

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

Medidas de controle da emissão de material particulado em suspensão por  
pedreiras

Trabalho de Formatura do programa de graduação em  
Engenharia de Minas da Escola Politécnica

Orientado: Raphael Diniz Jacques Gonçalves

Orientador: Eng. Michiel Wichers Schrage

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston

EPMI  
TF-2009  
G586m

São Paulo,

2009

TF-2009

G 586m

Lipno 1822945

M2009a

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700005919

## ÍNDICE

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	1
1. INTRODUÇÃO .....	2
1.1. Apresentação .....	2
1.2. Objetivo .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1. Material Particulado como Poluente do Ar .....	2
2.2. Fontes de Emissão de Material Particulado em Pedreiras .....	3
2.3. Legislação .....	4
2.4. Monitoramento .....	5
2.5. Medidas Mitigadoras da Emissão de Material Particulado .....	7
3. METODOLOGIA .....	9
4. ESTUDOS DE CASO .....	9
4.1. Pedreira 1 .....	9
4.2. Pedreira 2 .....	12
5. CONCLUSÃO .....	14
6. REFERÊNCIAS .....	15

## **Medidas de controle da emissão de material particulado em suspensão por pedreiras**

Raphael D. J. Gonçalves  
E-mail: raphadjg@gmail.com

### **RESUMO**

A geração de material particulado (MP) e sua emissão para a atmosfera constituem um sério problema ambiental em pedreiras. Para atenuação dos efeitos danosos dessa emissão, e consequente adequação à legislação ambiental, são adotadas medidas mitigadoras. Essas medidas vão desde a umectação de vias de acesso não pavimentadas e o plantio de cercas vivas, até considerações de projeto como planejamento adequado de pátios e inclusão de filtros de manga nas instalações de beneficiamento. Para melhor discorrer sobre o tema, foram realizados dois estudos de caso em pedreiras de grande porte na região metropolitana do Rio de Janeiro e no Vale do Paraíba em São Paulo. De forma geral, as medidas de controle de MP conhecidas e empregadas em pedreiras permitem sua operação em áreas povoadas. Apesar disso, é necessário um maior comprometimento com a questão por parte de grande parte das pedreiras brasileiras.

**PALAVRAS-CHAVE:** material particulado; pedreira; medidas mitigadoras.

### **ABSTRACT**

The generation of particulate matter (PM) and its emission to the atmosphere are a serious environmental problem in quarries. To mitigate the harmful effects of this issue, and adapt to environmental legislation, mitigation measures are adopted. These measures range from the watering of unpaved roads and the planting of hedges, to project considerations as proper planning of courtyards and inclusion of fabric filters in processing facilities. To further discourse about the issue, there were conducted two case studies in large quarries in the metropolitan region of Rio de Janeiro and in Vale do Paraíba in São Paulo. In general, the control measures of PM known and applied in quarries allow its operation in populated areas. Nevertheless, it is required a greater commitment to the issue by most of the quarries in Brazil.

**KEY-WORDS:** particulate matter; quarry; mitigation measures.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Apresentação

As pedreiras fazem parte de um ramo muito específico da mineração, por apresentar algumas peculiaridades em relação a outros tipos de minas. A produção de agregados, principalmente para construção civil, movimenta diariamente milhares de toneladas de produtos. As pedreiras se concentram nos arredores de grandes centros urbanos, e normalmente tem porte reduzido, resumindo suas instalações de beneficiamento a conjuntos de britadores e pedreiras. Apesar disso, são diversos os impactos ambientais decorrentes das atividades de pedreiras, como lançamento de efluentes em drenagens naturais, emissão de material particulado para a atmosfera, emissão de ruídos e vibrações, impacto visual.

Esse trabalho se refere a um dos mais danosos desses impactos, a emissão de material particulado (MP) para a atmosfera. A emissão de MP tem fontes variadas em uma pedreira, fontes referentes tanto às atividades de lavra e beneficiamento quanto à estocagem e expedição de produto. O bom conhecimento do processo produtivo, bem como das principais fontes de emissão de MP, permite ao empreendedor adotar medidas que atenuem essa emissão.

## 1.2. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar algumas das diversas soluções encontradas na literatura para redução das emissões de material particulado (MP) na atmosfera por pedreiras, e estudar a aplicação prática de alguns desses métodos através de trabalho de campo em duas grandes pedreiras brasileiras.

# 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1. Material Particulado como Poluente do Ar

Segundo Ortolano (1984), poluição do ar é a presença no ar de resíduos como poeira, fumos, fumaça e gases em níveis que causem prejuízos à vida e à propriedade.

Down e Stocks (1977) definem como os cinco principais poluentes atmosféricos os gases monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio e de enxofre ( $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$ ) e o material particulado (MP).

Em pedreiras, o poluente atmosférico de maior significância é o material particulado. O monóxido de carbono, a fuligem e os óxidos de enxofre também são gerados, da combustão incompleta dos motores a diesel de equipamentos. Porém em pedreiras a quantidade emitida desses poluentes por equipamentos é desprezível. Além disso, essa baixa quantidade produzida dispersa facilmente, pela grande área aberta e ação dos ventos, não atingindo concentração que constitua risco à saúde humana.

Almeida (1999) define material particulado em suspensão (MPS) como um termo genérico para uma grande classe de substâncias químicas existentes na atmosfera na forma de partículas sólidas ou líquidas, sob uma extensa gama de tamanhos.

Segundo a CETESB, o material particulado pode ser classificado como: Partículas Totais em Suspensão (PTS), cujo diâmetro aerodinâmico é inferior a 50  $\mu\text{m}$ ; partículas inaláveis (MP10), com diâmetro menor que 10  $\mu\text{m}$ ; e fumaça, associada ao material particulado em suspensão na atmosfera proveniente dos processos de combustão. As partículas inaláveis ainda são divididas em finas (MP2,5), com diâmetro inferior a 2,5  $\mu\text{m}$ ; e grossas, com diâmetro entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$ . As partículas finas, devido ao seu tamanho diminuto, podem atingir os alvéolos pulmonares, enquanto as grossas ficam retidas na parte superior do sistema respiratório.

