

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo

ISSN 0104-0553

BT/PMI/167

**Aplicações do Mapa de
ISO-Velocidades**

Wilson Siguemasa Iramina
Sérgio Médici de Eston



São Paulo - 2002

1276351

O presente trabalho é uma versão abreviada da tese de doutorado apresentada por Wilson Siguemassa Iramina, sob a orientação do Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston, "O Mapa de ISO - Velocidades como Ferramenta de Controle Ambiental" com defesa realizada em 18/07/02, na EPUSP.

A íntegra da tese encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Depto. de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Iramina, Wilson Siguemasa

Aplicações do mapa de iso-velocidades / W.S. Iramina, S.M. de Eston. – São Paulo : EPUSP, 2002.

13 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, BT/PMI/167)

1. Mapa de iso-velocidades 2. Desmonte de rochas 3. Controle ambiental em mineração I. Eston, Sérgio Médici de II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas III. Título IV. Série

ISSN 0104-0553

CDU 624.121.54

622.235

622.87



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E DE PETRÓLEO

BOLETIM TÉCNICO

APLICAÇÕES DO MAPA DE ISO-VELOCIDADES

WILSON SIGUEMASA IRAMINA
SÉRGIO MÉDICI DE ESTON

São Paulo
2002

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 01 |
| 2. METODOLOGIA | 01 |
| 3. TEORIA | 02 |
| 3.1. Equações carga-distância | 02 |
| 3.2. O mapa de iso-velocidades da Geosonics | 04 |
| 4. PARTE EXPERIMENTAL | 06 |
| 4.1. Local escolhido | 06 |
| 4.2. Procedimentos aplicados | 06 |
| 5. RESULTADOS OBTIDOS | 07 |
| 5.1. Distribuição dos pontos de monitoramento | 07 |
| 5.2. Obtenção numérica das equações carga-distância | 08 |
| 5.3. Mapa de iso-velocidades | 09 |
| 5.4. Plotagem tridimensional das linhas de iso-velocidades | 10 |
| 6. CONCLUSÕES | 12 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 13 |

RESUMO

As restrições ao desmonte por explosivos, com seus efeitos ambientalmente negativos, têm dificultado bastante a presença de minerações nos centros urbanos. Embora seja de reconhecida importância em função do seu impacto socio-econômico para a sociedade, por suprir produtos e garantir a sobrevivência de muitos, existe uma ambigüidade quanto à mineração, por se tratar de uma atividade com potencial de degradar o meio ambiente. Entre os diversos efeitos negativos está a propagação da vibração do terreno, que afeta tanto os seres vivos como as suas propriedades. A sociedade tem exigido soluções para este problema e por isso impõe restrições ambientais cada vez mais rígidas para tolerar a mineração. As minerações, em contrapartida, procuram utilizar novas tecnologias para minimizar os efeitos da vibração. O uso do Mapa de iso-velocidades como ferramenta de controle ambiental e de planejamento pode possibilitar uma convivência menos tensa entre a sociedade e a mineração, incluindo os fabricantes e usuários de explosivos e os profissionais que atuam neste segmento. O monitoramento com sismógrafos alinhados efetuado na Pedreira Riama, no município de São Paulo, propõe um método gráfico envolvendo os conceitos de curvas de iso-velocidade e equações carga-distância como uma ferramenta para lidar com dano e desconforto.

ABSTRACT

Blasting restrictions, with their negative environmental effects, have imposed many difficulties to the presence of quarries in urban areas. Although mining has been recognized by its social and economical impact to society, as product supplier and for offering jobs, there is an ambiguity about it because of its potential to affect the environment. Ground vibration is one of this effects and affects human beings as well as their properties. Society has demanded solutions for this problem. On the other hand, mining companies are looking for new technologies to minimize vibration effects. The iso-seismic map as an environmental control and planning tool allows that society and mining can live with less conflicts, including explosive manufacturers and blasters. The survey carried out in the Riuma Quarry, in Sao Paulo city, generated a graphic method using iso-seismic velocities and scaled-distance to manage damage and discomfort.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros urbanos em volta das minerações fez com que novos problemas surgissem, como por exemplo, o controle ambiental da propagação indesejada de vibrações do terreno, da sobrepressão atmosférica, de ultra-lançamentos, da contaminação de águas superficiais e subterrâneas e também a dispersão de material particulado, criando assim novos obstáculos para a mineração, particularmente o desmonte de rochas. A percepção humana e a sua resposta às vibrações do terreno decorrentes das detonações têm sido um problema constante para a indústria mineral, para as pessoas que vivem no entorno de uma mineração e também para os órgãos regulamentadores responsáveis pelos padrões de conforto e segurança. Embora na maioria das vezes, nos centros urbanos, os desmontes de rocha por explosivos resultem em níveis de velocidade de vibração de partícula abaixo dos limites preconizados pelos órgãos regulamentadores, as empresas responsáveis, por uma série de razões, ainda terão que lidar com os conflitos decorrentes de reclamações geradas pelas vibrações. Os avanços técnicos dentro da indústria de explosivos e de acessórios têm sido direcionados também para as habilidades dos técnicos em compreender e controlar melhor as vibrações para se evitar possíveis conflitos.

Este trabalho teve como objetivo a análise de uma ferramenta, chamada de Mapa de Iso-velocidades, para o controle ambiental do desmonte de rocha dentro de uma mineração em área urbana. Esta ferramenta se baseia nos registros de dados obtidos pelo LACASEMIN - Laboratório de Controle Ambiental, Higiene e Segurança na Mineração do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da EPUSP, que permitiram o estabelecimento de um padrão de comportamento de uma detonação através de um arranjo de sismógrafos de engenharia e que possibilita um planejamento mais eficiente do desmonte de rocha de modo a melhorar o seu desempenho ambiental.

2. METODOLOGIA

A parte experimental para a obtenção dos dados deste trabalho foi baseada na adaptação do mapa de iso-velocidades, originalmente desenvolvida pela Geosonics Inc com a utilização de equações de carga-distância de modo a se estabelecer um padrão de comportamento da vibração para diversas direções.

Ao se obter valores de velocidades de vibração de partículas resultantes em um desmonte, pode-se correlacioná-las com as distâncias (entre o centro do plano de fogo e o local de captação) e com as cargas de explosivos detonados por espera. De acordo com as características físicas, topográficas, geológicas e litológicas da pedreira estudada podem-se estabelecer leis de propagação específicas para cada tipo de rocha presente, e ainda, estabelecê-los para cada direção relevante do espaço. Uma quantidade razoável de pontos monitorados permite a obtenção de pontos num gráfico que por ajuste de curva originam uma equação relacionando carga máxima por espera, distância ao ponto de detonação e velocidade de vibração de partícula.

Esta hipótese de trabalho se baseia no fato de que embora a amplitude da vibração do terreno em um local em particular varie de detonação para detonação, a taxa na qual ela varia é constante. Isto

significa que se a geologia em uma localidade em particular tende a atenuar ou amplificar a vibração, ela o fará de modo consistente, não importando se a vibração for maior ou menor.

