poeiras contendo sílica. Dominam outros fatores: o estado em que se apresenta o mineral, livre

ou combinado, como nos silicatos; o tamanho das partículas; a quota inalada; o tempo de exposição. Provavelmente interfere também a presença de poeiras de outra natureza".

"No granito, em que, além do quartzo entram o feldspato ortose e a mica negra que são silicatos, chegam as quotas de sílica livre e de sílica total a cerca de 30 a 70% ou mais, respectivamente".

"Muito importa considerar, para o processo da silicose, o tamanho das partículas inaladas; precisa ser tal, que possam chegar aos alvéolos, aí serem englobadas pelas células fagocitárias e depois dissolvidas. De ordinário, 70% das poeiras industriais têm de 0,5 a 3 micra de diâmetro. Para as de sílica livre, está o perigo especialmente nas com 1 micra a 3 micra".

"As partículas maiores de 10 micra, além de sedimentarem com bastante rapidez, não chegam aos alvéolos quando inaladas, são retiradas no caminho e se eliminam com as secreções brônquicas".

6.2. - POLUIÇÃO PROVOCADA PELO USO DE EXPLOSIVOS

Na detonação de uma carga explosiva no interior de um maciço rochoso, sua energia potencial é liberada num intervalo de tempo muito curto. O mecanismo de detonação é tal que uma elevada pressão é criada na zona de reação química. Esta pressão instantânea provoca uma onda de choque que é utilizada no trabalho de fragmentação da rocha e formação, sobre a bancada, de uma pilha de fragmentos de maneira adequada a seu carregamento. Quanto mais energia for utilizada no trabalho de fragmentação e projeção dos blocos de rocha sobre a bancada, menor quantidade será liberada ao meio ambiente. O ANEXO 4 mostra os efeitos de uma detonação.

O desmonte por explosivos pode gerar uma série de inconvenientes à vizinhança, tais como: vibração do solo, sopro de ar e, algumas vezes, ultra-lançamentos. Vários fatores tem influência sobre os fenômenos citados, e podemos incluir: o peso da carga de explosivo, a carga por espera, a orientação da frente de lavra e a geologia que influenciam na vibração, além da distância. As condições meteorológicas, destacando-se a velocidade e direção do vento, além da possibilidade da inversão de temperatura, são fatores que interferem no sopro de ar. O ANEXO 5 mostra os danos prováveis em estruturas conforme valor de Velocidade de Partícula Vp (cm/s), segundo Medved.

7. - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A utilização racional dos recursos minerais do País permitindo, de um lado, o seu aproveitamento, com o objetivo de promover o bem-estar social e o desenvolvimento econômico, e preservando, de outro lado, a sua integração diante das ações poluidoras e predatórias de seu uso indiscriminado, constitui-se em responsabilidade prioritária do Governo.

Administrar corretamente o potencial de ar, água, solo, subsolo, flora e fauna, significa assegurar para a atual geração e para os nossos descendentes, padrões de qualidade de vida condizente com os altos objetivos nacionais e possibilitar entre outros aspectos, a ocupação efetiva e permanente do território brasileiro, e exploração planejada daqueles recursos de valor econômico, e o levantamento e estudo, em tempo hábil, do patrimônio vivo ou inerente à natureza do Brasil.

De acordo com o que dispõe a Portaria nº 231 do Ministério do Interior, de 27.04.76, é estabelecido o seguinte para os padrões de qualidade do ar:

I. - São padrões de qualidade do ar, as concentrações de poluentes atmosféricos que ultrapassados poderão afetar a saúde, segurança e bem-estar da população, bem como ocasionar danos a flora e a fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

II.- Constituem métodos de referência, os métodos de amostragem e análise para um poluente do ar, aprovados pela antiga Secretaria do Meio Amebiente - SEMA, hoje IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente.

III.-Constituem métodos equivalentes, quaisquer método de amostragem e análise para um poluente do ar, que tenham relação consistente com os métodos de referência e que sejam aprovados pelo IBAMA.

IV.- Todas as medidas de qualidade do ar devem ser corrigidas para 25°C, e a pressão de 760 mm Hg (1013,2 milibares).

V. - Com o propósito de proteger a população, ficam estabelecidos, em toda a extensão do território nacional, os seguintes padrões de qualidade do ar, como metas a serem atingidas, e que deverão orientar a elaboração dos planos nacionais de controle da poluição do ar, bem como dos planos regionais a estes condicionados:

7.1. - SÔBRE A QUALIDADE DO AR (PARTÍCULA EM SUSPENSÃO)

a.- Padrões de qualidade (IBAMA)

- Uma concentração média geométrica anual das medições diárias, de 80 microgramas por metro cúbico, e

- Uma concentração máxima diária de 240 microgramas por metro cúbico, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Métodos de referência - Método do amostrador de grandes volumes ou Método equivalente.

b.- Padrões de qualidade (FEEMA - Fundação Estadual do Meio Ambiente do Rio de Janeiro)

- Uma concentração média geométrica anual das medições diárias, de 80 microgramas por metro cúbico.

- Uma concentração máxima de 240 microgramas por metro cúbico em amostra de 24 horas. Esta concentração não deverá ser ultrapassada mais de uma vez por ano.

Métodos de referência - Métodos de amostrador de grandes volumes (HI-Vol.)

- Coletar partículas com diâmetro na faixa de 100 a 0,1 micra, com vazão de amostragem: uma amostra de 24 horas a cada 6 dias.

Observação: Para partículas em suspensão com tamanho inferior a 10 micra, a legislação brasileira não dispõe de padrão regulamentador. A E.P.A. "Environment Protectors Agency" - (USA), admite uma concentração média aritmética de 50 ug/m³. Uma concentração máxima diária de 150 ug/cm³ que não deve ser excedida mais de uma vez/ano.

Em alguns Estados, existem valores definidos para partículas sedimentáveis, levando-se em consideração se a área estiver localizada em perímetro urbano ou industrial.

A FEEMA, órgão estadual de meio ambiente do Rio de Janeiro, admite para o meio ambiente 1,0 mg/cm²/30 dias, enquanto que para região de comércio 0,5 mg/cm²/30 dias.

7.2. - SÔBRE O USO DE EXPLOSIVOS

No Brasil, atualmente, existe a Norma da ABNT - NBR 9653, que fixa a metodologia para reduzir os riscos inerentes ao desmonte de rocha com uso de explosivos.

Além dos limite estabelecidos a Norma trata dos métodos para medição dos efeitos, bem como das especificações dos equipamentos que serão utilizados no monitoramento.

Em relação à vibração temos no seu item 4.3. - "A velocidade de vibração de partícula resultante não deve ultrapassar o valor de 15 mm/s". No item 5.3.5: "O equipamento de medição deve ter resposta em freqüência linear na faixa de 5 H_z a 150 H_z, pelo menos".

Sobre o nível de pressão acústica define no item 4.2 "que este valor não deve ultrapassar 134 dBL no pico". No item 4.1 "determina que o ultra-lançamento não deve ocorrer"; complementando no item 5.1" que a verificação deste fenômeno deve ser efetuada no ambiente externo à área de operação da mina".

8. - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES

8.1. - MEDIDAS DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Para a consecução dos trabalhos programados, foram utilizados os equipamentos doados ao DNPM pela Japan International Cooperation Agency - JICA, a saber:

a. - High-volume air sampler (HVC 1000)

Este amostrador de ar para grandes volumes, é protegido por um abrigo próprio, podendo ser utilizado em qualquer situação climatológica, sendo possível amostrar um grande volume de poeira do ar durante o tempo desejado. Para

evitar a variação de vazão de ar succionado quando há sedimentação de poeira no filtro, este aparelho é equipado com um elemento para manter a vazão constante. Coleta partículas com diâmetro na faixa de 0,1 à 100 micra.

b. - Low-volume air sampler (fixo e portátil)

Este amostrador de ar está equipado com suporte de filtro e separador, podendo coletar partículas com tamanho definido de acordo com os objetivos de medição, através da alteração da vazão de sucção.

Com uma vazão de sucção de 20ℓ /min, coletam-se as partículas abaixo de 10 micra.

Este aparelho também é utilizado como conversor dos valores encontrados pelo "Digital Dust Indicator" (DDI).

c. - Digital Dust Indicator - AP 635 e P5L (fixo e portátil)

Estes equipamentos utilizam um princípio pelo qual a quantidade de luz dispersa pela poeira em uma câmera escura, é proporcional ao número de partículas em suspensão, quando as partículas possuem as mesmas características físicas. É utilizado para partículas abaixo de 10 micra.

d. - Captador de partículas sedimentáveis tipo "Dust Jar"

Fabricado pela Shibata Scientific Technology Ltda., constando de um cilindro de vidro com diâmetro de 127 mm, colocado sobre um suporte.

Além destes equipamentos, foram utilizados os seguintes aparelhos:

- Medidores fixo e portátil de direção e intensidade do vento.
- Medidores de precipitação pluviométrica.
- Medidor de umidade relativa do ar.

E como acessórios:

- Balança analítica de precisão.
- Estufa.
- Filtro de fibra de vidro.
- Papéis de registro.
- Micro-computador.

8.2. - MEDIDAS DOS EFEITOS POR DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS

O sismógrafo de engenharia é o instrumento utilizado para medição de deslocamentos, velocidades ou acelerações de partícula. Este equipamento é composto de um geofone que é fixado ao solo com gesso, transformando a energia de vibração mecânica recebida, em sinais elétricos. Estes

sinais são amplificados e transmitidos para a unidade registradora, que pode ser de registro digital de máximo valor ou registro gráfico contínuo.

Durante os trabalhos foram utilizados dois sismógrafos que descrevemos a seguir:

- Sismógrafo de Registro Gráfico Contínuo da Siope Indicator Co., Modelo SINCO S-3.

Este equipamento pode medir deslocamento, velocidade ou aceleração de partícula, dependendo do módulo escolhido, através de dois conjuntos de sensores constituídos, cada um deles, de três geofones piezoelétricos distribuídos triortogonalmente.

Através de um feixe de luz ultravioleta, que transmite as variações introduzidas pela vibração dos geofones, é feito o registro gráfico e contínuo em papel fotossensível.

Este equipamento apresenta as seguintes características principais:

a. - velocidade do papel fotográfico: 2,5; 5,0; 25 ou 50 cm/s;

b. - marcas de tempo no papel a cada 0,1 ou 0,01 s;

c. - campos de registro para velocidade de vibração: 0,1; 05; 1,0; 2,0 ou 5,0 cm/s para cada cm de deflexão do traço proporcionado pelo feixe de luz no papel;

d. - faixa de freqüência: 6 a 150 H_z.

- Sismógrafo de Registro digital de Máxima: A.D.V.P.
  Analizador Digital de Velocidade de Partícula

Este sismógrafo foi desenvolvido pelo próprio IPT, sendo utilizado para registro de vibrações no terreno. O valor da velocidade ou aceleração de partícula pode ser registrado em três canais, selecionando-se a medida desejada para cada um deles. O sensor é constituído de uma caixa sólida que contém em seu interior 3 geofones piezoelétricos distribuídos triortogonalmente.

O equipamento fornece apenas o valor máximo de velocidade ou aceleração de partícula, cujos sinais são registrados em memórias digitais.

Tem como características:

a. - campo de registro para velocidade de partícula de 0,20 a 12,60 cm/s;

b. - faixa de freqüência: de 5 a 160 H_z com 12% de precisão de leitura nessa faixa.

9. - METODOLOGIA UTILIZADA NAS MEDIÇÕES

9.1. - POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Inicialmente foi efetuado um estudo da predominância da direção do vento, para a escolha do local da instalação da cabine de medição, onde ficaram os equipamentos fixos. Outro fator importante na decisão para implantação da cabine é a segurança do aparelho.

Para se monitorar e medir as partículas (suspensão e sedimentáveis), é inicialmente necessário a elaboração de um plano, definindo os pontos a serem medidos. É especificado em um mapa o limite da área de mineração, as propriedades com o conhecimento da situação das construções e estradas existentes nas proximidades, a exata localização da lavra, bem como do beneficiamento, além das instalações de administração (escritório, oficinas, almoxarifado, refeitório, etc.).

Foram selecionados os pontos para obter um valor médio de conversão "f" de CPM ("Count per minute"), para $\mu g/m^3$, obtido com o low-volume e o DDI

Os filtros do "high-volume" e do "low-volume"

foram trocados a cada 24 horas. As medições com o DDI portátil foram efetuadas pela manhã e à tarde, diariamente.

O low-volume e o DDI utilizados na obtenção do fator de conversão, funcionaram aproximadamente 08 horas por dia.

Muito importante para o bom resultado dos trabalhos, é o estudo das condições meteorológicas. Foram medidos e analisados os fatores, temperatura, umidade, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento e pluviometria.

Os dados coletados nos aparelhos fixos e portáteis, são anotados em quadros apropriados, e após várias medições ao longo dos trabalhos, são tratados e analisados, dando-nos conhecimento dos níveis de poluição atmosférica.

9.2. - DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS

Com a utilização dos sismógrafos de engenharia, efetuaram-se os registros de vibrações transmitidas pelo terreno dentro das áreas de propriedade das pedreiras, além de medidas fora destas áreas, próximas as residências.

Foram realizados acompanhamentos das operações de lavra onde realizou-se o cadastramento dos parâmetros dos planos de fogo utilizados (carregamento de explosivos furo a furo, ligações, iniciação, etc.).