O tamanho das partículas é o principal parâmetro para avaliação do comportamento do MPS. As partículas em suspensão estão sujeitas à gravidade, porém a resistência do meio (ar) equipara-se com essa força da gravidade com o aumento da velocidade de queda da partícula, e no momento em que isso ocorre, essa velocidade passa a ser constante, e é denominada velocidade terminal. Essa velocidade é dada pela lei de Stokes:

$$V_t = [g \cdot d^2 (\rho_s - \rho)] / (18\mu)$$

Onde  $g$  é a aceleração da gravidade,  $d$  é o diâmetro da partícula,  $\rho_s$  é a densidade da partícula,  $\rho$  é a densidade do meio e  $\mu$  é a viscosidade do meio.

Como a velocidade é proporcional ao quadrado do diâmetro da partícula, para partículas muito pequenas, dependendo da altura a que são lançadas, essa velocidade será tão baixa que pode mantê-las em suspensão por longos períodos. Por exemplo, uma partícula de 1  $\mu\text{m}$  tem velocidade terminal de cerca de 30  $\mu\text{m/s}$  (Down e Stocks, 1977), significando que em um dia essa partícula sedimentaria cerca de 2,5 metros.

A suspensão prolongada das partículas aumenta a chance delas serem inaladas por uma pessoa que esteja tanto próxima quanto distante da fonte de emissão, já que a ação dos ventos pode carregar esse material por quilômetros dependendo de sua velocidade terminal de queda.

Segundo Almeida (1999) dentre os efeitos à saúde humana, estão a irritação dos olhos e das vias respiratórias, redução da capacidade pulmonar, maior susceptibilidade a doenças virais e doenças cardiovasculares, agravamento de doenças crônicas do sistema respiratório tais como asma, bronquite, enfisema e pneumoconioses, câncer, entre outros.

Além dos danos causados à saúde humana, o material particulado em suspensão atrapalha a visibilidade e cobre equipamentos e construções, prejudicando operações diversas. Também pode sedimentar sobre zonas de vegetação, influenciando flora e fauna, e lesando o ecossistema.

## 2.2. Fontes de Emissão de Material Particulado em Pedreiras

Em pedreiras são diversas as fontes de emissão de material particulado. Down e Stocks (1977) dividiram essas fontes em pontuais e não-pontuais. Fontes pontuais são aquelas que apresentam certo padrão e regularidade na emissão, sendo facilmente identificadas e localizadas. Tais fontes incluem perfuratrizes, britadores, transportadores de correia e peneiras. Fontes não-pontuais são extensas, e apresentam um padrão de emissão mais imprevisível, de forma que um ponto específico contido nessa fonte não pode ser definido sempre como emissor de MP. Podem ser citadas como fontes não-pontuais as operações de desmonte por explosivos, as vias de acesso não pavimentadas e as pilhas de estocagem.

Britadores: No processo de britagem, além do material particulado proveniente da alimentação, mais finos são gerados por abrasão, de forma que a quantidade de material propenso a dispersão no ar aumenta a cada rebitagem.

Transportadores de correia: O material transportado em correias abertas fica sujeito à ação do vento, e pode haver assim o carregamento de partículas mais finas para a atmosfera, se for atingida uma velocidade relativa do vento suficiente para tal. Nos pontos de transferência, a queda a que é submetido o material, também faz com que material particulado fino fique suspenso no ar.

Peneiras: Em pedreiras o processo de peneiramento é usualmente feito a seco, de forma que a vibração do equipamento põe MP em suspensão. Da mesma forma, a alimentação da peneira pode gerar alguma quantidade de material em suspensão, dependendo da altura em que esse material é despejado.

Perfuratrizes: No processo de perfuração de rochas para carregamento com explosivo é gerado material particulado, em função do atrito do *bit* da perfuratriz com o fundo do furo. Esse material particulado é soprado para fora do furo pelo mesmo fluxo de ar bombeado para dentro com o objetivo de resfriar a haste do equipamento.



Figura 1 - Processo de perfuração da rocha, fonte pontual de geração e emissão de material particulado para a atmosfera. (fonte: Prominer Projetos Ltda)

Desmonte por explosivos: A operação de desmonte da frente de lavra em avanço consiste em uma fonte não-pontual de emissão de MP. No processo de fragmentação da rocha através de explosivos, muito material particulado é gerado e, devido à elevada energia envolvida na detonação, esse MP é lançado a alturas consideráveis prolongando o período de suspensão do mesmo.

Taludes, pátios e zonas descobertas: Em uma pedreira são diversas as áreas com solo exposto, havendo muitos taludes e pátios revestidos com material fino compactado. Essas áreas a céu aberto configuram fontes não-pontuais de emissão. Em taludes, o desprendimento do MP, como poluente atmosférico, se dá pela ação dos ventos quando estes atingem uma velocidade mínima para tal. Em pátios, o MP entra em suspensão pela movimentação de máquinas e atividades do dia-a-dia da operação, além da ação dos ventos.

Vias de acesso: As vias de acesso que compõem a área de lavra e produção de uma pedreira são cobertas de material fino compactado. Quando caminhões trafegam por essas vias, o rolamento de seus pneus sobre a pista desprende MP do chão e lança-o para cima, colocando-o em suspensão. O movimento intenso de caminhões tanto da lavra para o beneficiamento, quanto na expedição de produto, e a ação dos ventos que também desprende MP do piso, faz com que essa fonte de emissão seja bem significativa em pedreiras.

Pilhas de estocagem: Na formação das pilhas de estocagem dos diversos produtos de uma pedreira (britas 1 e 2, pedrisco, pó de pedra, etc), o material é despejado por transportadores de correia de alturas suficientes para formar as pilhas de acordo com o que foi dimensionado para cada produto. Essas alturas normalmente são elevadas por serem as pilhas de grande volume, e se a pilha estiver vazia, o material estará sujeito a uma altura de queda também elevada, aumentando seu tempo em suspensão.