Portanto, se um monitoramento for realizado com alguns pontos alinhados, ao invés de espalhá-los ao redor do local de detonação, estes seriam suficientes para gerar de forma razoável uma equação do tipo carga-distância para uma dada direção. Neste caso, a utilização de sismógrafos de engenharia disponíveis no LACASEMIN permitiriam oito pontos em cada direção, que seriam suficientes para uma boa correlação (JIMENO et al, 1995).

Assim, para cada direção há uma equação correspondente ao comportamento da vibração gerada, e tendo-se uma série de direções, pode-se inclusive gerar um mapa de iso-velocidades com razoável confiabilidade. Deste modo, realizou-se a medição de oito detonações em uma mesma pedreira, sendo que para cada uma delas foram instalados até oito sismógrafos de engenharia alinhados que permitiram o levantamento de oito equações carga-distância para as diferentes direções.

3. TEORIA

3.1. EQUAÇÕES CARGA-DISTÂNCIA

Velocidades de vibração de partículas podem ser correlacionadas com diversos parâmetros, sendo que os dois mais importantes são a distância geométrica e a carga máxima por espera. A velocidade de vibração de partícula é a medida da velocidade de partícula do terreno durante a passagem da onda de vibração, e não a velocidade da onda em si e esta mostra-se a mais apropriada para análise de danos a edificações e incômodos à população.

Existe uma relação matemática correlacionando estes dois parâmetros à velocidade de partícula, que na sua forma mais geral, pode ser apresentada da seguinte forma:

$$V = aQ^b D^c \quad (1)$$

Onde V é a amplitude máxima da velocidade de partícula, Q é a massa do explosivo detonado por espera e D é a distância entre o ponto de detonação e o ponto de monitoramento. Os coeficientes a , b e c são constantes dependentes do local, do tipo de esquema de fogo e da forma das ondas propagadas. DINIS da GAMA (2002) as seguintes simplificações desta equação que variam com o expoente para a distância :

$$V = a \left(\frac{Q}{D^3} \right)^b \quad (2) \quad \text{ou} \quad V = a \left(\frac{Q}{D^2} \right)^b \quad (3)$$

A mudança do expoente de D (de 3 para 2) ocorre em função da característica de atenuação da onda, ao passar de uma forma instável para uma forma elástica estável, relacionada a distâncias maiores com relação à origem da detonação. A lei empírica de propagação é essencialmente

baseada em detonações de cargas cilíndricas, e a consideração de uma simetria cilíndrica na propagação da amplitude implica uma lei quadrática de atenuação.

Os dados publicados pelo USBM (Duvall, Fogelson e outros), na Inglaterra (Attewell e Farmer), na Suécia (Lanfegors, Person, etc) e no Canadá (Bauer), revelam que a lei quadrática (expressão 3) é seguida na grande maioria dos casos, sendo freqüente representar graficamente os pontos correspondentes aos registros de sismógrafos, sobre diagramas que relacionam a velocidade de vibração de partícula com a distância escalonada (JIMENO et. al., 1995).

Outro parâmetro importante é a distância escalonada que é utilizada para comparar vibrações devidas às diferentes massas de explosivos detonadas em distâncias variadas, sendo dada pela seguinte relação:

$$DE = \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right) \quad (4)$$

onde Q [kg] é massa do explosivo detonado por espera
 D [m] é a distância entre o ponto de detonação e o ponto de monitoramento

Deste modo, a velocidade de partícula máxima V_p é relacionada com a distância escalonada pela seguinte expressão:

$$V_p = k \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-b} \quad (6)$$

onde V_p = velocidade de partícula de pico
 D = distância da detonação ao ponto de medição
 Q = carga máxima por espera (peso)
 k = fator do local
 b = fator do local

Estes diagramas podem ser obtidos para cada um dos componentes do vetor velocidade (vertical, longitudinal e transversal), sendo representados em função da distância escalonada e para as cargas explosivas aplicadas. Isto se dá através ou da carga total de explosivos detonado (dado em kg), ou então da carga máxima por espera (kg). Isto depende das distâncias entre o local da detonação e as estruturas a se proteger. Com efeito, à medida que a distância aumenta, uma atenuação seletiva de freqüências (simultânea à dispersão de velocidades) passa a atuar originando uma sobreposição dos trens de ondas provenientes dos vários retardos, a qual não permite a distinção entre ondas individuais (DINIS DA GAMA, 2002). Segundo ele, geralmente para distâncias superiores a 1000 m é formulada a lei de propagação das ondas resultantes da carga total de explosivos, enquanto que para distâncias inferiores a 1000 m, utiliza-se a equação das ondas provenientes das cargas máximas por espera.

Em qualquer um dos casos, a amplitude da velocidade de partícula é expressa em função da massa do explosivo considerado e da distância, servindo essa relação para o cálculo da amplitude em outras condições de trabalho, mantendo-se constante o tipo de formação geológica.

Conhecida a amplitude da velocidade de partícula, pode-se prever as circunstâncias de perigo para a estabilidade das estruturas vizinhas, utilizando-se as relações empíricas entre intensidade de vibrações e os danos físicos a elas atribuídas. Usando-se assim estas relações no sentido inverso, pode-se obter as cargas máximas por espera ou total a serem detonadas de modo que as vibrações excessivamente altas não atinjam as construções vizinhas.

A correlação entre amplitudes de vibração e danos causados em edifícios e instalações vizinhas é normalmente feita através de dados experimentais de inúmeros casos estudados.

Após a análise dos fatores que provocaram os danos, atribui-se a eles um dado grau de severidade ou importância (desprezível, precaução, perigo e colapso) e quantifica-se estas vibrações por meio de um parâmetro apropriado (aceleração, deslocamento, etc.). A partir daí são então estabelecidos os critérios de dano estrutural.

Portanto, para a correlação matemática entre as variáveis de maior importância, deve-se procurar equações do tipo:

$$V = aQ^b D^c$$

Que, em rigor, são válidas para cada tipo rochoso e para cada direção do espaço onde se situa a rocha a ser desmontada.

3.2. O MAPA DE ISO-VELOCIDADES DA GEOSONICS

Uma determinação precisa do campo de vibrações ou o padrão ao redor de um local em particular possibilita uma melhor identificação das condições geológicas de subsuperfície, tais como presença de falhas e variações na cobertura de solo que contribuem para a existência de níveis anômalos de vibração e também para a avaliação dos parâmetros do plano de fogo adotado como tempo de retardo, afastamento e seqüência de iniciação que contribuem para a dispersão da energia sísmica.

Através da utilização de um grande número de sensores que abrangem uma grande área ao redor de um local de detonação, os efeitos de um plano de fogo em particular ou mesmo a mudança em um de seus parâmetros poderiam ser imediatamente avaliados por meio de um padrão de vibração. O padrão de vibração é estabelecido a partir de medições de amplitudes de vibração completas ao redor da detonação. Pode-se observar um aumento bem definido da amplitude de vibração à medida que se caminha em direção ao ponto de detonação.