10. - RESULTADOS OBTIDOS

10.1.- POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

a. - Partículas totais em suspensão

MÊS/ANO	PERÍODO	VALOR OBTIDO (ug/m³)
Julho/89	11/15	110
	18/20	150
	20/21	146
	21/22	136
	22	359
	25/26	135
	26/27	84
	28/29	88
	29/30	113
Agosto/89	03/04	195
	04/05	249
	09/10	462
	10/11	130
	11/12	102
	12/13	122

b. - Partículas abaixo de 10 micra

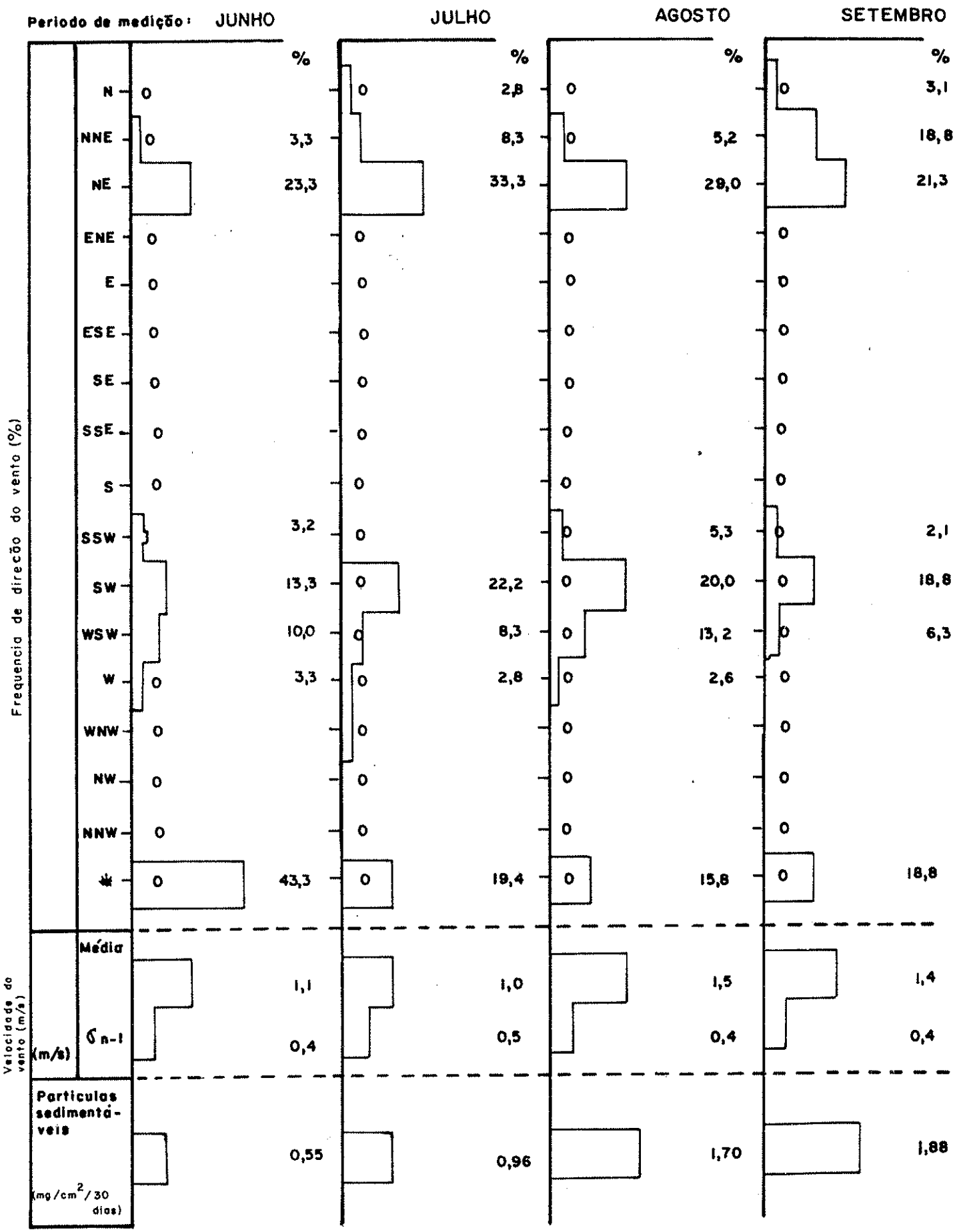
b.1. - Com a utilização do Low-volume fixo e DDI fixo (dados coletados na cabine de medição)

MÊS/ANO	PERÍODO	VALOR OBTIDO (ug/m³)
Julho/89	18/20	25
	20/21	32
	21/22	52
	22	78
	25/26	11
	26/27	32
	28/29	25
	29/30	57
Agosto/89	03/04	10
	04/05	71
	08/09	78
	09/10	74
	10/11	03
	11/12	28
	12/13	35

b.2. - Com a utilização do Low-volume portátil e DDI portátil (todos os pontos selecionados)

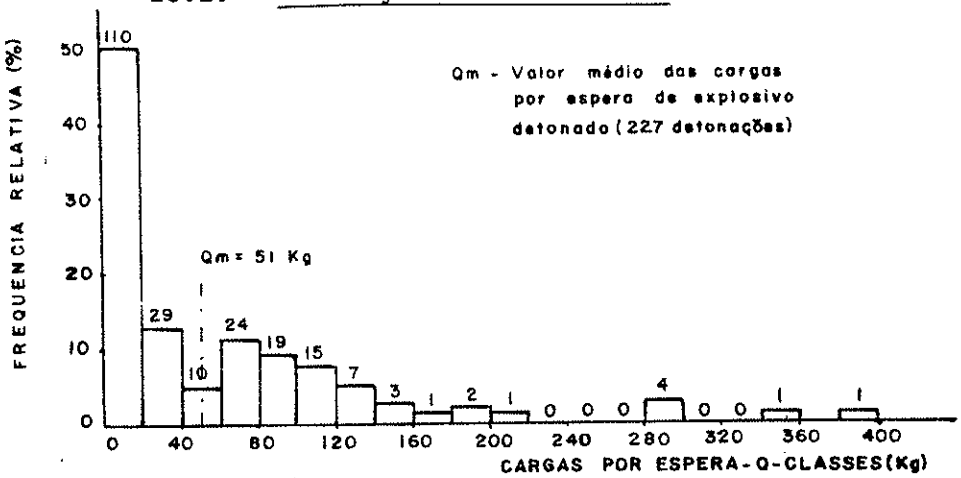
MÊS/ANO	DIA	VALOR OBTIDO (ug/m³)
Julho/89	11	17
	14	19
	15	15
	18	04
	19	17
	20	17
	21	16
	22	27
	25	02
	26	03
	28	04
	29	01
Agosto/89	03	13
	04	16
	05	27
	08	16
	09	24
	10	05
	12	06

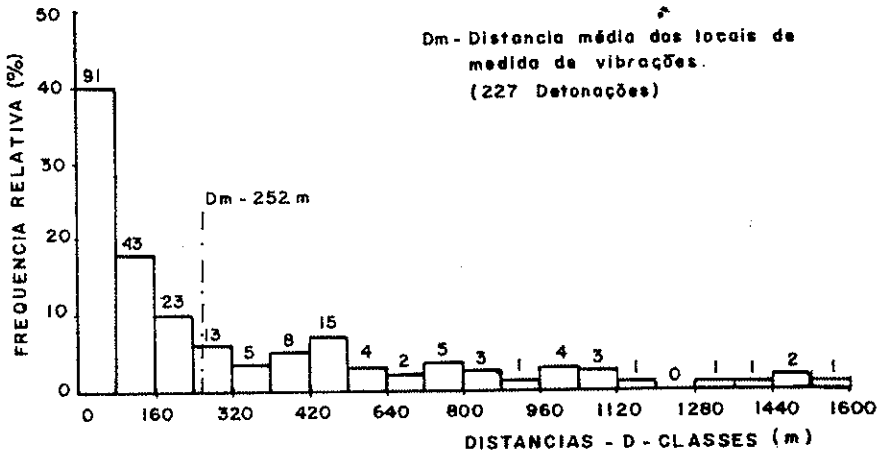
A direção e intensidade do vento e particulas sedimentáveis



OBS.: * Os dias que a direção do vento variou muito. σ n-1 : variação normal

10.2. - DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS





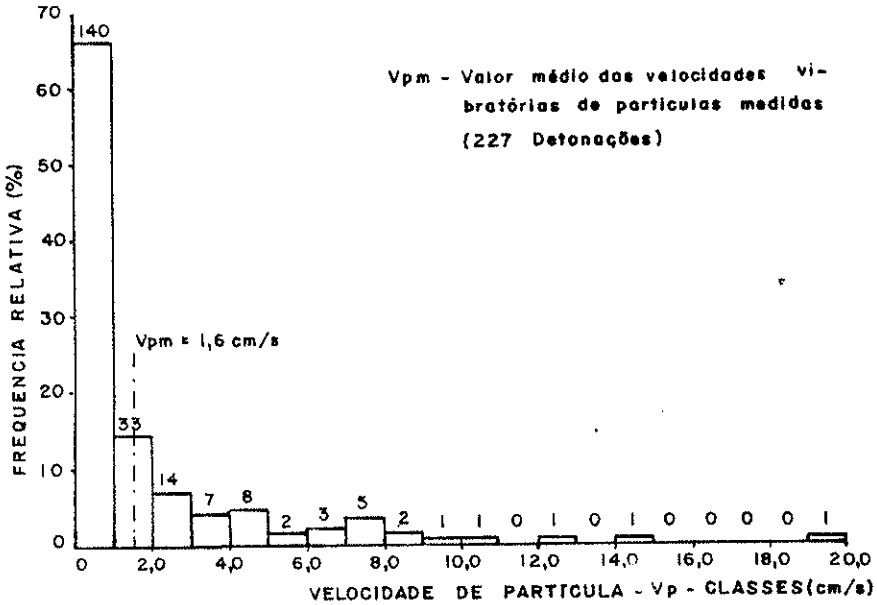


FIGURA 2 - Caracteristica das condições de operação de pedreiras urbanas - Amostra de 227 detonações.

FONTE: MIDÉA, Nilson F. - Uso de Explosivos na Exploração de Pedreiras em Áreas Urbanas (1989)

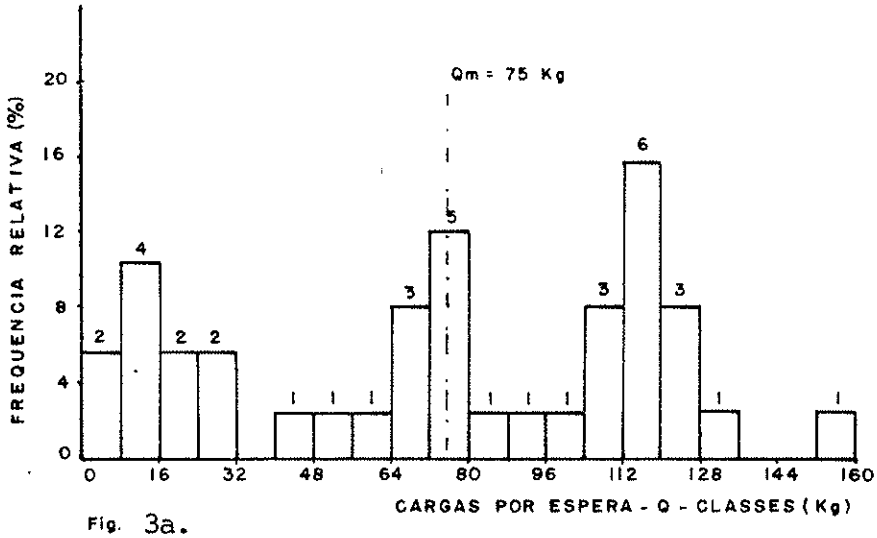


Fig. 3a.

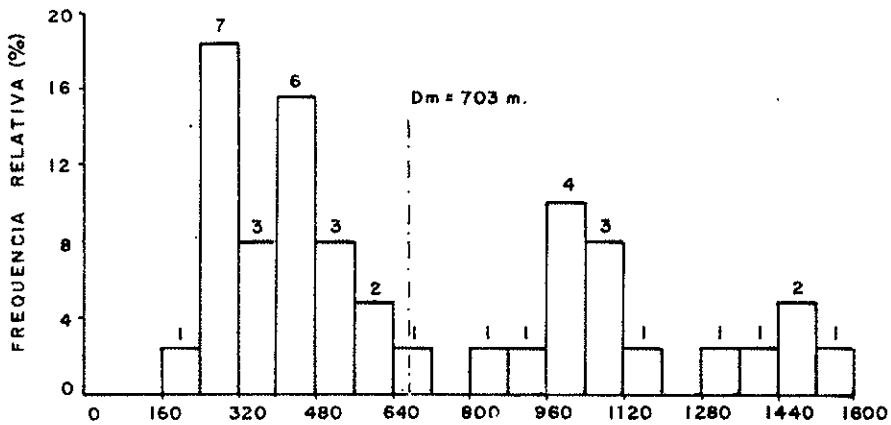


Fig. 3b.

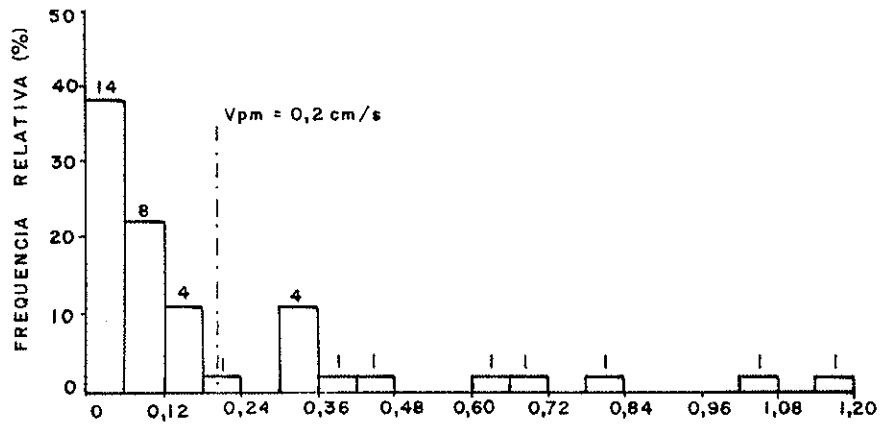


Fig. 3c.