### 2.3. Legislação

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão normativo e deliberativo que tem a responsabilidade de estabelecer diretrizes, padrões e métodos, regras e regulamentações relativas ao meio ambiente. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) é a entidade federal responsável pela execução da legislação. (Almeida, 1999)

A Resolução CONAMA nº 05/89 de 15/06/89 institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), com o intuito de promover a orientação e controle da poluição atmosférica no país. O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a Resolução CONAMA nº 03/90 de 28/06/90, que estabeleceu os novos padrões nacionais de qualidade do ar.

A Resolução CONAMA 03/90 estabeleceu que padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população; e padrões secundários são as concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. A Tabela I apresenta os padrões nacionais de qualidade do ar definidos pela Resolução CONAMA 03/90.

**TABELA I**  
Padrões Nacionais de Qualidade do Ar - Resolução CONAMA 03/90

POLUENTE	TEMPO DE	PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO
	AMOSTRAGEM	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS)	24 H <sup>(1)</sup>	240	150
	MGA <sup>(2)</sup>	80	60
PARTÍCULAS INALÁVEIS (PM <sub>10</sub> )	24 H <sup>(1)</sup>	150	150
	MAA <sup>(3)</sup>	50	50
FUMAÇA	24 H <sup>(1)</sup>	150	100
	MAA <sup>(3)</sup>	60	40
DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO <sub>2</sub> )	24 H <sup>(1)</sup>	365	100
	MAA <sup>(3)</sup>	80	40
DIÓXIDO DE NITROGÊNIO (NO <sub>2</sub> )	1 H <sup>(1)</sup>	320	190
	MAA <sup>(3)</sup>	100	100
MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	1 H <sup>(1)</sup>	40.000	40.000
	8 H <sup>(1)</sup>	10.000	10.000
OZÔNIO (O <sub>3</sub> )	1 H <sup>(1)</sup>	160	160

Fonte: Resolução CONAMA nº 03/90

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano;

(2) Média geométrica anual (MGA);

(3) Média aritmética anual (MAA).

A legislação estadual paulista, através da Lei nº 997/76 de 31/05/76 regulamentada pelo Decreto 8.468/76 de 08/09/76, também estabelece padrões de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar, mas abrange um número menor de parâmetros. Os parâmetros fumaça, partículas inaláveis e dióxido de nitrogênio não têm padrões e critérios estabelecidos na legislação estadual. Os parâmetros comuns às legislações federal e estadual têm os mesmos padrões e critérios, com exceção do ozônio.

## 2.4. Monitoramento

Qualquer pedreira ou empreendimento de extração mineral deve possuir um programa de monitoramento ambiental. Esse plano de monitoramento é exigido como parte integrante de relatórios como EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental), RCA/PCA (Relatório de Controle Ambiental/Plano de Controle Ambiental) e RAP (Relatório Ambiental Preliminar), que viabilizam o licenciamento ambiental junto aos órgãos ambientais responsáveis; e também em documentos apresentados para regularização junto ao DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), como Relatório Final de Pesquisa e PAE (Plano de Aproveitamento Econômico).

O plano de monitoramento é concebido com base nos impactos ambientais previstos para o empreendimento já na sua fase de pré-operação. Esse monitoramento é imprescindível para a gestão ambiental adequada do empreendimento. O monitoramento ambiental deve “ser capaz de distinguir as mudanças induzidas pelo empreendimento daquelas ocasionadas por outras ações ou por causas naturais.” (Sánchez, 2006).

Parâmetros típicos monitorados em pedreiras incluem emissão de material particulado, qualidade da água (pH, presença de óleos e graxas, presença de material particulado, coliformes), níveis de ruídos e vibrações.



Segundo Sánchez (2006), a principal função do monitoramento é controlar o desempenho ambiental do empreendimento, e caso seja detectado algum problema, o empreendedor deve ser capaz de adotar medidas corretivas dentro de prazos razoáveis.

Hi-Vol: Para o monitoramento ambiental da emissão de material particulado são utilizados amostradores de grande volume, para quantificação da concentração de PTS no ar (método de medição de referência estabelecido pela Resolução CONAMA 03/90).

Esses equipamentos são denominados Hi-Vol, nome que provém de *High Volume Sampler* (amostrador de grande volume), devido à elevada vazão de ar que passa pelo amostrador durante o período de amostragem. (Desidério, 1997)

O Hi-Vol é composto por uma casinhola de abrigo de alumínio que reveste uma série de dispositivos elétricos e mecânicos, que regulam e executam a operação de amostragem de forma automática.



Figura 2 - Hi-Vol (fonte: Prominer Projetos Ltda)

Um motor-aspirador succiona o ar, que passa por um filtro de fibra de vidro. O filtro deve ser pesado antes da operação em balança analítica com precisão de 0,1 mg, a uma umidade máxima de 40% (Norma NBR 9547/97). A vazão de ar que passa pelo amostrador é anotada por um registrador de vazão, e essa vazão é mantida dentro de um limite específico por um variador de tensão (VARI-VOL). Um *timer* digital com memória programável e um horômetro são responsáveis por fazer a amostragem no período pré-determinado.

Após o período de amostragem, o filtro é recolhido, assim como a carta gráfica que registrou a vazão total. O filtro deve ser submetido às mesmas condições a que foi exposto para sua pesagem prévia, e é mantido então em ambiente controlado no que diz respeito à umidade, já que o material particulado presente nele é muito higroscópico, ou seja, tende a absorver água. Após um período de confinamento, o filtro deve ser novamente pesado. A diferença de pesos do papel de filtro, antes e depois da amostragem, fornece a quantidade de material particulado acumulado no período.

O parâmetro de interesse é a concentração ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de material particulado em suspensão no ar, e será determinada através do quociente entre a massa de material coletado e o volume de ar que passou pelo moto-aspirador.