A Geosonics Inc. desenvolveu o Sistema de Iso-velocidades (conhecido também como iso-seismic) que permite uma fácil distribuição e instalação de mais de uma centena de sensores triaxiais ao redor de um local de detonação. Isto permite que se faça medições de modo a cobrir de forma eficiente empreendimentos como minas, pedreiras ou obras de desmonte de rocha onde se pode rastrear o efeito de uma carga explosiva à medida que a onda de vibração se afasta do ponto de detonação indo assim de algumas dezenas de metros até locais que se situam no limiar da

percepção da vibração (centenas ou mesmo milhares de metros dependendo da magnitude da detonação).

Mapas obtidos de diversas detonações dentro de uma mina ou pedreira mostram que enquanto a amplitude da vibração do terreno em um local em particular irá variar de detonação para detonação, a taxa na qual a amplitude da vibração do terreno varia é constante. Isto significa que se a geologia em uma localidade em particular tende a atenuar a vibração rapidamente, ela o fará de modo consistente, não importando se a vibração for maior ou menor. De modo similar, se a geologia tende a ressonar, amplificar ou perpetuar as vibrações do terreno, ela o fará tanto para os níveis de vibração altos como para os baixos (RUDENKO, 1998). As taxas de atenuação de vibração fazem com que a velocidade de partícula de pico em uma localidade em particular aumente ou decresça relativamente à sua vizinhança de modo previsível. Por causa desta taxa na qual as vibrações são atenuadas de modo constante para uma localidade em particular, a forma dos contornos de iso-velocidade pode ser usada para identificar as tendências na vibração que o terreno apresenta.

A intensidade da vibração do terreno decresce tipicamente à medida que a vibração se propaga para longe da sua fonte. Às vezes, no entanto, a amplitude da vibração poderá aumentar em certas áreas ainda que a distância em relação à fonte continue aumentando. A localização destes níveis anômalos de vibração define uma espécie de padrão do comportamento da vibração em uma área. Áreas que demonstram um aumento pronunciado na amplitude de vibração (chamados de "hot spots" da vibração) irão identificar-se a si mesmas como círculos concêntricos de velocidade de partícula crescente. Estas áreas são um indicativo de uma resposta geológica da superfície próxima e irão reaparecer com frequência em diversos mapas, a despeito da localização da bancada desmontada. Estas áreas devem ser o foco das técnicas de controle da vibração.

A resposta da vibração geológica pode aumentar a magnitude do movimento do terreno, mudar a frequência da vibração e aumentar a duração da vibração do terreno. Sabe-se ainda que a resposta estrutural é diretamente proporcional à magnitude da vibração do terreno, à duração da vibração, e também o quão próximo a frequência da vibração está da frequência fundamental da estrutura. Através da comparação de contornos de iso-velocidades produzidos por uma detonação de bancada com a detonação de uma carga simples, a técnica da iso-sísmica identifica claramente áreas onde a resposta estrutural pode ser maior e conseqüentemente a maior probabilidade de que surjam reclamações.

O uso do sistema de iso-velocidades no controle da vibração permite à empresa lidar com reclamações a respeito de vibrações por meio da redução da resposta estrutural, e para que isto seja possível deve-se alterar a frequência, diminuir a duração, e/ou diminuir a amplitude da vibração do terreno. Uma vez que a frequência fundamental do terreno não pode ser mudada, deve-se mudar a frequência com que o local irá responder, o que fará com que a duração e a amplitude do movimento do terreno sejam reduzidas e também a energia disponível da frequência (ou próxima a elas) das estruturas residenciais, onde a transmissividade da energia da vibração é maior.

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. LOCAL ESCOLHIDO

O local escolhido para as medições de vibração foi a pedreira da Lúdice Mineração, também conhecida como Pedreira Riuma. Ela está localizada na Zona Oeste da Cidade de São Paulo, entre a Serra da Cantareira e o Pico do Jaraguá. A lavra de rocha granítica tem como objetivo a produção de material britado (brita) de diversas granulometrias para atender à demanda do mercado da Grande São Paulo. De forma bastante resumida, em termos geológicos, pode-se dizer que o empreendimento se caracteriza por estar localizado numa região situada principalmente sobre os terrenos cristalinos do Grupo São Roque, no grande compartimento geomorfológico denominado de Província do Planalto Atlântico, subdivisão Zona Serrania de São Roque (IPT, apud IÚDICE MINERAÇÃO, 1998). Basicamente, a rocha na área do empreendimento é constituída por granitos porfíricos, de granulação média a grossa e coloração cinza, observando-se ainda cristais maiores de microclíneo róseo, imersos na matriz composta essencialmente por quartzos, feldspato e biotita. Nas frentes de lavra são observadas diversas famílias de fraturamentos do maciço, com direções e mergulhos variados.

4.2. PROCEDIMENTOS APLICADOS

De acordo com o item 3.2, para se gerar um mapa de iso-velocidades nos padrões da GeoSonics seria necessário a instalação de pelo menos uma centena de sensores para se obter uma boa aproximação entre o modelo obtido e o comportamento real da vibração gerada por uma detonação. Este número de sismógrafos era inviável para o LACASEMIN, pois efetivamente havia a disponibilidade de até 8 (oito) sismógrafos para os monitoramentos.

A idéia foi desenvolver um modelo híbrido entre as equações de carga-distância e o Sistema Iso-Seismic. Cada monitoramento foi realizado com até oito pontos, mas ao invés de espalhá-los ao redor do local de detonação, estes pontos foram alinhados numa direção em particular para gerar uma equação carga-distância. Considerou-se que estes pontos foram suficientes para gerar de forma razoável uma equação deste tipo (JIMENO et al, 1995).

Para cada direção há uma equação correspondente ao comportamento da vibração gerada, e tendo-se uma série de direções, pode-se gerar um mapa de iso-velocidades com razoável confiabilidade.