FIGURA 3 - Valores das medidas realizadas fora da área da propriedade das pedreiras.

FONTE: MIDÉA, Nilson F. - Uso de Explosivos na Exploração de Pedreiras em Áreas Urbanas (1989)

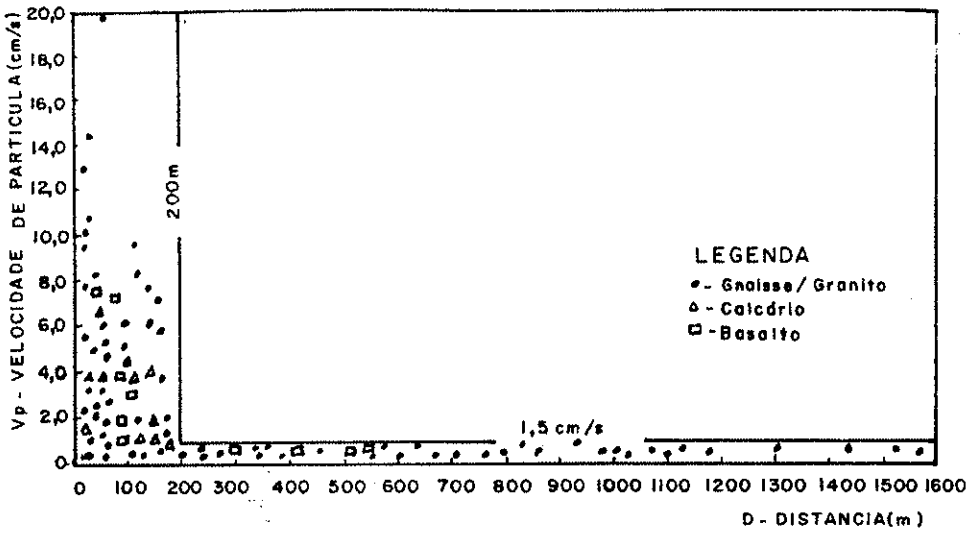


Figura 4 - Distribuição dos valores de Vp em função de D nas detonações de produção: Amostra de 227 observações de campo.

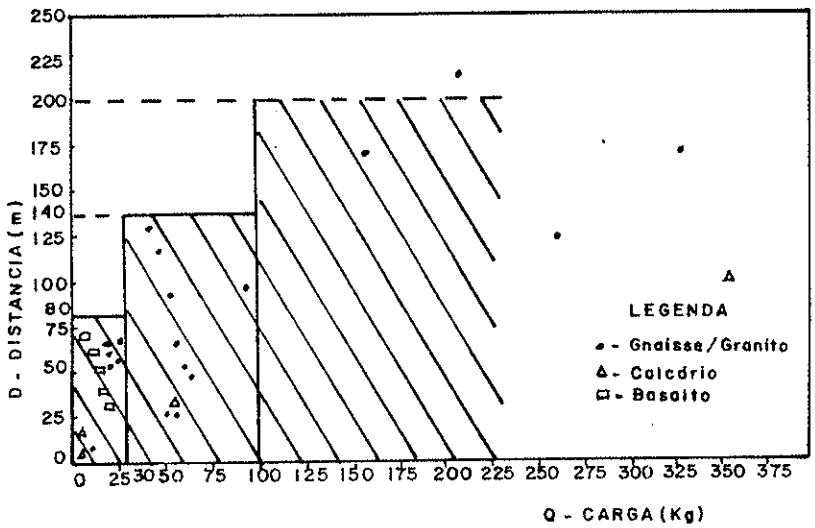


Figura 5 - Dominio das variáveis Q e D para Vp ≥ 1,5cm/s
(2 observações de campo)

FONTE: MIDÉA, Nilson F. - Uso de Explosivos na Exploração de Pedreiras em Áreas Urbanas (1989)

11. - COMENTÁRIOS

11.1. - POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Observando os dados obtidos podemos afirmar que para partícula totais em suspensão os valores apresentados foram acima dos padrões estabelecidos em lei.

Porém, vale lembrar que por questão já citada anteriormente, o equipamento utilizado nesta medição, foi instalado a uma distância considerável da divisa da pedreira com as habitações da vizinhança.

Em relação às partículas com tamanho abaixo de 10μ ou seja, as que são prejudiciais à saúde humana, tomando como base a legislação americana (pela ausência de padrões brasileiros), podemos concluir que os valores obtidos situam-se abaixo do permitido.

Para partículas sedimentáveis, medidas com o "Dust jar", o ponto de medição ficou situado cerca de 250 m do centro das instalações de britagem na direção SE.

Durante vários dias a direção do vento apresentou-se muito variável, na maioria das horas do dia. A intensidade do vento foi fraca com a média situando-se entre 1,0 e 1,5 m/s.

Levando-se em conta que as moradias não estão localizadas próximas a instalação de britagem, que as partículas são fáceis de sedimentar nas proximidades da fonte emissora, podemos concluir que os efeitos das partículas sedimentáveis para o meio ambiente externo a indústria é relativamente pequeno.

Considere-se que a pedreira em foco possue um bom sistema de despoeiramento localizado nos pontos de maior emissão de poeira, além do fato da umectação das vias de acesso através de caminhões pipa da própria empresa, durante todo o período de monitoramento.

Para uma melhor avaliação das condições ambientais; especificamente no que tange a poluição atmosférica, torna-se necessário uma avaliação em períodos mais contínuos com condições climáticas distintas, pois na época em que realizamos as medições foi a mais propensa ao fenômeno da inversão térmica, prejudicando a dispersão dos poluentes, de modo que se possa obter um conhecimento mais profundo a respeito do problema em foco.

11.2. - DETONAÇÃO COM EXPLOSIVOS

Observando os gráficos da Fig. 2 podemos verificar que a carga média por espera, quando as medições foram realizadas dentro das áreas de propriedade das pedreiras

é de 51 kg, sendo que o valor predominante é de 20 kg que repetiu 110 vezes. A distância média dos locais de medida de vibração, para 227 detonações, foi de 252 m quando mediu-se dentro das áreas das pedreiras. Para estes parâmetros o valor médio das velocidades de vibração das partículas foi de 1,6 cm/s sendo predominante 1,0 cm/s que repetiu-se 140 vezes.

Nas medições realizadas fora da área de propriedade das pedreiras (Fig. 3) tivemos uma carga média por espera de 75 kg, com uma distância média de 703 m. Neste caso o valor médio das velocidades de vibração de partícula foi de 0,2 cm/s.

Os dados das Fig. 2 e 3 plotados nas Fig. 4 e 5 permitem observar alguns limites "gráficos" que situam os valores de efeitos VP - e causas - Q-, assim como, delimitam as faixas - D - de ocorrência desses efeitos. Os limites destacáveis são:

$$Vp = 1,5 \text{ cm/s} \qquad e \qquad D = 200 \text{ m}$$

Esse valor de velocidade de partícula pode ser considerado seguro para as estruturas residenciais, tanto a nível internacional como a nível das observações feitas no Brasil. Nos projetos de desmonte, considerando-se a distância de até 200 m, seriam viáveis maiores cargas explosivas, mantendo-se o limite de Vp = 1,5 cm/s. Considere-se que os valores das cargas detonadas, para os exemplos em apreço, correspondem a desmontes de rocha ainda viáveis economicamente na produção de brita.

12.- MÉTODOS DE CONTROLE OU MINIMIZAÇÃO

Existem vários métodos para controle de partículas em pedreiras, onde apresentam entre si uma variação entre custos e técnicas para sua avaliação.

A identificação das várias fontes e o conhecimento do grau de influência de cada uma delas são fatores importantes na definição dos métodos.

Segundo BRAILE, Victoria et al, (1982) os sistemas de controle de partículas em pedreiras podem ser:

- Sistema de exaustão/ventilação: No processamento da matéria prima, a poeira é lançada e dispersada na atmosfera pela ação das correntes de ar devido a: deslocamento de ar, em virtude do material, ventos e à vibração e rotação dos equipamentos do sistema de britagem.

Este sistema de exaustão/ventilação pode ser dividido em quatro componentes: coifas, dutos, dispositivo de coleta de partículas e ventilador. Após a captação das partículas pela coifa é necessário transportá-las através de dutos e pela ação de um ventilador até o dispositivo de coleta.

- Sistema de névoa: Este sistema utiliza água e/ou solução para reduzir ou eliminar poeira em suspensão e para evitar a geração de poeira na fonte. Os mecanismos de controle mais

comuns, são os seguintes: confinamento da poeira nas áreas de operação geradoras de pó através da cortina de névoa , umectação da poeira pelo contato entre as partículas e gotículas e/ou solução.

- Sistemas mistos: Conjuga o sistema de exaustão/ventilação, e a cortina de névoa, sendo indicado nas seguintes situações:

O pó de pedra tem valor econômico e a sua recuperação é lucrativa;

Devido ao sistema de névoa usado, a umidade excessiva provoca entupimento das peneiras;

Quando há escassez relativa de água;

O controle de Emissões Fugitivas é de mais difícil solução, pela natureza das operações geradoras, e representam uma contribuição muito grande em termos da poeira total gerada numa pedreira. A umectação dos pontos de geração e em alguns casos seu confinamento, são métodos utilizados para reduzir as emissões fugitivas.

TÉCNICAS PARA COLETA DE POEIRA

Dentre as técnicas utilizadas para a coleta de poeira, resolvemos destacar as descritas a seguir por serem as mais utilizadas, com base em Technology and Regulations for Air Pollution Control - MITI. Japão, 1988.

a. COLETOR DE POEIRA POR GRAVIDADE

PRINCÍPIO

Este equipamento separa e coleta partículas contidas no ar através de sedimentação natural por gravidade.

A Figura 5 mostra a sedimentação ideal de partículas por gravidade quando o ar poluído tem fluxo horizontal.

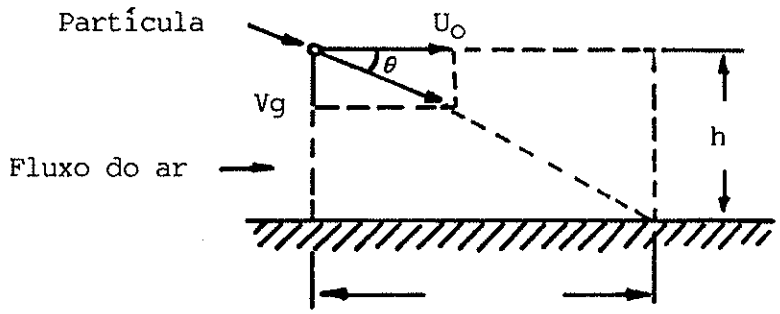


FIG. 5 - Forma teórica de sedimentação de partículas por gravidade em fluxo de ar horizontal

A câmara de sedimentação por gravidade pode ser de um único estágio, onde há uma redução do ar a ser tratado, ou de multi-estágio onde é provida de várias "prateleiras" com um determinado ângulo em relação ao fluxo de ar, de forma a reduzir a altura (h) de sedimentação.

CARACTERÍSTICAS

No coletor de poeira por gravidade, quanto menor a velocidade (Vo) de ar a ser tratado na câmara de sedimentação, quanto menor a altura (h) e maior a largura, partículas mais finas podem ser separadas e coletadas.

Quando as partículas contidas no ar estão dentro dos limites entre 100 até $3\mu m$ e encontram-se em forma esférica, podem ser separadas admitindo-se somente a resistência pela viscosidade do ar com base na lei de Stones.

A força da resistência do ar é expressa pelas seguintes fórmulas:

$$Fg = \frac{\pi}{6} \cdot d^3 (\rho s - \rho o) G$$

$$F = 3 \pi \mu d Vg$$

Sendo:

Fg - força de sedimentação das partículas (Kg.m/ ρ^2)

F - força da resistência do ar (Kg.m/ ρ^2)

d - diâmetro da partícula (m)

ρs - densidade das partículas (kg/m^3)

ρo - densidade do ar (Kg/m^3)

g - aceleração da gravidade (m/ρ^2)

μ - viscosidade do ar (Kg/m.ρ)

Vg - velocidade de sedimentação da partícula(m/ρ)

Isto quer dizer, quanto maior forem as partículas mais fáceis para serem sedimentadas, e quanto menor mais difícil para separar pois Vg diminui rapidamente.

Por outro lado, a relação entre a velocidade de sedimentação e a velocidade inicial, altura e ponto de sedimentação é mostrado da seguinte forma:

$$\tan \theta = \frac{Vg}{Vo} = \frac{d^2 (\rho s - \rho o) . g}{18 V.} = \frac{h}{\ell}$$

Conseqüentemente para separar partículas finas necessário reduzir ao mínimo a velocidade (Vo) do ar a ser tratado e a altura (h), bem como aumentar ao máximo a distância (ℓ).

ESTRUTURA

O coletor de poeira por gravidade apresenta dois tipos conforme mostrado na Fig. 6. Uma câmara de sedimentação única, ou com uma câmara de sedimentação multi-estágio.

A Fig. 7, a seguir, mostra a velocidade normal de sedimentação de partículas esféricas, pela gravidade.

Estas partículas que podem ser coletadas por este tipo de coletor são, na prática, partículas brutas de dezenas de micra ou ainda maiores e são tratadas previamente, havendo uma

perda de pressão entre 5 a 10 mm Aq (milímetro de água) já que a velocidade do ar tratado é menor ou igual a 3 m/s.