## 2.5. Medidas Mitigadoras da Emissão de Material Particulado

Segundo Sánchez (2006), medidas mitigadoras são ações propostas com a finalidade de reduzir a magnitude ou a importância dos impactos ambientais adversos. Incluem normalmente uma ampla gama de alternativas para atenuação de determinado impacto, e deve ser implantada a que melhor couber. Modificações de projeto para evitar ou reduzir impactos adversos também são medidas mitigadoras.

Em pedreiras, as possíveis medidas empregadas para mitigação da emissão de MP compõem um leque de alternativas, desde algumas tradicionais que são empregadas na maioria das pedreiras, como umectação de vias por caminhão-pipa, aspersão de água em pontos estratégicos das rotas de beneficiamento e expedição, uso de cerca viva; até algumas soluções mais sofisticadas como uso de sistemas de exaustores com filtros de manga e umectação de vias por tubulações.

Uso de cerca viva: Uma solução muito utilizada por pedreiras é a implantação de cercas vivas nos limites do empreendimento, que nada mais são do que barreiras vegetais de espécies arbóreas ou arbustivas. A cerca viva funciona como um obstáculo, que impede que o material particulado em suspensão no ar seja carregado pelos ventos para além dos limites da pedreira. A cerca viva tem como função adicional ainda, a atenuação do impacto visual causado pela pedreira para quem a vê por fora. Espécies tipicamente empregadas para formação de cercas vivas em pedreiras são sansão do campo, eucalipto, pinheiro, hibisco e bambus.

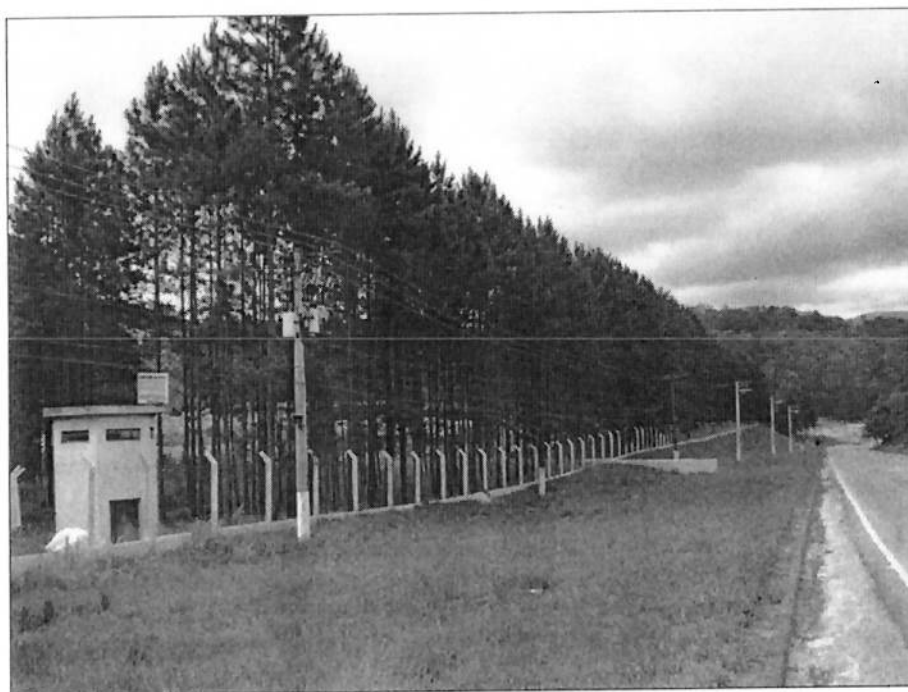


Figura 3 - Cerca viva de eucaliptos nos limites de uma pedreira na região metropolitana de São Paulo. (fonte: Prominer Projetos Ltda)

Perfuratrizes com coletor de pó: O uso de perfuratrizes com coletor de pó é bastante difundido em pedreiras modernas e resolve o problema de emissão pontual na perfuração de rochas.

Aspersão de água no beneficiamento: Esse é um método que resolve bem o problema de emissão nas instalações de britagem. Um sistema completo de aspersão de água cobriria as alimentações dos britadores, os pontos de transferência dos transportadores de correia e os leitos das peneiras.

O fundamento da aspersão de água sobre o material é que seja criada pelos bicos aspersores uma névoa de água que abata as partículas muito finas que estejam em suspensão. Porém, nem sempre um sistema de aspersão cria essa névoa, mas sim pequenos jatos de água. Esses jatos seguem trajetórias específicas que não cobrem toda a área que deveriam, não impedindo a suspensão de MP da maneira desejada.

Molhar o material é bom, pois aumenta sua coesão e as partículas têm maior dificuldade para se desprender umas das outras.

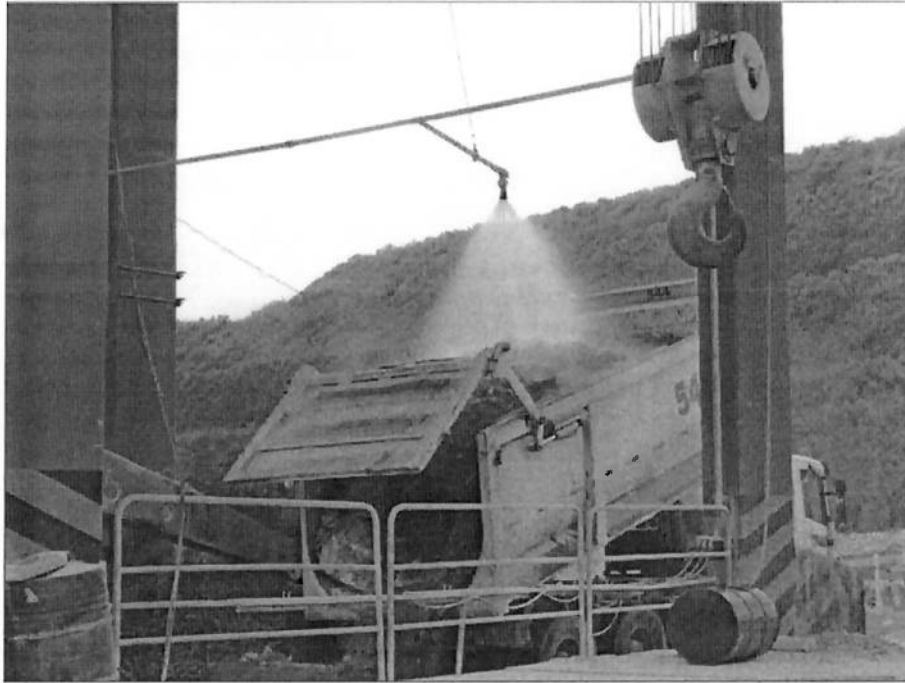


Figura 4 - Uma opção é a umectação do material a ser britado no momento em que vai ser descarregado no britador primário, ainda no caminhão. (fonte: Prominer Projetos Ltda)

