

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DO
DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL

MODELO DE AFERIÇÃO DA VELOCIDADE DE
PARTÍCULAS ATRAVÉS DE PARÂMETRO ENERGÉTICO

MARCIO LUIZ SIQUEIRA CAMPOS BARROS

ORIENTADORES:

PROF. ROBERTO QUENTAL COUTINHO

PROF. JOSÉ LINS ROLIM FILHO

SETEMBRO/2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

B277m**Barros, Márcio Luiz Siqueira Campos.**

Modelo de aferição da velocidade de partículas através de parâmetro energético / Márcio Luiz Siqueira Campos Barros. - Recife: O Autor, 2008.

xvii, 153 folhas, il : figs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2008.

Inclui Bibliografia e Anexos.

1. Vibração - Rochas. 2. Velocidade de Partículas. 3. Parâmetro Energético. 4. Explosivo. I. Título.

UFPE

624

CDD (22. ed.)

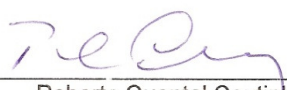
BCTG/2008 - 241

**MODELO DE AFERIÇÃO DA VELOCIDADE DE PARTÍCULAS ATRAVÉS DE
PARÂMETRO ENERGÉTICO**

Márcio Luiz de Siqueira Campos Baros

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO
PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU
DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL

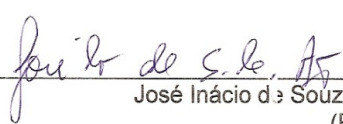
Aprovada por:



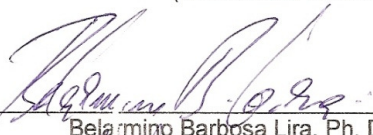
Roberto Quental Coutinho, D. Sc.
(orientador)



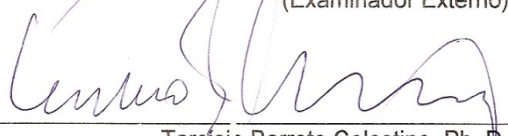
José Lins Rolim Filho, D. Sc.
(co-orientador)



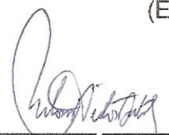
José Inácio da Souza Leão Ávila, Ph. D.
(Examinador Interno)



Belarmino Barbosa Lira, Ph. D.
(Examinador Externo)



Tarcísio Barreto Celestino, Ph. D.
(Examinador Externo)



Antonio Aírton Bortulucci, D. Sc.
(Examinador Externo)

Recife, PE – Brasil
Setembro de 2008

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

- A Deus, por tudo que existe;
- Aos professores Roberto Quental Coutinho e José Lins Rolim Filho, pela orientação, sugestões, dedicação, amizade e respeito demonstrados ao longo do curso;
- Aos professores da Universidade Federal de Pernambuco, pelo apoio e incentivo recebidos no desenvolvimento deste trabalho, em especial, ao professor Paulo Barros, do departamento de Geologia, e ao Professor Belarmino Lira, do DECIVIL da UFPB;
- Também aos professores Felix do DEMEC, e José Maria, ao funcionário Luciano, a CIMPOR – PB, na pessoa do Engenheiro de Minas João Batista;
- Aos acadêmicos do DEMINAS e futuros colegas, pelo apoio nos trabalhos de digitalização, Leonardo França, Paulo Bezerra, Diogo Barros, Luiz Filipe Canto, Ivo e Márcio Amorim;
- Aos Professores Carlos Magno Muniz e Robson Ribeiro Lima do DEMINAS, por abrirem algumas janelas e pela ajuda inestimável na fase final da Tese;
- A minha esposa Cristianne e às minhas Filhas Mariana e Marcella, por suportarem a minha pouca paciência e ausência durante a realização deste trabalho.

RESUMO

A vibração é, sem dúvida, o efeito que causa maiores danos nas operações de desmonte com uso de explosivos, apesar de o ruído produzido pela detonação ser o efeito mais perceptível pelo ser humano.

O objetivo principal dessa Tese é estudar a vibração resultante do desmonte de rochas com explosivos em minas a céu aberto, estudando os critérios de avaliação das vibrações. A pesquisa envolve ensaios de campo e monitoramento ambiental de uma mineração de calcário (CIMPOR).

O trabalho apresenta, inicialmente, uma revisão dos primeiros estudos do fenômeno da vibração; em seguida, será apresentado um breve conceito da vibração resultante do desmonte de rocha com explosivos em minas a céu aberto, tratando, após isso, dos critérios de avaliação destas vibrações. Apresentar-se-á também um resumo das principais normas técnicas internacionais e nacionais bem como as formas do modo como as ondas P e S se propagam no solo. A área monitorada está localizada nos subúrbios de João Pessoa, capital da Paraíba – a sua geologia predominante está compreendida entre o Grupo Paraíba e o grupo Barreira. O monitoramento da área foi realizado pelo o equipamento da GeoSonics, modelo SSU 3000 LC. O período de medições compreende desde o mês de janeiro de 2003 a dezembro de 2005, totalizando 36 meses de monitoramento. Foram realizadas quatrocentas e sessenta e cinco medições, objetivando encontrar a lei de propagação da vibração pela quantidade máxima de energia a ser liberada por espera para uma determinada distância.

Para análise dos resultados, foi utilizada como ferramenta inicial a planilha eletrônica Excel versão 2003. Percebeu-se que o grau de dispersão diminui com a utilização da energia do explosivo liberada por espera em relação à utilização com carga (peso) do explosivo por espera.

Palavras-chave: 1- vibração – rochas; 2- velocidade de partículas; 3- parâmetro energético; 4- explosivo.

ABSTRACT

The vibration is undoubtedly the effect responsible for damage causes in blasting operations. In spite of the air blast produced by the blasting, being most perceptible effect to the human beings.

The main objective of this Thesis is to study the resulting vibration of blasting in open pit mines, studying the evaluation criteria of these vibrations. The research involves field testing and environmental monitoring of a limestone mining (CIMPOR).

This work initially presents a review of the vibration phenomenon studies since its beginning, after a brief vibration concept resulting of blasting in open pit mines, examining then, the evaluation criteria of these vibrations. It also presents a brief description of the main technical international, and national codes and how the P and S waves propagate in the soil. The monitored area is located in João Pessoa suburbia Paraíba capital city. Its predominating geology is between Grupo Paraíba and Grupo Barreira. The monitoring of the area was realized by Geosonics equipment, SSU 3000 LC model. The measurement period started in January 2003 and finished in December 2005, totalizing 36 months of monitoring. More than four hundred sixty five measurements were done, with the objective of finding out the vibration propagation law, using the maximum amount of energy liberated by each delay, for a specific distance.

To the analysis results, the initial tool used was the electronic spreadsheet Excel 2003 version. It was found out that the coefficient of dispersion, in minimized with the Energy use of the explosive liberated per delay, in relation to the use with charge (weight) of the explosive per delay.

Key-words: 1- vibration – rock; 2- velocity of particle; 3- energy parameter; 4- explosive.

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	01
I.1 INTRODUÇÃO	01
I.2 – MOTIVAÇÃO	01
I.3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	02
I.4 – ESCOPO DA TESE	04
 CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	 06
II.1 INTRODUÇÃO	06
II.2 ESTADO DA ARTE	07
II.3 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DA VIBRAÇÃO	10
II.4 CONCEITO DE ESCALA DE DISTÂNCIA	18
II.5 CRITÉRIO DE DANOS DE DETONAÇÕES PARA AS VARIÁVEIS: VELOCIDADE DE PARTÍCULA VERSUS FREQUÊNCIA	21
II.6 DISTÂNCIA ESCALONADA	25
II.6.1 Derivações da Distância Escalonada em Raiz Cúbica da Carga	25
II.6.2 Distância Escalonada em Raiz Quadrada Versus Distância Escalonada em Raiz Cúbica	27
II.6.3 Estudo Estatístico da Dispersão da Velocidade Máxima	43
II.7 DANOS DE DETONAÇÕES PARA TÚNEIS E MACIÇO ROCHOSO	46
 CAPÍTULO III – PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS	 47
III.1 INTRODUÇÃO	47
III.1 NORMA ALEMÃ (DIN 4150)	47
III.2 NORMA ITALIANA (UNI 9916)	48
III.3 NORMA SUÍÇA (SN 640 312 a)	49
III.4 RECOMENDAÇÕES FRANCESAS	50
III.5 NORMA PORTUGUESA (NP-2074)	53
III.6 NORMA SUECA (SS4604866)	54
III.7 NORMAS INGLESAS	55

III.8 NORMA ESCOCESA PAN 50	57
III.9 NORMA ESPANHOLA UNE 22-381-93	58
III.10 NORMAS NORTE AMERICANAS - USBM (RI 8507) e OSMRE	58
III.11 NORMA BRASILEIRA (NBR 9653)	62
III.12 CETESB D7.013	64
III.13 NORMA AUSTRALIANA	65
III.14 NORMA INDIANA	66
III.15 NORMA INTERNACIONAL ISO 4866	68
III.16. ANÁLISES DAS PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS	69
III.17 DESCONFORTO HUMANO	72
 CAPÍTULO IV – ONDAS	 73
IV.1 INTRODUÇÃO	73
IV.2 ONDAS ELÁSTICAS	73
IV.3 ONDAS ELÁSTICAS E PROPAGAÇÃO	74
IV.3.1 Ondas Longitudinais	74
IV.3.2 Ondas Transversais	75
IV.3.3 Ondas Superficiais	76
IV.3.3.1 Ondas Rayleigh	77
IV.3.3.2 Ondas Love	78
IV.4 VALORES DAS ONDAS P E S	79
IV.5 DIVISÃO DA ENERGIA NA INTERFACE	80
IV.6 FATORES QUE AFETAM A AMPLITUDE DE UM PULSO REFLETIDO	82
IV.7 ATENUAÇÃO E ABSORÇÃO DE ONDAS SÍSMICAS	83
 CAPÍTULO V - MONITORAMENTO E RESULTADOS	 85
V.1 INTRODUÇÃO	85
V.2 GEOLOGIA LOCAL	85
V.3 EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO	88
V.4 LOCAIS DE MEDIÇÕES	89
V.5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	91

V.5.1 Sumário Anual dos Resultados	95
CAPÍTULO VI - ANÁLISE DOS RESULTADOS	102
VI.1 INTRODUÇÃO	102
VI.2 ANÁLISES DOS RESULTADOS	102
VI.2.1 Análises dos Dados do Ano 2003	103
VI.2.2 Análises dos Dados do Ano 2004	110
VI.2.3 Análises dos Dados do Ano 2005	114
VI.3 COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIA ESCALONADA (DE) E DISTÂNCIA ESCALONADA ENERGÉTICA (DEE)	122
VI.3.1 Distância Escalonada Versus Distância Escalonada Energética – 2003	123
VI.3.2 Distância Escalonada Versus Distância Escalonada Energética – 2004	128
VI.3.3 Distância Escalonada Versus Distância Escalonada Energética – 2005	130
VI.4 QUADRO COMPARATIVO DAS EQUAÇÕES	131
 CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	 134
 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA – CONSULTADA E REFERENCIADA	 137
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA – REFERENCIADA	149
ANEXO A	
ANEXO B	

LISTAS DE SIMBOLOS

a – aceleração

a – constante empírica do local

α – constante que depende das características do maciço

A – amplitude da vibração

AFTES – Association français des travaux em souterrain

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

Ao – amplitude inicial

AS – Norma australiana

α – coeficiente de atenuação inelástica

b – expoente que varia com a componente da velocidade

b – constante empírica do local

B – quantidade da carga

B – coeficiente de transmissão do solo

BS – Norma britânica

c – velocidade de propagação da onda de vibração

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CMRI – Central Menem Research Institute

CP – velocidade de propagação da onda P

CS – velocidade de propagação da onda S

CR – velocidade da onda Rayleigh

d – distância (pés)

D – distância entre o ponto de medição e o ponto mais próximo da detonação

DE – Distância Escalonada

DEE – Distância Escalonada Energética

DIN – Deutsches Institut für Normung

ΔW – fração da energia dissipada

e – número neperiano

E – módulo de Young

ER – relação energética

ε_r – deformação máxima radial
f – frequência do movimento
F – força
Fk – fator que depende do tipo de construção
Fd – distância entre o ponto de detonação e a captação
Ft – ambiente do trabalho
g – aceleração da gravidade
G – módulo de rigidez ou cisalhamento
h – constante que depende do tipo de explosivo e das propriedades das rochas
H - constante que depende do tipo de explosivo e das propriedades das rochas
Hz – unidade de frequência
i – ângulo entre a norma e o meio
Ic – ângulo crítico de incidência
ISO – Normas Internacionais
k – fator de cura do cimento
k – constante que depende das características do maciço
k – fator do local (interceptação da reta)
K – constante do local
K – módulo de volume
l – comprimento
L – comprimento
m – fator do local (inclinação da reta)
n – expoente que varia com a componente da velocidade
NBR – Norma brasileira
OSMRE – Office for surface mining Reclamation and enforcement
P – ondas primárias
PP1 – onda P refletida
PS1 – onda S refletida
PP2 – onda P refratada
PS2 – onda S refratada
PPV – velocidade máxima da partícula
 ρ – densidade
Q – carga máxima de explosivos por espera

Qt – fator de transmissibilidade
R – ondas Rayleigh
r – ângulo entre a normal e o meio
RI – report of investigation
S – ondas secundárias
t – tempo
T – transmissão
TNT - trinitrotolueno
 μ – deslocamento da partícula
 μ' – velocidade da partícula
 μ'' – aceleração da partícula
UNE – Norma espanhola
USBM - United States Bureau of Mines
Vp – velocidade da partícula
Vo – velocidade em mm/s da partícula
Vp – velocidade da partícula
Vmr – velocidade máxima radial
Vr – velocidade resultante de vibração da partícula em mm/s
VL – velocidade de vibração na direção longitudinal em mm/s
VT – velocidade de vibração na direção transversal em mm/s
VV – velocidade de vibração na direção vertical em mm/s
Y – coeficiente de Poisson
E – energia
W – peso do explosivo dado em libras por espera de 8 milisegundos
Wd – carga máxima por espera
Wr – fonte de energia
Z – distância escalonada
Z – escala da raiz cúbica
Z – impedância
Z₁ – impedância acústica do material 1
Z₂ – impedância acústica do material 2

LISTA DE FIGURAS

Figura I.1 – Mapa de Localização da Paraíba (Fonte: relatório interno da CIMPOR).	03
Figura I.2 – Mapa Geológico e de Uso e Ocupação do solo, escala 1:5.000 (Fonte: relatório interno da CIMPOR).	03
Figura II.01 – Problemas relacionados à vizinhança pela detonação	06
Figura II.02 – Propagação de ondas no maciço rochoso.	08
Figura II.03 – Gráfico de determinação dos fatores do ambiente (K e m).	18
Figura II.04 – Velocidade máxima da partícula versus escala quadrática de distância e construções para determinar equação de atenuação (Fonte: Hendron e Oriard, 1972)	28
Figura II.05 – Três técnicas de escala para prever 51 mm/s (2,0 pol/s). (Fonte: Hendron e Oriard, 1972)	29
Figura II.06 – Distinção entre Carga cilíndrica e carga esférica.	36
Figura II.07 – Variação da velocidade da partícula de detonações em geral (Fonte: Dowding, 1989)	44
Figura II.08 – Variação da velocidade da partícula por indústria (Fonte: Dowding, 1989)	45
Figura III.1 - Diagrama proposto pela AFTES das vibrações admitidas para as três classes de estrutura (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Anon, 1974; in Borla, 1993).	51
Figura III.2 - O diagrama representa os valores de velocidade de vibração admitidos, sugeridos pelo projeto de recomendação francesa relativo às vibrações induzidas apenas da detonação em pedreiras. As curvas tracejadas representam o limite inferior, que, para as duas categorias de edifício, pode ser superado com uma probabilidade de 10% (Fonte: Bacci, 2000, modificado de Anon, 1991; in Borla, 1993).	53
Figura III.3 – Diagrama representando os limites de V_p e de deslocamento,	

sugeridos pelo USBM e OSMRE, medidos em mm/s e mm, respectivamente, em função da frequência, em Hz. A linha tracejada, em baixo, refere-se aos valores propostos pelo USBM para paredes rebocadas. (Fonte: Bacci 2000, Crosby 1998, modificado de Berta 1985).	61
Figura III.4 – Gráfico comparativo da norma alemã DIN 4150 e a norte americana RI 8507 (Fonte: Bacci, 2000, modificado de Schillinger, 1994).	70
Figura IV.1 – Movimento de propagação da onda P (Fonte: Munaretti, 1997)	75
Figura IV.2 – Movimento de propagação da onda S (Fonte: Munaretti, 1997)	76
Figura IV.3 – Ondas P e S (Fonte: Dourado, 2001)	77
Figura IV.4 – Movimento de propagação da onda R (Fonte: Munaretti, 1997)	78
Figura IV.5 – Movimento de propagação da onda Love (Fonte: Munaretti, 1997)	78
Figura IV.6 – Tempo de chegada das ondas em um terremoto (Fonte Dowding, 1989)	79
Figura IV.7 – Divisão da energia da onda na interface	82
Figura V.1 – Localização das bases das leituras	90
Figura V.2 – Apresentação dos resultados da velocidade máxima da partícula e da frequência.	92
Figura V.3 – Croqui de um plano de fogo	94
Figura VI.1 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (2003).	104
Figura VI.2 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (150m - 2003).	105
Figura VI.3 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (200m - 2003).	105
Figura VI.4 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (300m - 2003).	106
Figura VI.5 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (150 a 200m - 2003).	107
Figura VI.6 – Gráfico da velocidade da partícula versus distancia Escalonada Energética da base 2 (2003).	107
Figura VI.7 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base entre a base 1 e a base 2.	108
Figura VI.8 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada	

energética da Base Igreja da Graça (2003).	109
Figura VI.9 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (250m - 2003).	109
Figura VI.10 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (300m - 2003).	110
Figura VI.11 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 2 (2004).	110
Figura VI.12 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (2004).	111
Figura VI.13 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (300m - 2004).	112
Figura VI.14 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (400m - 2004).	112
Figura VI.15 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (2004).	113
Figura VI.16 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (300m - 2004).	113
Figura VI.17 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (400m - 2004).	114
Figura VI.18 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 2 (2005).	115
Figura VI.19 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Entrada Fazenda da Graça (2005).	115
Figura VI.20 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Fazenda da Graça (2005).	116
Figura VI.21 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Fazenda da Graça (300m – 2005).	117
Figura VI.22 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (400m – 2005).	117
Figura VI.23 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (500m – 2005).	118

Figura VI.24 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (2005).	118
Figura VI.25 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata (2005).	119
Figura VI.26 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Muro da Sucata (300m - 2005).	120
Figura VI.27 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata (400m – 2005).	120
Figura VI.28 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata (500m – 2005).	121
Figura VI.29 – Energia Potencial da esfera em várias posições.	122
Figura VI.30 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada da Base 1 (2003).	125
Figura VI.31 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (2003).	125
Figura VI.32 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada (2003).	126
Figura VI.33 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética (2003).	127
Figura VI.34 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética, Simulação (2003).	128
Figura VI.35 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada (2004).	129
Figura VI.36 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética (2004).	129
Figura VI.37 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada (2005).	130
Figura VI.38 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética (2005).	131