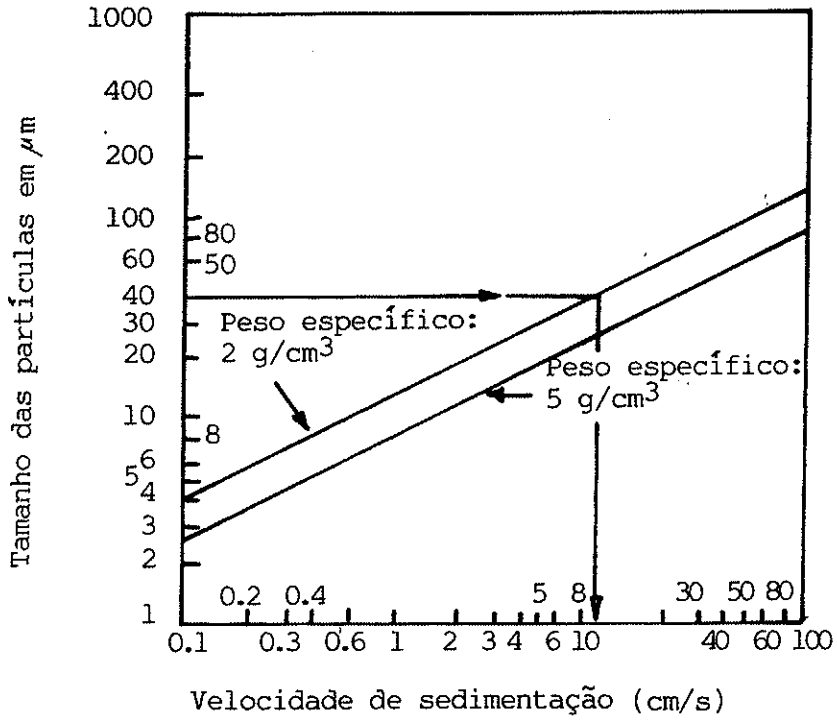


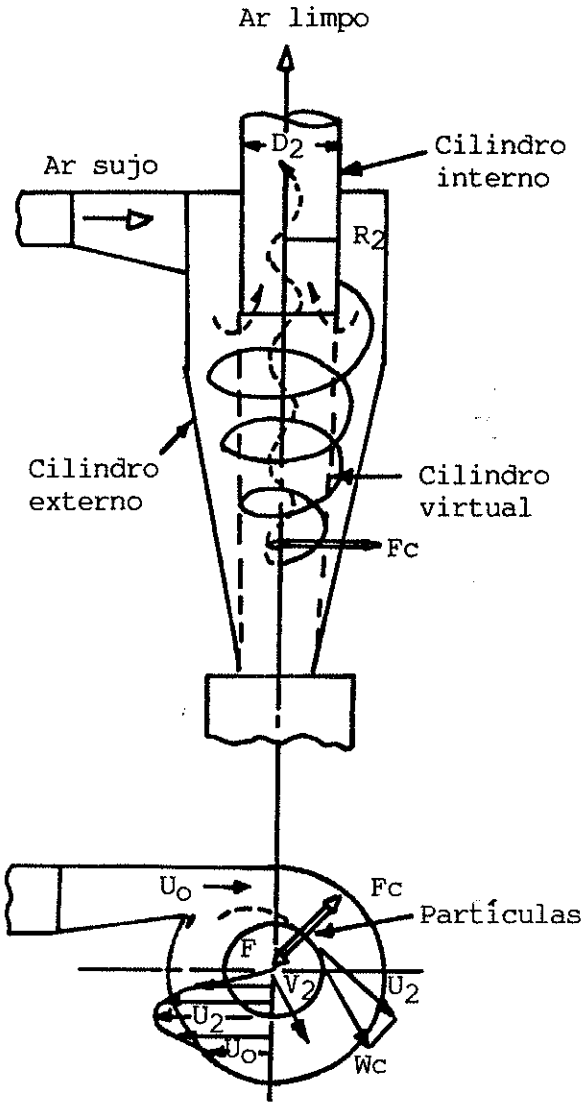
Fig. 7 - Velocidade estabelecida pela gravidade para partículas arredondadas

b. - COLETOR DE PARTÍCULAS POR CENTRIFUGAÇÃO

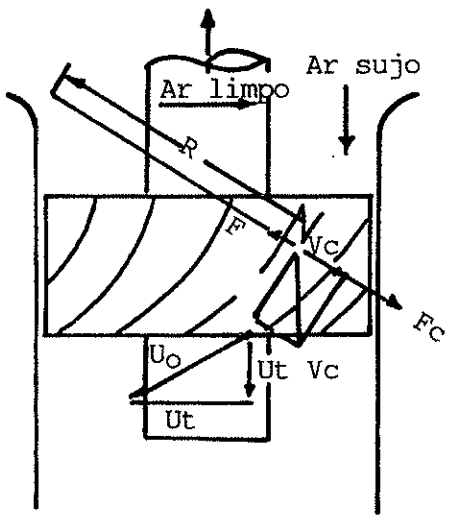
PRINCÍPIO

Este coletor utiliza o princípio da separação e coleta das partículas de um ar poluído através da força centrífuga que atinge as partículas.

A figura a seguir mostra o mecanismo da separação das partículas pela força centrífuga.



(a) Separação no cilindro virtual



(b) Separação na ventoinha

Fig. 8 - Separação de partículas pela força centrífuga

Quando o movimento virtual atinge o ar poluído a força centrífuga (F_c) é exercida nas partículas e a resistência do ar contra essa força pode ser calculada segundo essas fórmulas:

$$F_c = \frac{\pi}{6} \cdot d^2 (\rho_s - \rho_o) \cdot \frac{U_t^2}{R}$$

$$F_c = 3\pi \mu \, d \, V_c$$

Sendo:

F_c - força centrífuga das partícula (Kg m/s²)

F - resistência do ar (Kg m/s²)

d - diâmetro da partícula (m)

ρ_s - densidade das partículas (Kg/m³)

ρ_o - densidade do ar (Kg/m³)

U_t - velocidade angular da partícula (m/s)

R - raio de curvatura (m)

μ - viscosidade do ar (Kg/m. s)

V_c - velocidade de separação da partícula (m/s)

Das fórmulas acima pode se obter a velocidade (V_c) de separação das partículas.

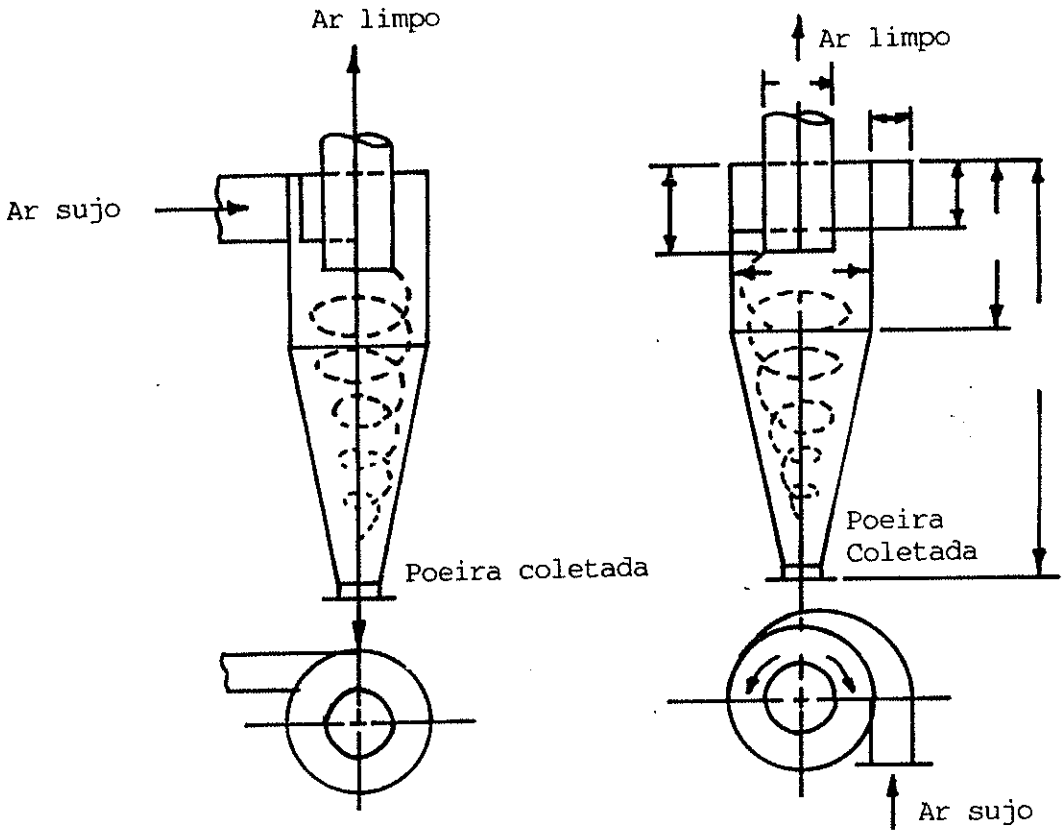
$$V_c = \frac{d^2 \cdot (\rho_s - \rho_o) \cdot U_t^2}{18 \mu R}$$

Por conseguinte partículas menores podem ser separadas e coletadas conforme o raio de curvatura, isto é, basta fazer o diâmetro do tubo de exaustão do ciclone menor para a velocidade do ar tratado ser maior.

ESTRUTURA

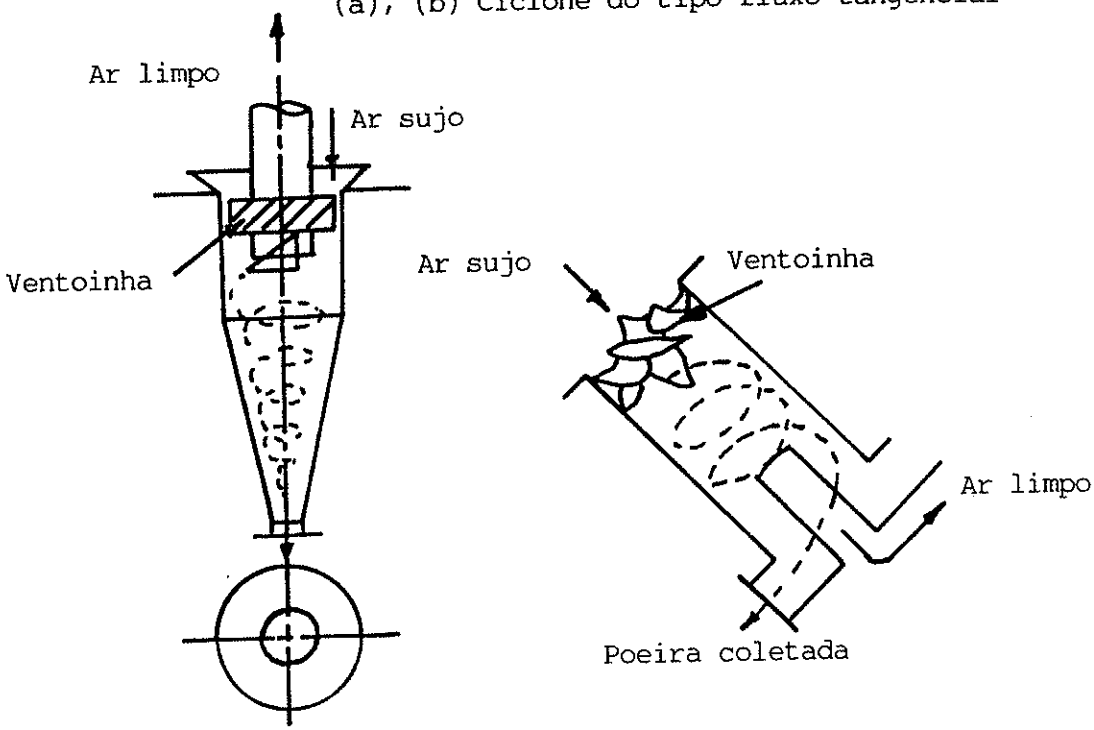
O coletor de poeira por centrifugação pode ser de 02 tipos. O ciclone e o rotatório. O tipo ciclone é o mais usado na prevenção contra a poluição.

A Fig. 9 mostra o coletor tipo ciclone, que por sua vez pode ser dividido em: os do tipo de fluxo tangencial ou os de fluxo axial de acordo com a direção do fluxo do ar poluído.



(a) Tipo reto (b) Tipo espiral

(a), (b) Ciclone do tipo fluxo tangencial



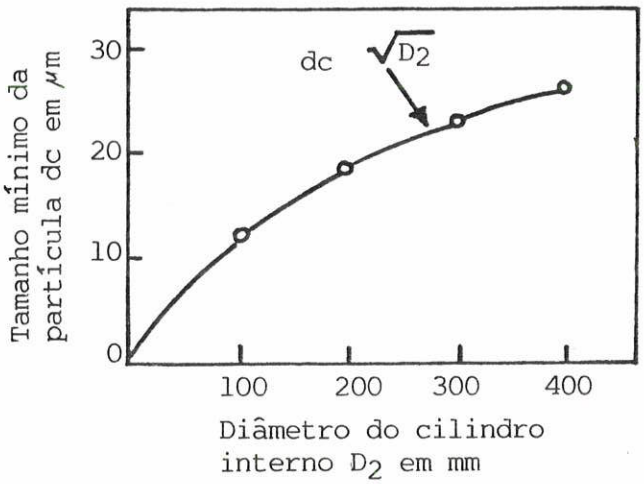
(c) Tipo reverso (d) Tipo progressão linear

(c), (d) Tipo de ciclone de fluxo axial

Fig. 9 - Coletores de poeira por centrifugação tipo ciclone

Nos ciclones a velocidade do ar na entrada varia entre 7 a 10 m/s de acordo com a perda de pressão ou a quantidade de pó a ser coletada. Assim sendo quanto maior a quantidade de ar a ser tratado maior deve ser o diâmetro do tubo de exaustão. E se desejando a separação de partículas finas pode-se usar vários ciclones de diâmetro pequeno em paralelo. Assim mesmo para uma grande quantidade de ar a ser tratado obtem-se uma alta taxa de coleta. Os ciclones paralelos são chamados multi ciclones.