Filtros de manga: Consiste de um sistema de exaustão por tubulações que succiona o MP de pontos da rota de beneficiamento com elevada emissão ou de locais enclausurados, como transportadores de correia, peneiras e britadores. O material succionado é então direcionado para os filtros. O material particulado fica retido e o ar limpo é lançado na atmosfera. Esse material pode ser vendido como produto ou pode ser depositado em área de disposição de estéril.

A maior dificuldade de aplicação desses filtros é que estes são equipamentos de grande porte, e o encaixe deles, assim como de toda a estrutura de tubulações, deve ser parte do projeto. Para uma pedreira já em operação, a instalação de um sistema desses é muito complicada devido a limitações de espaço, e principalmente devido ao custo de implantação.

Umectação de vias e pátios: A maneira mais eficiente de evitar a suspensão de MP pela circulação de automóveis nas vias de acesso não pavimentadas e pátios é através da umectação das mesmas. As partículas molhadas ficam mais pesadas e coesas, e dificilmente são desprendidas do solo e lançadas na atmosfera. A umectação de vias e pátios merece atenção especial em dias quentes e secos, devendo ser realizada com maior frequência. A maneira mais usual de manter as pistas umectadas é através da circulação de caminhão pipa, aspergindo água sobre as vias.

Projetar vias, pátios e locais de solo exposto de forma que suas áreas sejam as menores possíveis, também pode ser considerada uma medida mitigadora.



Figura 5 - Caminhão pipa umectando via não pavimentada. (fonte: Prominer Projetos Ltda)

### **3. METODOLOGIA**

A primeira etapa do trabalho consistiu do levantamento bibliográfico referente ao tema. Posteriormente partiu-se para a observação em campo de alguns dos métodos até então apresentados, para estudo de sua eficiência e verificação do que sobre eles foi descrito na literatura.

Para isso foram visitadas duas pedreiras de grande porte nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Em cada uma delas procurou-se observar todo o sistema empregado para controle de emissão de material particulado, e avaliar sua eficiência, através de observação visual, documentação fotográfica, resultados de testes de monitoramento e entrevistas com funcionários das pedreiras.

### **4. ESTUDOS DE CASO**

#### **4.1. Pedreira 1**

A Pedreira 1 localiza-se na região metropolitana do Rio de Janeiro. A visita foi realizada em duas partes, nos dias 30 de setembro e 01 de outubro de 2009. A unidade está operando há apenas 5 anos e produz cerca de 160.000 toneladas de produto por mês.

Os idealizadores da pedreira demonstraram um interesse especial na contenção do MP que poderia ser emitido da área de britagem. Em seu projeto já era contemplado todo um eficiente sistema de coberturas de transportadores de correia e peneiras, exaustores e filtros de manga, montados em meio a toda a estrutura das instalações de britagem. Esse sistema confere ao beneficiamento da unidade um aspecto praticamente livre de material particulado em suspensão.



Figura 6 - Vista superior do beneficiamento da pedreira.

São ao todo três conjuntos de filtros, cada um deles recebendo material succionado de pontos estratégicos da instalação. Cada filtro está ligado à alimentação e saída dos britadores, pontos de descarga de material sobre os transportadores de correia, alimentação e saída das peneiras vibratórias, e outros pontos em que o material é manipulado de maneira propensa à geração de MP em suspensão. A maior parte dos transportadores de correia é coberta, assim como algumas peneiras.

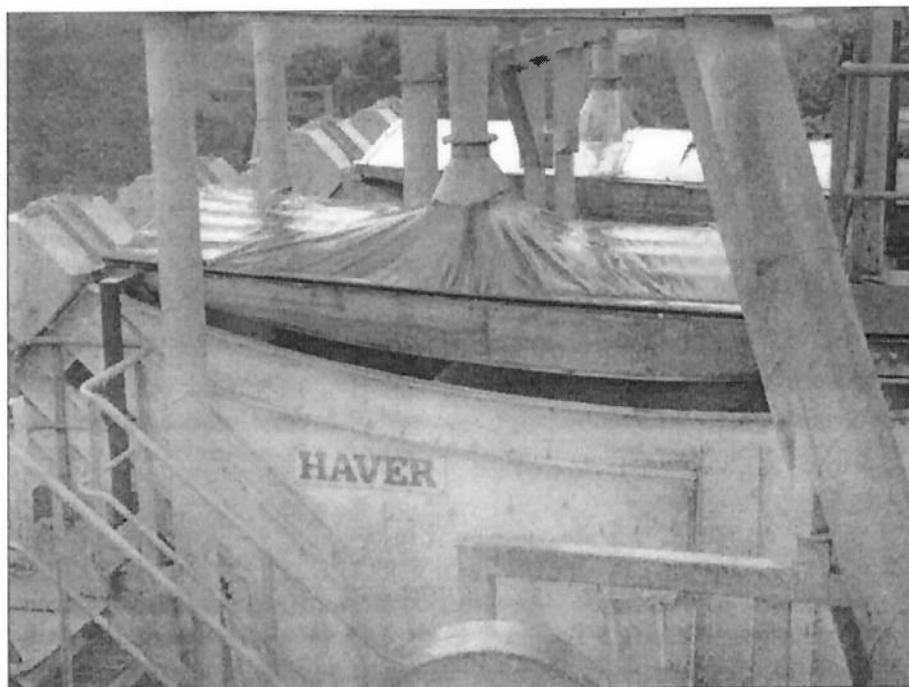


Figura 7 - Peneiras cobertas, com tubulação ligada ao sistema de exaustão de finos.