A escolha da pedreira foi fundamental para este trabalho. Sabe-se que as condições ideais de monitoramento para uma série de direções seriam bancadas idênticas, com planos de fogo idênticos e com a mesma localização para todas elas. Isto, no entanto, é impossível, pois o caráter dinâmico do processo de produção de uma pedreira faz com que cada desmonte seja único, tanto em termos de localização como em termos dos parâmetros geométricos e os associados ao plano de fogo. A ausência destas condições ideais pôde ser contornada com a escolha dos locais de desmonte. O local era caracterizado como uma espécie de septo, uma fatia de rocha remanescente entre duas cavas. Estas bancadas estavam bastante próximas umas das outras com as condições da rocha aparentemente preservadas. As alturas das bancadas não variavam muito e os planos de fogo

adotados para elas eram muito semelhantes. As equações geradas para cada direção podem ser consideradas então como um retrato real do comportamento da vibração para uma dada direção por apresentarem padrões definidos de amortecimento. Além disso, os dados obtidos foram devidamente tratados de modo que o resultado final foi um mapa contendo isolinhas de valores de vibração para todas as direções. As etapas que compuseram este método foram:

1. *Monitoramento de quatro detonações em quatro direções diferentes.*
2. *Plotagem em planta de todos os pontos monitorados.*
3. *Obtenção da equação carga-distância para cada uma das direções.*
4. *Normalização dos valores obtidos.*
5. *Interpolação em pontos intermediários da reta.*
6. *Geração das isolinhas a partir de uma mesma origem para as 4 direções.*
7. *Verificação do comportamento da vibração.*
8. *Adição de quatro novas direções.*
9. *Mapa final.*

5. RESULTADOS OBTIDOS

5.1. DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

A Figura 1 apresenta um desenho da distribuição dos alinhamentos, de acordo com as coordenadas UTM fornecidas pelo GPS, sobre uma planta da pedreira, onde se pode observar a localização dos pontos monitorados e das bancadas desmontadas.



Figura 1. Distribuição e alinhamento dos pontos monitorados e localização das bancadas desmontadas

5.2. OBTENÇÃO NUMÉRICA DAS EQUAÇÕES CARGA-DISTÂNCIA

Para as oito direções monitoradas, foram levantadas as equações que correlacionam a velocidade de vibração de partícula com a distância escalonada. Isto significa que cada uma destas direções possui um padrão único de amortecimento da vibração. As equações são dadas pela tabela 1 e foram obtidas a partir de gráficos calculados com base na Carga Máxima por Espera contida nos planos de fogo fornecidos pela Mineração.

TABELA 1. EQUAÇÕES DE ATENUAÇÃO PARA AS 8 DIREÇÕES DA PEDREIRA RIUMA

| Evento | Direção | Equação resultante | Correlação |
|--------|---------|---|------------|
| Fogo 1 | S-SW | $V_p = 528,9 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,2059}$ | 0,92 |
| Fogo 2 | NE | $V_p = 548,1 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,3521}$ | 0,82 |
| Fogo 3 | E | $V_p = 4164,3 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,9201}$ | 0,88 |
| Fogo 4 | NW | $V_p = 498,8 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,3516}$ | 0,92 |
| Fogo 5 | N | $V_p = 399,9 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,1047}$ | 0,96 |
| Fogo 6 | SE | $V_p = 1635,7 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,7175}$ | 0,93 |
| Fogo 7 | W | $V_p = 167,4 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,1290}$ | 0,80 |
| Fogo 8 | N-NE | $V_p = 13973,0 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-2,2234}$ | 0,93 |

5.3. MAPA DE ISO-VELOCIDADES

A Figura 2 mostra o mapa obtido através da interpolação dos pontos obtidos nos monitoramentos para as oito direções.

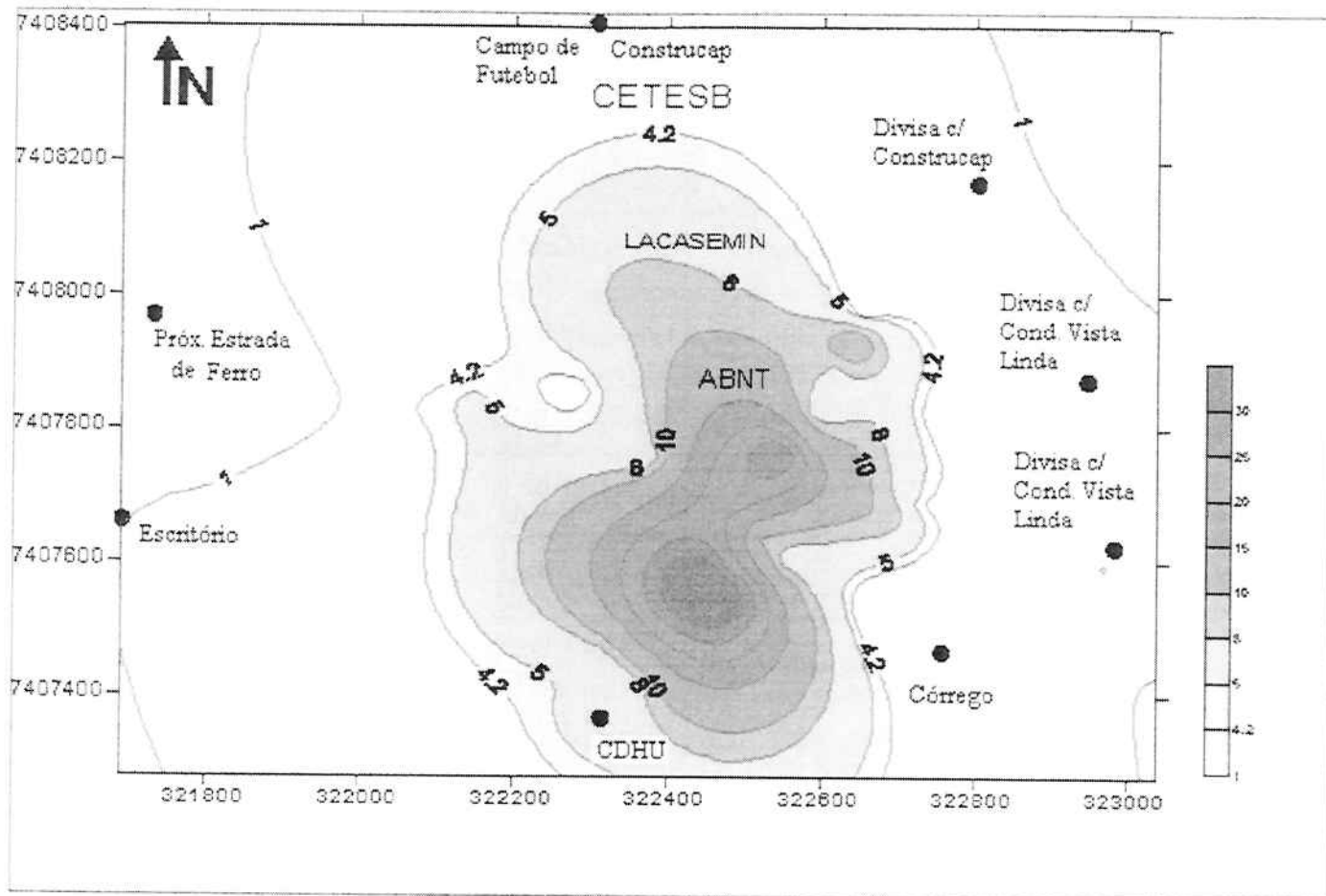


Figura 2. Mapa de valores reais obtido com o programa Surfer no sistema de coordenadas UTM. Foram plotados também alguns pontos de referência próximos à divisa da propriedade da pedra

5.4. PLOTAGEM TRIDIMENSIONAL DAS LINHAS DE ISO-VELOCIDADES

A Figura 3 mostra a superfície obtida através da interpolação dos pontos reais obtidos nos monitoramentos para as oito direções.