A Fig. 10 mostra a relação entre o diâmetro da partícula a ser coletada e o diâmetro interno do tubo de exaustão para 100% de separação.



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
Biblioteca

CARACTERÍSTICAS

O ciclone do tipo centrífugo tem como vantagens a sua estrutura simples, ser um equipamento barato com fácil manutenção para perdas de pressão menores ou igual a 10 mm Aq. Sendo indicado também para coletar partículas na ordem de grandeza de algumas micras.

1. - Tipo Tangencial

A velocidade do ar a ser tratado, na entrada, varia entre 7 a 15 m/s. Embora o diâmetro mínimo da partícula a ser coletada por este ciclone varie de acordo com as várias propriedades do ar e da poeira (gravidade, viscosidade, etc.), o fator mais importante é o diâmetro do tubo de exaustão. O tipo tangencial é utilizado principalmente para pequenas quantidades de ar, visando um tratamento uniforme a este ar.

2. - Tipo Axial

Também conhecido como tipo hélice indutora. A velocidade do ar é normalmente 10 m/s. Ele é usado principalmente para grandes volumes de ar, já que comparado com o tipo tangencial pode tratar 03 vezes o mesmo volume com a mesma perda de pressão e uma boa distribuição do ar. O Axial do tipo inverso é utilizado com a perda de pressão entre 80 a 100 mm Aq com resultados similares ao do tipo tangencial.

O do tipo direto se caracteriza por uma perda de pressão entre 40 a 50 mm Aq e por ser ideal para ser instalado em pequenas áreas. Se mostra adequado para pequenas quantidades de coleta.

3. - Tipo "Sopro Induzido"

Este tipo foi desenvolvido para melhorar a separação do ciclone. É um sistema que absorve de 5 a 10% da quantidade do ar a ser tratado antes do exaustor, prevenindo assim maior alteração no fluxo de ar no interior do ciclone, eliminando dessa forma que algunas partículas saiam junto com o fluxo de ar puro.

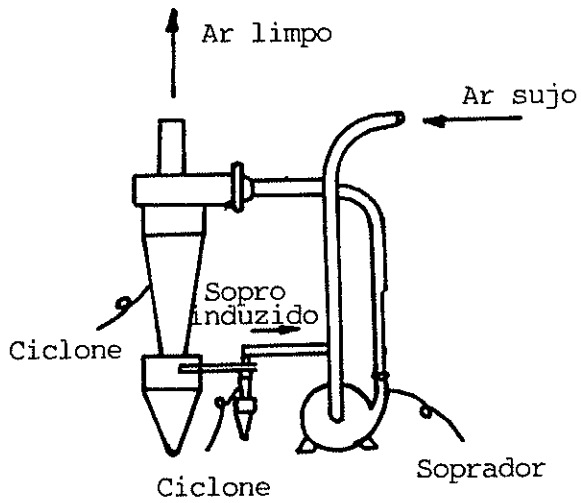
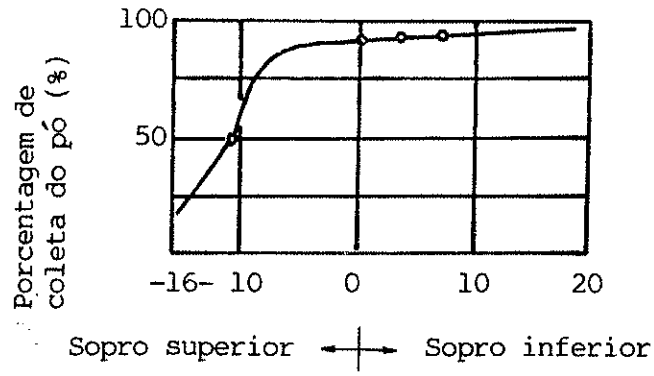


Fig. 11 - Ciclone tipo Sopro Induzido

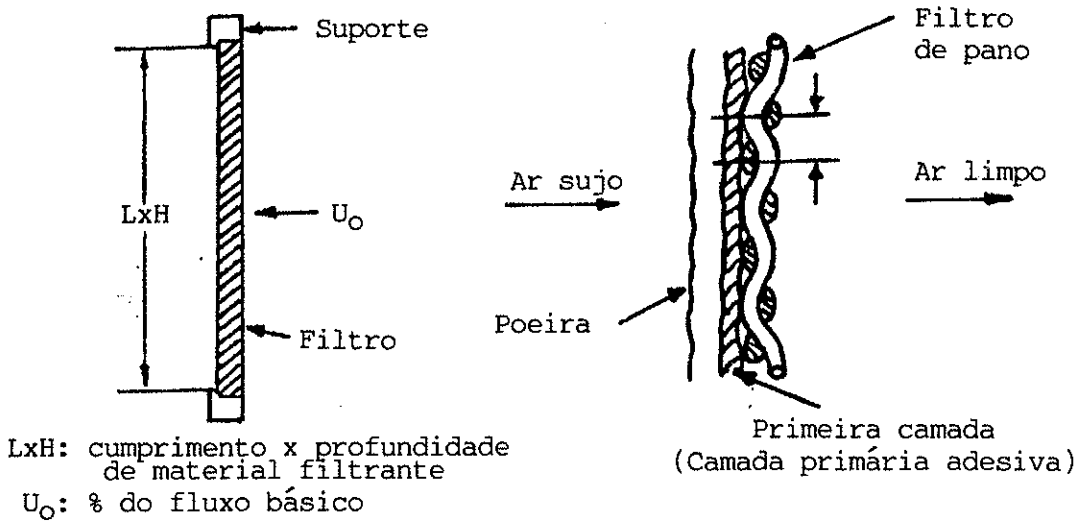


A relação do volume do ar total a ser tratado e a quantidade de ar aspirado pela câmara coletora (%).

Fig. 12 - Análise gráfica do tipo sopro induzido

c. COLETOR DE POEIRA POR FILTRAGEM

A filtragem de um coletor de poeira é um artifício que separa e coleta partículas com a passagem do ar sujo por um filtro que pode ser de dois tipos: o filtro interno ou de superfície. A figura abaixo mostra esses dois tipos.



(a) Filtro interno (b) Superfície filtrante

Fig. 13 - Tipos de Filtros

1. - <u>Filtro Interno</u>

Este filtro é feito de materiais de fibra de vidro dispostos de maneira mais ou menos solta para permitir que as partículas se misturem no seu meio.

Os filtros de ar utilizados na ventilação ou para separação de partículas radioativas são desse tipo.

2. - <u>Filtro de Superfície</u>

Esse tipo coleta partículas na superfície do filtro que normalmente é composto por pano ou papel. Fazem parte deste tipo de filtro os filtros de saco (coador) e o filtro limpador de ar.

No mecanismo desse filtro quando o ar sujo passa pelo filtro as partículas ficarão presas junto a superfície do tecido, havendo a formação de uma camada inicial, chamada de camada adesiva primária. Essa camada varia de acordo com a concentração de poeira contida no ar, e é formada em questão de segundos até minutos, sendo utilizados para partículas finas, como por exemplo de 1 micra.

a. - Filtro de "Saco"

ESTRUTURA

A Fig. 14 mostra um exemplo desse filtro. Seu formato normalmente é cilíndrico com 15 a 30 cm de diâmetro; mas existem também os filtros em formato de disco.

O material (pano) utilizado varia muito de acordo com a resistência ao calor, as partículas ácidas, as alcalinas, resistência mecânica, etc. Portanto, de acordo com a propriedade das partículas a serem filtradas utiliza-se os vários tipos de pano.

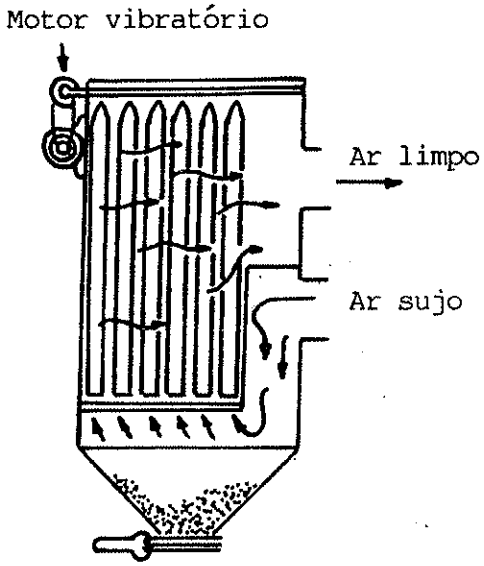


Fig. 14 - Filtro de saco (do tipo vibratório)

No filtro de saco quando a quantidade acumulada de pó, medida em g/cm^2, aumenta, a perda de pressão aumentará de acordo com a Fig. 15.

Entretanto, quando o acúmulo de poeira atinge determinado nível, a vibração do filtro deve ser efetuada. Geralmente, esta operação é feita quando a perda de pressão atinge 150 mm Aq.

Na medida que a camada inicial se mantém mesmo com a vibração, é sempre possível coletar partículas de 1 micra já que a camada inicial já se formou.

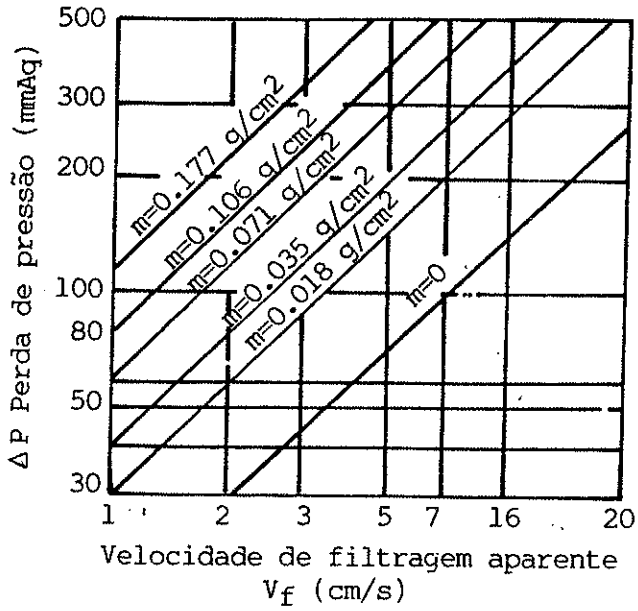


Fig. 15 - Quantidade de pó e perda de pressão

A Figura abaixo mostra um filtro de saco com vibrador. Basicamente estes filtros se dividem em dois tipos: o intermitente e o contínuo.

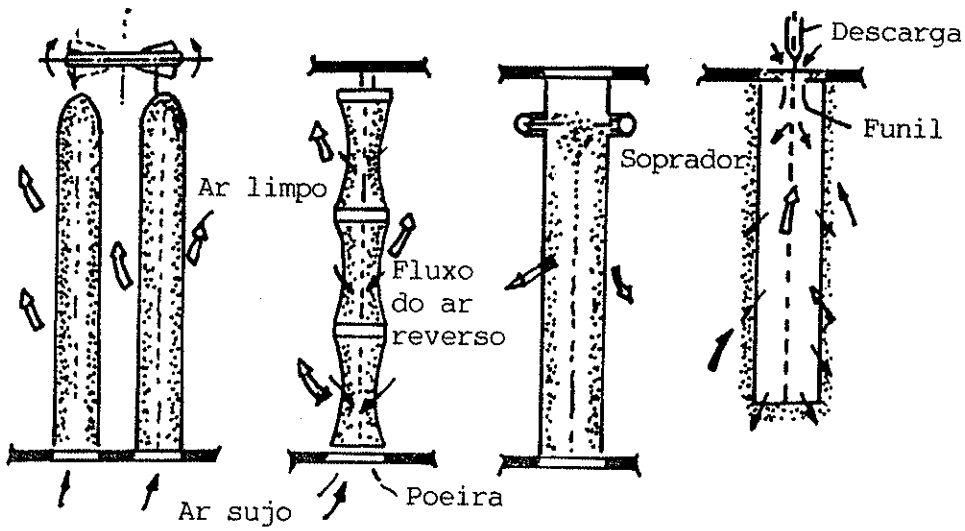


Fig. 16 - Filtros de saco com vibrador

1. - Tipo Intermitente

Esse sistema funciona com várias câmaras de coleta de pó, cada uma com vibração independente. Normalmente são adotados os do tipo fluxo de ar reverso e fluxo de ar reverso com vibração.

2. - Tipo Contínuo

Esse sistema funciona com a vibração total no tecido do filtro sem a interrupção do ar a ser tratado. Os tipos mais comuns são ar do jato reverso e jato direto.

CARACTERÍSTICAS

A quantidade de poeira coletada num filtro de saco varia de acordo com a qualidade do ar a ser tratado, mas pode ser controlado através da velocidade de filtragem. Quanto menor essa velocidade, que pode ser calculada pela fórmula abaixo, mais finas serão as partículas coletadas.

$$V_f = \frac{Q}{A} \times 100$$

Onde:

V_f - vel. de filtragem (cm/s)

Q - quantidade de ar tratado (m^3/s)

A - área total do filtro (m^2)

Normalmente a velocidade oscila entre 0,3 e 10 cm/s, sendo que se essa velocidade estiver entre 1 a 2 cm/s as partículas de 1 micra serão coletadas.

O do tipo intermitente é preferível para coleta de poeira em ar muito poluído e sua operação se dar com uma perda de pressão entre 100 e 150 mm Aq.

Para o tratamento de ar muito poluído, o filtro do tipo contínuo é preferível quando se tem uma perda de pressão constante.