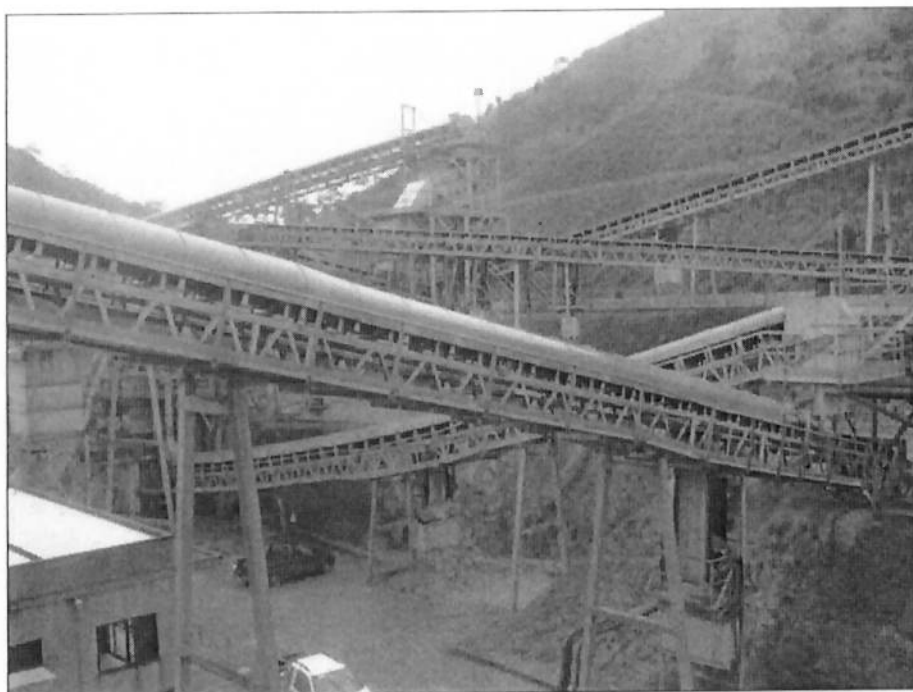


Figura 8 - Transportadores de correia cobertos.

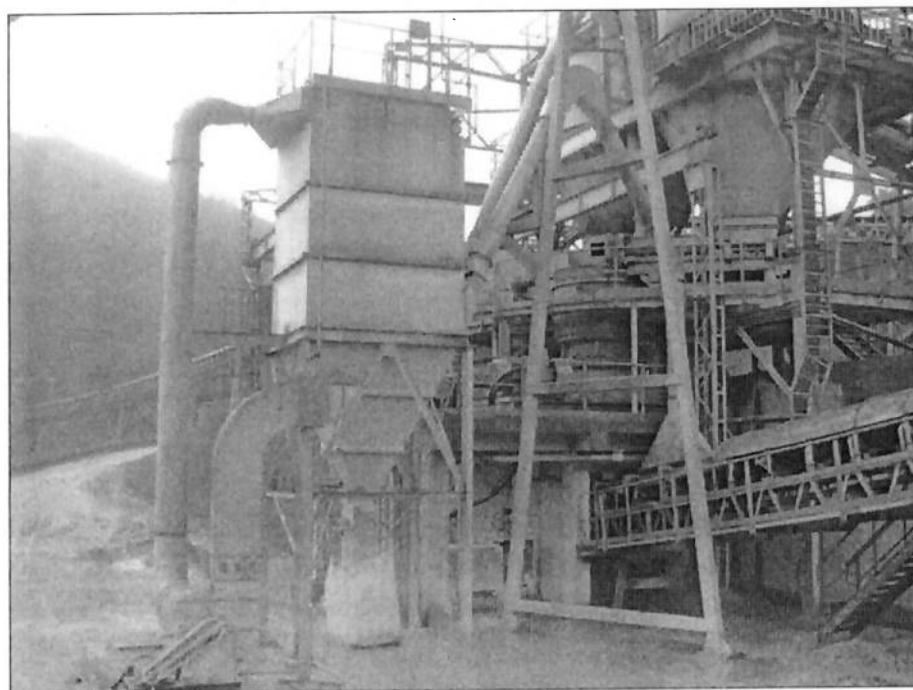


Figura 9 - Filtro responsável pelos finos dos britadores secundário e terciário. É possível observar um *big bag* na saída inferior do filtro para recolhimento dos finos.

Os três filtros da unidade coletam conjuntamente em média 5 m<sup>3</sup>/dia de finos, armazenados na saída dos filtros em *big bags*. O material recolhido nos filtros é armazenado em bota-fora.

Quanto ao controle da emissão de MP nas vias de acesso não pavimentadas e pátios, além do uso de caminhão pipa, foi instalado um sistema de aspersão de água desenvolvido pela própria pedreira, porém os resultados obtidos não foram satisfatórios. O sistema consiste de uma tubulação que corre adjacente à pista, e possui saídas verticais com furos nos topos por onde a água é jorrada. O problema do sistema é que a quantidade de água lançada nas vias não era uniformemente distribuída e acabava ocorrendo a formação de poças, que prejudicavam o trânsito. Além disso, entupimentos ocorriam frequentemente. A pedreira usa então atualmente apenas caminhão pipa, porém alternativas estão sendo estudadas e novos testes serão realizados na busca de um sistema de tubulações adequado para umectação das vias.