LISTA DE TABELAS

Tabela II.01 – Razão de Energia de Crandell	11
Tabela II.02 – Critério de danos de Langefors, Kihlstrom e Westerberg.	13
Tabela II.03 - Critério de danos de Edwards e Northwood.	13
Tabela II.04 – Critérios de danos da USBM	17
Tabela II.05 – Critério de segurança para a velocidade da partícula e classe estrutural.	17
Tabela II.06 – Valores típicos para as escalas de distância de 50 e 20 pés/lb ^{1/2}	20
Tabela II.07 – Velocidade máxima permitida da partícula em várias distâncias do local da detonação.	23
Tabela II.08 – Fatores das escalas de distâncias permitidas para várias distâncias do local da detonação.	24
Tabela II.09 - Variáveis consideradas na análise dimensional no fenômeno da explosão.	26
Tabela II.10 – Critério de Danos em Rochas e Maciços.	45
Tabela III.1 - Valores admitidos pela norma alemã DIN 4150 para danos em edifícios (Bacci 2000, Jimeno 1995, adaptado de Berta, 1985).	48
Tabela III.2 - Valores sugeridos pela norma suíça. Os valores de Vp foram medidos para fontes de vibração de tipo ocasional. (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Borla, 1993).	50
Tabela III.3 - Valores de velocidade de vibração de partícula, segundo a AFTES, 1974. (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Weber et al. 1974; in Fornaro, 1980).	51
Tabela III.4 - Limites de velocidade de vibração de partícula (Vp) sugeridos pela Circular do Ministério do Ambiente francês (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Kiszlo, 1993, in Borla, 1993).	52
Tabela III.5 - Limites dos valores de vibração de partícula em mm/s (Fonte: Bacci (2000), adaptado de Esteves, 1994).	54
Tabela III.6 – Valores da velocidade máxima da partícula associados a diferentes	

tipos de danos.	57
Tabela III.7 – Valores de velocidade máximos em mm/s e frequências para a prevenção dos danos segundo norma espanhola UNE 22-381-93.	58
Tabela III.8 - Níveis seguros de velocidades de vibração da partícula para estruturas civis (Fonte: Bacci 2000, Jimeno 1995, adaptado de Siskind et al., 1980).	59
Tabela III.9 - Recomendações da OSM (Use of explosives: control of adverse effects)	61
Tabela III.10 - Valores máximos de velocidade de vibração da partícula, adotados pela Norma AS2187, segundo os tipos de construções civis (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Scott, 1996).	66
Tabela III.11 - Valores-limite estabelecidos pelo CMRI para vibrações na fundação a diferentes níveis de frequência (Fonte: adaptado de Pal Roy, 1998).	67
Tabela III.12 - Valores mínimos de vibrações produzidas por desmontes nos quais ocorreram danos, medidos nas estruturas, segundo CMRI (1991).	67
Tabela IV.1 – Valores típicos das velocidades das ondas P e S	80
Tabela V.1 – Parâmetros de um plano de fogo	93
Tabela V.2 – Resultados de 2003.	96
Tabela V.3 – Resultados de 2004.	98
Tabela V.4 – Resultados de 2005.	100
Tabela VI.1 – Tabela de valores utilizados na Base 1 (2003).	124
Tabela VI.2 – Quadro comparativo das leis de propagação da vibração	132

FOTOGRAFIAS

- Foto V.1 – Aspectos dos calcários (formação Gramame) da Mina da Graça. Observar a horizontalidade das camadas e os filmes centimétricos de argila. Altura da bancada 5,00m. 86
- Foto V.2 – Paredão leste da Mina da Graça, camada de calcário cinza, aproximadamente 30m. 87
- Foto V.3 – Aparelho de medição da velocidade máxima da partícula (Fonte: MicroSonics) 89
- Foto V.4 – Carregamento de um fogo 95

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1 INTRODUÇÃO

Quando se aplica uma carga explosiva em um ponto qualquer do subsolo, após a sua detonação, libera-se energia com uma determinada finalidade de trabalho; entretanto, cerca de 40% dessa energia não é aproveitada nos trabalhos de fragmentação e/ou deslocamento da rocha (Rolim, 1993). A vibração acarretada pelas ondas de choque e elástica é, sem dúvida, o efeito que causa maiores danos nas operações do desmonte de rocha com explosivos, apesar do ruído produzido pela detonação ser o efeito mais perceptível pelo ser humano. Tendo em vista isso, o objetivo inicial deste estudo é analisar a vibração resultante do desmonte de rochas com explosivos em minas a céu aberto (pedreiras), estudando os critérios de avaliação dessas vibrações.

Sabe-se que a vibração sempre foi relacionada em função da quantidade de explosivo a ser detonada de uma só vez (em espera) e da distância desse ponto de detonação para o ponto de medição. Para tentar diminuir as contingências e atenuar a grande dispersão de valores que ocorrem com a relação entre a quantidade da carga explosiva por espera com a distância entre a fonte de excitação explosiva e o ponto de leitura, resultando numa determinada velocidade de partícula em vibração. É proposta, neste trabalho, a substituição do parâmetro da carga explosiva por espera pela energia dinâmica liberada medida em modelo de reação termoquímica (estequiometria), por esse mesmo explosivo por espera.

I.2 – MOTIVAÇÃO

No transcorrer deste estudo, percebeu-se que todas as pesquisas e as normas técnicas sobre o assunto envolviam sempre a massa de explosivo máxima em espera com a distância para determinar uma velocidade de partícula. Como a natureza, de certa maneira, é bastante complexa, se, através de menos variáveis adicionadas ao sistema, pudermos diminuir ou atenuar essa complexidade, tem-se uma forma de contribuir para

uma melhoria na qualidade ambiental do entorno das minerações com previsões de resultados na velocidade de partícula.

Partindo-se desse princípio e observando resultados de detonações com explosivos de propriedades diversas, apareceu o seguinte questionamento: usando-se a mesma quantidade de explosivos em massa nas detonações, mantendo-se os demais parâmetros, porém utilizando-se explosivos com diferente energia de liberação, será que o efeito resultante de danos é o mesmo? Se não, por que a forma de previsão de danos é, então, baseada na quantidade em massa de explosivo por espera e não na quantidade de energia a ser liberada pelas cargas?

Para minimizar esse aspecto, são propostas equações para a utilização de um parâmetro em substituição ao parâmetro da distância escalonada, que passa a ser chamada de Distância Escalonada Energética (DEE); por meio da qual relaciona-se a energia por espera com a distância, e, desta forma, fazendo uma previsão da velocidade de partícula de um determinado plano de desmonte a explosivos.

I.3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A área utilizada para o experimento em estudo é localizada na zona urbana de João Pessoa – PB (Figura I.1), no bairro Ilha do Bispo, na localidade chamada Fazenda da Graça s/n. A Mina Fazenda da Graça ocupa uma área de 393 ha., antiga CIMEPAR, atualmente CIMPOR.

Na Figura I.2, é mostrado o Mapa Geológico e de Uso de Ocupação do Solo da Mina da Graça e Riacho do Poente. Fonte: relatório interno da CIMPOR, adaptado da Ambiente Engenharia LTDA.



Figura I.1 – Mapa de Localização da Paraíba (Fonte: relatório interno da CIMPOR).

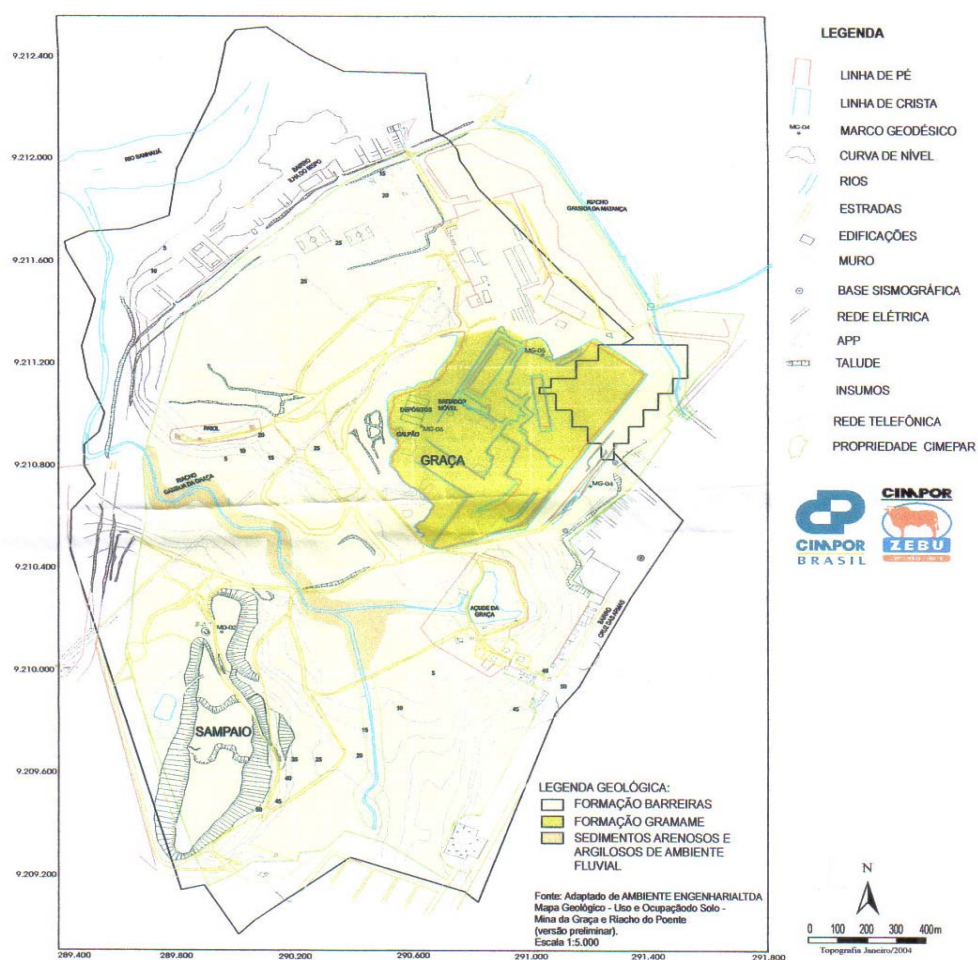


Figura I.2 – Mapa Geológico e de Uso e Ocupação do Solo, modificado em escala 1:10.000 (Fonte: relatório interno da CIMPOR).

I.4 – ESCOPO DA TESE:

No capítulo II, são apresentados os primeiros estudos da vibração, que provêm do início do século passado, conduzidos pelo USBM (órgão dos Estados Unidos vinculado à fiscalização das minerações). Tais estudos iniciam-se desde a década de 30, através da fórmula de Rockwell, até a década de 80, quando começaram a surgir as primeiras normas técnicas sobre avaliação da vibração. A redução dessa forma de impacto torna-se uma necessidade imperativa, principalmente nos dias de hoje quando as detonações próximas às zonas urbanas estão se tornando comuns, bem como a crescente mobilização da opinião pública com relação aos problemas ambientais.

O conceito de Distância Escalonada é também exposto no capítulo II como necessário para predizer a velocidade da partícula, quando ambas variam: as cargas de espera a serem detonadas (W), e a distância das mesmas a uma fonte de referência (R). As duas escalas principais que são utilizadas: a Distância Escalonada da raiz quadrática ($R/W^{1/2}$), e a Distância Escalonada da raiz cúbica ($R/W^{1/3}$). A escala da raiz cúbica deriva de uma base para determinação da frequência. Enquanto a escala da raiz quadrada deriva do modelo de atenuação de propagação da onda em uma carga cilíndrica, outrossim, existe uma grande tendência dos investigadores pela utilização da Distância Escalonada da raiz quadrada.

No capítulo III, serão apresentadas e interpretadas as principais normas européias, americanas, brasileiras, asiáticas e a norma australiana. Também, nesse capítulo, foi conduzido um breve estudo sobre comparações entre as diversas normas.

Quando ocorre uma detonação de uma carga explosiva em um maciço rochoso, diferentes tipos de ondas são gerados; essas ondas se propagam através do maciço rochoso e na interface com ar. No capítulo IV, são discutidos os princípios de propagação dessas ondas através do maciço rochoso. Ondas longitudinais (ondas P), ondas transversais (ondas S) e as que se propagam na interface – ondas de Rayleigh (ondas R), e as ondas Love (ondas L).

No capítulo V, mostra-se a área experimental monitorada, cuja geologia predominante é compreendida entre o Grupo Paraíba e o Grupo Barreira. O monitoramento dinâmico dessa área foi realizado pelo equipamento da GeoSonics, modelo SSU 3000 LC. Os resultados desse monitoramento estão expostos através de tabelas, croquis do plano de fogo e os registros das velocidades e frequências obtidas através do equipamento de monitoramento; sendo realizadas, no período de três anos, quatrocentas e sessenta e cinco medições. Tal monitoramento tem como fim a melhoria da eficiência no desmonte de rochas na pedreira, através do máximo aproveitamento da energia disponível, provocando, desta maneira, uma redução dos efeitos secundários indesejáveis (vibração e impacto de ar).

Os resultados encontrados e a análise desses parâmetros são apresentados no Capítulo VI. Além das análises dos três anos que foram monitorados, também é apresentada uma correlação da aplicação da fórmula de monitoramento por carga de espera detonada com relação à energia de espera detonada. Convém salientar que, por motivos de espaço, as planilhas dos resultados são apresentadas no anexo B.

No capítulo final, o VII, apresenta-se as conclusões encontradas, e algumas delas deverão ser enviadas a ABNT para uma apreciação acerca de uma possível mudança na norma brasileira NBR 9563. Também, neste capítulo, são apresentadas sugestões para futuras pesquisas sobre o tema.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 INTRODUÇÃO

A vibração é, de fato, o efeito que causa maiores danos a construções durante as operações do desmonte de rocha com explosivos – apesar de ser o ruído produzido pela detonação dos explosivos o fator mais perceptível pelo ser humano. Conforme já salientado no capítulo anterior, o controle dessa forma de impacto torna-se uma necessidade imperativa; sobretudo nos dias de hoje, quando estão se tornando comuns as detonações próximas ao ambiente urbano e, comumente, uma mobilização da opinião pública em relação aos problemas ambientais vem crescendo. A Figura II.01 reproduz um croqui dos efeitos da detonação no meio ambiente.

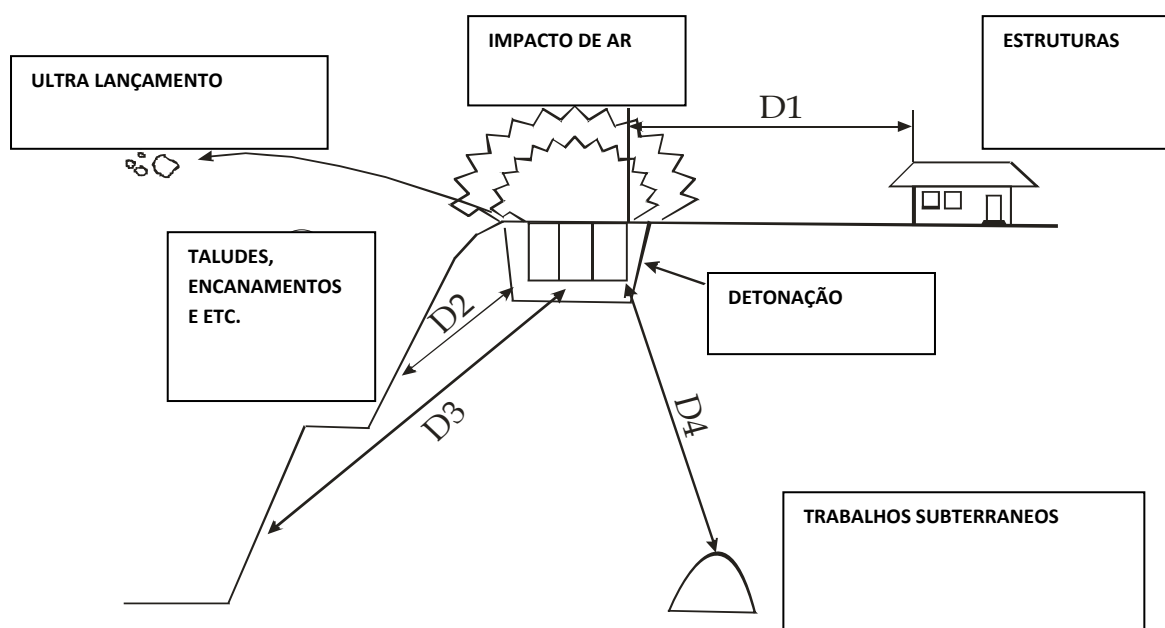


Figura II.01 – Problemas relacionados à vizinhança pela detonação (Fonte: Atlas Powder Company – 1987) (D – distância)

O objetivo principal deste capítulo é realizar uma revisão a respeito dos primeiros estudos de vibrações resultantes do desmonte de rochas com explosivos em minas a céu aberto (pedreiras), relacionando os critérios de avaliação dessas vibrações por meio das várias normas existentes, tanto no Brasil como em outros países.

II.2 ESTADO DA ARTE

Vibração do terreno é o movimento oscilatório das partículas do maciço rochoso ou solo ocasionado pela propagação das ondas de choque ou elásticas geradas pela detonação ou sismo que causam um tremor no solo ou nas paredes das edificações (Da Silva, 2000).

Quando uma carga de explosivos é inserida num corpo e detonada, são geradas ondas mecânicas através deste maciço rochoso, em consequência da resposta da rocha. As ondas que se propagam através do corpo são as ondas longitudinais, ou de compressão, ou primárias (ondas P) e as ondas transversais, ou de cisalhamento, ou secundárias (ondas S).

As ondas superficiais, que se propagam na interface de impedância diferenciada, são conhecidas por ondas de Rayleigh (ondas R) e ondas Love (ondas L). As ondas P e S propagam-se em todas as direções (Figura II.02); sendo que as primeiras são propagadas por meio de trações e compressões sucessivas do meio e sofrem reflexão e refração ao atingirem uma superfície livre ou mudarem de meio de propagação. Com as ondas S, a propagação ocorre de maneira semelhante, porém a vibração é perpendicular à direção de propagação. As ondas superficiais (ondas R), as quais são mais lentas que as ondas P e S, são as mais importantes em termos de vibração, porque elas se propagam ao longo da superfície, e suas amplitudes decaem lentamente com a distância percorrida. (Barros et al., 1990).

Para um monitoramento de uma detonação, o efeito resultante é mais importante que os diferentes tipos de onda gerados. Contudo, os diferentes tipos de onda propagam-se com velocidades diferentes nos diversos meios atravessados, levando tempos distintos para pontos à mesma distância e alterando, a cada instante, o movimento das partículas; necessitando, desta forma, de serem estudadas as suas participações no efeito total resultante (Barros et al., 1990).

Segundo da Silva (2000), dentre os diversos critérios propostos para a avaliação da vibração, a velocidade de vibração da partícula é, no estágio do conhecimento atual, o parâmetro do movimento vibratório que melhor representa os danos causados por um

desmonte a explosivos. A velocidade da partícula (V_p em mm/s) caracteriza a velocidade máxima de oscilação de um determinado ponto do corpo, é expresso em mm/s e obtido a partir da medida de suas três componentes: longitudinal, transversal e vertical; pode ser expressa por: $V_p = k (D/Q^{1/2})^{-b}$. Em que, Q é a carga máxima em massa de explosivos por espera (kg); D , a distância entre o ponto de medição e o ponto da detonação (m), sendo k e b constantes do meio.