Um outro coletor é o Precipitador Eletrostático que separa e coleta poeira através da força eletrostática, podendo coletar partículas de tamanho menor que 1 micra.

Os precipitadores eletrostáticos podem ser do tipo: de carga, eletrodo coletor, os via seca e via úmida ou os tipo fluxo de ar.

Esse tipo de coletor tem um alto custo de instalação e sua operação requer um custo acima da média.

A tabela a seguir mostra a comparação entre os coletores descritos.

TABELA 1 - CAPACIDADES DOS EQUIPAMENTOS DE COLETA DE POEIRA

Denominação	Tamanho de Partícula possível de tratamento	Índice de coleta de Poeira (%)	Custo de Instalação	Custo Operacional
Câmara de Sedimentação por gravidade	100 - 50	40 - 60	Baixo	Baixo
Ciclone(Tipo Centrífugo)	100 - 3	60 - 80	Médio	Médio
Bag-Filter (Tipo Filtro)	20 - 0.1	90 - 99	Médio	Acima de Médio
Precipitador Eletrostático	20 - 0.5	80 - 99	Alto	Acima de Médio

12.1. - MEDIDAS DE PREVENÇÃO À POEIRA NOS DEPÓSITOS DE PÓ DE PEDRA

No tocante a prevenção contra dispersão de poeira do depósito mineral, deve-se atentar para o fato de que as medidas variam, em função, respectivamente, da quantidade do produto depositado, da área e do formato do depósito e da sua topografia. Deve-se dar ênfase à prevenção contra dispersão devido ao vento e da geração de poeria por ocasião do carregamento e do descarregamento.

CONFIGURAÇÃO DO DEPÓSITO

Seleciona o local dando ênfase à influência do vento tal como a direção e velocidade predominante durante o ano, e deposita mais baixo tanto quanto for possível. Porém, por outro lado, quanto mais baixo, maior a área. A configuração do depósito, de uma maneira geral, tal como na Figura 17, é de seção cônica ou seção trapezoidal. A altura do depósito é determinada em função do volume do depósito e da área, mas quando se faz a aspersão ou borrifamento de água para prevenção contra a dispersão, há que se considerar a capacidade da instalação borrifadora que, no caso do tipo cônico, é estabelecido como limite máximo 20 metros, mais ou menos.

Atualmente, constrói-se parede lateral (altura 2 m - 5 m) para aumentar a quantidade depositada por unidade de área. No caso do tipo trapezoidal existe a vantagem de diminuir a influência do vento, comparado à do tipo cônico, com a compactação

da superfície. Para isso necessita-se de trator pequeno.

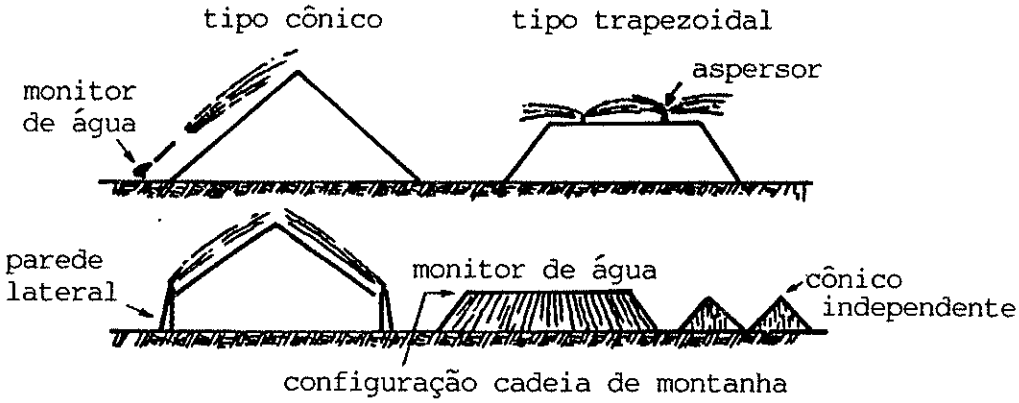


Fig. 17 - Espécies das condições dos Depósitos

EQUIPAMENTOS DE ASPERSÃO D'ÁGUA

1. - Aspersor (sprinkler)

É utilizado no caso em que a quantidade do produto a ser depositado é pequena e, normalmente, é mais genérica a sua utilização, instalando-o na proximidade do topo do produto depositado. A tubulação de fornecimento de água é instalada geralmente na base do depósito, sendo feita em borracha, removível da base até o equipamento aspersor. Ainda, o aspersor deve ser instalado em poste (Fig. 18). A Tabela 2 mostra a capacidade do "sprinkler".

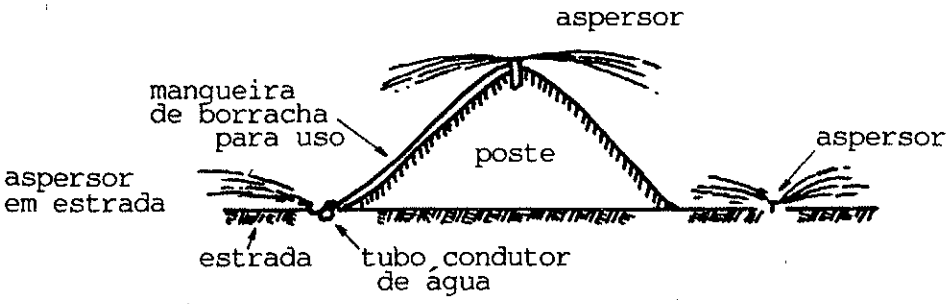


Fig. 18 - Exemplo de uso do aspersor de água

Tabela 2. - Exemplo da capacidade do aspersor (sprinkler)

C (mm) " (in)	5.6 7 / 32		6.4 15 / 64		6.4 1 / 4		6.8 17 / 64		7.1 9 / 32	
P (kg/cm²)	RA (m)	QA (ℓ/min)	RA (m)	QA (ℓ/min)	RA (m)	QA (ℓ/min)	RA (m)	QA (ℓ/min)	RA (m)	QA (ℓ/min)
2.8	14.93	33.4	15.20	39.5	15.50	43.7	15.80	46.4	16.11	55.5
3.2	15.20	35.7	15.80	41.0	16.11	46.4	16.41	49.8	16.41	58.9
3.5	15.80	37.6	16.11	43.3	16.41	49.0	16.72	53.2	16.72	61.9
3.9	16.11	39.5	16.41	46.7	16.72	51.7	17.02	57.0	17.33	65.4
4.2	16.41	41.4	16.72	48.6	17.02	54.0	17.33	60.0	17.63	68.4
4.6		43.4	17.02	50.9	17.33	56.2	17.63	61.6	17.93	71.4
4.9	17.02	44.8	17.33	53.2	17.63	58.5	17.93	63.5	18.24	74.1

LEGENDA: C: calibre; P: pressão; RA: raio de aspersão; QA: quantidade de aspersão.

2. - Monitor de Água (Rain Gun)

No caso em que a quantidade do produto a ser depositado é grande e, além disso, a área do depósito é extensa, adota-se freqüentemente, o método de aspersão de água por um monitor. Como pode ser visto na figura a seguir o "monitor" tem a estrutura que, ao mesmo tempo em que vai lançando a água, vai mudando sucessivamente a sua própria posição de lançamento e portanto, adapta-se ao modo de usar anteriormente citado. A Tabela 3 mostra a capacidade do monitor.

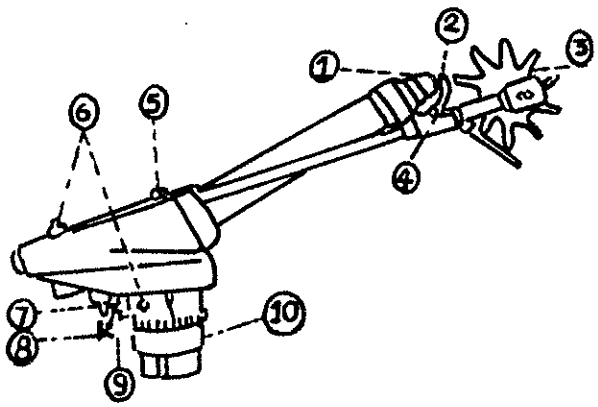
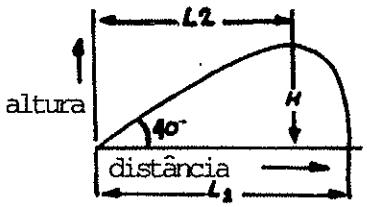


Fig. 19 - Exemplo da Estrutura do Monitor

(1) esguicho (nozzle), (2) pino do jato (jet pin), (3) roda dentada,(4) pino de fixação da caixa de engrenagem biselada, (5) boca para instalação do manômetro, (6) bico para graxa (grease nipple), (7) alavanca de conversão, (8) porca de parada do anel regulador, (9) anel de regulagem de ângulo, (10) união de 90 mm ao corpo principal, com engrenagem.



Q : quantidade lançamento (l/min)

H : altura máxima

L_1 : distância máxima de alcance (m) (raio de aspersão)

L_2 : distância até a altura máxima (m)

C (mm) \ P (kg/cm²)		5	6	7	8	9
20	Q	558	610	660		
	L_1	44	46	48		
	L_2	34	36	38		
	H	11	13	15		
22	Q	671	730	790		
	L_1	45	47	49		
	L_2	35	37	39		
	H	13	15	17		
24	Q	807	886	950		
	L_1	46	48	50		
	L_2	36	38	40		
	H	15	17	19		
26	Q	948	1038	1120	1195	
	L_1	47	48	50	52	
	L_2	36	38	40	41	
	H	16	18	20	22	
28	Q		1200	1299	1385	1470
	L_1		48	50	53	55
	L_2		40	41	42	43
	H		18	20	22	24

Tabela 3 - Exemplo da capacidade do Monitor

C: calibre; P: Pressão

(NOTA) altura da máquina 0m; ângulo de aspersão 40° (em relação ao horizonte; forma de aspersão: ambas (circular total e leque)

12.2. - ELEMENTOS DO PLANO DE FOGO QUE INFLUEM NA VIBRAÇÃO

Dentre os vários elementos que compõem um plano de fogo, alguns tem influência direta sobre a vibração. Com base em FABIANI (1988) descreveremos estes elementos lembrando que um desmonte de rocha não é uma ciência exata, pois a natureza variável da rocha e sua estrutura geológica associadas aos tipos de explosivos torna impossível estabelecer uma série de equações que permitam projetar um desmonte ideal.

AFASTAMENTO (V)

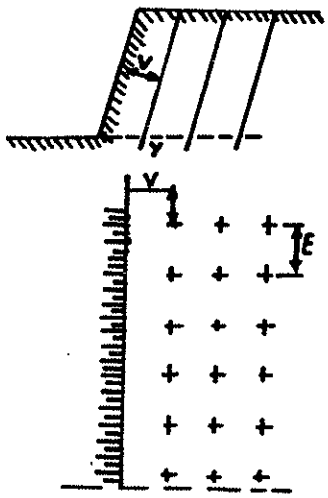
É definido como a distância entre duas linhas sucessivas de furos, e a distância entre a linha de furo à face livre da bancada.

Um afastamento excessivo dará fragmentação inadequada, problemas de repé e excesso de vibração pelo terreno.

Sendo V o afastamento e ø o diâmetro do furo, admite-se na prática:

$$V\ (m) = ø\ (") \pm 10\%\ ø\ (")$$

SUBFURAÇÃO



É o comprimento de furo executado abaixo do nível do piso.

Uma subfuração excessiva pode, entre outros, aumentar a energia propagada na forma sísmica.

Uma boa aproximação é usar uma subfuração igual a 30% do afastamento.

V - afastamento

E - espaçamento

Y - subfuração

PROFUNDIDADE DO FURO

Para profundidade de furos menor que 1,5V (afastamento), a escorva colocada no fundo do furo (para assegurar o confinamento), pode aumentar as vibrações no terreno.

$$1,5 < \frac{\text{Profundidade do furo}}{\text{Afastamento}} < 4,0$$

Se o AFASTAMENTO e ESPAÇAMENTO foram sobredimensionados haverá menor fragmentação e maior energia sísmica transmitida ao terreno.

INCLINAÇÃO DE FURO

Conforme Figura 20 a seguir pode-se deduzir que uma inclinação adequada do furo, além de ajudar na fragmentação (A'B'D'> BAD), diminui a emissão de ondas no terreno e conseqüentemente de vibrações para o meio ambiente (B'A'C' < BAC).

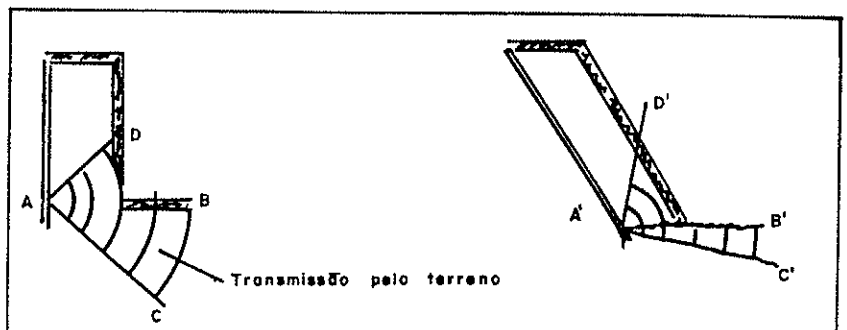


Fig. 20 – Fase dinâmica da detonação: emissão de ondas sísmicas

FONTE: MIDÉA, Nilson F. - Uso de explosivos histórico - recomendações - normalização (1989)

RETARDOS

São conectores utilizados para fracionar uma detonação, ou seja, em vez de se obter uma única explosão, temos várias explosões sucessivas. Pode ser utilizado entre linhas ou entre furos de uma mesma linha, provocando um intervalo na detonação, em milissegundos.