6. CONCLUSÕES

Os monitoramentos realizados na pedreira da Lúdice Mineração Ltda. permitiram o levantamento de 8 (oito) equações carga-distância, cada uma delas para uma direção diferente. Cada uma delas apresentou um padrão próprio de amortecimento da vibração proporcional à distância.

A intensidade da vibração do terreno decrescia conforme a vibração se propagava para longe da sua fonte. Em alguns pontos, no entanto, as amplitudes da vibração aumentaram com o aumento na distância, ocorrendo também o contrário. Estas áreas, quando amplificavam a vibração (“hot spots”), podem ser identificadas via círculos concêntricos de crescente velocidade de partícula, indicando uma resposta geológica da superfície. Estas áreas devem ser o foco das técnicas de controle da vibração.

De modo geral, para cada direção, a vibração foi significativamente diferente, como pode ser observado ao se comparar as equações mostradas na Tabela 1, que apresentam grandes diferenças, de uma para outra, entre as constantes e os coeficientes de inclinação. Parte destas diferenças pode ser atribuída ao número de sismógrafos utilizados, que variou de 5 a 8, porém as taxas de atenuação diferentes também devem ser consideradas. O mapa mostra as regiões e as direções da pedreira onde há amortecimentos mais acentuados.

O mapa de iso-velocidades pode ser utilizado como uma ferramenta bastante útil de planejamento para evitar possíveis reclamações de incômodo, que são muito mais freqüentes do que as reclamações por danos estruturais. Pode-se utilizar este mapa como parte de um programa de gerenciamento global do empreendimento, chamada de *Gestão Integrada de Segurança e Meio Ambiente*, podendo ser uma alternativa interessante para se efetivar uma política para a segurança e meio ambiente. Isto poderia ser formalizado com o aval da alta direção, com a vibração do terreno sendo analisada como uma forma de poluição, desvio ou não conformidade, devendo receber o mesmo tratamento que outros assuntos aparentemente de maior impacto como a contaminação do ar, água ou solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DINIS DA GAMA, C. (2002). **Ruídos e vibrações ligados à utilização dos explosivos e equipamentos**. Comunicações do 1º seminário de auditorias ambientais internas. Divisão de Minas e Pedreiras do Instituto Geológico e Mineiro. Disponível em: http://www.igm.pt/edicoes_online/diversos/auditorias_amb/capitulo4.htm Acesso em 09/01/02.
- IRAMINA, W.S. O mapa de iso-velocidades como ferramenta de controle ambiental. Tese de Doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. 223p.
- IÚDICE MINERAÇÃO. **Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA da Iúdice Mineração Ltda**. MS – Milissegundo Representações Ltda. São Paulo, 1998.
- JIMENO, C. L.; JIMENO, E. L.; CARCEDO, F. J. A. **Drilling and blasting of rocks**. Balkema, Rotterdam, 1995.
- RUDENKO, D. **Understanding blast vibrations – a key to gaining control**. In: 2nd Annual Blasting Vibration Technology Conference, Key West, FL, 1998. Proceedings.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PMI/001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo de Escavadora de Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/002 - Prospecção Geoquímica Experimental na Ocorrência de Ouro Tapera Grande - PAULO BELJAVSKIS, HELMUT BORN
- BT/PMI/003 - Estudo de Processo de Dupla Flotação visando o Beneficiamento do Minério Carbonático de Fosfato de Jacupiranga - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/004 - Desenvolvimento de um Equipamento Não-Convencional em Beneficiamento Mineral: A Célula Serrana de Flotação Pneumática - RICARDO NEVES DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/005 - Ajuste de Modelos Empíricos de Operação de Ciclones - HOMERO DELBONI JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/006 - Contribuição ao Estudo dos Explosivos Permissíveis - AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/007 - Contribuição ao Dimensionamento de Pilares em Minas Subterrâneas de Manganês - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/008 - Exploração Mineral: Conceitos e Papel do Estado - LUIZ AUGUSTO MILANI MARTINS, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/009 - Otimização do Projeto de Pátios de Homogeneização através do Método da Simulação Condicional - FLAVIO MOREIRA FERREIRA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/010 - Considerações Gerais sobre Desmonte de Rocha: Análise de Custo - Índice de Produtividade e Otimização da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/011 - Aglomeração de Rejeitos de Fabricação de Brita para sua Reciclagem - ARTHUR PINTO CHAVES, BRADDLEY PAUL
- BT/PMI/012 - Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios - FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/013 - Processo de Beneficiamento para Obtenção de uma Carga Mineral Nobre a partir do Fosfogesso - WALTER VALERY JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/014 - Estudo da Carboxi-Metil-Celulose como Aglomerante para Pelotização - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/015 - A Influência do Amido de Milho na Eficiência de Separação Apatita/Minerais de Ganga Via Processo Serrana - LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/016 - Beneficiamento de Criolita Natural - Estado da Arte - HENRIQUE KAHN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/017 - Estudo da Variação do Índice Energético Específico - W_i , segundo a Granulometria do Ensaio, Obtida através de um Moinho de Bolas Padrão, em Circuito Fechado - MARIO SHIRO YAMAMOTO, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/018 - Fluorita - FERNANDO FUJIMURA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/019 - O Aproveitamento de Recursos Minerais: Uma Proposta de Abordagem a Nível Nacional - CELSO PINTO FERRAZ, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/020 - Comparação de duas Metodologias - A de Bieniawski e a de Panek, para Dimensionamento de Tirantes em Galerias Subterrâneas de Seção Retangular em Camadas Estratificadas - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/021 - Caracterização de Maciços Rochosos através de Envolvimentos de Resistência por Tratamento Estatístico utilizando Dados de Laboratório do IPT Simulando Condições Geotécnicas do Maciço - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/022 - Avaliação de Impactos Ambientais na Mineração de Combustíveis Fósseis Sólidos - GILDA CARNEIRO FERREIRA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/023 - O Lado Nocivo do Elemento Quartzo no Desgaste Abrasivo de Mandíbula de Britadores - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/024 - Conceitos Básicos de Iluminação de Minas Subterrâneas - SÉRGIO MEDICI DE ESTON, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/025 - Sistema Computadorizado para Ajuste de Balanço de Massas e Metalúrgico - ANTONIO CARLOS NUNES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/026 - Caracterização Mineralógica/Tecnológica das Apatitas de alguns Depósitos Brasileiros de Fosfato - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN
- BT/PMI/027 - Classificação de Maciços quanto à Escarificabilidade - GUILHERME DE REZENDE TAMMERIK, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, LINDOLFO SOARES