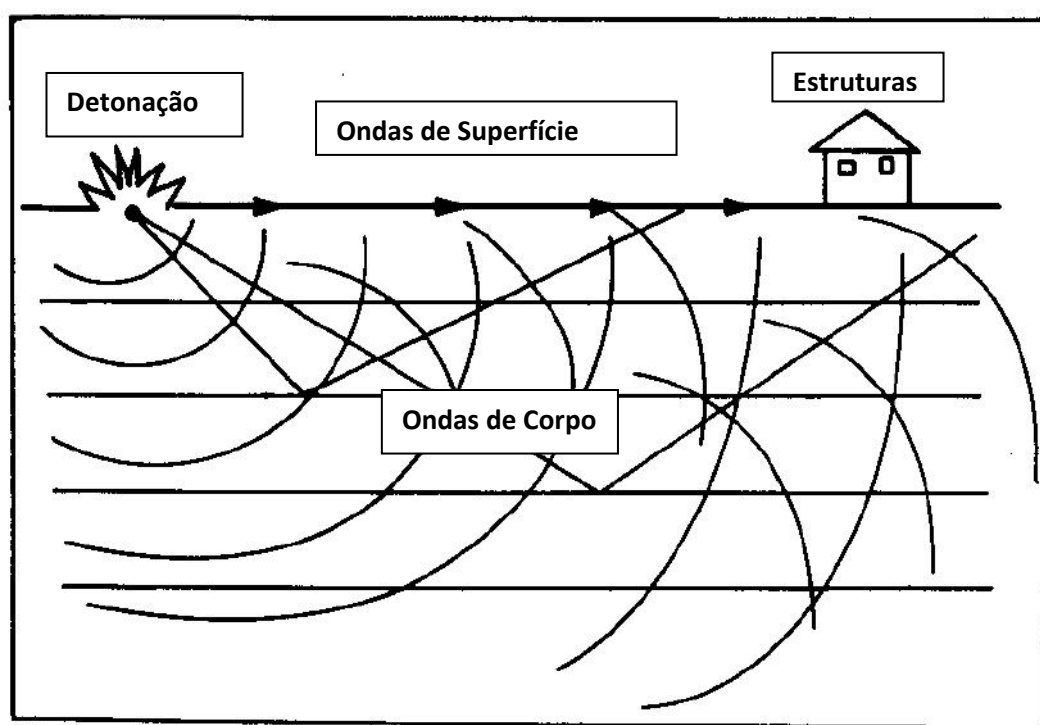


Figura II.02 – Propagação de ondas no maciço rochoso. (Fonte Barros et al. 1990)

A velocidade da partícula também é obtida pela relação: $V_p = 2\pi.f.a$. Sendo f a frequência e a a amplitude do movimento obtido através do sismógrafo. Esta velocidade refere-se à componente medida pelo sismógrafo. A velocidade de partícula resultante (V_r) pode ser obtida das seguintes maneiras: considerando duas componentes $V_r = 2^{1/2} V$, (ABNT, 1986); e considerando três componentes $V_r = 3^{1/2} V$, (Barroso, 1979), levando-se em conta as velocidades nas direções ortogonais como de igual valor.

Segundo Linehan e Wiss (1980), as diferentes condições geométricas e geológicas das minerações impedem o uso de equações elastodinâmicas na solução de problemas com vibrações. Os prognósticos mais confiáveis resultam nas relações empíricas obtidas

através de operações práticas. Entre essas, as mais seguras baseiam-se na relação entre a velocidade de partícula e a distância escalonada.

A velocidade de partícula não é um critério absoluto na avaliação de danos, pois, dentre outros fatores, a frequência do movimento vibratório é tão ou mais importante que esse critério na avaliação dos danos. O *United State Bureau of Mine* (USBM) considera duas faixas de velocidade limite de partícula para um mesmo tipo de edificação, com base em baixas frequências (<40 Hz) e altas (>40 Hz). Segundo Jaeger e Cook (1976), para uma determinada amplitude, a aceleração é proporcional à frequência, e curtas vibrações de alta frequência são menos prováveis de causar danos a uma estrutura do que longas vibrações de baixa frequência. Sanches (1987) cita que uma estrutura residencial sofrerá menos danos a um movimento de terreno de 12 mm/s e uma frequência principal de 80 Hz do que a uma frequência principal de 10 Hz. Segundo a norma DIN 4150 (1983), os valores limites de velocidade de partícula são propostos de acordo com três níveis de frequência: <10 Hz, 10 a 50 Hz e 50 a 100 Hz.

Níveis de vibração com baixa intensidade de frequência podem causar, nas pessoas, sensações desagradáveis, resultando, frequentemente, em queixas quando a velocidade da partícula é maior do que 4 mm/s.

Existem várias técnicas que são utilizadas para a redução da vibração, sendo a mais utilizada a da redução da carga detonada por espera através do uso de retardos. A carga por espera deve ser reduzida ao máximo possível, pois, além de evitar danos a edificações próximas e sensações desagradáveis, proporciona também uma minimização da ultra quebra “*overbreak*”, ou seja, fraturamento da rocha situada atrás da linha de furos da mina, ocasionando um maior aproveitamento da energia em detonações posteriores e mantendo a estabilidade do maciço remanescente.

Excesso de vibrações indica desperdício de energia útil, visto que parte da energia que deveria ser utilizada na fragmentação e lançamento da rocha está sendo lançada no meio ambiente e regiões circunvizinhas (Rolim, 1993).

II.3 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DA VIBRAÇÃO

Os primeiros estudos da vibração remontam do início do século passado – durante a década de 30, pela fórmula de Rockwell, até a década de 80, quando começaram a surgir as primeiras normas técnicas sobre avaliação da vibração. Em 1934, Rockweel indicou que a energia da vibração causada pela detonação de explosivos era proporcional ao quadrado do produto da frequência (f) pela amplitude (A), $(fA)^2$. De acordo com Barroso (1979), Rockweel foi o primeiro a citar um critério de segurança, ou seja, para detonações acima de 100 m do local dos trabalhos, não havia o risco de danos em residências; isso, no entanto, ocorreu antes do advento das perfuratrizes de grande diâmetro.

Em 1942, o *Bureau of Mine* iniciou os primeiros estudos a fim de determinar critérios de segurança visando estabelecer os níveis máximos de vibrações que uma determinada estrutura poderia estar submetida sem danos. O USBM (Thoenen and Windes 1942) combinou o efeito da quantidade da carga, característica do solo e distância com seguinte equação:

$$A = B^{2/3}/100 (0,07e^{-0,00143d} + 0,001),$$

Onde:

A = amplitude da vibração (polegadas)

B = quantidade da carga (libras)

e = número Neperiano

d = distância (pés)

Em 1949, Crandell investigou mais de 1.000 casos, envolvendo até igrejas e escolas, antes e depois das detonações. Baseado nos resultados, esse estudioso desenvolveu o conceito Razão de Energia (ER), Tabela II.01, definida como a razão do quadrado da aceleração pelo quadrado da frequência, e propôs o critério de danos a seguir:

$$ER = (a/f)^2$$

Onde:

a = aceleração

f = frequência

Tabela II.01 – Razão de Energia de Crandell

<i>Razão de Energia</i>	<i>Danos</i>
Abaixo de 3,0	Sem danos
3,0 – 6,0	Poucos danos
Acima de 6,0	Ocorrência de danos

Segundo Esteves (1969), se o nível de vibração fosse menor do que 0,1 g. (onde g é a aceleração da gravidade), isso implicava em não existir perigo para edificações, mas, para valores de vibrações de 0,1 g. a 1 g., haveria risco e, se acima de 1g., a situação era de risco iminente.

Entre 1949 e 1960, foram estabelecidos critérios de danos baseados no deslocamento, velocidade e aceleração e, até mesmo, baseados na amplitude das vibrações, como o utilizado por Morris (1950), sendo ele um dos primeiros a sugerir uma equação de propagação:

$$A = K \cdot Q^{1/2}/D$$

onde:

A = máxima amplitude da partícula (mm)

Q = a massa da carga explosiva (kg),

D = distância da detonação para o ponto de leitura (m), e

K, uma constante característica do local que varia de 0,57, para rochas ígneas, até 3,40, para solo não consolidado; mas, mesmo assim, tudo indicava que os critérios de danos relacionados com a velocidade da partícula do movimento no subsolo nas vizinhanças da estrutura se adaptavam melhor aos resultados.

Hendron (1977) cita que Langefors, Kihlstrom e Westerberg (1958), em estudo similar ao de Crandell (1949), mediram o deslocamento da partícula e verificaram que a velocidade máxima da partícula era proporcional ao produto do deslocamento máximo e a frequência. Baseando-se nesta relação, uma equação que relacionava a massa da carga com a distância e a velocidade da partícula foi desenvolvida:

$$V_p = K(Q/D^{1,5})^{1/2}$$

onde:

V_p é a velocidade da partícula (mm/s);

Q, a massa de explosivos (kg);

D, a distância da carga detonada (m)

K, uma constante que depende da qualidade da rocha, apresentando valores de 400, 200 e 100 para rochas duras, rochas suaves e com grande espessura de cobertura de solo respectivamente. Isto é válido para distâncias menores que 100m. Para grandes distâncias, os autores indicaram outra versão da equação:

$$V_p = k \cdot Q/D^{1,5}.$$

Com relação a danos, eles tinham como referência a velocidade da partícula de 2,8 pol/s (7,1 cm/s), em que não existem notícias de danos, e, a partir de 9,1 pol/s (23,1 cm/s), inicia-se o aparecimento de fendas graves, Tabela II.02.

Tabela II.02 – Critério de danos de Langefors, Kihlstrom e Westerberg.

<i>Velocidade da Partícula</i>	<i>Danos</i>
2,8 pol/s (7,1 cm/s)	Não há danos
4,3 pol/s (10,9 cm/s)	Fendas finas e caídas de argamassas
6,3 pol/s (16,0 cm/s)	Fendas nas argamassas e nas alvenarias
9,1 pol/s (23,1 cm/s)	Fendas sérias

Para Jimeno, et al. (1995), eles também determinaram critérios de velocidade da partícula para danos em túneis em rocha: uma velocidade de 12 pol/s (30,5 cm/s) como considerada segura, e, a partir de 24 pol/s (61 cm/s), correlacionada com a formação de novas fendas na rocha.

Edwards e Northwood (1960) basearam seus critérios em dados obtidos com o projeto St. Lawrence no Canadá, no qual a velocidade da partícula abaixo de 2,0 pol/s (5,1 cm/s) não apresentava danos; acima de 4 pol/s (10,2 cm/s), porém, apresentava danos. É possível verificar este parâmetro na tabela seguinte:

Tabela II.03 – Critério de danos de Edwards e Northwood.

<i>Velocidade da Partícula</i>	<i>Danos</i>
≤ 2 pol/s (5,1 cm/s)	Seguro: Não Danos
2-4 pol/s (5,1-10,2 cm/s)	Cautela
> 4 pol/s (10,2 cm/s)	Danos

Nos Estados Unidos, na década de 60, de acordo com os pressupostos de Esteves (1969), adotavam-se vários critérios de segurança; assim sendo, enquanto que no estado de Massachussets considerava-se o valor da aceleração (aceleração da gravidade) – critério de Crandell – tendo como limite de segurança 1g, no estado da Pensilvânia, considerava-se o valor do deslocamento de 0,03 polegadas (0,08 cm) – critério de deslocamento – para esse limite de segurança.

No estado de *New Jersey*, Church (1981) sugeriu valores que deveriam ser seguidos na aplicação de cargas explosivas permitidas em relação a uma determinada distância de uma possível área afetada; e em pedreiras, para uma distância de 100 pés (30,5 m), determinava 75 lb (33,7 kg) de explosivos, e para 1.260 pés (384,3 m) determinavam 770 lb (346 kg) de explosivos.

Duval e Fogelson (1962), em um estudo estatístico realizado para o USBM, mostram que a velocidade da partícula de 190 mm/s corresponde à probabilidade de 50% de ocorrerem grandes danos (fendas grossas), e que a probabilidade de ocorrerem pequenos danos (fendas finas) é um pouco menor do que 50%, para uma velocidade da partícula de 137 mm/s. Nesse estudo, os autores, analisando os trabalhos de vários investigadores, chegaram à conclusão de que, em uma faixa de frequência de 3 a 300 hz, existe uma maior probabilidade de ocorrerem danos estruturais se a velocidade de partícula exceder a 6 pol/s (7,6 cm/s), e é provável que não ocorram danos se a velocidade da partícula for menor do que 2 pol/s (2,54 cm/s).

Jimeno *et al* (1995) cita que Leconte (1967), quando estava revisando a técnica de controle da vibração dada por Morris (1950), sugeriu substituir a amplitude máxima da partícula pelo vetor soma (resultante) da velocidade da partícula (cm/s), dado pela expressão:

$$V = K \cdot Q^{1/2}/D$$

Onde:

Q = a massa da carga explosiva (kg),

D = distância da detonação para o ponto de leitura (m), e

K uma constante característica do ambiente.

Esteves (1969) cita ainda que o critério de segurança relacionada com a velocidade de vibração da partícula parece ser razoável, pois, como observou Ambraseys e Hendron (1968), a máxima velocidade radial (V_{mr}) de uma partícula é proporcional à máxima deformação normal radial (ε_r), segundo a expressão:

$$\varepsilon_r = V_{mr}/c$$

em que c é a velocidade de propagação da vibração no terreno. Desta maneira, é de se esperar que a velocidade da partícula seja uma medida da deformação do terreno.

Para Jaeger e Cook (1969), o tamanho da carga explosiva por detonação (Q) e a distância (D) entre esta carga e uma dada estrutura são os dois mais importantes parâmetros para determinar a velocidade da partícula. Tendo as seguintes relações para carga esférica e carga cilíndrica respectivamente:

$$V_p = K (Q/D)^{1/3} \text{ (carga esférica);}$$

$$V_p = K (Q/D)^{1/2} \text{ (carga cilíndrica)}$$

Onde: K é uma constante que depende do tipo de explosivo e das propriedades da rocha.

Jimeno (1995) menciona que autores como Atewel et al. (1965), Holmberg e Persson (1978) e Soop e Daemen (1963) não tinham levado em consideração a forma da simetria da carga e usaram uma equação geral:

$$V_p = K \cdot Q^a \cdot D^b$$

onde K, a e b são constantes empíricas estimadas para um determinado local e são retiradas de uma análise de regressão múltipla; Q e D os mesmos parâmetros usados por Leconte (1967).

Esteves (1969) cita que Duvall *et al.* (1963) estabeleceu uma equação muito semelhante à anterior:

$$V_p = K \cdot Q^b \cdot D^{-n}$$

Onde: K é uma constante que depende do meio de propagação; b e n são expoentes que variam com a componente da velocidade radial, vertical e transversal.

Para Hendron (1977), operações próximas às estruturas residenciais (distâncias maiores do que 30 pés (9,2 m), para o critério de danos, a velocidade da partícula é de 2 pol/s (5,1 cm/s). O autor cita também uma detonação ocorrida em Nova York, a 30 pés (9,2 m), de uma carga com 4 lb (1,8 kg) de explosivo. Neste local, foi detectada uma velocidade de partícula de 3,5 pol/s (8,9 cm/s), e, apesar de ter extrapolado o limite de segurança, não acarretou nenhum dano à estrutura.

USBM (1971), segundo esse órgão, a velocidade da partícula abaixo de 2,0 pol/s (5,1 cm/s) não ocorrem danos; acima de 7,0 pol/s (17,8 cm/s), ocorrem os maiores danos para as estruturas. Parâmetros que podem ser observados na tabela seguinte:

Tabela II.04 – Critérios de danos da USBM

<i>Velocidade da Partícula</i>	<i>Danos</i>
< 2,0 pol/s	Sem danos
2,0 – 4,0 pol/s	Fendas na argamassa
4,0 – 7,0 pol/s	Danos pequenos
> 7,0 pol/seg	Danos maiores

Em 1971, vários pesquisadores chegaram a um denominador comum, ou seja, se a velocidade máxima da partícula for menor do que 2,0 pol/s (5,1 cm/s), isso resulta em baixa probabilidade de ocorrência de danos estruturais; acima de 2,0 pol/s (5,1 cm/s), a probabilidade de danos aumentaria.

Bauer e Calder (1977) estabeleceram danos para equipamentos e estruturas como: casas teriam fendas na argamassa em torno de 2 pol/s (5,1 cm); já blocos de concreto em casas novas teriam fendas a partir de 8 pol/s (20,4 cm/s).

Choe (1978) propõe instalar uma faixa de segurança para a velocidade da partícula em função da classe da estrutura. Como se observa na próxima tabela:

Tabela II.05 - Critério de segurança para a velocidade da partícula e classe estrutural:

Velocidade da partícula (mm/s)	Classe	Tipo da Estrutura
100	A	Estrutura de construção substancial
50	B	Estrutura relativamente nova e em boas condições
25	C	Estrutura relativamente velha e em condições ruins
13	D	Estruturas residenciais velhas e em piores condições

II.4 CONCEITO DE ESCALA DE DISTÂNCIA

Escala é a designação do relacionamento do movimento vibratório em várias distâncias de uma dada detonação e a mesma relacionada com o peso da carga explosiva. O fator escala é baseado nos menores parâmetros que se utilizam para medir distâncias.

A fórmula empírica do conceito escala relaciona à velocidade máxima da partícula para a escala de distância tem sido desenvolvida a partir de resultados obtidos no campo. A escala de distância D/Q^2 (alguns autores utilizaram a relação $D/Q^{1/3}$) combina o efeito do peso da carga total de explosivo por espera Q . Na fórmula empírica, há valores do local K e m , o qual permite a influência das características locais da rocha na razão da velocidade máxima da partícula: Figura II.03.

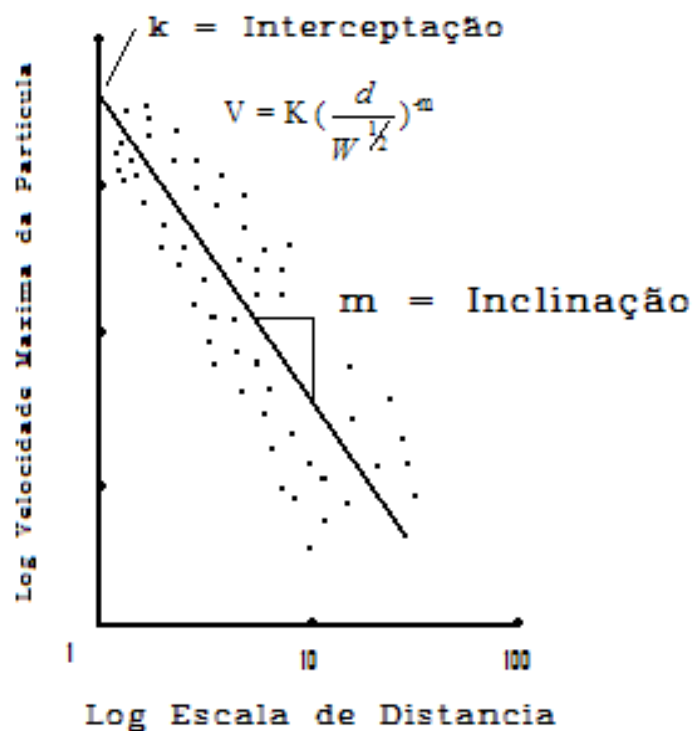


Figura II.03 - Gráfico de determinação dos fatores do ambiente: K e m . (Fonte: Atlas Powder Company – 1990).

V_p = Velocidade máxima da partícula (pol/seg)

d = Distancia entre ponto de detonação e a residência mais próxima (pés).

W = Peso total de explosivo em libras.

K, m = Fatores do ambiente (local)

Na área próxima a uma detonação, a influência das características locais das rochas na atenuação do movimento é resultante da heterogeneidade natural do sistema maciço, por isso é quase impossível realizar uma previsão teórica da atenuação na razão do movimento esperado para um determinado local. Essa dispersão do movimento é atribuída a três mecanismos:

- 1 – viscosidade amortecida da vibração do subsolo, um efeito mais pronunciado em altas frequências e acompanhado pela tendência para frequências mais baixas de vibração com o aumento da distância de uma detonação;
- 2 – absorção da energia por atrito na movimentação da onda, a qual é maior para rochas com grãos grosseiros na estrutura e alta porosidade, por efeito de transmissão elástica da onda;
- 3 – a dispersão do movimento da onda devido às reflexões em descontinuidade em corpos heterogêneo, na qual interações entre pulsos refletidos são frequentemente acompanhados por uma tendência para selecionar atenuantes em frequências mais baixas na vibração.