Um dos motivos para a utilização dos retardos é reduzir as vibrações no terreno.

13. - CONCLUSÕES

Neste trabalho identificamos todas as formas de poluição provocadas pelas pedreiras (unidades de produção de brita).

Limitado pelos recursos disponíveis, concentramos nosso estudo nos itens poeira e vibração, instalando equipamentos em pedreiras da Regiões Metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro, e exaustivamente analisando os resultados obtidos.

Se, relativamente, ao item vibração encontramos estudos realizados como o do IPT, o mesmo não ocorre em relação à poeira, o que nos leva a creditarmos certa importância a este trabalho pelo ineditismo do tema.

Após os resultados obtidos e tendo em vista a minimização dos efeitos, sugeririamos as seguintes medidas, com base na economicidade, simplicidade e pouca manutenção dos equipamentos envolvidos; e mesmo disponibilidade no mercado fabricante.

Poeira:

1- Umectação de vias com caminhão-pipa

2- Umectação dos seguintes pontos: praça da bancada (antes do desmonte), na alimentação de todos os britadores e ponta de descarga das correias transportadoras.

Vibração:

1- Uso de explosivo de acordo com as características do maciço.

2- Uso de retardo, obtendo carga explosiva por espera adequada.

3- Utilizar corretamente a furação inclinada.

4- Evitar furos de grande diâmetro (sendo inevitável utilizar retardo de coluna).

5- No desmonte com duas faces livres a detonação deve ser iniciada próximo aos extremos e não no centro da primeira linha.

As recomendações acima relacionadas geram para o empreendimento vantagens de caráter social para funcionários e população circunvizinha conviverem em ambiente salubre; e também de caráter econômico pois os procedimentos para minimizar a vibração faz com que a energia do explosivo seja toda aproveitada para fragmentação da rocha diminuindo sensivelmente os custos das operações posteriores de britagem e rebritagem.

Outro fator que merece comentário é a atual situação em que se encontram os órgãos públicos responsáveis pela fiscalização. A falta de interesse demonstrada pelo governo para com o setor mineral tem refletido diretamente na atuação desses órgãos, que se encontram sem uma infra-estrutura necessária ao desempenho de suas funções, proporcionando uma desmotivação do seu quadro técnico. Daí, a deficiência na fiscalização para exigir a aplicação das normas e legislação vigentes.

É evidente que alguns dos efeitos provocados pela atividade mineral são inevitáveis porém, como foi exposto, acreditamos na possibilidade de minimizá-los a ponto de torná-los suportáveis para a população, e não produzirem danos irreversíveis ao meio ambiente. Para isto faz-se necessário a adoção de técnicas adequadas por parte das empresas, e uma fiscalização intensiva e sistemática por parte do poder público, de forma a coibir as atividades inadequadas e clandestinas.

B I B L I O G R A F I A

- ABNT, CE. 18.2.7.001 - "Guia para Avaliação dos Efeitos Provocados pelo uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas". Norma de Procedimento. São Paulo. 1986

- American Public Health Association. Methods of air sampling and analysis 2nd. ed. Washington. 1972. 26p.

- BRAILE, Victória Valli, et al. Poluição do ar causada pela operação de pedreiras no Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1982. 14 p.

- Bureau of Mines. Surface mine blasting. Chicago, United States Department of the Interior, 1987. Information Circular - IC - 9135.

- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM); Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Projeto Regional de Integração Mineral da Grande São Paulo. São Paulo. 1979. V.1.

- Departamento Nacional da Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro. Brasília. 1990.

- Departamento Nacional da Produção Mineral. Manual de Equipamentos para o Controle da Poluição na Mineração. Brasília. 1985. V.1.

- DOWN, C.G.; STOCKS, J. Environmental impact of mining. London, Applied Science Publishers, 1978. 371 p.

- FABIANI, Abel. Projeto e execução de planos de fogo. In: Explosivos, Pedreiras e Meio Ambiente (apostila). São Paulo, IPT, 1988. p. 75-112.

- FONSECA, F. Os Efeitos da Mineração sobre o Meio Ambiente. Brasil Mineral, São Paulo, Especial: 74-80, Outubro. 1989.

- GUIDUGLI, Marta Maria Barreto. A problemática ambiental das atividades da mineração a céu aberto. Revista Geográfica. São Paulo, n. 4, p. 69-73, 1985.

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Recomendações Técnicas para Desmonte de Rochas em Pedreiras. Brasil Mineral, São Paulo, 16:27-31, Março. 1985.

- Industrial Pollution Control Association of Japan. Noise and vibration. Tokyo, 1982. 310 p.

- MEDVED, S.V. Problems of engineering seismology. S.L. Consultants Bureaus, 1963. Translated from the Russian.

- MIDEA, Nilson Figueira - Uso de explosivos na exploração de pedreiras próximas a áreas urbanas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SÔBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, São Paulo, 1989. Anais, São Paulo, DNPM/Pró-Minério, 1989, p. 44-50.

- MIDEA, Nilson Figueira - Uso de explosivos: histórico - recomendações - normalização. In: Explosivos, Pedreiras e Meio Ambiente (apostila). São Paulo, IPT, 1988. p. 01-21.

- SANCHEZ, Luís Enrique. Desmonte de Rochas com Explosivos - Incidência Ambiental das Vibrações. Brasil Mineral, São Paulo, 38:52-61, Janeiro, 1987.

- Sindicato da Indústria da Extração de Minerais não Metálicos no Estado de São Paulo. A Indústria Extrativa Mineral na Região Metropolitana da Grande São Paulo. São Paulo, 1979.

- SISKIND, David E. Vibração e Deslocamento de Ar em Pedreiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SÔBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, São Paulo, 1989. Anais. São Paulo, DNPM/Pró-Minério, 1989, p. 40-3.

- Ministry of International Trade and Industry - MITI. Technology and Regulations for Air Pollution Control. Japão, 1988.

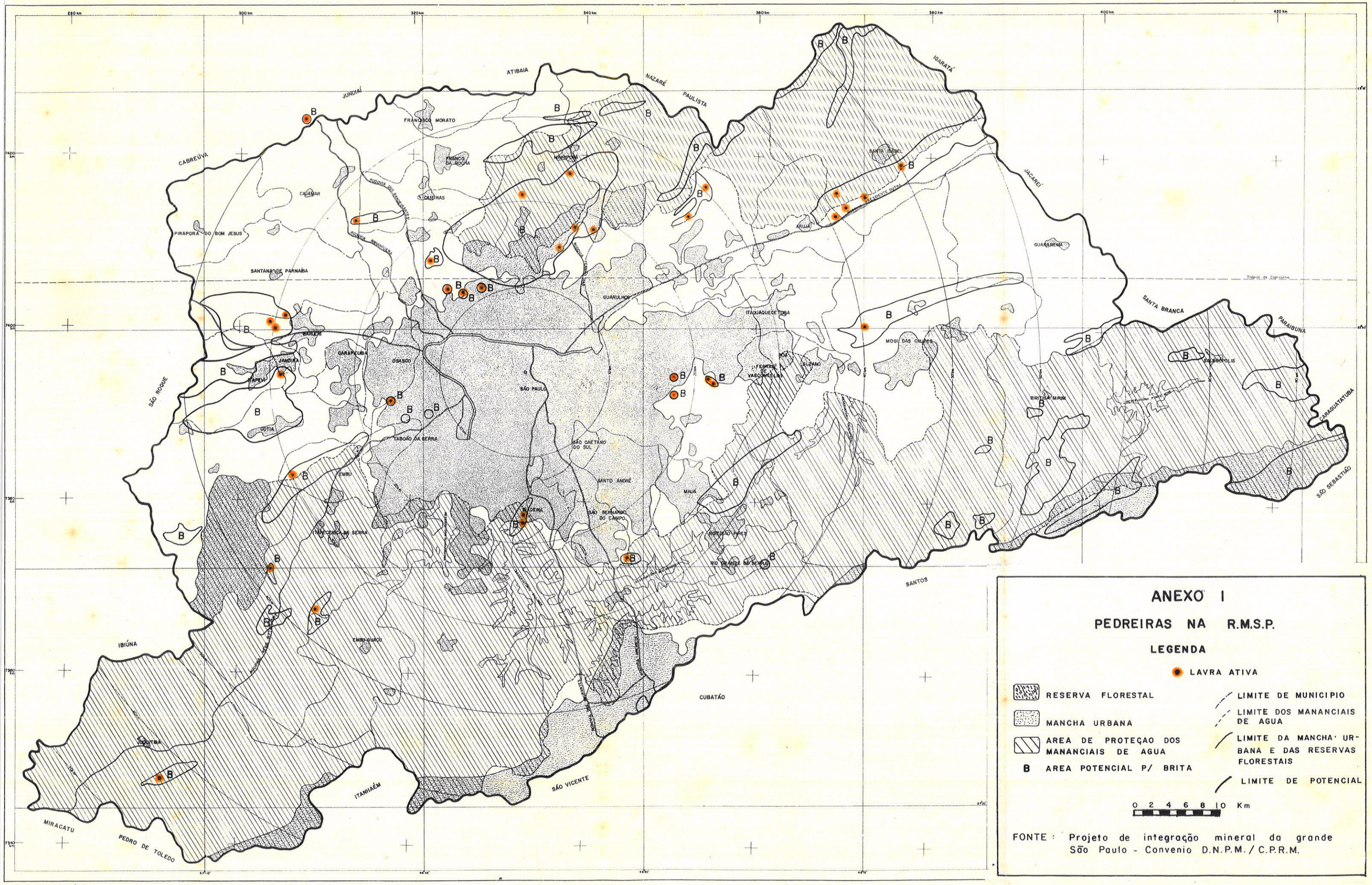
- PAES, Maria Tereza Duarte. Crescimento populacional e desigualdades nas áreas urbanas. Revista Geográfica, São Paulo, n. 4, p. 75-8, 1985.

- PINHEIRO, Tasso de Toledo. Necessidades e importância dos agregados para a indústria da construção civil do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SÔBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS, São Paulo, 1989. Anais. São Paulo. DNPM/Pró-Minério, 1989. - p. 61-70.

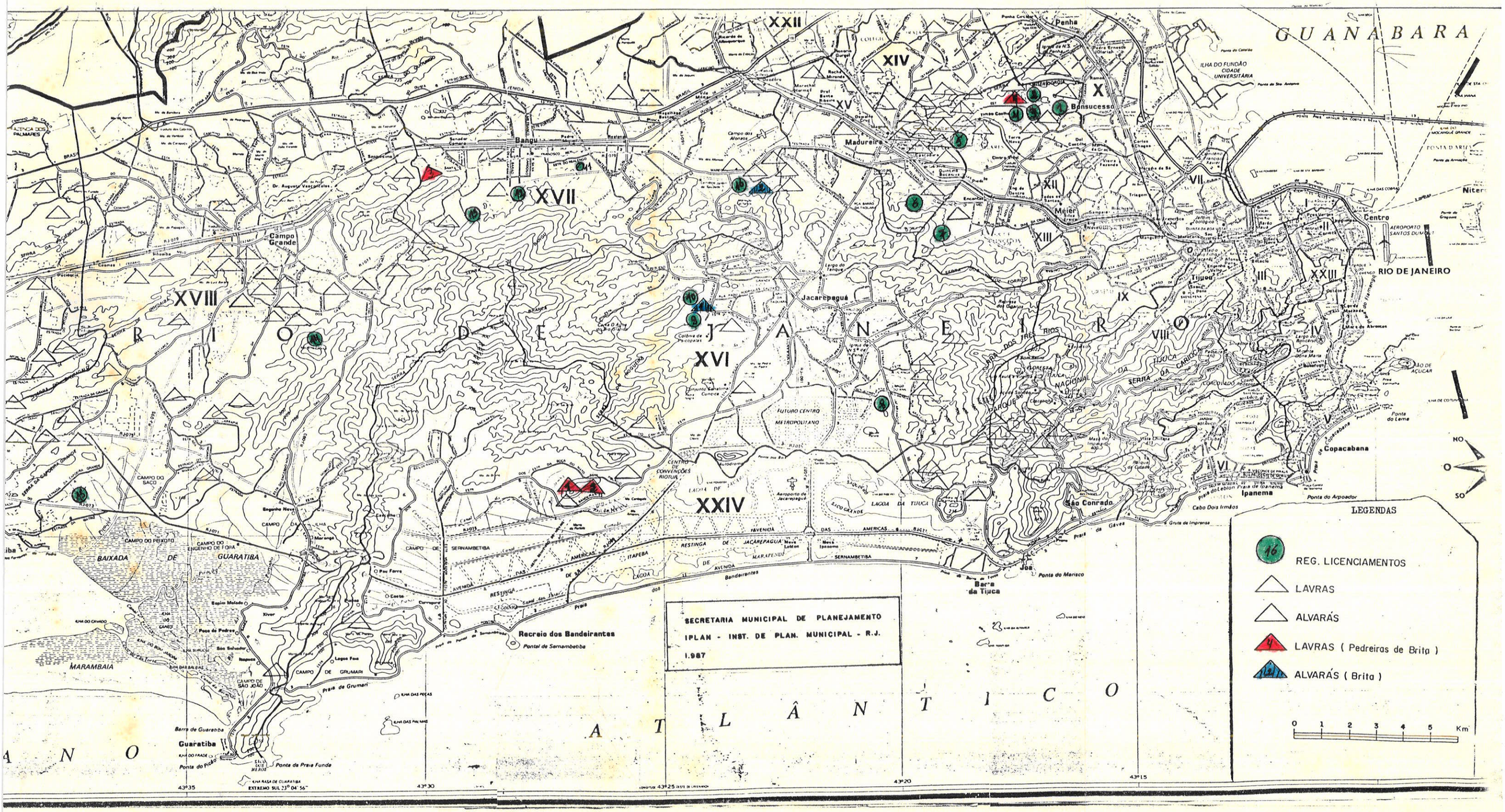
- Herrmann, Curt. Manual de perfuração de rocha. São Paulo. 1972.