- BT/PMI/028 - Análise Comparativa de Métodos de Amostragem de Depósitos Auríferos - FÁBIO AUGUSTO DA SILVA SALVADOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/029 - Avaliação da Qualidade de Corpos Moedores para o Minério Fosfático de Tapira - MG - GERALDO DA SILVA MAIA, JOSÉ RENATO B. DE LIMA
- BT/PMI/030 - Contribuição ao Estudo da Cominação Inicial à Partir da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/031 - Análises Químicas na Engenharia Mineral - GIULIANA RATTI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/032 - Usos Industriais da Atapulga de Guadalupe (PI) - SALVADOR LUIZ MATOS DE ALMEIDA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/033 - Minerais Associados às Apatitas: Análise de sua Influência na Produção de Ácido Fosfórico e Fertilizantes Fosfatados - ROBERTO MATTIOLI SILVA, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/034 - Beneficiamento dos Caulins do Rio Capim e do Jari - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/035 - Dimensionamento de Suportes em Vias Subterrâneas - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/036 - Estudos da Modelagem Matemática da Moagem com Seixos para Talco de Diversas Procedências - MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/037 - Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas - LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO
- BT/PMI/038 - Geometria de Minas a Céu Aberto: Fator Crítico de Sucesso da Indústria Mineral - FÁBIO JOSÉ PRATI, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/039 - Substituição do Aço por Polímero e Compósitos na Indústria Automobilística do Brasil: Determinantes e Conseqüências para o Mercado de Minério de Ferro - WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, ANTONIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/040 - Aplicação de uma Metodologia que Simule em Moinho de Laboratório Operações Contínuas de Moagem com Seixos para Talco - REGINA COELI CASSERES CARRISSO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/041 - A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará - FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/042 - A Produção de Fosfato no Brasil: Uma Apreciação Histórica das Condicionantes Envolvidas - GILDO DE A. DE SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/043 - Flotação em Coluna - Estado de Arte - JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO SALIES LEAL FILHO
- BT/PMI/044 - Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alvejamento Químico - IVAN FALCÃO PONTES, LAURINDO SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/045 - Pequena Empresa - A Base para o Desenvolvimento da Mineração - GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/046 - Máquinas de Flotação - ROGÉRIO CONTATO GUIMARÃES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/047 - Aspectos Tecnológicos do Beneficiamento do Carvão de Candiota (RS) - ANTONIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/048 - Efeito das Dimensões de Provetas no Dimensionamento de Espessadores - ELDON AZEVEDO MASINI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/049 - Água no Processamento Mineral - RODICA MARIA TEODORESCU SCARLAT, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/050 - Drenagens Ácidas do Estéril Piiritoso da Mina de Urânio de Poços de Caldas: Interpretação e Implicações Ambientais - VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/051 - "Caracterização Tecnológica de Minérios Auríferos. Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Jazida de Salamangone, AP." - MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/052 - Ensino de Engenharia de Minas - WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/053 - Redistribuição de Tensões e Desenvolvimento da Zona Clástica em Túneis Circulares - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/054 - Projeto de Barragem para Reservação de Mistos de Minerais Pesados Rejeitados pelo Beneficiamento de Cassiterita na Mina do Pitinga - MARCELO PIMENTEL DE CARVALHO, EDER DE SILVIO, LINDOLFO DE SILVIO
- BT/PMI/055 - A Segurança e a Organização do Trabalho em uma Mineração Subterrânea de Carvão da Região de Criciúma - Santa Catarina - DORIVAL BARREIROS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/056 - Diagnóstico de Lixiviação para Minérios de Ouro - VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/057 - O Estado da Arte em Tratamento de Minérios de Ouro - RONALDO DE MOREIRA HORTA, ARTHUR PINTO CHAVES

- BT/PMI/058 - Vias Subterrâneas em Rocha - Escavação por Explosivos - WILDOR THEODORO HENNIES, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/059 - Aumento da Seletividade na Separação da Fluorita/Calcita/Barita/Apatita por Flotação. Jazida de Mato Preto - PR - MONICA SPECK CASSOLA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMC/060 - Desenvolvimento de Processo para Extração de Gálio do Licor de Bayer por Resinas de Troca-Iônica de Poli (Acrilamidoxima) - WALDEMARA VRITSCHER, LAURINDO DESALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/061 - Estudo de Aspectos Geomecânicos Aplicados ao Projeto de Minas Subterrâneas - EDUARDO CÉSAR SANSONE, LINEU A. AYRES DA SILVA
- BT/PMI/062 - Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo - OMAR YAZBEK BITAR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/063 - Avaliação Técnica dos Processos de Cianetação/Adsorção da Mina de Fazenda Brasileiro - ÁUREA MARIA DIAS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/064 - A Nova Configuração da Indústria de Fertilizantes Fosfatados no Brasil - YARA KULAIF, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/065 - Estudos de Flotação em Coluna com Finos de Fosfato da Ultrafertil em Escala Piloto - JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/066 - Flotação da Apatita da Jazida de Tapira - MG - LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO - LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/067 - Minerais Industriais: Conceituação, Importância e Inserção na Economia - FRANCISCO REGO CHAVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/068 - Atividades Micro-Sísmicas e a Ruptura de Rochas - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/069 - Metodologia para Caracterização Tecnológica de Matérias Primas Mineraias - LÍLIA MASCARENHAS SANT'AGOSTINO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/070 - Aplicação de Modelos Numéricos ao Projeto de Escavação por Explosivos de Túneis e Galerias - LUIZ CARLOS RUSILO, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/071 - O Estado da Arte da Cianetação de Minérios Auríferos - ROBERTO GOULART MADEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/072 - Revisão da Indústria Mineral de Titânio - ANTÔNIO HELENO DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/073 - Sistematização de Casos de Instabilidades em Encostas Rochosas no Município de Santos, Através de Nova Metodologia de Avaliação de Estabilidade - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/074 - A Minero-Metalurgia e suas Ligações com a Geologia e suas Engenharias de Minas, Metalúrgica e Química - RICARDO ALVARES DE CAMPOS CORDEIRO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/075 - A Redução da Umidade de Minérios de Ferro com o Emprego de Microondas - FERNANDO LEOPOLDO VON KRÜGER, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/076 - Estimativa de Parâmetros do Modelo Cinético de Moagem - CLÁUDIO FERNANDES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMC/077 - A Bauxita e a Indústria do Alumínio - JOSÉ CRUZ DO CARMO FLÔRES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMC/078 - Técnicas de Tratamento de Minérios para Reciclagem de Vidro - CLEUSA CRISTINA BUENO MARTHA DE SOUZA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/079 - Comparação entre Cylpebs e Bolas na Moagem Secundária da Samarco Mineração - JOAQUIM DONIZETTI DONDA, ANTONIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/080 - Calcários Dolomíticos da Região de Ouro Preto para usos na Metalurgia e como Rochas Ornamentais - MARCÍLIO DIAS DE CARVALHO, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/081 - Estudo de Reoxidação e Redução de Ferro Contido em Caulins - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/082 - Recuperação do Gálio Existente no Licor de Bayer de Poços de Caldas por Flotação Iônica: Estudo dos Coletores - ANA MARGARIDA MALHEIRO SANSÃO, LAURINDO DE SALLES LEAL
- BT/PMI/083 - Contribuição ao Conhecimento de Argilas de Cuba - GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/084 - Determinação da Rugosidade da Superfície de Descontinuidades Rochosas - JOSÉ MARGARIDA DA SILVA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/085 - Serragens de Granitos para Fins Ornamentais - ANTONIO STELLIN JR
- BT/PMI/086 - Evolução Magmática e Modelo Metalogenético dos Granitos Mineralizados da Região de Pitinga, Amazonas, Brasil - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN

- BT/PMI/087 – Considerações sobre o Dimensionamento de Equipamentos de Carga e Transporte em Mineração a Céu Aberto – IESO DO COUTO COUTINHO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/088 – Tratamento do Minério de Transição de Cobre e Ouro de Igarapé Bahia, Carajás, PA – DACILDO RODRIGUES DE SOUZA, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/089 – Variáveis que Interferem nos Problemas Ambientais Gerados Durante os Desmontes de Rochas – VALDIR COSTA E SILVA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/090 – Caracterização Mineralógica do Minério de Cobre e Ouro Secundário de Igarapé Bahia – LUIS RODRIGUES ARMÔA GARCIA, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/091 – O Topázio na Região de Ouro Preto: Minas do Vermelho e Capão do Lana – JAIR MAZON JÚNIOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/092 – A Mineralização Aurífera de Fazenda Brasileiro – BA Aspectos Geológicos e Planejamento de Lavra – MARCO ANTONIO DE MORAES SILVA, HELMUT BORN
- BT/PMI/093 – Estudo dos Mecanismos de Adsorção em Meio Ácido dos Metais Chumbo e Zinco em uma Turfa de Jacaré – RJ – MARIA DIONÍSIA COSTA DOS SANTOS, LAURINDO DE SALLES LEAL
- BT/PMI/094 – Cartografia de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos no Município de Embu – RMSP – CÉLIA MARIA GARIBLADI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/095 – Revisão da Teoria para Projeto de Taludes Heterogêneos em Minas a Céu Aberto – FLÁVIO MOREIRA FERREIRA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/096 – Estratégias para Remediação de um Sítio Contaminada por Metais Pesados: Estudo de Caso – JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAUJO DOS ANJOS, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/097 – Estudo dos Elementos Abrasivos de Fios Diamantados para a Lavra de Granitos do Ceará – FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/098 – Caracterização Mineralógica do Depósito de Terras no Complexo Alcalino – Carbonatítico de Barra do Itapirapuã (SP/PR) – Área de Detalhe I – Maria de Lourdes Lorenzi, Henrique Kahn
- BT/PMI/099 – Considerações sobre a Seleção de Equipamentos para o Transporte de Minérios – ALEXANDRE DE SANT'ANNA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/100 – Desgaste Abrasivo em Britadores de Mandíbulas – NILSON MAR BARTALINI, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/101 – Viabilidade do Emprego de Finos de Basalto em Concreto Compactado a Rolo – KLEBER DA SILVA MENDES, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/102 – Sistema Especialista para o Processamento de Minérios de Ouro – VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/103 – Desenvolvimento de Eletrodos de Pasta de Carbono Modificados com a Resina Poliamidoxima (ES-346) para a Determinação Potenciométrica de Gálio – MARCO ROGÉRIO BARRIOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/104 – Desenvolvimento de Processo para o Aproveitamento do Feldspato Contido em Finos de Pedreira de Nefelina Sienito – PAULO FERNANDO ALMEIDA BRAGA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/105 – Os Recursos Minerais e a Economia Internacional: Uma Reavaliação das Teorias – FRANCISCO REGO CHEVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/106 – Importância dos Aspectos Geológico-Geotécnicos em Obras Implantadas na Serra do Mar – Uma Metodologia de Manutenção Preventiva – ORIOVALDO CUNHA MARTINEZ, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/107 – Lixiviação e Adsorção em Fazenda Brasileiro – CVRD: Uma Questão de Produtividade – ÁUREA MARIA DIAS GOMES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/108 – Análise Quantitativas por Difração de Raios-X em Engenharia Mineral – Aplicação dos Métodos de Rietveld e do Padrão Interno – GABRIELA CAMPOS FRONZAGLIA, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/109 – Avaliação das Principais Causas de Acidentes em Barragens de Contenção de Rejeitos Devido a Fatores Geológicos e Geotécnicos – FERNANDO IVAN VÁSQUEZ ARNEZ, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/110 – Problemas Relacionados a Tensões Naturais Durante a Lavra de Rochas Ornamentais – HUGO ANTONIO MERCONCHINI VEGA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/111 – Sistemas de Classificação na Análise da Estabilidade de Taludes em Maciços Brandos – ANDREA CRISTINA Y. DE MATTOS, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/112 – Metodologia para Amostragem de Material Particulado em Suspensão (MPS) – IVO TORRES DE ALMEIDA, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/113 – Viabilização da Recuperação de Ouro de Minério Primário por Lixiviação em Pilha Mediante o uso de Britadores não Convencionais: Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Mina de Almas-Paiol, TO – SALOMÃO SOLINO EVELIN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/114 – Aplicação de Aditivos Químicos à Filtragem de Polpas de Minerais – LUIZ GUSTAVO ESTEVES PEREIRA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/115 – Proposta de Gerenciamento Ambiental de uma Área Degradada nos Municípios de Mauá e Ribeirão Pires – Região Metropolitana de São Paulo – ÁLVARO GUTIERREZ LOPEZ, LUIZ ENRIQUE SÁNCHEZ