A presença de juntas, fraturas, falhas e zonas cisalhantes que interceptam o curso de uma onda colaboram para dispersão dos valores máximos da vibração.

As influências das características do maciço rochoso são extremamente complexas para ser teoricamente calculado. O mecanismo de atenuação do movimento atribuído às

propriedades das rochas tende a reproduzir a movimentação final da onda. Assim como pela determinação da atenuação dos fatores locais por um programa de monitoramento de detonação, o nível máximo resultante de futuras detonações naquele local específico poderá ser previsto.

Segundo Bollinger (1971), as equações desenvolvidas na época representavam o mínimo recomendado para a segurança em regiões onde ocorressem detonações, e as inequações desenvolvidas para a escala de distância estabelecida para uso de campo são:

$$D/Q^{1/2} \geq 50 \text{ pés/lb}^{1/2} \quad (1)$$

$$D/Q^{1/2} \geq 20 \text{ pés/lb}^{1/2} \quad (2)$$

A primeira inequação (1) foi recomendada para locais onde não existe monitoramento. Por esse motivo, havia um fator de segurança embutido em tal inequação. A segunda inequação (2) foi apenas recomendada para locais onde foram realizadas leituras recentemente, e se a velocidade máxima da partícula for menor do que 2 pol/s (5,1 cm/s).

Valores típicos para distâncias seguras em detonações, utilizando-se das escalas de distância de 50 e 20, são tabulados na Tabela II.06.

Tabela II.06 – Valores típicos para as escalas de distância de 50 pés/lb^{1/2}e 20 pés/lb^{1/2}.

Distância segura para edificações com relação às detonações (pés)	Carga máxima por espera (lb)	
	$D/Q^{1/2}$ (pés/lb) ≥ 50	$D/Q^{1/2}$ (pés/lb) ≥ 20
100 (30,5 m)	4	25
500 (152,5 m)	100	625
1.000 (305 m)	400	2.500
2.000 (710 m)	1.600	10.000

Fonte (Atlas Powder Company, 1987)

II.5 CRITÉRIO DE DANOS DE DETONAÇÕES PARA AS VARIÁVEIS: VELOCIDADE DE PARTÍCULA VERSUS FREQUÊNCIA

Em decorrência de algumas reclamações, organizações recomendaram um aumento no fator de segurança da primeira inequação de 50 para 60 pés/lb^{1/2} (página 20) e redução da velocidade máxima da partícula para 1,0 pol/s (2,54 cm/s) para a segunda inequação.

Em 1976, Medearis reportou que não bastaria apenas especificar a velocidade máxima da partícula, sem mencionar as frequências dominantes e a excitação das estruturas. Suas principais conclusões foram:

- edificações baixas são tipicamente caracterizadas como tendo frequências naturais entre 4 a 30 Hz;
- a velocidade máxima da partícula pode ser prevista com maior confiabilidade do que a resposta estrutural;
- o corpo humano tem boa percepção de vibração, mas essa percepção não pode e não deve ser relacionada a danos estruturais.

Em 1973, Siskind relata um exemplo extremo (estudo envolvendo danos por explosivos militares) em que resultados preliminares de testes em dois blocos de concreto e estruturas de dois edifícios sugerem que houve danos quando a velocidade máxima foi de 8 pol/s (20,4 cm/s).

Segundo Siskind (1973), para Nicholls *et al* (1971), o nível de vibração de 2 pol/s (5,1cm/s) é considerado ponto de separação entre a zona segura e a zona de danos. O mesmo notou que a unidade ER de Crandel (1949) é proporcional ao quadrado da velocidade do movimento:

$$ER = 4\pi^2 V^2$$

onde: ER a relação energética

V a velocidade máxima em pol/s.

O USBM, em 1974, começou por reanalisar o problema de danos de detonações, e, em 1980, Siskind et al publicou os resultados de um estudo de vibrações produzidas por detonações em 76 casas, onde ocorreram 219 detonações; este estudo foi publicado no relatório interno RI 8507 do USBM, tendo como principais conclusões:

- a velocidade da partícula é ainda o melhor e mais simples parâmetro de dados a ser trabalhado;
- a velocidade da partícula é a mais prática descrição para regulamentar os danos em potencial para uma classe de edificação com respostas características bem definidas;
- em locais onde se carece de qualquer tipo de informações, o responsável pela detonação deve ter uma configuração mais conservativa, elevando o valor da inequação 1 (página 20) para o valor 70 pés/lb^{1/2}. O nível típico de vibração nesta escala de distância deve ser de 0,08 a 0,15 pol/s (0,2 a 0,38 cm/s);
- o potencial de danos para baixas frequências de detonação (<40 Hz) é consideravelmente maior do que para altas frequências (>40 Hz);
- um critério de segurança prático adotado para baixas frequências é a velocidade da partícula, seja de 0,75 pol/s (1,9 cm/s) – para casas modernas, e 0,50 pol/s (1,3 cm/s) – para casas com paredes internas de madeira com gesso. Para frequências acima de 40 Hz, a velocidade recomendada é de 2,0 pol/s (5,1 cm/s) para todas as casas;

O Escritório de Superfície de Minas dos Estados Unidos (OSM) publicou em 1983 a regulamentação final, no que concerne ao uso de explosivos para o controle de vibrações no subsolo e impacto de ar. Estas regulamentações aplicam-se apenas a

operações em mineração de carvão, para controle dos efeitos das detonações; outras organizações de minerações, todavia, têm optado por esses critérios.

A regulamentação da OSM foi derivada em parte do relatório interno RI 8507 do USBM, sendo elaborada para oferecer mais flexibilização na prevenção de danos a propriedades. A regulamentação da OSM oferece ao responsável pela detonação uma escolha do emprego de três métodos de prevenção de danos:

- método 1 – Limitando o critério de velocidade da partícula, requer que cada detonação seja monitorada por um sismógrafo capaz de monitorar a velocidade máxima da partícula, providenciando que a velocidade máxima da partícula fique abaixo do nível especificado na Tabela II.07;

- método 2 - Equação do critério de escala de distância requer que o responsável pelo projeto desenvolva-o de acordo com a Tabela II.08, a qual especifica a escala de distância e projeta fatores para uso em várias distâncias entre a residência e o local da detonação, sem a necessidade de um monitoramento sísmico;

Tabela II.07 – Velocidade máxima permitida da partícula em várias distâncias do local da detonação.

Distância da detonação (pés)	Velocidade máxima permitida da partícula (pol/s)
0 a 300 (0 a 91,5 m)	0,75 (1,9 cm/s)
301 a 5.000 (91,8 a 1525 m)	1,00 (2,54 cm/s)
> 5.000 (1525 m)	1,25 (3,2 cm/s)

A equação da escala de distância é definida como:

$$D/Q^{1/2} = DE$$

onde: DE = fator da escala de distância, obtido da Tabela II.06 (página 20);

D = distância do local da detonação para a residência em pés;

Q = peso do explosivo dado em libras por espera de 8 milisegundos.

A quantidade do explosivo em lb/espera, pode ser determinada por:

$$Q = (D/DE)^2.$$

Tabela II.08 - Fatores das escalas de distâncias permitidas para várias distâncias do local da detonação.

Distância do local da detonação (pés)	Fator da escala de distância para ser usado sem monitoramento sísmico
0 a 300 (0 a 91,5 m)	50
301 a 5.000 (91,8 a 1525 m)	55
> 5000 (1525 m)	65

- método 3 – Critério do nível de detonação em gráfico permite ao responsável fazer uso do limite da velocidade da partícula com a frequência.

Este método requer análise de frequência da detonação que gera a onda de vibração, bem como a medida de velocidade da partícula para cada detonação. Neste caso, a forma da onda deve ser analisada para determinar as frequências dominantes e a velocidade da partícula correspondente para aquelas frequências. Em muitos casos, a

instrumentação eletrônica e a análise digital por um sismologista competente serão necessárias para quantificar a intensidade de cada frequência. Esse método pode representar o melhor meio de avaliar o potencial de danos para estruturas residenciais, bem como incômodo humano para detonações.

II.6 DISTÂNCIA ESCALONADA

O conceito de Distância Escalonada é uma ferramenta para prever a velocidade máxima da partícula quando ambas variam: as cargas por espera a serem detonadas (Q), e a distância das mesmas a uma fonte de referência (D). As duas escalas de maiores utilizações são: a Distância Escalonada em raiz quadrada da carga ($D/Q^{1/2}$) e a Distância Escalonada em raiz cúbica da carga ($D/Q^{1/3}$). A escala em raiz cúbica deriva de uma base para determinação da frequência máxima, enquanto a escala em raiz quadrada deriva do modelo de atenuação de propagação da onda em uma carga cilíndrica. Mas hoje existe uma grande tendência dos investigadores pela utilização da Distância Escalonada em raiz quadrada da carga.

II.6.1 Derivações da Distância Escalonada em Raiz Cúbica da Carga

O estudo em raiz cúbica da carga com parâmetros de menores dimensões não é um conceito novo, tem sido usado por anos em conexão com modelo em pequena escala de explosões nucleares e tem sido sugerido para vibrações originadas em detonações de explosivos por Hendron (1969).

Hendron (1969) considerou as variáveis da Tabela II.09 por serem significativas em controle de vibrações. De acordo com Buckingham, teorema de π (π), análise da menor dimensão (Langhan, 1951), existem seis parâmetros de menor dimensão independentes associados com o fenômeno da detonação. Esses parâmetros são: μ/D ;

μ'/c ; $\mu''D/c^2$; ft ; tc/D ; e $E/\rho c^2 D^3$. os quatros primeiros termos contêm dependentes variáveis, e os dois últimos são combinação de variáveis independentes.

Como a densidade (ρ) para as rochas varia em média menos de 20%, e a velocidade sísmica das mesmas não varia mais do que um fator de dois, a variação de E e D é muito mais significativa do que ρ e c . Desprezando a variação de ρ e c , μ/D , $E/\rho c^2 D^3$, e μ'/c vem de μ/D e E/D^3 e μ' , ainda que eles sejam uniformes, eles não são as menores dimensões, podendo ser comparados quando ρ e c sejam relativamente constantes.

Tabela II.9 - Variáveis consideradas na análise dimensional no fenômeno da explosão.

Variável Analisada	Símbolo	Dimensão
Variável Independente		
Energia liberada pela explosão (por espera)	E	Fl
Distância da fonte (do explosivo)	D	l
Veloc. da onda elástica do maciço rochoso	c	lt^{-1}
Densidade do maciço rochoso	ρ	Ft^2l^{-4}
Tempo	T	lt
Variável dependente		
Deslocamento máximo da partícula	μ	l
Velocidade máxima da partícula	μ'	lt^{-1}
Aceleração máxima da partícula	μ''	lt^{-2}
Frequência do movimento	F	t^{-1}

F – força; l – comprimento; t – tempo. Fonte: Ambraseys e Hendron (1968).

Estudos prévios (Devine, 1966) têm mostrado que a velocidade máxima da partícula em vibração no solo está relacionada ao peso da carga máxima por espera Q , ou à massa de explosivos detonados no mesmo instante de tempo. É comum, nos tempos atuais, considerar o peso Q a ser detonado dentro do período de espera de 8 ms.

Entretanto, a possibilidade da onda de reforço, a qual muda o efeito do peso, é determinada por outros fatores, incluindo a velocidade de propagação no meio, a distância entre as cargas e a direção na qual a detonação progride. Assim, é sugerido que cada caso seja analisado em seu próprio mérito (Oriard e Emmert, 1980).

A teoria da elasticidade, através da equação do movimento da onda para uma propagação esférica de uma fonte de um corpo infinito, prediz que a velocidade máxima da partícula diminuirá numa taxa proporcional a $(1/D)^n$; onde n é igual a 2, próximo à perturbação e 1 em grandes distâncias. Ondas superficiais tais como as ondas Rayleigh decaem em “ n ” de $1/2$. Os dados obtidos até hoje (Dowding 1985) indicam que os valores máximos decaem proporcionalmente a $1/D^{2,8}$ próximo às perturbações e de $1/D^{1,6}$ com o aumento das distâncias quando Q é mantido constante.

II.6.2 Distância Escalonada em Raiz Quadrada Versus Distância Escalonada em Raiz Cúbica

A escala em raiz quadrada é mais tradicional do que a escala em raiz cúbica. Ambas as aproximações são empregadas para comparar dados de campo e prever a atenuação ou diminuição da velocidade máxima da partícula. Escala em raiz quadrada é baseada na observação de uma carga distribuída num longo cilindro (furo de detonação). Assim, por unidade de comprimento do furo, se a densidade é constante, o diâmetro do furo é proporcional para a raiz quadrada do peso da carga.

Na Figura II.04, para estimativas preliminares, a parte superior do limite (curva B) deveria ser empregada. As curvas A e B refletem resultados dispersos de operações típicas de detonações. A curva C deveria ser usada para Pré-Splitting, crateras e início de novas bancadas.

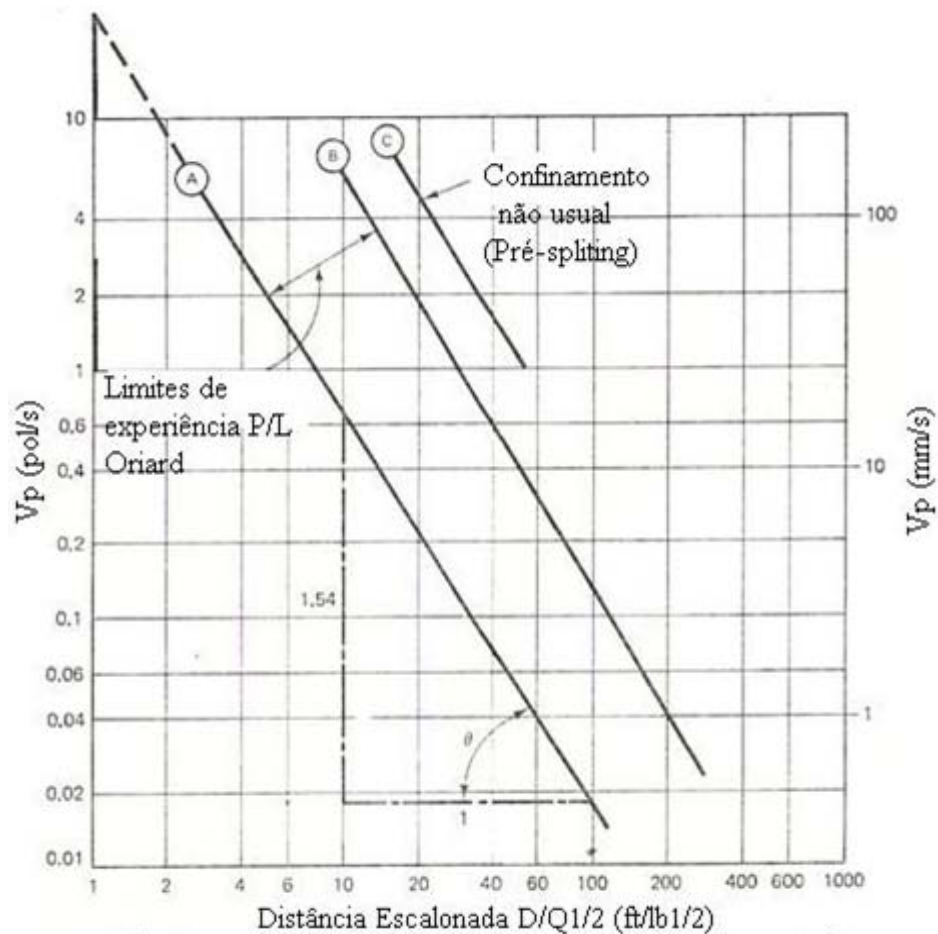


Figura II.04 - Velocidade máxima do componente da partícula versus Distância Escalonada quadrática para determinação da atenuação. (Fonte Hendron e Oriard – 1972).

Diferenças práticas no uso da raiz cúbica ou da raiz quadrada atenuam o relacionamento: Figura II.05. O relacionamento entre a distância e a carga que produz uma velocidade máxima de 51 mm/s (2 pol/s) e as escalas em raiz cúbica e em raiz quadrada não aparentam diferenças significativas de 6 a 31 m (20 a 100 pés). Além dos 31 m, a escala em raiz quadrada é mais conservativa; e quando a distância é menor do que 6 m, a escala em raiz cúbica é mais conservativa:

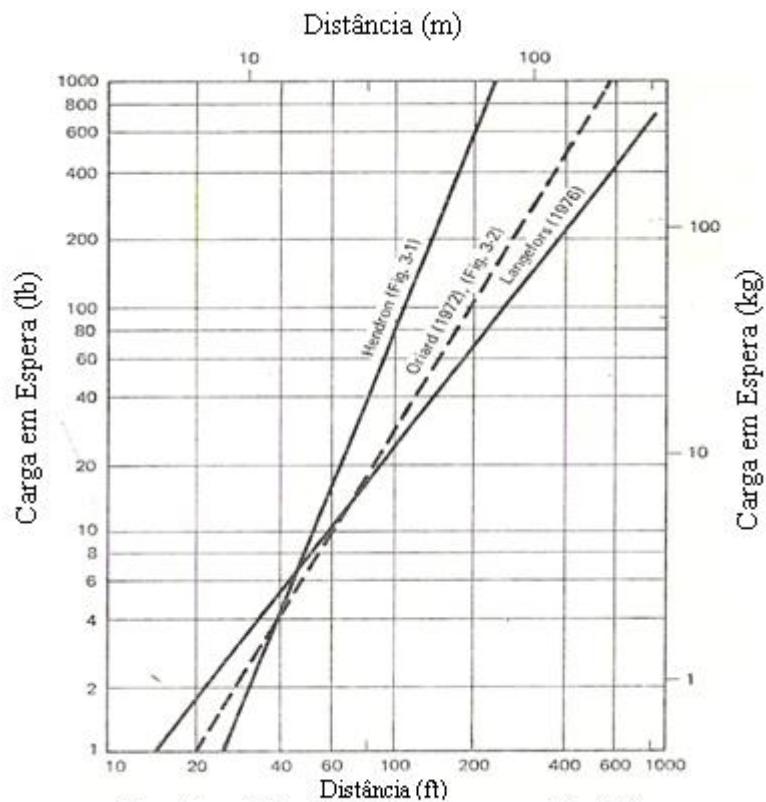


Figura II.05 - Três escalas técnicas para previsão de 51 mm/s (2,0 pol/s) (Fonte Dowding - 1985).

Jaeger e Cook (1969) concordam que o peso da carga por tiro Q , a distância entre o tiro e a estrutura D são os dois mais importantes parâmetros para determinar a velocidade da partícula. Sendo as relações de velocidade máxima da partícula V_p (cm/s), para propagação esférica e propagação cilíndrica, respectivamente:

$$V_p = K(Q/D)^{1/3}$$

$$V_p = K(Q/D)^{1/2},$$

Onde: K é uma constante que depende do tipo de explosivo e das propriedades da rocha.

Esteves (1969), apresentando alguns resultados obtidos no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC - Portugal), recomenda duas equações para Distância

Escalonada, tendo igual relação $D/Q^{1/3}$; onde a primeira equação é para valores superiores a $10 \text{ pés/lb}^{1/3}$ e a segunda equação para valores menores do que $10 \text{ pés/lb}^{1/3}$:

$$V_{ra} = 360 (D/Q^{1/3})^{-1,6} (\text{pol/s}),$$

$$V_{ra} = 6000 (D/Q^{1/3})^{-2,8} (\text{pol/s}),$$

Onde: V_{ra} é a velocidade radial

D a distância entre os pontos de explosão e de observação expresso em pés

Q a carga máxima por tiro expresso em libras.

Para Siskind (1973), o fator mais comum usado na Distância Escalonada (DE) tem sido a raiz quadrada, embora alguns investigadores utilizem a raiz cúbica. Mostra-se que a distância da carga (D) é a escala da raiz quadrada para o peso da carga (D):

$$DE = D/Q^a,$$

Onde: a assume o valor de 0,5, mas, na realidade, esse valor é uma aproximação de 0,515, que é o fator que melhor se adapta para distâncias em pés. O mesmo não é empregado por todos os investigadores que fazem uso da raiz quadrática.

Hendron (1977), para uma faixa maior do que 10 pés (3,05 m) para uma Distância Escalonada em $\text{pés/lb}^{1/3}$, chegou a valores idênticos a Esteves (1969), para o qual a velocidade radial (V_{ra}) é dada por:

$$V_{ra} = 360 (D/Q^{1/3})^{-1,6} \text{ pol/seg},$$

Sendo D , a distância da carga em pés

Q a carga máxima por espoleta em libras.

Hendron (1977), Oriard (1971) Devine e Duval (1963) e Devine (1966), entre outros, preferem o uso da Distância Escalonada em raiz quadrada. Para eles o uso da Distância Escalonada em raiz cúbica para a produção de detonações é menos conservadora do que o uso em raiz quadrada. A decisão, então, deve ser influenciada pelo número de testes adequados e a dispersão dos resultados.

Barroso (1979) desenvolveu um método de controle de vibração no desmonte de rocha em pedreira de granito e aplicou a equação que, segundo ele, relaciona melhor a velocidade máxima da partícula (V_p), a distância da carga ao ponto da leitura (D em metros) e a carga máxima em espera (Q em quilogramas):

$$V_p = K (D/Q^{1/2})^{-m} \text{ (mm/s),}$$

Onde: K é um fator de correção (para o local estudado $K = 136,7$), e m um fator que avalia o amortecimento (para o mesmo local $m = 1,75$) ou absorção da energia dinâmica na propagação da onda através do maciço rochoso.

Saad *et al* (1983), estudando o nível de vibração oriunda de detonações em maciços basálticos da Bacia do Alto do Paraná e, a partir dos valores de V_p (velocidade da partícula em mm/s), Q (carga detonada em kg) e D (distância da medição a carga detonada em m), obtidos em detonações ocorridas em onze obras, totalizando 791 observações, obteve, pelo método dos mínimos quadrados, as equações para as escalas cúbica e quadrática respectivamente:

$$V_p = 134,04 (D/Q^{1/3})^{-1,35} \text{ (escala cúbica);}$$

$$V_p = 57,24 (D/Q^{1/2})^{-1,30} \text{ (escala quadrática).}$$

O mesmo Saad, utilizando a regressão múltipla, encontrou uma equação que apresentou uma correlação semelhante à quadrática e diferente da cúbica. Essa equação foi adotada como modelo para a execução dessas obras:

$$V_p = 85,30 Q^{0,61} D^{-1,36}.$$

Esparza (1985), conduzindo um programa experimental para obter medições diretas numa Distância Escalonada com pequenas cargas esférica de seis diferentes altos explosivos, também fez uso da Distância Escalonada em raiz cúbica (DE):

$$DE = D/Q^{1/3},$$

Onde: D é a distância do centro da fonte explosiva (pés/m)

Q, a massa da carga explosiva (lb/kg).

Cintra (1985) destaca que a velocidade da partícula é ainda o melhor caminho para estudar a vibração e danos em potenciais para uma determinada classe de estruturas. Ele expõe ainda que operador que deseja ser liberado da responsabilidade de medir a velocidade da partícula nas detonações pode usar a Distância Escalonada com valor fixo de $32 \text{ m/kg}^{1/2}$ ($DE = D/Q^{1/2}$). Onde os níveis de vibração desta Distância Escalonada devem variar de 2,0 a 3,8 mm/s. Por exemplo, se o operador deseja saber qual a distância mínima para detonar 50 kg por espera: $32 \times 50^{1/2} = 226 \text{ m}$.

Bauer e Crosby (1990) afirmam que, de uma forma geral, o fator escala é baseado na distância, sendo derivado do efeito da dispersão geométrica do movimento da detonação de uma explosão. A energia total introduzida no solo pela carga detonada varia diretamente com o peso da carga. Considerando a bancada ou a malha, a relação

da coluna do explosivo para o seu diâmetro numa razão maior do 6:1, expansão da onda da carga é adotada como uma expansão cilíndrica; o volume deste cilindro de compressão varia com o quadrado do raio. Neste caso, o movimento da partícula em um dado ponto será inversamente proporcional ao quadrado da distância da detonação.

Bauer (1990) também combina o efeito do peso (Q) da carga com a distância (D) na dispersão geométrica da vibração na forma $D/Q^{1/2}$, “Distância Escalonada”, obtendo uma equação empírica para a velocidade máxima da partícula (V_p):

$$V_p = K(D/Q^{1/2})^{-m},$$

Em que: K e m são fatores locais (características geológicas) de cada vibração e podem ser determinados do gráfico log x log na relação escala de distância.

Beshsara (1994) cita que a característica da onda de detonação gerada em uma explosão depende da **energia do explosivo** e da natureza do meio através no qual a onda se propaga. Ele faz uso da lei da Distância Escalonada em raiz cúbica.

Berta (1994), estudando parâmetros que influenciam a vibração, cita que a velocidade de vibração resultante de uma denotação é diretamente proporcional à energia desenvolvida durante a reação explosiva, e é inversamente proporcional para a distância do ponto de detonação. Entretanto, na equação de propagação da vibração de partícula, ele utiliza o peso da carga explosiva por espera (Q), e não, a energia do explosivo.

Na prática, esse estudo é baseado na equação: $V_p = K (D/Q^{1/2})^{-m}$.

Os valores da velocidade de vibração (V_p em mm/s) e a Distância Escalonada ($D/Q^{1/2}$ em $m/kg^{1/2}$) são respectivamente a ordenada e a abscissa de um gráfico bi logarítmico. O valor do fator K e m (características do tiro e do solo respectivamente) são obtidos desse gráfico bi logarítmico.

Para Jimeno (1995), à medida que se vai afastando do local da detonação, a grandeza das vibrações vai diminuindo de acordo com a equação:

$$V_p \propto 1/D^b,$$

Onde: o valor de b está próximo de -1,6. Outro efeito da distância é a atenuação da alta frequência: como o solo atua como um filtro através do qual a baixa frequência passa, e, desta maneira, em longas distâncias, a vibração no solo terá um nível de maior energia na faixa de baixa frequência.

Jimeno (1995) cita que Blair e Duval (1954), e Duval e Petkof (1959) chegaram à mesma conclusão de Ambraseys e Hendron (1968) e Dowding (1971), partindo da suposição de que a coluna de explosivos é uma esfera simétrica e tendo a velocidade da partícula (V_p) como a principal característica dos parâmetros de vibração, dada por

$$V_p = K(D/Q^{1/3})^{-m},$$

Onde: K e m são constantes empíricas.

Para Duval (1963) e Devine (1962), se cargas cilíndricas são usadas, então a distância deveria ser dividida pela raiz quadrada da carga. Essa fórmula tem sido mais largamente utilizada pela maioria dos investigadores, órgãos públicos e por fabricantes de explosivos.

Segundo Jimeno (1995) e Ghosh e Daemo (1983), considerando no maciço rochoso uma absorção não elástica, e que existe uma queda na exponencial da velocidade (V_p) sendo proporcional a $e^{-\alpha D}$, e que a exponencial da carga (Q) dependerá da geometria desta, sendo usado $1/3$ para cargas esféricas e $1/2$ para cargas cilíndricas, e que as equações para esses exponenciais respectivamente são:

$$V_p = K(D/Q^{1/3})^{-m} e^{-\alpha D}; V_p = K(D/Q^{1/2})^{-\alpha D},$$

onde: K e α são constantes dependente das características do maciço rochoso

D é a distância da detonação ao ponto de medição.

Ma *et al* (1998), modelando a propagação da onda induzida por explosões subterrâneas simuladas, assumindo como modelo um maciço rochoso isotrópico, homogêneo e contínuo, aplica a seguinte relação cúbica para a velocidade máxima da partícula (V_p):

$$V_p = 1,8 (D/Q^{1/3})^{-2,5}, (\text{mm/s})$$

Onde: Q é o peso da carga (kg) equivalente em TNT; D é a medida da distância do centro da carga (m), utilizando, para isso, uma carga equivalente em TNT de 606 kg, localizada a 115 m de profundidade.

Para Crosby (1998), quando a coluna do explosivo se apresenta em um modelo cilíndrico tendo uma relação maior do 6:1 do comprimento em relação ao diâmetro (Figura II.06), a expansão da frente de onda adota um modelo de expansão cilíndrica. O volume de compressão desse cilindro varia com o quadrado do raio. Desta maneira, a

velocidade máxima da partícula (V_p) em um determinado ponto da detonação será inversamente proporcional para o quadrado da distância de uma explosão.

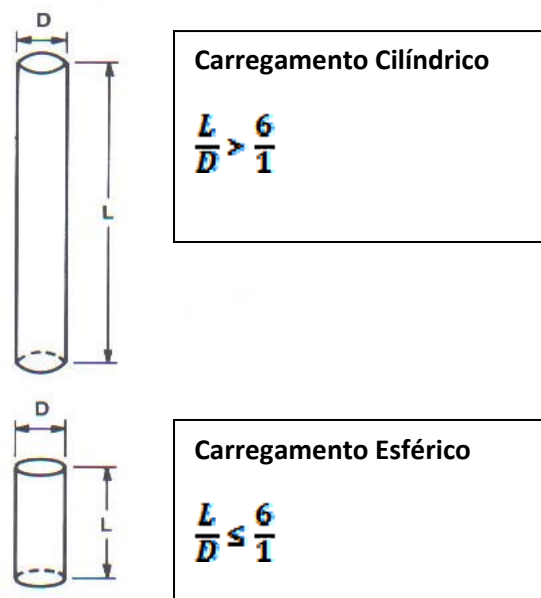


Figura II.06 – Distinção entre Carga cilíndrica e carga esférica.

(Fonte Atlas Powder Company – 1987).

Neste caso, a Distância Escalonada combina o efeito do peso da carga (Q) em uma dispersão geométrica da vibração na distância (D) na forma $D/Q^{1/2}$, numa equação empírica na forma:

$$V_p = K (D/Q^{1/2})^{-m},$$

Sendo: K e m os fatores do ambiente para cada componente da vibração, os quais são influências das características geológicas e podem ser determinados de um gráfico logaritmo da velocidade máxima da partícula versus escala de distância.

Quando a relação comprimento da carga/diâmetro é menor do que 6:1 (Figura II.06), então deve ser levada em conta uma aproximação de um modelo esférico, e a detonação terá um modelo de expansão volumétrica esférica. A expansão da onda ocorre numa razão cúbica para a distância de uma detonação. Dessa maneira, é natural que a escala de distância para pequenas distâncias de uma fonte explosiva seja proporcional à relação $D/Q^{1/3}$ para acomodar essa dispersão esférica. Em grandes distâncias essa relação deverá retornar a relação quadrática como resultado da natureza semi-infinita do solo. Ainda de acordo com Crosby (op. cit.), uma espera de 15 ms ou maior tem sido suficientemente grande para isolar individualmente a ação das cargas detonadas no meio rochoso.

Dinis da Gama (1998) cita que a Distância Escalonada em raiz cúbica é válida para a vizinhança imediata das explosões e que a transição para Distância Escalonada em raiz quadrada resulta da modificação de características de atenuação da onda, ao passar de uma forma instável para uma forma elástica estável, em distâncias maiores da origem da explosão. O autor sugere ainda adotar um critério conservador para proteger as edificações, ou seja, utilizar-se da seguinte inequação:

$$D \geq 22,5 \times Q^{1/2}.$$

Wu *et al* (1999), em uma análise probabilística em granito, utilizando-se de cargas explosivas simuladas de 5 a 50kg, para uma distância máxima de até 1,5m, usam na determinação da velocidade máxima da partícula (V_p) a equação:

$$V_p = 0,396 (D/Q^{1/3})^{-1,1455} \text{ (m/s)},$$

Onde: D é a distância medida ao centro da carga (m); Q é o peso da carga (kg) equivalente em TNT.

Gabino (1999) relaciona a velocidade máxima da partícula versus a distância, faz uso da Distância Escalonada em raiz quadrada. Lima (2001), em um estudo de caso na Mina Timbopeba em Ouro Preto (MG), também se utiliza da mesma equação da Distância escalonada.

$$V_p = K(D/Q^{1/2})^{-m}$$

Onde: V_p é a velocidade da partícula (mm/s); Q é a carga por espera (kg); D é a distância (m) entre o sismógrafo e a carga explosiva; K e m são constantes e dependem das características das rochas e do maciço rochoso em estudo (diáclases, fraturas, densidade, módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, presença de fluidos etc.). Portanto, esses valores são características de cada área em trabalho.

Lima (2001) ressalta que o número de medições necessárias para determinar a lei de atenuação dos terrenos depende das características geológico-estruturais da área. Materiais homogêneos apresentam baixos índices de dispersão e a lei pode ser determinada utilizando-se um número reduzido de pontos. Contudo, situações de materiais mais anisotrópicos e formações geológicas heterogêneas requerem um maior número de medidas de forma a diluir a influência dos valores discrepantes.

Jacinto *et al* (2001), num trabalho experimental e usando análise computacional em cargas explosivas, utilizam, para distâncias menores do que 1 m, a relação da Distância Escalonada (DE) definida por:

$$DE = D/Q^{1/3},$$

Onde: D é a real distância de uma carga explosiva (m) e Q é o peso da carga explosiva (kg).

Rose e Smith (2001), conduzindo um experimento de cargas confinadas em áreas urbanas a fim de analisar a influência de parâmetros geométricos, principalmente sobre a reflexão que ocorre devido às fundações das edificações, que acarretam no que se conhece por “efeito cânion”, fazem a aplicação em Distância Escalonada pequena (DE):

$$DE = D/Q^{1/3},$$

Onde: D é a distância (m) da carga confinada e as fundações e Q é o peso do explosivo (kg).

Esen e Bilgin (2001), monitorando as vibrações oriundas de detonações de uma mina de carvão na Turquia (Yeniköy Lignite Mine), fazem uso da equação de Dowding (1985) para a velocidade máxima da partícula (Vp):

$$V_p = K [D/Q^{1/2}]^{-b},$$

Onde: D é distância da medida do ponto de detonação (m); Q é o peso máximo da carga em espera (kg); K e b são fatores do ambiente local.

Kope *et al* (2001) monitoraram um desmonte de rocha com explosivo em condições de risco elevado na zona urbana de Porto Alegre (RS), visto que a distância entre os pontos de detonações e um posto de gasolina girava em torno dos 15 m. O trabalho consistia da abertura de uma vala para a passagem da tubulação do esgoto. A malha foi realizada com perfuração de pequeno diâmetro ($1^{1/4}$ pol), com profundidade variável entre 0,8 a 1,6m. O explosivo utilizado foi uma emulsão, iniciado por tubo de choque (brinel). A carga máxima por espera variou entre 0,3 a 1,1kg. Para determinar o limite da carga, foi usada a Distância Escalonada (DE), numa relação quadrática, onde DE deve ser maior ou igual a 40.

Dallora Neto (2004) e Dinis da Gama (2001) citam que vários especialistas indicam a relação $Q/D^{1/3}$, que é válida para detonações vizinhas às estruturas, e que a mudança do expoente D (de 1/3 para 1/2) é resultado da modificação da característica da atenuação da onda ao passar de uma forma instável para uma forma estável, a distâncias maiores do ponto de acionamento das cargas.

A experiência também mostra que a lei empírica de propagação é essencialmente baseada em cargas cilíndricas, e a consideração de uma simetria cilíndrica na propagação implica em uma lei quadrática de atenuação.

Zhang (2004), em estudos de danos reais oriundos de detonações, fez uso da Distância Escalonada em raiz cúbica, fixando o valor da escala em 25, ou seja:

$$DE = D/Q^{1/3} = 25,$$

Onde: D é a distância do centro de explosão (40 m); Q é o peso da carga em espera da explosão (4,3 kg).

Concluiu o lógico – que, para solos congelados, a velocidade de uma onda sísmica é maior do que para solos não congelados.

Svinkin (2005), ao analisar problemas ambientais decorrentes das vibrações em obras civis à sugestão de Wiss (1981), utilizaram a versão da Distância Escalonada para calcular a velocidade máxima da partícula (V_p) da vibração do solo numa distância (D), de uma fonte normalizada como fonte de energia (Q):

$$V_p = K [D/Q^{1/2}]^{-m} \text{ (mm/s)},$$

Onde: K é um fator dependente das condições do solo e o tipo da fonte dinâmica; o valor de m é obtido pela inclinação da reta plotada num gráfico log x log entre o intervalo de 1,0 e 2,0.

Kahriman *et al* (2006) realizaram medições de vibrações oriundas de detonações em bancadas na mina de Hisarcik Boron, na Turquia. Monitorando mais de trezentas detonações que utilizaram explosivos ANFO e uma gelatina, fizeram uso de espoletas elétricas de retardo. Neste trabalho eles fazem uso da Distância Escalonada em raiz quadrada (DE):

$$DE = D/Q^{1/2},$$

Onde: D é a distância máxima entre o tiro e a estação de monitoramento (m);

Q é a carga máxima por espera (kg).

Fazendo uso da equação de previsão para a velocidade máxima da partícula (V_p), que é uma das mais utilizadas pelos investigadores:

$$V_p = K (DE)^{-B},$$

Onde: K é o coeficiente de transmissão do solo; B é a constante específica geológica, sendo obtida através de regressão linear do gráfico log x log, nele são encontrados os valores de K igual a 561 e B igual a 1,432.

Khandelwal e Singh (2007), analisando a previsão dos níveis de vibrações induzidas por detonações em uma mina de Magnesita, na região do Himalaia, na Índia, para calcular a carga máxima a ser detonada a fim de evitar reclamações em duas vilas próximas à mineração, aplicaram a equação do USBM (Duvall e Fogelson, 1962) para a velocidade máxima da partícula:

$$V_p = K (D/Q^{1/2})^{-B},$$

Em que as constantes do local K e B podem ser determinadas pelo gráfico na escala log x log entre a Distância Escalonada em raiz quadrada ($D/Q^{1/2}$) e a velocidade máxima da partícula. O valor de K encontrado é 47,92, e o valor de B é 0,5529.

E que na aplicação da equação de Ambraseys – Hendron (1968) para a velocidade máxima da partícula tem-se:

$$V_p = K (D/Q_{\max}^{1/3})^{-B},$$

Aqui as constantes do local K e B são determinadas pelo gráfico na escala log x log entre a Distância Escalonada em raiz cúbica ($D/Q^{1/3}$) e a velocidade máxima da partícula. O valor encontrado para K é 56,47, e o valor de B é 0,4489.

Convém salientar que o trabalho a ser desenvolvido tratar da ação energética total (resultante de análise química estequiométrica, isto para tornar prático e acessível à interpretação dos dados) como um fator de medição de danos decorrentes de detonações a explosivos químicos. Autores como Hinzen 1998, lembram que a energia termoquímica decorrente de detonações é o somatório das energias, térmicas, mecânicas e sísmicas, e ao mesmo tempo o autor citado executa a partição das diversas parcelas energéticas contribuintes das detonações em fogos amortecidos realizados em túneis.