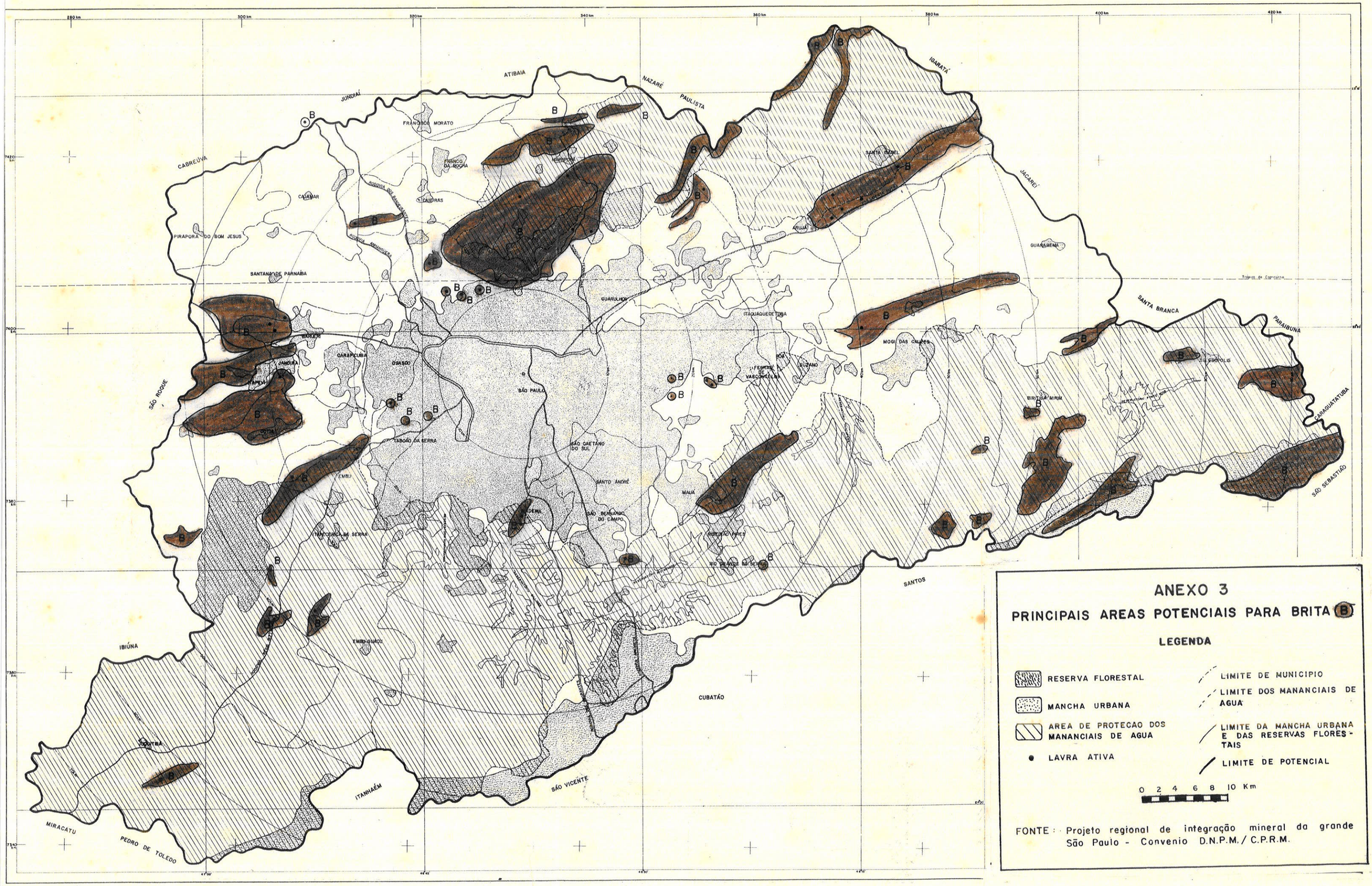
- Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM. Mineração e Meio Ambiente: impactos previsíveis e formas de controle. Belo Horizonte, 1984. 63 p.

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT/Pró-Minério. Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo. São Paulo, 1990. 188 p.


ANEXO I
PEDREIRAS NA R.M.S.P.
LEGENDA
LAVRA ATIVA
RESERVA FLORESTAL
MANCHA URBANA
AREA DE PROTEÇAO DOS MANANCIAIS DE AGUA
B AREA POTENCIAL P/ BRITA
LIMITE DE MUNICIPIO
LIMITE DOS MANANCIAIS DE AGUA
LIMITE DA MANCHA URBANA E DAS RESERVAS FLORESTAIS
LIMITE DE POTENCIAL
0 2 4 6 8 10 Km
FONTE: Projeto de integração mineral da grande São Paulo - Convenio D.N.P.M. / C.P.R.M.
ATIBAIA
NAZARÉ PAULISTA
IGARATÁ
JUNDIAÍ
CABREUVA
JACAREÍ
SANTA BRANCA
PARAIBUNA
CARAGUATATUBA
SÃO SEBASTIÃO
SANTOS
CUBATÃO
SÃO VICENTE
ITANHAÉM
MIRACATU
PEDRO DE TOLEDO
IBIÚNA
SÃO ROQUE
FRANCISCO MORATO
FRANCO DA ROCHA
CAIEIRAS
CAJAMAR
PIRAPORA DO BOM JESUS
SANTANA DE PARNAÍBA
BARUERI
JANDIRA
ITAPEVI
CARAPICUÍBA
OSASCO
COTIA
TABOÃO DA SERRA
EMBU
TAMBORÉ
SÃO PAULO
GUARULHOS
ITAQUAQUECETUBA
FERRAZ DE VASCONCELOS
SUZANO
MOGI DAS CRUZES
BIRITIBA MIRIM
SALESÓPOLIS
SANTA ISABEL
ARUJÁ
GUARAREMA
SÃO CAETANO DO SUL
SANTO ANDRÉ
MAUÁ
DIADEMA
SÃO BERNARDO DO CAMPO
RIBEIRÃO PIRES
RIO GRANDE DA SERRA
EMBU-GUAÇU
ITARIRÚ

ANEXO 2


GUANABARA
RIO DE JANEIRO
ATLÂNTICO
XXII
XIV
XV
XVII
XVIII
XVI
XXIV
X
XII
XIII
VII
I
II
III
IV
V
VI
VIII
IX
Penha
Bonsucesso
Madureira
Meier
Centro
Tijuca
Jacarepaguá
Campo Grande
Copacabana
Ipanema
São Conrado
Barra da Tijuca
Recreio dos Bandeirantes
Guaratiba
MARAMBAIA
BAIXADA DE GUARATIBA
CAMPO DE SERNAMBETIBA
CAMPO DE GRUMARI
CAMPO DO SACO
CAMPO DO PEIXOTO
CAMPO DO ENGENHO DE FORA
CAMPO DE SÃO JOÃO
FUTURO CENTRO METROPOLITANO
CENTRO DE CONVENÇÕES RIOTUR
LAGOA DE JACAREPAGUÁ
LAGOA DA TIJUCA
LAGOA DE MARAPENDI
RESTINGA DE JACAREPAGUÁ
AVENIDA DAS AMÉRICAS
AVENIDA BRASIL
AVENIDA BANDEIRANTES
SERRA DA TIJUCA
PARQUE NACIONAL DA TIJUCA
ILHA DO FUNDÃO CIDADE UNIVERSITÁRIA
AEROPORTO SANTOS DUMONT
AEROPORTO DE JACAREPAGUÁ
PÃO DE AÇÚCAR
Ponta do Leme
Ponta do Arpoador
Ponta do Marisco
Ponta da Praia Funda
Ponta do Picão
Barra de Guaratiba
Praia de Grumari
Praia de Sernambetiba
Pontal de Sernambetiba
Praia do Leblon
Praia de Ipanema
Praia do Gávea
Cabo Dois Irmãos
Gruta da Imprensa
Niterói
NO
O
SO
SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO
IPLAN - INST. DE PLAN. MUNICIPAL - R.J.
1.987
LEGENDAS
16 REG. LICENCIAMENTOS
LAVRAS
ALVARÁS
4 LAVRAS (Pedreiras de Brita)
ALVARÁS (Brita)
0 1 2 3 4 5 Km
43°35
43°30
43°25
43°20
43°15
EXTREMO SUL 23° 04' 56"



ANEXO 3

PRINCIPAIS AREAS POTENCIAIS PARA BRITA (B)

LEGENDA

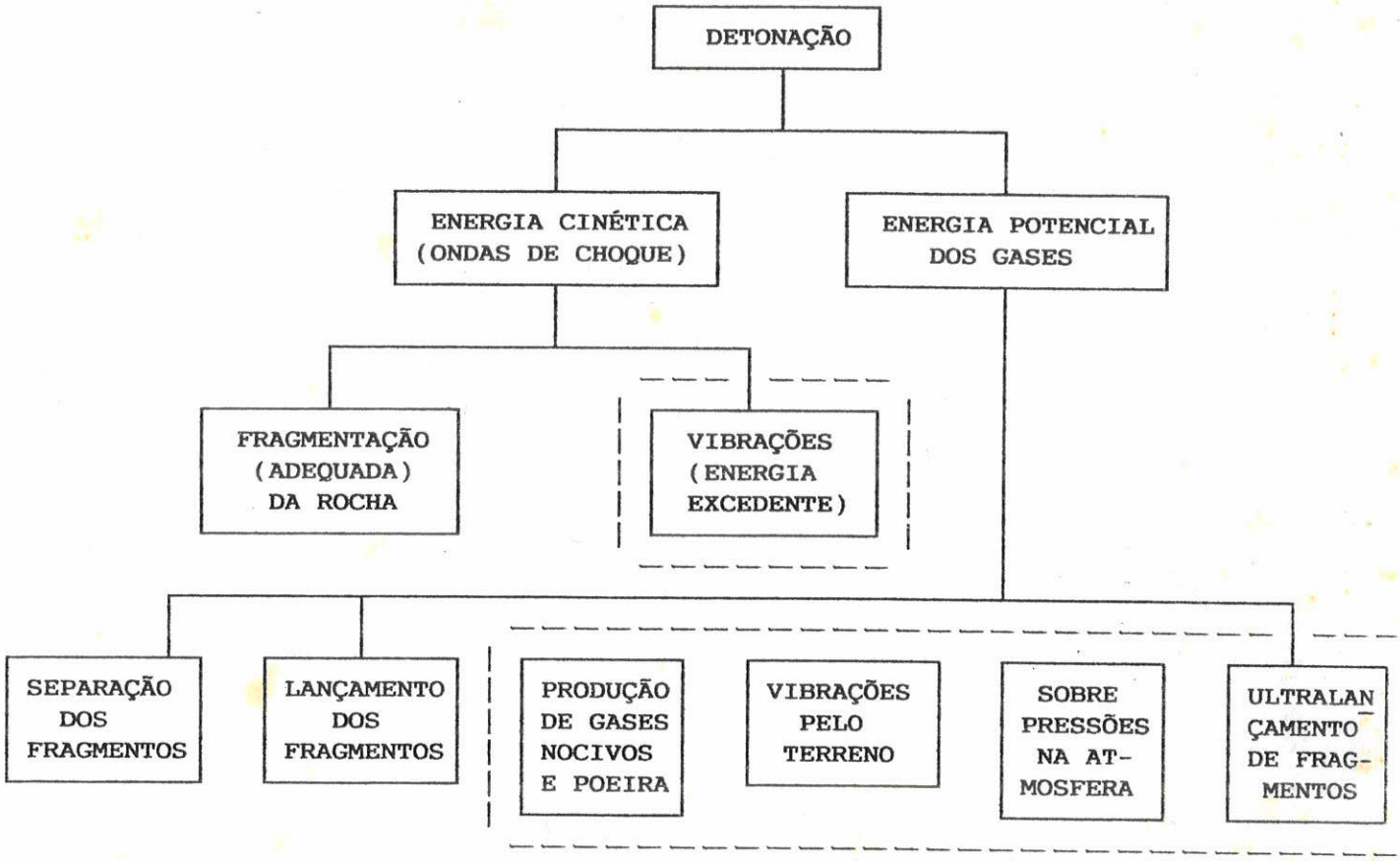
- RESERVA FLORESTAL
- MANCHA URBANA
- AREA DE PROTECAO DOS MANANCIAIS DE AGUA
- LAVRA ATIVA
- LIMITE DE MUNICIPIO
- LIMITE DOS MANANCIAIS DE AGUA
- LIMITE DA MANCHA URBANA E DAS RESERVAS FLORESTAIS
- LIMITE DE POTENCIAL

0 2 4 6 8 10 Km

FONTE: Projeto regional de integração mineral da grande São Paulo - Convenio D.N.P.M. / C.P.R.M.

A N E X O 0 4

- Efeitos de uma detonação



| | REDUZIR AO MÍNIMO OU EVITAR

FONTE: FABIANI, Abel. Projeto e Execução de Planos de Fogo. In: Explosivos, Pedreiras e Meio Ambiente. (1988).

A N E X O 0 5

DANOS PROVÁVEIS EM ESTRUTURAS - MEDVEDEV

	C A R A C T E R Í S T I C A S	V_p RESULTANTE (cm/seg)
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 saibam 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 deformados.	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	destrução de edifícios, isto é, grandes fendas nas paredes, esfoliação a alvenaria, queda de paredes.	24,0 a 48,0
10-12	grande destruição e colapso de edifícios.	48

Medvedev, S.V. (Ed.) "Problems of Engineering Seismology"
Translated from the Russian. Consultants Bureau, 1963.