- BT/PMI/116 – Experiência de Gerenciamento da Reforma e Adequação de um Moinho de Bolas de 4000 HP para nova Aplicação – AROLDO DUTRA GARCIA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/117 – Efeitos da Viscosidade no Processo de Deslamagem com Microciclones em Polpa Não-Newtoniana de Rocha Fosfática – MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/118 – Caracterização Tecnológica de Depósitos de Cromita da Província de Camagüey, República de Cuba – JULIÁN ANDRÉS MÉNDEZ GARCÉS, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/119 – Garimpo de Ouro no Brasil: Desafios da Legalização – MARIA LAURA TAVEIRA DA MOTA GERALDES DE CARVALHO BARRETO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/120 – Contribuição ao Projeto de Reatores de Ácido Fosfórico para Processamento de Concentrados Apatíticos Brasileiros – ROBERTO MATTIOLI SILVA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/121 – Lixiviação em Pilhas de Minérios Oxidados de Cobre – GEYSA SANTOS DE PONTES PEREIRA, ELDON AZEVEDO MASINI
- BT/PMI/122 – Produção de Agregado como Alternativa para Produtores de Corretivo de Solo da Grande Curitiba – PLINIO CRISTIANO CAMBOIM DE OLIVEIRA, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/123 – A Competitividade da Mineração Nacional com Ênfase no Minério de Ferro – GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/124 – Aplicação de Turfa na Recuperação de Solos de Degradados pela Mineração de Areia – JOSÉ GUILHERME FRANCHI, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/125 – Aproveitamento de Materiais Fosfáticos Marginais para a Produção de Fertilizantes Organo-Fosfatados – CARLOS ALBERTO IKEDA OBA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/126 – Abordagem Participativa na Gestão de Recursos Minerais – CARLOS C. PEITER, ROBERTO C. VILLAS BÓAS
- BT/PMI/127 – A Importância dos Condicionantes Geológicos-Geotécnicos na Recuperação de Áreas Degradadas por Lavra de Minas a Céu Aberto – RICARDO DEGUTI DE BARROS SILVA, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/128 – Determinação de Indicadores de Impactos Ambientais Cumulativos Decorrentes da Mineração de Areia no Vale do Paraíba Através de Geoprocessamento – EDER LUIZ SANTO, LUIS HENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/129 – Tecnologia de Corte de Rocha Ornamental com Fio Helicoidal – FERNANDO FUJIMURA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/130 – Diagnóstico da Degradação do Meio Físico e Proposição de Medidas de Recuperação em Áreas de Mineração Abandonadas na Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo – MARIA MARTA TEIXEIRA VASCONCELOS, LUIS ENRIQUE SANCHEZ
- BT/PMI/131 – A Integração Competitiva do Setor Mineral Brasileiro no Cenário Internacional Estudo de Caso: O Setor de Aços Especiais Inoxidáveis – MANOEL RODRIGUES NEVES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/132 – Contribuição à Implantação de um Novo Pólo de Fertilizantes no Nordeste do Brasil – GILDO DE ARAÚJO SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/133 – Metodologia Construtiva do Poço de Produção da Mina Fazenda Brasileiro – LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/134 – Aproveitamento de Finos Gerados nas Ferragens de Mármore e Granitos – IVAN FALCÃO PONTES, ANTÔNIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/135 – Aspectos Hidrodinâmicos na Flotação de Partículas Grossas – WENDEL JOHNSON RODRIGUES, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/136 – Aproveitamento de Rejeitos de Pedreiras de Santo Antônio de Pádua – RJ para Produção de Brita e Areia – SALVADOR LUIZ DE MATOS DE ALMEIDA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/137 – Análise Crítica do Desenvolvimento de Processos de Cianetação em Tanques Agitados – RINALDO PEDRO NARDI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/138 – A Utilização de Finos de Pedreira em Solo-Cimento Ensacado – EDILSON PISSATO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/139 – Dessulfuração de Finos de Carvão de Santa Catarina por Concentradores Centrífugos – ANTÔNIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/140 – Estereoquímica de Polissacarídeos e sua Influência na Seletividade da Separação Apatita/Calcita por Flotação Aniônica Direta – JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/141 – Avaliação do Desempenho Ambiental – Proposta Metodológica e Diretrizes para Aplicação em Empreendimentos Cívicos e de Mineração – FRANCISCO NOGUEIRA DE JORGE, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/142 – Formação de Barreira Geoquímica para o Abatimento de Drenagens Ácidas de Estéril Piritoso – VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/143 – Técnicas de Preparação de Areia para uso na Construção Civil – WILLIAM WHITAKER, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/144 – Inovação Tecnológica e Setores da Indústria: O Contexto da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral – MARIA HELENA MACHADO ROCHA LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

- BT/PMI/145 – Determinação e Análise Estatística dos Índices Físicos de Pedras Ornamentais Brasileiras – ANTONIO STELLIN JUNIOR, EDUARDO CESAR SANSONE, MARIA RENATA MACHADO STELLIN
- BT/PMI/146 – Avaliação de Impacto Ambiental de Projetos de Mineração n Estado de São Paulo: A Etapa de Acompanhamento – ELVIRA GABRIELA C. S. DIAS, LUIS E. SÁNCHEZ
- BT/PMI/147 – Contribuição ao Estudo do Corte de Rochas por Jato D'Água Abrasivo – CARLOS TADEU LAUAND, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/148 – Competitividade na Exploração Mineral – Um Modelo de Avaliação – JOSÉ GUEDES DE ANDRADE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/149 – Caracterização Tecnológica do Depósito de Terras Raras de Catalão I, GO. Áreas: Córrego do Garimpo e Lagoa Seca – MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/150 – Contribuição ao Método de Determinação do Índice de Abrasividade de Bond (A. i.) à Luz de Outros Materiais Metálicos – JOSÉ BRUNO NETO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/151 – Fabricação de Termofosfato Utilizando Fosfogesso – REYNALDO ARBUE PINI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/152 – Desenvolvimento de Tecnologia Eletrohidráulica Aplicada a Desmonte de Rochas em Áreas Urbanas – CARLOS MAGNO MUNIZ E SILVA, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/153 – Novo Método de Caracterização Tecnológica para Cominuição de Minérios – ANA CAROLINA CHIEREGATI, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/154 – Desenvolvimento de Processo do Projeto Rocha Sã em Pitinga, AM – EDER DE SILVIO, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/155 - Aplicação dos Finos Gerados pela Produção de Pedras Britadas Graníticas no Concreto Pré-Misturado em Substituição às Areias Naturais – LIGIA NEVES, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/156 - Técnica de Simulação Numérica de Escavação Subterrânea por Computador - MÁRCIO DELCHIARO NIEBLE, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/157 - Jato de Água Abrasivo para Corte e Gravação de Materiais Friáveis – WILDOR THEODORO HENNIES, CARLOS TADEU LAUAND, GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS
- BT/PMI/158 – Desativação de Empreendimentos Mineiros: Estratégias para Diminuir o Passivo Ambiental – JOSÉ BAPTISTA DE OLIVEIRA JÚNIOR, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/159 – Previsão de Desempenho do Circuito de Moagem SAG da MSF a Partir do Índice de Quebra – FERNANDO KARAM DELBIM, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/160 – A Poluição das Águas em Mineração de Calcário – MARCIA ADRIANI JORGE SIQUEIRA, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/161 – Aplicação de Métodos Computacionais no Planejamento para Extração de Rocha Ornamental em Maciços Rochosos – MARCELO FILIPOV, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/162 – Proposições para Investigação de Parâmetros Controladores da Contaminação do Subsolo e das Águas Subterrâneas – MARILDA TRESSOLDI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/163 – Fundamentos Teóricos para a Análise dos Mercados de Matérias-Primas Mineraiis – YARA KULAIF, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/164 – Análise Comparativa do Desempenho de Ciclones com base em Simulações Prévias e Ensaios em Escala Industrial – FLÁVIO AUGUSTO PESCE STOROLLI, HOMERO DELBONI JR.
- BT/PMI/165 – Flotação de Gálio a Partir do Licor de Bayer – LUIZ PAULO BARBOSA RIBEIRO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/166 – Avaliação de Técnicas de Instrumentação para o Monitoramento de Deformações nas Escavações Subterrâneas – MOUSTAFA HAMZE GUILART, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA