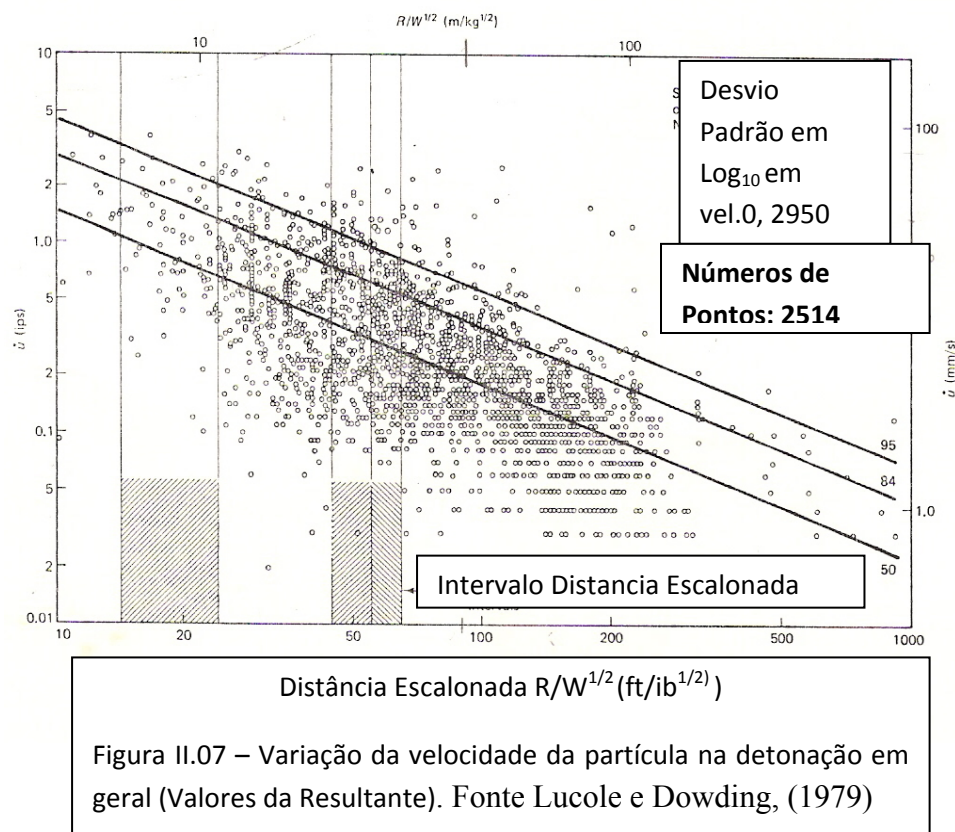
Concluindo que apenas a parte sísmica contribui com uma pequena percentagem da energia total e esta é a grande responsável pelo fraturamento primário, (teoria de Grift, mecânica de fraturas).

Após análise do assunto, a interferência ou diferença entre um estudo utilizando energia total termoquímica, e utilizando apenas a energia sísmica, os resultados obtidos em termos de velocidade de partículas pouco interferem em termos práticos quando se analisa danos decorrente de detonações a explosivos termoquímicos, ou seja, se a energia termoquímica aumenta as diversas parcelas energéticas também aumentam nas mesmas proporções.

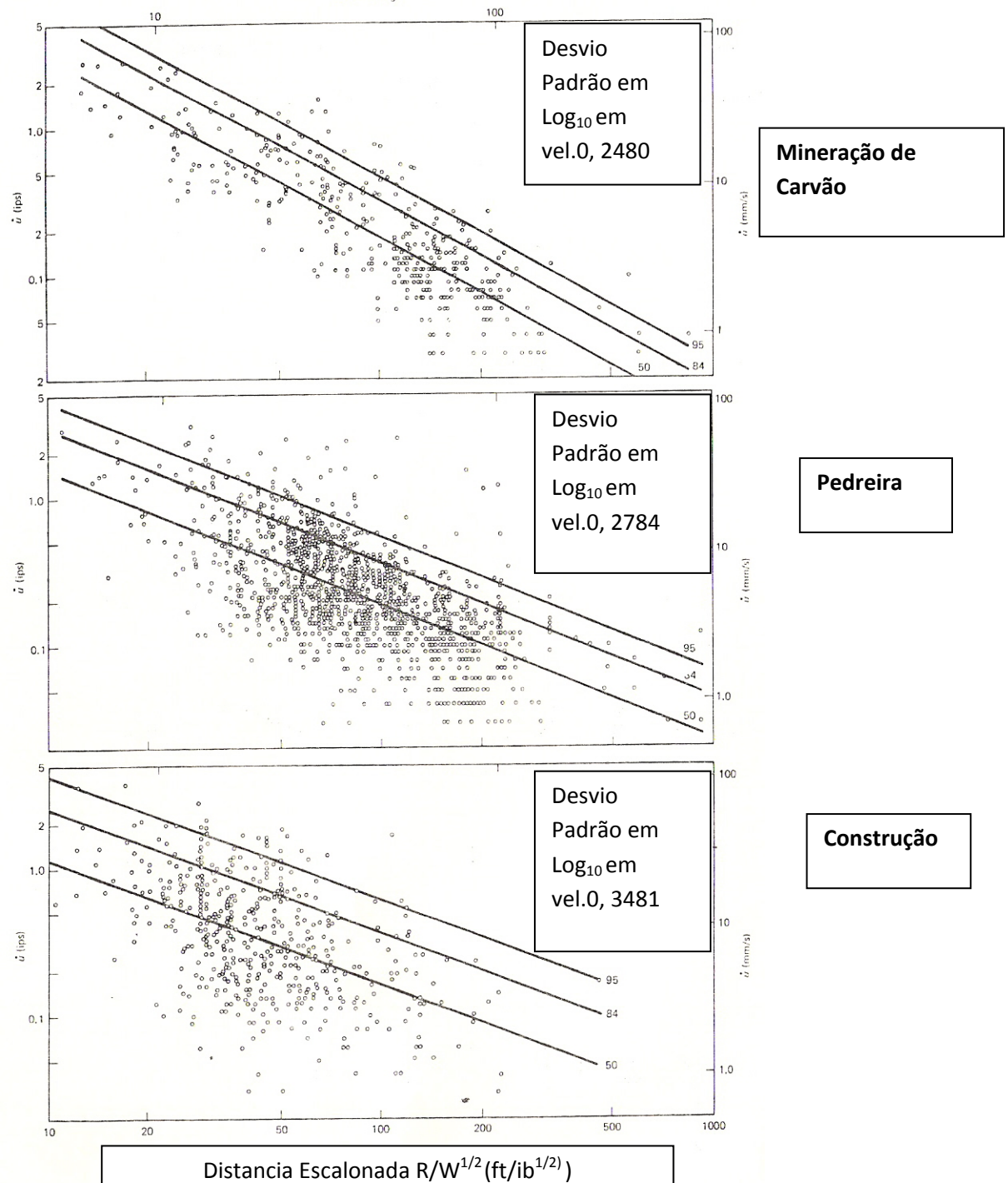
II.6.3 Estudo Estatístico da Dispersão da Velocidade Máxima

Em uma coleção de dados da Distância Escalonada para determinação do relacionamento da velocidade da partícula resultará um bom padrão de dispersão. Devido às dispersões, mais rigor é requerido para os projetos de detonações com base nas taxas de velocidade máxima provável da partícula do que em valores médios. Figuras II.07, e II.08.

Muitos fatores são responsáveis pelas variações das velocidades das partículas (Figura II.07) numa dada Distância Escalonada. Lucole e Dowding (1979) afirmam que, para as dispersões, eles incluem desde mudanças de condições geológicas, diferenças entre tipos de explosivos, diferenças dos tipos de ondas, diferenças na geometria das detonações, bem como erros na adaptação das detonações e medidas.



Variações na velocidade da partícula também são segregadas por mineração, pedreiras e construção civil e estão representados na Figura II.08. Diferenças em metodologias de detonações, plano de fogo, tipo de explosivos e geologia tendem a serem associados a um determinado tipo de indústria; e para estender estes dados, eles refletem a faixa de práticas dentro de cada uma das indústrias:



Distancia Escalonada $R/W^{1/2}$ (ft/ib^{1/2})

Figura II.08: Variação da velocidade da partícula de acordo com a aplicação. (Fonte Dowding – 1985)

II.7 DANOS DE DETONAÇÕES PARA TÚNEIS E MACIÇO ROCHOSO

Estudos realizados em túneis não são abundantes como os executados para estruturas na superfície. Apenas algumas relações empíricas têm sido estabelecidas por alguns pesquisadores:

Langefors *et al.* (1948) prevêem quedas de rochas fraturadas no contorno de um túnel para velocidades de partícula que excedam a 12 pol/s (30,5 cm/s), e ruptura nas rochas a partir de 24 pol/s (71 cm/s).

Oriard (1970) relata que, na superfície de contorno do maciço rochoso, devem ocorrer danos em velocidade de partícula acima de 25 pol/s (71,5 cm/s).

Bauer e Calder (1978) previram critérios de danos para maciços rochosos baseados na tensão produzida pela velocidade da partícula em movimento no subsolo devido às detonações, Tabela II.10.

Tabela II.10 – Critério de Danos em Rochas e Maciços.

Velocidade Máxima da Partícula (pol/s)	Efeitos no Maciço rochoso
< 10 (25,4 cm/s)	Não há fraturas nas rochas, rocha sã.
10-25 (25,4-63,4 cm/s)	Menor tendência de ocorrer fraturas nas rochas.
25-100 (63,5-254 cm/s)	Maior tendência de ocorrer fraturas nas rochas.
> 100 (254 cm/s)	Completa quebra da rocha ou do maciço.

Stagg e Dowding (1980), após um estudo em minas de carvão, concluíram que as frequências de vibração nestas minas são sempre mais baixas que aquelas geradas em pedreiras e trabalhos em construção civil; o que seria justificado pelo comprimento da coluna do explosivo, pela complexidade geológica e pela cobertura.

De acordo com Jimeno (1995), 90% das detonações em minas de carvão produzem frequências de vibrações abaixo de 20 Hz; enquanto que, nas pedreiras, 80% das detonações têm frequências entre 4 e 20 Hz. Para o mesmo Jimeno, o fenômeno das frequências baixas é mais claramente percebido em detonações subaquáticas ou em massas rochosas que estão saturadas com água.

Para Franklin (1989), as frequências compreendidas na faixa entre 5 a 20 Hz são aparentemente as que registram maiores reclamações.

CAPÍTULO III

PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS

III.1 INTRODUÇÃO

Serão apresentadas as principais normas européias, americanas, brasileiras, asiática e a norma australiana, que fazem referência ao limite de vibração oriunda de detonações em que as estruturas podem suportar.

III.1 NORMA ALEMÃ (DIN 4150)

Segundo Bacci *et al* (2003), antes dos anos 80, vigoravam duas normas distintas na Alemanha. Com o transcorrer dos anos, e após a unificação das Alemanhas em 1989, a Norma DIN 4150 (Deutsches Institut für Normung, 1986) foi adotada como norma-padrão e tem sido atualizada desde então. Essa Norma fornece os valores limites de velocidade de vibração de partícula em mm/s, relacionada à frequência em Hz, e às condições das edificações no que se refere à zona de riscos.

Segundo Cadavid (2003), a Norma DIN 4150 foi separada em três partes e atualizada: 1 – previsão dos parâmetros de medição (2001b); 2 – efeitos nas pessoas dentro das edificações (2001c); e 3 – efeitos nas estruturas (2001a).

As três classes de edificações definidas pela norma são: edifícios estruturais; habitações; monumentos e construções delicadas. Já as frequências são analisadas nos intervalos: menores que 10 Hz, entre 10-50 Hz e valores entre 50-100 Hz. Os valores de velocidade de vibração de partícula definidos variam de 3mm/s, no caso de

monumentos e construções delicadas com frequências inferiores à 10Hz; até 50mm/s, no caso de estruturas industriais com frequência entre 50 - 100Hz. Esses dados estão apresentados na tabela III.1.

Tabela III.1 - Valores admitidos pela norma alemã DIN 4150 para danos em edifícios (Bacci 2000, Jimeno 1995, adaptado de Berta, 1985).

Tipos de Estrutura	Fundação			Andar mais alto dos edifícios
	Frequência (Hz)			Qualquer frequência
	<10	10-50	50-100	
Industrial	20mm/s	20-40mm/s	40-50mm/s	40mm/s
Habitações	5mm/s	5-15mm/s	15-20mm/s	15mm/s
Edifícios delicados	3mm/s	3-8mm/s	8-10mm/s	8mm/s

III.2 NORMA ITALIANA (UNI 9916)

Trata-se de uma norma de 1991, referente à metodologia de indagação e, portanto, não estabelece valores-limites. A norma fornece um guia para a escolha do método apropriado de medida, de tratamento de dados e de avaliação dos fenômenos vibratórios produzidos nos edifícios, com os seguintes objetivos:

- a) avaliar que tipo de vibração pode afetar a estrutura do edifício;
- b) verificar a presença ou não de danos estruturais atribuídos à superação dos limites de vibração;
- c) avaliar o comportamento do edifício quando submetido a cargas dinâmicas acidentais;

Essa norma tem um caráter geral e não se refere aos efeitos das vibrações; considera os fenômenos vibratórios não necessariamente produzidos por desmontes com cargas explosivas; caracteriza-se por gamas de frequências compreendidas entre 0,1 e

150Hz, levando em conta os fenômenos vibratórios. Os parâmetros seguidos para a caracterização das vibrações são:

- a) duração e amplitude da vibração;
- b) campo de frequência de interesse;
- c) características dimensionais do elemento estrutural do qual é avaliada a resposta em função do tipo de edificação, das características do terreno e das frequências naturais.

Para edifícios com menos de quatro andares, sugerem-se dispor os geofones próximo à fundação e no último andar; enquanto que, para edifícios com mais de quatro andares, é aconselhável colocar os geofones em andares intermediários. A norma italiana não apresenta novidades e segue os conceitos básicos e limites da DIN 4150.

III.3 NORMA SUÍÇA (SN 640 312 a)

Antes de 1992, a Suíça adotava uma norma referente aos valores para salvaguardar a integridade dos edifícios; referia-se à componente vertical da velocidade, medida na fundação das edificações.

A norma introduzida em abril de 1992 abrange os efeitos nos edifícios, acrescentando critérios de avaliação dos danos materiais; mantendo, no entanto, os valores de V_p mostrados na tabela III.2.

Para Cadavid (2003), essa norma foi elaborada para ser aplicada às vibrações causadas por explosões, máquinas e tráfego; vibrações essas que podem causar dano cosmético à edificação. Essa também é a única norma a mencionar o tempo de duração

da vibração independente da fonte e que não leva em consideração a percepção humana, assim como os danos em aparelhos delicados.

Tabela III.2 - Valores sugeridos pela norma suíça. Os valores de V_p foram medidos para fontes de vibração de tipo ocasional. (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Borla, 1993).

Tipo de Estrutura	Frequência (Hz)	Velocidade máxima de vibração da partícula (V_p) (mm/s)
I. Edifícios de concreto armado	10-60	30
	60-90	40
II. Construções normais de edifícios	10-60	18
	60-90	18-25
III. Habitações	30-90	12-18
IV. Edifícios delicados	10-60	8
	60-90	8-12

III.4 RECOMENDAÇÕES FRANCESAS

Atualmente, estão em vigor, na França, duas recomendações diferentes. A recomendação sugerida pela *Association Française des Travaux en Souterrain* (AFTES), de 1974, e a Circular, proposta pelo Ministério do Ambiente, em julho de 1986, ampliada em setembro de 1993.

A recomendação AFTES subdivide os edifícios em três classes:

- a) tipo A - edifício de baixa qualidade mecânica (muros deformados);
- b) tipo B - construções de média qualidade mecânica (sem deformações aparentes);
- c) tipo C - construções de boa qualidade mecânica (fundações profundas);

Os limites sugeridos de velocidade são mostrados na Figura III.1. As três curvas possuem um ponto de inflexão na abscissa, correspondente ao discriminante de frequência.

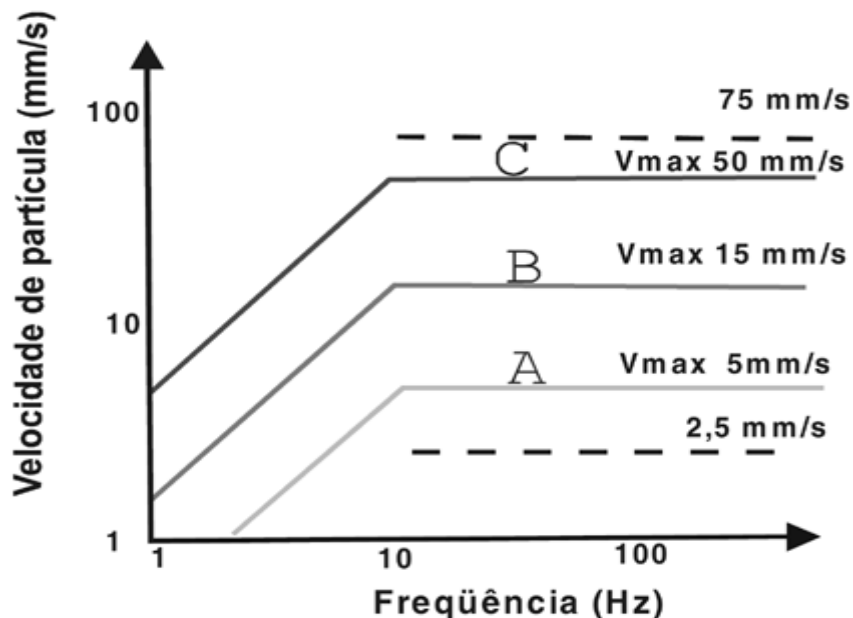


Figura III.1 – Diagrama proposto pela AFTES das vibrações admitidas para as três classes de estrutura (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Anon, 1974; in Borla, 1993).

Para cada tipo de construção, admite-se, conforme o tipo de terreno, a velocidade de vibração da partícula mostrada na tabela III.3.

Tabela III.3 - Valores de velocidade de vibração de partícula, segundo a AFTES, 1974. (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Weber et al. 1974; in Fornaro, 1980).

Tipo de terreno (VL – velocidade de propagação da onda em m/s)	Tipo de construção e V _p (mm/s)		
	A	B	C
1500	2,5	7,5	25,0
3000	5,0	15,0	50,0
4500	7,5	22,5	75,0

A - edifício de baixa qualidade mecânica;

B - edifício de média qualidade mecânica;

C - edifício de alta qualidade mecânica.

A Circular do Ministério do Ambiente da França (de julho de 1986) divide as construções em três classes: resistentes, sensíveis e muito sensíveis; para as quais, porém, os limites máximos de velocidade são estabelecidos em função de três diferentes bandas de frequência (tabela III.4).

A Circular de 1986 não é específica para os trabalhos com explosivos em cavas. Sendo assim, uma nova Circular (de setembro de 1993) estendeu a Circular anterior às cavas, com os seguintes valores:

- para frequências compreendida entre 2 e 8Hz: $V_p = 5 \text{ mm/s}$;
- para frequências compreendida entre 8 e 30Hz: $V_p = 9 \text{ mm/s}$;
- para frequências compreendida entre 30 e 159Hz: $V_p = 12 \text{ mm/s}$.

Tabela III.4 - Limites de velocidade de vibração de partícula (V_p) sugeridos pela Circular do Ministério do Ambiente francês (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Kiszlo, 1993, in Borla, 1993).

Tipos de construções	Frequência (Hz)		
	4-8	8-30	30-100
	Velocidade da partícula (mm/s)		
Edifícios resistentes	8	12	15
Edifícios sensíveis	6	9	12
Edifícios muito sensíveis	4	6	9

Existem recomendações, datada em outubro de 1991, relativo às vibrações em mineração, recomendando à limitação das vibrações induzidas nas estruturas, a fim de garantir a sua integridade (Figura III.2).