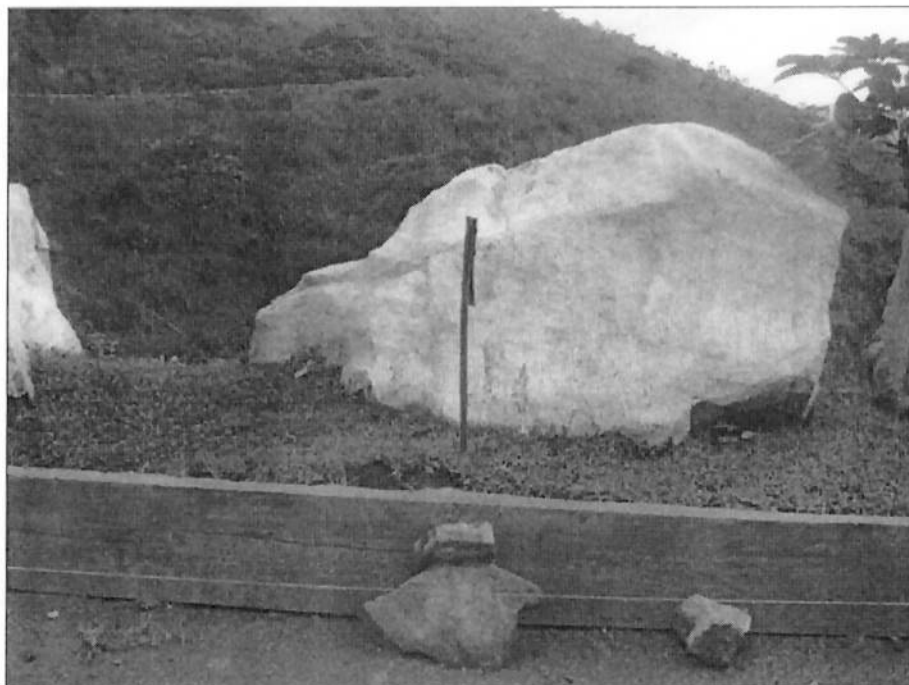


Figura 10 - Projeção vertical do sistema de umectação das vias por tubulações.

A perfuração da rocha é feita com coletor de pó, e a emissão de MP nessa operação é praticamente nula. A pedreira se vale ainda de cercas vivas de sansão do campo para atenuação da emissão de MP e do impacto visual, porém os arbustos ainda são pequenos devido ao plantio relativamente recente.

#### 4.2. Pedreira 2

A pedreira 2 localiza-se no Vale do Paraíba no estado de São Paulo. A visita foi realizada em 04 de novembro de 2009. A unidade produz cerca de 54 mil toneladas por mês de produtos.

Para controle da emissão de MP em vias e pátios não pavimentados, a pedreira se vale de caminhão pipa para umectação, além de um sistema de aspersão de água. Esse sistema cobre dois trechos longos do percurso entre a mina e o beneficiamento. Consiste de uma rede de tubulações que correm adjacentes às vias e possuem projeções verticais a intervalos regulares, que nada mais são do que irrigadores giratórios que lançam jorros de água em toda sua volta.

O sistema pode operar automática ou manualmente. Quando em modo automático, o sistema funciona até secar a caixa d'água que o alimenta. Mais água é então bombeada até a caixa e, quando ela está cheia, o sistema é acionado novamente até seu esvaziamento. Cada período de funcionamento tem cerca de 15 a 20 minutos.





Figura 11 - Aspersor giratório umectando via não pavimentada.

Em suas instalações de britagem, a pedreira conta com um sistema de aspersores posicionados estrategicamente. O sistema cobre diversos pontos da rota de beneficiamento, e na maior parte deles a quantidade de água jorrada é suficiente para garantir a não emissão de MP para a atmosfera.

Os aspersores podem ser acionados individualmente da sala de controle da britagem, de acordo com a necessidade. Em um dia quente e seco, como na ocasião da visita, o ideal é que todos estejam atuando para minimizar ao máximo a emissão de MP para a atmosfera, porém alguns bicos apresentavam defeito.

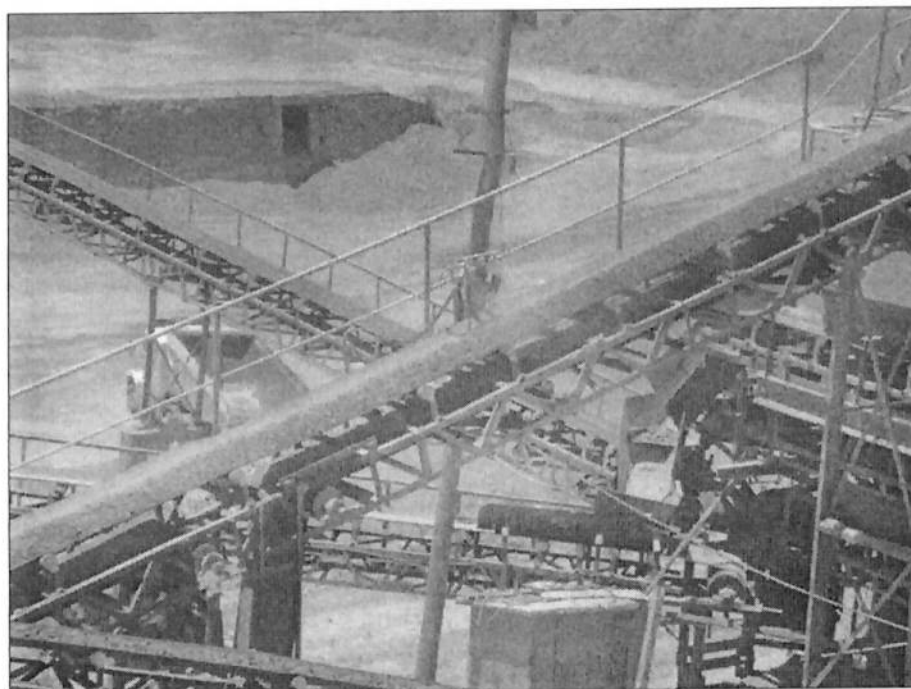


Figura 12 - Ao centro observam-se bicos aspersores lançando água sobre o material transportado pela correia.



A pedreira conta ainda com cercas vivas implantadas em diversos pontos, o que atenua a emissão de MP para além dos limites do empreendimento.



Figura 13 - Cerca viva margeando via não pavimentada no trecho entra a mina e a britagem.

## 5. CONCLUSÃO

Todos os métodos apresentados possuem elevada eficiência no controle da emissão de MP, desde que implantados e operados de maneira adequada. Logo, o comprometimento de cada pedreira com o controle da emissão de MP para a atmosfera é o fator determinante. Se uma pedreira faz apenas o mínimo para se adequar à legislação e obter as licenças necessárias para sua operação, ela provavelmente contará com um sistema falho, que certamente causará danos ao meio ambiente.

No caso das duas pedreiras visitadas para os estudos de caso apresentados no capítulo 4 deste trabalho, pode-se afirmar que ambas mostram um esforço no sentido de controlar esse impacto, mesclando métodos consagrados com outros mais recentes e inovadores.

Notadamente a maior fonte de emissão de MP para a atmosfera em pedreiras é a movimentação de caminhões e máquinas em vias e pátios com solo exposto. E a umectação adequada dessas áreas resolve o problema, porém raramente uma pedreira exerce tal umectação de maneira realmente eficiente. A solução mais comum é o uso de caminhões pipa. O problema prático é que dificilmente um caminhão pipa é capaz de cobrir toda a área de vias não pavimentadas de uma pedreira. Quando ele completa o circuito, as áreas que primeiro foram umectadas já estão secas há algum tempo, dependendo do clima. O ideal seria um estudo, em cada pedreira, de quantos caminhões seriam necessários para manter as vias frequentemente umectadas. Porém, é muito difícil observar uma pedreira que empregue mais de um caminhão pipa, por motivos econômicos (mais equipamentos, mais mão-de-obra).

A opção por sistema de aspersão nas vias não pavimentadas é uma alternativa interessante, porém deve ser avaliada caso a caso. Um sistema de improvisado como o da Pedreira 1 pode ser econômico, porém ineficaz e de vida útil muito limitada, devido a problemas de vazamentos e entupimentos. Um sistema mais bem elaborado como o da Pedreira 2 é bem mais interessante, porém também deve haver um estudo que adapte a operação do sistema às condições específicas da pedreira. No caso da Pedreira 2, o acionamento automático opera continuamente até esgotamento da reserva de água. Isso faz com que as pistas fiquem mais molhadas do que deveriam por um longo período, para depois ficarem secas por um

período também prolongado (enquanto a caixa d'água é reabastecida). O ideal seria que os intervalos entre ligamento e desligamento do sistema fossem curtos, de forma que não seria gasta mais água que o necessário, e a pista ficaria constantemente molhada. Além disso, um balanço adequado entre a água gasta no processo e a água bombeada para a caixa que alimenta o sistema, garantiria uma operação mais frequente.

Em relação às instalações de beneficiamento, sistemas de aspersão de água bem dimensionados são soluções muito interessantes. Porém apesar de ser um método amplamente utilizado, dificilmente observa-se o resultado esperado quando de sua aplicação. Isso porque a manutenção não é feita da maneira ideal na maioria dos casos, havendo sempre bicos ociosos por problemas técnicos ou por falta de comprometimento dos operadores.

O controle de MP pelo sistema de filtros de manga somado aos bicos aspersores da Pedreira 1 se mostrou bem apropriado. Aliado a uma estrutura de coberturas sobre peneiras e transportadores de correia, esse método pode ser muito eficaz. No caso da Pedreira 1, alguns pontos da rota de beneficiamento que, pelo projeto, deveriam estar cobertos, não estavam. Além disso, um filtro de manga a mais estava previsto. O não cumprimento dessas etapas do projeto foi devido à falta de verba no momento da implantação.

Coletores de pó acoplados a perfuratrizes deveriam ser obrigatórios. São equipamentos simples e de fácil instalação, que anulam a emissão de MP da perfuração de rochas de maneira muito eficiente. A maioria das pedreiras modernas já emprega coletores.

O uso de cercas vias para impedir o carreamento pelo vento de MP para áreas distantes de suas fontes de emissão também é válido. Os demais métodos apresentados anulam ou limitam a emissão de MP diretamente nas fontes de emissão. As barreiras vegetais visam minimizar a propagação do material que não foi contido pelos demais métodos. Cabe um estudo do padrão de emissão esperado em cada caso, para escolha da espécie a ser implantada e para melhor posicionar as barreiras.

O que realmente falta à maioria das pedreiras brasileiras é a percepção de que controlar a emissão de MP para a atmosfera deve ser uma prioridade. Os malefícios provenientes da geração e emissão de MP de forma descontrolada são conhecidos, e se não bastam para fazer com que as pedreiras tomem atitudes enérgicas nesse sentido, talvez os órgãos reguladores devessem ser mais rígidos tanto nas exigências quanto na frequência de inspeções.

A partir do momento em que o controle de MP se tornar uma prioridade, o custo deixará de ser o principal empecilho para adoção de medidas mitigadoras realmente eficazes. Afinal, o problema não é necessariamente a falta de capital, mas a aplicação deste em inúmeras outras áreas prioritárias da pedreira em detrimento do controle da emissão de MP.

Apesar de parte das pedreiras brasileiras falhar em alguns aspectos referentes ao controle da emissão de material particulado para a atmosfera, as medidas adotadas permitem que a emissão de MP seja reduzida a ponto de possibilitar a operação de pedreiras em áreas urbanas povoadas.

## 6. REFERÊNCIAS <sup>1</sup>

Almeida, I. T. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.

CETESB. Obtido em <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp)>, acessado em 19/11/2009.

Decreto Nº 8.468, de 08 de setembro de 1976

Desidério, A. Utilização do Hi-Vol na determinação da concentração de material particulado em suspensão no ar - Estudo de caso - Pedreira Mongaguá. Trabalho de formatura. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1997.

---

<sup>1</sup> De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023

Down, C.G. & Stocks, J. Environmental Impact of Mining. Applied Science Publishers Ltd, Barking, Essex, Inglaterra, 1977.

NBR 9547. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1997

Ortolano, L. Environmental Planning and Decision Making. John Wiley & Sons, Inc., Estados Unidos, 1984.

Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990.

Sánchez, L.E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. Oficina de Textos, São Paulo, 2006.