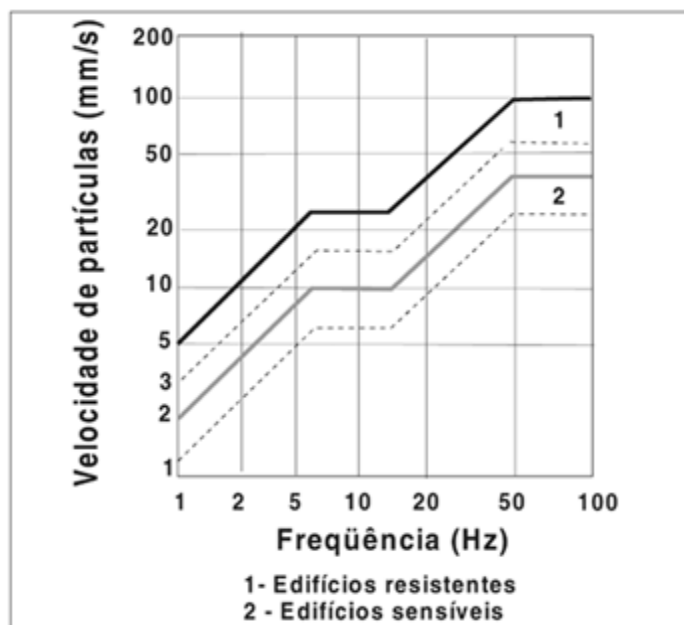


Figura III.2 – Diagrama dos valores de velocidade de vibração. As curvas tracejadas representam o limite inferior. (Fonte: Bacci, 2000, modificado de Anon, 1991; in Borla, 1993).

III.5 NORMA PORTUGUESA (NP-2074)

Datada de 1983, a norma portuguesa (“avaliação da influência nas construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares”) estabelece de modo conservador os limites de vibração aceitáveis em função de três variáveis distintas, (Gama 1997):

- características do terreno;
- tipo de construção;
- número médio de solicitações.

Esteves (1994) propôs, além da consideração das características anteriormente mencionadas, a consideração da frequência, e que o parâmetro usado para avaliar o nível de vibração será a soma vetorial das três componentes ortogonais da velocidade de partícula, ou, simplesmente, tomando-se o valor máximo de cada eixo. O resultado

desse estudo é mostrado na tabela III.5. Os valores-limite são estabelecidos de acordo com as características das condições da fundação, do tipo de construção e das forças dinâmicas.

Tabela III.5 - Limites dos valores de vibração de partícula em mm/s (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Esteves, 1994).

Tipo de solo			
	Solos incoerentes (areias inconsolidadas).	Solos de consistência muito dura, dura e média; solos compactos incoerentes	Solos de alta coerência e rochas.
Velocidade da onda	$C_p < 1000 \text{ m/s}$	$1000 < C_p < 2000 \text{ m/s}$	$C_p > 2000 \text{ m/s}$
Frequência (Hz)			
	< 10	10 a 40	> 40
Tipos de construção	Velocidade da partícula (mm/s)		
Construções especiais (museus, prédios altos edificios históricos).	03	05	10
Construções normais (habitações).	05	10	20
Construções reforçadas (prédios à prova de terremotos).	15	30	60

III.6 NORMA SUECA (SS 460 48 66 1991)

Bacci *et al.* (2003) informa que a norma sueca foi aprovada em 1989 e revisada em 1991. Essa norma prevê a medida da componente vertical do vetor de velocidade de vibração da partícula como parâmetro de controle das vibrações nos edificios, (Borla, 1993).

Os níveis estipulados não consideram, entretanto, a perturbação nos seres humanos ou possíveis danos em aparelhos sensíveis.

Para casas antigas, com fundações de baixa qualidade, o valor de V_p permitido é 50mm/s; e, no caso de edifícios de concreto leve, o limite chega a 35mm/s. Muitos valores que ultrapassaram 110mm/s, nos estudos quando de definição dessa norma, foram registrados sem causar nenhum tipo de dano em construções com fundações sólidas. Construções de concreto armado, escavadas diretamente em rocha, puderam suportar valores de V_p acima de 150mm/s.

III.7 NORMAS INGLESAS

As normas britânicas mais relevantes são: BS 5228 (1997) - Controle de Ruído e Vibração em Construções e Áreas a Céu Aberto; BS 6472 (1992) - Guia para Avaliação da Exposição Humana à Vibração em Edifícios; BS 7385 (1990) - Avaliação e Medições de Vibração em Edifícios.

Para Bacci *et al* (2003) a norma BS 7385, na sua primeira parte datada de 1990, discute as medições de vibração em edifícios, em termos gerais, e com maior atenção para a investigação de danos, já na parte 2 (1993), esta norma acrescenta a percepção humana na BS 6472 (1992). Esses estudos definem quatro parâmetros que podem ser utilizados para definir a grandeza da vibração no terreno, são eles: deslocamento, velocidade, aceleração de partícula e frequência. Sendo a velocidade máxima (V_p), o módulo do vetor soma das velocidades. O limite de variação da frequência é de 5 a 40Hz; com níveis predominantes de 20 a 30Hz, no caso de rochas mais rijas, e de 5 a 15Hz, no caso de minerações em rochas com menor competência.

A norma BS 7385 parte 2 (1993) define três tipos de danos em residências: danos cosméticos, danos menores e danos maiores ou estruturais. Esses valores são baseados

em termos de Velocidade da partícula e frequência. Para danos cosméticos, os valores-guia são de 15mm/s a uma frequência de 4Hz, aumentando para 20mm/s a 15Hz e 50mm/s para $f > 40\text{Hz}$. Danos menores são possíveis com grandezas de vibração maiores que duas vezes aquelas dadas para os danos cosméticos (micro fendas); danos maiores, ou danos à estrutura, são possíveis quando os valores são maiores que quatro vezes os valores estipulados para danos cosméticos.

A frequência menor que 4Hz, onde alto deslocamento está associado com a componente da velocidade máxima da partícula, um deslocamento máximo de 0,6mm é recomendado. Esse deslocamento é equivalente para uma velocidade de vibração de 3,7 mm/s a 1Hz (Appendix 12 - 2006).

Para níveis de vibração em locais em que se encontram equipamentos de precisão e sensíveis em operações, recomenda-se a velocidade de vibração da partícula de 0,5 a 2 mm/s. Já para grandes computadores e instrumentos eletrônicos, recomenda-se uma velocidade de 1,0 a 5 mm/s.

A Norma BS-5228 - Parte 4 (1992) recomenda que estruturas livres e flexíveis apresentem patamares-limite (acima dos quais ocorrerão danos) de 20mm/s, para vibrações intermitentes, e 10mm/s, para vibrações contínuas; enquanto que as construções pesadas e rígidas apresentam patamares superiores a 30mm/s, para vibrações intermitentes, e 15mm/s, para vibrações contínuas. Em baixas frequências (abaixo de 10 Hz), grandes deslocamentos e deformações elevadas permitem valores de V_p mais baixos (50% a menor); enquanto que, em alta frequência (acima de 50 Hz), deformações bem menores permitem que o limite de V_p aumente (100% a maior).

III.8 NORMA ESCOCESA PAN 50

Essa norma, publicada em fevereiro de 2000, tem como base as normas britânicas BS – 6472 (1992) e BS – 7385, parte 1 (sobre a medição) e parte 2 (sobre os efeitos, 1993). Esta norma PAN 50 (Planning Advice Notes) atua no impacto sobre o meio ambiente, construções e pessoas.

Os pontos principais tratados nessa norma, que se referem às vibrações produzidas pelas explosões são:

- 1 – lugar onde se devem realizar as medições;
- 2 – os níveis de amplificações nas estruturas numa faixa entre 5 a 40 Hz;
- 3 – tipos de danos produzidos pelas vibrações (tabela III.6);
- 4 – os efeitos com a geologia sobre as vibrações, Cadavid (2003).

Tabela III.6 – Valores da velocidade máxima da partícula associados a diferentes tipos de danos.

Tipos de danos	Características	Valores indicativos (mm/s) para frequências indicadas		
		< 4 Hz	4 – 15Hz	> 15Hz
Cosméticos	Formação de gretas finas, aumento de fendas no teto.	15	20	50
Médio	Formação de gretas largas, caídas de revestimento do teto e gretas em blocos de concreto e ladrilhos.	30	40	100
Estrutural	Danos em elementos estruturais	60	80	200

Uma das recomendações interessantes dessa norma consiste em limitar o nível de vibrações a 6 mm/s, otimizando, assim, o número de detonações. Como esses níveis de

vibrações são pequenos, seria necessária a realização de mais furos, o que tornaria essas detonações antieconômicas.

III.9 NORMA ESPANHOLA UNE 22-381-93

A norma espanhola de “Controle de Vibrações Produzidas por Detonações” (AENOR, 1993), elaborada pela Associação Espanhola de Normalização e Certificação, tem como objetivo principal estabelecer um procedimento de estudo e controle de vibrações produzidas pelas explosões em trabalhos de exploração de minas, canteiros, obras civis, demolições e outras técnicas que requeiram o uso de explosivos.

Se o tipo de estrutura não se encontra em nenhuma das classes da tabela III.7, então a entidade municipal responsável pelo planejamento é encarregada de ajustar os critérios com o fim de velar pela segurança de pessoas e instalações, dependendo do tipo de projeto e da estrutura, Cadavid (2003).

III.10 NORMAS NORTE-AMERICANAS - USBM (RI 8507) e OSMRE

Para Bacci *et al* (2003), a maioria dos trabalhos do USBM correlaciona os parâmetros deslocamento, frequência, velocidade máxima de partícula e distância segura com a energia liberada na detonação.

Duvall e Fogelson (1962) concluíram que danos em residências são proporcionais à velocidade de vibração de partícula e que danos maiores (queda de reboco ou rachaduras) podem ser esperados a partir de V_p de 190 mm/s (7,6 pol/s). Já danos menores (trincas no reboco, abertura de rachaduras preexistentes) podem ser esperados a partir de V_p de 140 mm/s (5,6 pol/s).

Tabela III.7 - Valores de velocidade máximos em mm/s e frequências para a prevenção dos danos, segundo a norma espanhola UNE 22-381-93.

Tipo de Estrutura	Frequência Principal ^a (Hz)		
	2 – 15 Vel. ^b	15 - 75 Desl. ^c	>75 Vel.
I Edifícios industriais leves com estruturas de concreto armado ou metálicas	20	0.212	100
II Edifícios de vendas, oficinas, escolas e etc., cumprindo a norma espanhola. Edifícios e estruturas de valor arqueológico, arquitetônico ou histórico que no presente possua sensibilidade especial às vibrações.	9	0.095	45
III Estruturas de valor arqueológico, arquitetônico ou histórico que apresentam sensibilidade às vibrações por elas mesmas ou por elementos que podiam conter.	4	0.042	20

Com base em AENOR (1993).

^a No trecho de frequências compreendido entre 15 e 75 Hz, nos quais o nível está dado em deslocamento, pode-se calcular a velocidade equivalente conhecendo a frequência principal através da equação

$$V = 2\pi f d,$$

Onde: V é a velocidade de vibração equivalente em mm/s; f é a frequência principal em Hz e do deslocamento admissível em mm indicado na tabela.

^b Velocidade máxima em mm/s.

^c Deslocamento máximo em mm.

O Boletim 656, publicado pelo *Bureau of Mines* em 1971, intitulado "Blasting Vibrations and Their Effects of Structures", recomenda uma velocidade máxima de partícula de 51 mm/s (2,0 pol/s) como o nível de segurança para as construções civis.

O critério atual de danos desenvolvido pelo *United States Bureau of Mines* (USBM) baseia-se nas pesquisas realizadas em minerações a céu aberto e publicadas em 1980 no *Report of Investigation* RI 8507, intitulado "Structure Response & Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting" (Siskind et al, 1980).

Siskind (2000) cita que a norma do USBM teve origem em mais de 718 estudos de observações de detonações e mais de 233 documentos de observação de fendas; e que a mesma não é uma norma, mas um resumo dos relatórios dos investigadores sobre os efeitos das vibrações produzidas pela mina de carvão Ayrshire-Indiana sobre residências vizinhas, Cadavid (2003). Mesmo não sendo uma norma, seus valores limites de danos para fendas cosméticas são aceitos em todo mundo.

Os níveis de vibração de partícula seguros foram definidos como "níveis com improbabilidade de produzir fissuras no interior de residências ou quaisquer outros danos". Esses níveis são apresentados na tabela III.8 e são definidos como limites conservativos. Os valores foram muito criticados pela indústria por serem considerados desfavoráveis à produção.

Tabela III.8 - Níveis seguros de velocidades de vibração da partícula para estruturas civis (Fonte: Bacci 2000, Jimeno 1995, adaptado de Siskind et al., 1980).

Tipo de estrutura	Vp (mm/s)	
	Baixas frequências $f < 40 \text{ Hz}$	Altas frequências $f > 40 \text{ Hz}$
Casas modernas – paredes interiores pré-moldadas em gesso, sem revestimento	19	50
Casas velhas – paredes interiores com gesso ou revestimento de madeira	12,7	50

O USBM e o *Office for Surface Mining Reclamation and Enforcement* (OSRME) estabeleceram dois critérios para o controle dos danos provocados pelas vibrações no terreno. Os dois critérios que são mostrados na Figura III.3, Svinkin (2005), constituem uma referência de velocidade máxima de vibração de partícula (Vp) em função da frequência.

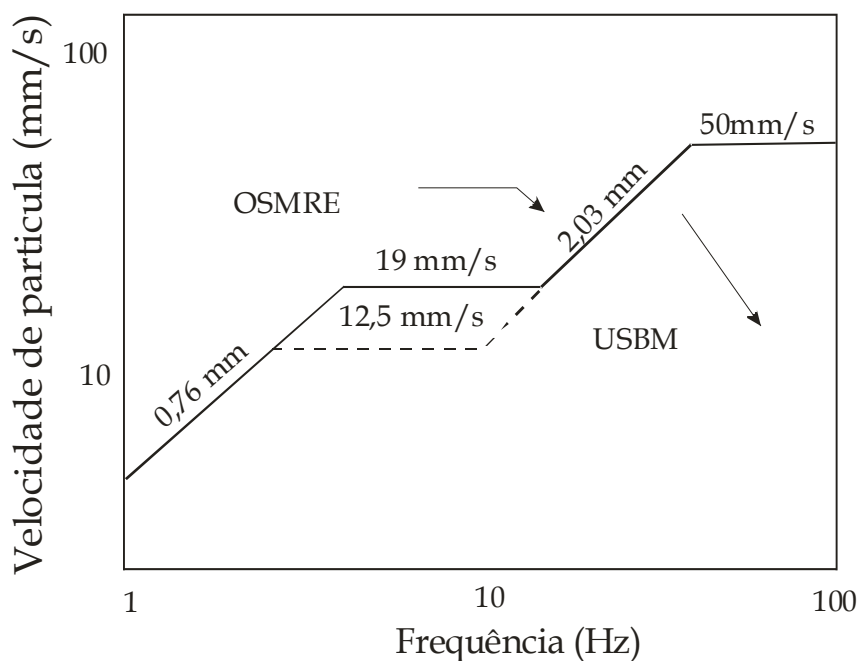


FIGURA III.3 – Diagrama representando os limites de Vp e de deslocamento, sugeridos pelo USBM e OSMRE, medidos em mm/s e mm, respectivamente, em função da frequência em Hz. A linha tracejada embaixo refere-se aos valores propostos pelo USBM para paredes rebocadas. (Fonte: Bacci 2000, Crosby 1998, modificado de Berta 1985).

O OSMRE (OSM 817.67), desenvolvida inicialmente para uso em mineração de carvão, prevê vários procedimentos para determinar os limites da velocidade da vibração da partícula, tabela III.09, dependendo do nível de monitoramento disponível, Cadavid (2003).

Tabela III.09 - Recomendações da OSM (*Use of explosives: control of adverse effects*)

Distância para área de detonação	Velocidade máxima da partícula (mm/s)	Distância Escalonada recomendada quando não existe avaliação por instrumentação ($\text{m/kg}^{1/2}$)
0 a 90 m	32	22,30
90 a 1.500 m	25	24,50
> 1.500 m	19	29,00

III.11 NORMA BRASILEIRA (NBR 9653)

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desde 1983, vem coletando e analisando dados técnicos da bibliografia internacional e associando-os à experiência nacional, através da sua Comissão de Estudos (CE - 18.205.02).

Segundo Bacci *et al.* (2003), a experiência brasileira advém de trabalhos em pedreiras operando junto à periferia das grandes concentrações urbanas, em especial, no litoral paulista e na Grande São Paulo. Em média, a área urbanizada se constitui de residências modestas, construídas por população de baixa renda. Esses trabalhos foram analisados, estatisticamente, com os seguintes objetivos:

- a) caracterizar as condições médias de operação das pedreiras, que correspondem às condições econômicas favoráveis;
- b) caracterizar o nível de vibração correspondente àquelas condições econômicas de operação.

Observando-se as correlações existentes entre as variáveis envolvidas no fenômeno: carga máxima por espera (Q), a distância (D) e velocidade de vibração de partícula (Vp) observada ou medida nos trabalhos realizados, conclui-se que:

- a) no caso geral (227 medições), para todas as rochas estudadas (gnaisse, granito, calcário e basalto), não foram observados valores de velocidade de vibração de partícula (Vp) superiores a 15mm/s, a partir de 200m das detonações;
- b) para a faixa de valores de D (distância) inferiores a 200m, sugeriram-se limites do uso da carga máxima por espera (Q), de modo a não excederem os valores de velocidade de vibração da partícula (Vp) em 15mm/s (Bacci *et al.*, op. cit.), ou seja:

- para $140\text{ m} < D < 200\text{ m} \Rightarrow Q < 100\text{ kg/espera}$
- para $40\text{ m} < D < 140\text{ m} \Rightarrow Q < 30\text{ kg/espera}$

Com base nas análises realizadas, a CE (comissão de estudos) - 18.205.02 redigiu e aprovou a norma NBR 9653 e estabelece que, para preservar a segurança de população e edificações circunvizinhas, a velocidade de vibração de partícula resultante (V_p) não deve ultrapassar 15 mm/s como limite máximo de vibração admissível nos arredores da área de operação das pedreiras, Dallora Neto (2004), Kope *et al* (2001). A norma também estabelece que o lançamento de fragmentos e sobre pressões atmosféricas excessivas não devem ocorrer de forma alguma.

Para locais onde não se conhece o comportamento sísmico da rocha, a norma recomenda que se utilize para cálculo da carga máxima por espera o critério da distância escalonada (DE) = $d/Q^{1/2}$. Onde DE deve ser maior ou igual a 40, ou seja, tomando-se a distância de 15 m , chega-se a uma carga máxima por espera de $0,140\text{ kg}$, (Kope *et al* 2001).

Tal norma recomenda o uso do valor da velocidade obtida pela soma vetorial resultante das três componentes ortogonais da vibração da partícula (Kope *op. cit.*, 2001 e Munaretti 1997). Também é definido o nível de sobre pressão sonora, medido além da área de operação, não devendo ultrapassar o valor de 134 dBL pico.

A norma brasileira não considera os valores de frequência dos fenômenos vibratórios para reduzir os riscos inerentes ao desmonte de rocha com o uso de explosivos (Ribeiro, 2003), nem determina os tipos de edificações afetadas pelas vibrações. Com isso, torna-se deficiente em relação às normas internacionais já mencionadas. Mendes (2000) narra que valores de frequência entre 4 a 28 Hz acarretam danos às estruturas, pois estão na frequência natural das residências. No entanto,

Sánchez (1995) esclarece que o aparelho de medição da velocidade da partícula deve ter uma resposta de frequência pelo menos na faixa compreendida entre 5 a 150Hz.

Dallora Neto (2004) cita que a ausência do fator frequência na norma brasileira deveria ser revista; o que, segundo Bacci (2006), aconteceu em 2004, quando os limites de vibração do terreno sugeridos pela NBR 9653 (2004) foram divididos em três faixas de acordo com a frequência das ondas sísmicas: a velocidade da partícula de 15 a 20 mm/s, para frequências abaixo de 15 Hz; de 20 a 50 mm/s, para frequências entre 15 e 40 Hz; acima de 50 mm/s, para frequências maiores do que 40 Hz.

III.12 CETESB D7.013

A CETESB estabeleceu critérios de avaliação de problemas ambientais através da norma interna D7.013, de 1992, com a qual se fixam as condições exigíveis para a atividade de mineração a céu aberto que utiliza explosivos, no que se refere ao controle de poluição e à conservação do meio ambiente. Esse critério avalia o incômodo gerado à população e não se refere aos danos em estruturas civis, como a NBR 9653.

Neste caso, a velocidade resultante de vibração de partícula é calculada do mesmo modo que na norma NBR 9653, a qual estabelece como valor máximo de V_p 3mm/s, medido na componente vertical. Quando a medição for realizada com utilização de instrumentos cujos resultados sejam a integração das três componentes, o valor máximo permitido para a velocidade de partícula da componente resultante é de 4,2mm/s, para que não haja incômodo à população, Bacci *et al.* (2006). Em ambos os casos, a medição deve ser feita fora dos limites da propriedade da mineração ou da área por ela ocupada sob qualquer forma como posse, arrendamento, servidão, concessão, etc., Dallora Neto (2004).

Quanto à instalação dos sensores, estes devem ser fixados rigidamente no solo, numa distância inferior a 10m da edificação mais atingida.

III.13 NORMA AUSTRALIANA

De acordo com Bacci *et al.* (2003), os critérios australianos para limitar os níveis de vibração a partir de desmontes com explosivos em rochas são baseados nas especificações dos seguintes órgãos:

- Comissão Estadual de Controle da Poluição (SPCC) do Manual de Controle de Perturbação Ambiental (*New South Wales*) – 1980;
- Conselho Ambiental Australiano (AEC) - Norma AS2187, Parte 2 de 1983 - uso de explosivos;
- USBM – Relatório Interno RI 8485.

O critério adotado pela SPCC para velocidade de vibração da partícula é o de não exceder 7mm/s, e as detonações deveriam ser realizadas no período das 9 às 15 horas, para se evitarem inversões térmicas, sendo requisitado o monitoramento de todos os desmontes do empreendimento.

A norma AS2187 (1983) adotou critérios referentes ao pico de velocidade de vibração da partícula, medido no terreno próximo à fundação da estrutura, como mostra a tabela III.10.

Em abril de 1986, o *Environmental Noise Control Committee of the Australian Environmental Council* (AEC) sugeriu algumas restrições:

- a) nível máximo permitido de velocidade de vibração da partícula de 5mm/s;
- b) o nível máximo pode ser excedido em 5% dos desmontes em um período de 12 meses, não ultrapassando nunca o valor de 10mm/s;

c) recomenda o valor de 2mm/s para o controle das vibrações;

d) as restrições quanto ao tempo e à frequência dos desmontes não se aplicam aos locais onde os efeitos das vibrações não são perceptíveis e a minas subterrâneas metalíferas.

Tabela III.10 - Valores máximos de velocidade de vibração da partícula, adotados pela Norma AS2187, segundo os tipos de construções civis (Fonte: Bacci, 2000, adaptado de Scott, 1996).

Tipos de construções	Velocidade máxima de vibração de partícula (mm/s)
Construções históricas e monumentos de especial valor ou significado	2
Casas e prédios residenciais de baixa altura	10
Prédios comerciais ou industriais ou estruturas de concreto armado ou ferro	25

III.14 NORMA INDIANA

O limite de vibração suportado pelas estruturas civis na Índia, nos arredores das minas a céu aberto, foi determinado pelo *Central Menem Research Institute* (CMRI), em 1991, através de um monitoramento da resposta estrutural de diversas construções. A tabela III.11 apresenta os resultados de tal estudo.

Os estudos apontam um valor para V_p de 5mm/s, medido na fundação das estruturas; é seguro a baixas frequências para qualquer tipo de estrutura residencial, mesmo se este se amplifique a nível mais alto, devido à ressonância.

Tabela III.11 - Valores-limite estabelecidos pelo CMRI para vibrações na fundação a diferentes níveis de frequência (Fonte: adaptado de Pal Roy, 1998).

Tipo	Especificações da estrutura	Valores de Vp (mm/s)	
		< 24 Hz	> 24 Hz
(a)	Construções domésticas, paredes interiores; pontes pré-moldadas em gesso; estruturas com reboco.	5	10
(b)	Prédios industriais, estruturas de concreto armado ou aço.	12,5	25
(c)	Estruturas de importância histórica; estruturas muito sensíveis; com mais de 50 anos de idade; estruturas em baixo estado de conservação e sem reparações.	2	5

A tabela III.12 mostra os valores mínimos de vibração e os danos que podem ser gerados nas estruturas, segundo estudos do CMRI em diversos tipos de residências.

Tabela III.12 - Valores mínimos de vibrações produzidas por desmontes nos quais ocorreram danos, medidos nas estruturas, segundo CMRI (1991).

Tipo de Ocorrência	Vp (mm/s)	Local de medição	Tipo de estrutura
Ocorrência das primeiras trincas	50	Solo	Estrutura de tijolo
Ocorrência das primeiras trincas	76	Primeiro andar	Estrutura de tijolo
Ocorrência das primeiras trincas	400	Paredes laterais	Estrutura de concreto
Alargamento de trincas existentes	90	Solo	Estrutura de tijolo
Rachaduras	240	-	Estrutura de tijolo
Queda de reboco	280	-	Estrutura de tijolo
Fissuras profundas	192	Paredes laterais e cantos	Construções de sapê

Os valores propostos nesse estudo foram monitorados em residências, escolas, construções pobres e demais locais de interesse. Muitas dessas residências encontravam-se em mau estado de conservação e foram construídas sem nenhuma supervisão e com material de baixa qualidade.

III.15 NORMA INTERNACIONAL ISO 4866

A Organização Internacional para Padronização (ISO), por meio do comitê técnico de vibrações mecânicas e choque (ISO/TC 108), criou a norma ISO 4866: “*Mechanical vibration and shock – Vibration of buildings – Guidelines for the measurement and evaluation of their effects on buildings*” em 1990. Nesta ocorreram correções posteriores nos anos 1994 e 1996.

Para Cadavid (2003), a norma supracitada não apresenta valores indicativos de vibrações, já que ela foi criada para estabelecer princípios básicos de medições e processamento de sinais, com o fim de avaliar os efeitos das vibrações em estruturas. Essa norma, também, é considerada como um guia técnico para elaboração de normas regionais, investigações e medição de níveis de vibração que tem como propósitos:

- 1 – reconhecimento de problemas de onde se reportam as vibrações em edificações, que causam constrangimentos nos seus ocupantes;
- 2 – monitoramento do controle de onde os níveis máximos permitidos de vibrações tenham sido estabelecidos por alguma agência;
- 3 – documentação de cargas dinâmicas que já tenham sido consideradas no projeto estrutural, onde se realizam medições para verificar a previsão;
- 4 – diagnóstico quando os níveis estabelecidos de vibrações requerem mais investigações.

III.16. ANÁLISES DAS PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS

As principais diferenças entre as normas americanas em relação às recomendações européias, segundo Bacci *et al.* (2003), são:

a) quanto à instalação do geofone – na norma americana, os geofones são, em geral, dispostos no terreno circundante à estrutura em observação, e não, no interior do edifício ou em correspondência de suas partes particularmente sensíveis;

b) quanto aos tipos de edificação, as recomendações do USBM distinguem as edificações em duas classes, considerando o tipo de revestimento interno, ou seja, aqueles construídos com paredes rebocadas, e os construídos sem reboco nas paredes, ou com revestimentos em gesso ou madeira. Os limites para as paredes à vista (sem reboco), propostos pelo USBM, coincidem com aqueles do OSMRE, no campo da frequência compreendido entre 0 e 11Hz e entre 40 e 100Hz. A recomendação do OSMRE permite maiores valores de V_p no intervalo de frequência compreendido entre 11 e 40Hz. As normas européias definem o tipo de edificação em função do seu uso (residencial, industrial, histórico), dando valores de V_p mais baixos que a norma americana para frequências menores que 40Hz. No intervalo de 40 a 100Hz, para edifícios industriais, os valores se aproximam daqueles da norma americana, mantendo-se mais baixos para os outros tipos de edifícios;

c) quanto aos intervalos de frequência, as normas norte-americanas definem os intervalos em menores e maiores que 40Hz, pois a frequência estrutural natural das estruturas está abaixo desse valor. As normas européias definem intervalos de frequência menores, devido aos tipos de construções mais antigas encontradas nesses países e, portanto, mais sensíveis.

Esen e Bilgin (2001) usaram como ponto de partida para realizar um monitoramento de detonações em uma mina de carvão na Turquia os critérios de segurança estabelecidos pelas normas americanas: a do USBM RI 8507 e da OSMRE.

Segundo Schillinger (1994), uma comparação entre a norma alemã DIN 4150 e a norma norte-americana USBM RI8507 mostra uma variação dos valores de V_p admitidos, como mostra a figura III.4. A razão entre a USBM RI8507 e a DIN 4150, para residências e monumentos históricos, mostra um fator 3 a 4 vezes maior para a norma americana, no intervalo de frequência de 1 a 100Hz, significando que as estruturas residenciais dos Estados Unidos seriam de 3 a 4 vezes mais resistentes às cargas dinâmicas do que as construções européias. Contudo, o próprio autor não aceita essa hipótese e argumenta que as regulamentações possuem um caráter conservativo e não estão isentas de referências políticas. Tais referências, geralmente, estão concentradas na determinação da probabilidade de aceitação social da ocorrência de danos e incômodo. Atualmente, o incômodo aos seres humanos vem sendo até mais considerado que os danos em edificações, embora com maior dificuldade para serem regulamentados, devido à sua subjetividade.

Svinkin (2005), analisando a norma inglesa BS 7385 e a norma do OSM com relação a residências leves, concluiu que os limites de segurança baseados na frequência são similares; e que os critérios da norma alemã DIN 4150 (norma muito conservativa para residências) e do OSM têm diferentes aplicações.

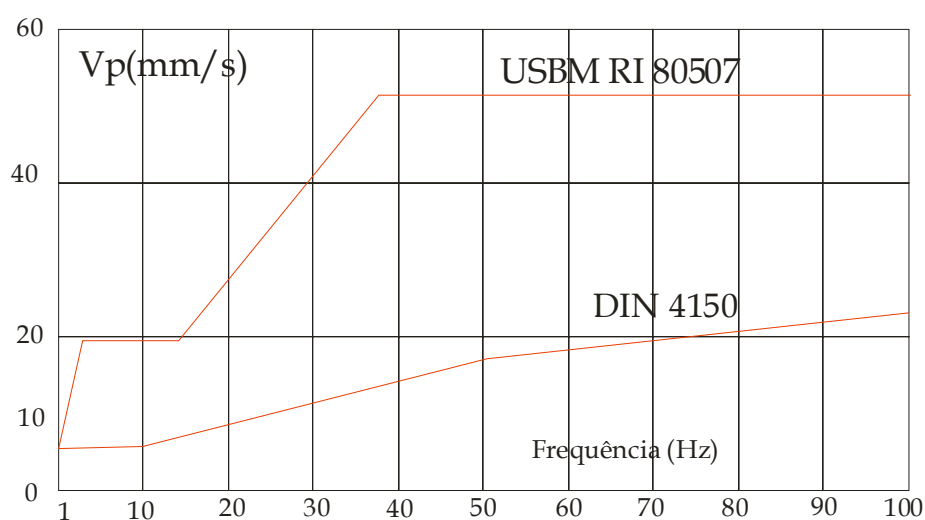


FIGURA III.4 – Gráfico comparativo da norma alemã DIN 4150 e a norte americana RI 8507 (Fonte: Bacci, 2000, modificado de Schillinger, 1994).

Kahriman (2006), fazendo uma comparação entre as normas americana (USBM – RI 8507) e a alemã (DIN 4150), a fim de prever e comparar o grau de influência nas vizinhanças das edificações e estruturas, devido à falta de norma na Turquia, optou pela escolha da norma alemã pelo fato de a mesma ser mais conservativa do que a norma americana.

A norma brasileira não apresenta uma definição dos valores de V_p em relação à frequência e não define os tipos de construção nem os possíveis danos que podem ocorrer em função do tipo de material utilizado. O valor definido pela ABNT como limite máximo de vibração a ser gerado é mais coerente com os estudos internacionais, e não, com a realidade das construções nacionais; principalmente quando envolve construções nas periferias das zonas urbanas e, mais ainda, quando essas construções estão localizadas em zonas urbanas menos favorecidas economicamente.

A CETESB apresenta valores mais rígidos para o limite de vibração de partícula, pois considera o incômodo ao ser humano e não os danos possíveis de serem causados em determinados tipos de estruturas civis, como define a NBR 9653.

Para Milanez (2006), a realidade brasileira mostra que a maioria das pedreiras em áreas urbanas é circundada por construções residenciais de baixa renda, na periferia dos grandes centros urbanos. Essas residências apresentam diversos tipos de problemas já na sua edificação, como quedas de rebocos, trincas e rachaduras de paredes; todas originadas não pelas detonações com explosivos, mas por outros problemas como os de recalque diferencial no terreno, infiltração de água e, ainda, pela má qualidade do material utilizado. O maior problema das reclamações ocorre devido à sobrepressão atmosférica e ao ruído gerado na detonação, e não, pela vibração do terreno.

Já Bacci *et al.* (2003) citam que, quando se consideram os terrenos graníticos ou basálticos, que perfazem a maioria das jazidas próximas dos centros urbanos, observam-se que os valores de vibração dificilmente excedem à norma NBR 9653; embora, em alguns casos, excedam os valores estabelecidos pela CETESB – quando, neste caso, apresentam altas frequências, diminuindo, em muito, o risco de possíveis danos estruturais, segundo os padrões internacionais.

III.17 DESCONFORTO HUMANO

Para Nojiri (2001), não existe um consenso sobre valores admissíveis de vibrações em função da resposta humana. E, em geral, as normas internacionais, assim como as brasileiras, não tratam com base clara as relações de causa e efeito: não existe uma definição clara do que realmente é desconforto ambiental e dano estrutural em diferentes níveis e nem quais as normas que se aplicam para cada caso em si.

Existe a Norma Internacional (ISO: 2631 – 2, 1989) que estabelece o limite para um conforto reduzido no qual a velocidade máxima da partícula deve ser menor ou igual a 2,3 mm/s.

Nojiri (2001) cita que nos Estados Unidos, no Relatório Interno da USBM RI – 9455 de 1993, a velocidade da partícula de 12,7 mm/s com duração igual ou menor do que 1s é tolerada por 95% das pessoas. Esse valor tem como respaldo as consultas que foram realizadas com a população atingida, que relatou apenas uma discreta percepção.

Raina (2004) defende que o corpo humano difere das estruturas, bem como na frequência natural, e, de maneira peculiar, cada pessoa pode responder à vibração e à sobre-pressão diferentemente, por meio de diferentes posturas, ao sofrer influência como elemento de um ambiente psicossocial.

CAPÍTULO IV

ONDAS

IV.1 INTRODUÇÃO

Ao ocorrer uma detonação de uma carga explosiva em um maciço rochoso, diferentes tipos de ondas são produzidos. As ondas que se propagam através do maciço rochoso são as ondas longitudinais (P), e as ondas transversais (S), chamadas de ondas de corpo ou de volume, Munaretti (1997); tendo ainda as ondas que se propagam na interface solo-ar as ondas de Rayleigh (R) e ondas Love (L), Essen (2001). As ondas P e S propagam-se em todas as direções, sendo as duas primeiras a serem propagadas por meio de pulsos sucessivos de compressão e tração, alastrando-se com velocidades diferentes, a depender do comportamento elástico do corpo percorrido, levando, desta forma, tempos distintos para pontos a mesma distância e alterando, a cada instante, o movimento das partículas (BARROS *et al.* 1990).

IV.2 ONDAS ELÁSTICAS

Ondas elásticas ou de choques, ou seja, ondas representadas pela detonação de explosivos confinados numa rocha representam a transferência da energia cinética, Crosby (1998), de um ponto para outro na rocha. Se o meio não exhibe uma resposta elástica para a introdução da energia, a energia é absorvida e apenas ondas amortecidas emanam da área perturbada; condições oscilatórias são iniciadas e a perturbação é transmitida de um elemento para o vizinho, causando a movimentação da onda para progredir através do meio.

Durante a movimentação da onda, não existe deslocamento de massa ou transporte de matéria. As partículas constituintes do meio oscilam e rotacionam apenas sobre suas posições de equilíbrio e não viajam através do meio. Dois regimes de velocidades são associados a esse fenômeno particular: primeiro a onda ou fase de velocidade descreve a razão na qual a perturbação se propaga através do meio, dependendo da densidade do mesmo; segundo, a velocidade da partícula descreve as pequenas oscilações que a partícula executa sobre a posição de equilíbrio.

Na natureza, um corpo perfeito, contínuo, e homogêneo não é obtido; assim sendo, as imperfeições na estrutura resultam numa perda adicional de energia semelhante à propagação de ondas sísmicas. A transmissão de ondas sísmicas é afetada pela distância da viagem, atenuação do subsolo, características do subsolo, geologia, tipo de onda, descontinuidade, frequência, ângulo de incidência, fonte de energia e as propriedades elásticas do meio, Jimeno (1995).

IV.3 ONDAS ELÁSTICAS E PROPAGAÇÃO

Para Dourado (1984), quando um material elástico é, repentinamente, impactado ou perturbado através de um esforço impulsivo por uma explosão ou queda de peso, um número de ondas é imediatamente gerado, começando do ponto de impacto e, progressivamente, em sentido esférico para a superfície, com diminuição de amplitudes. Cada uma dessas ondas tem um comportamento e caminho característico, altamente dependente das propriedades elásticas do material.

IV.3.1 Ondas Longitudinais

Ondas longitudinais P são as ondas de mais rápidas respostas ao se propagarem através de um meio sólido, Dourados (op. cit.).

Quando uma onda Longitudinal difunde-se através de um meio, excita a partícula do meio num movimento de vai-e-vem na direção do deslocamento, Figura IV.1.

A velocidade de propagação (C_p) para ondas longitudinais é relativa para constantes elásticas, como descritas nas equações a seguir. Pelo fato de, através de um meio sólido, a viagem dessas ondas serem mais rápida, indica que tais ondas são as mais importantes fontes em sísmica de reflexão e refração, Jimeno (1995). O fato da densidade (ρ) e o coeficiente de Poisson (μ) variarem com poucas diferenças entre os materiais rochosos. O módulo de elasticidade ou de Young (E) vem sendo, portanto, a mais importante variável de controle da velocidade da onda sísmica em rochas, Massarsch (2005).

$$C_p = [(E/\rho)(1 - \mu)/(1 + \mu)(1 - 2\mu)]^{1/2} = \{[K + (4/3)G]/\rho\}^{1/2},$$

Onde: K é o módulo de deformação, ou volumétrico, ou de incompressibilidade do meio e G é o módulo de rigidez ou de cisalhamento.

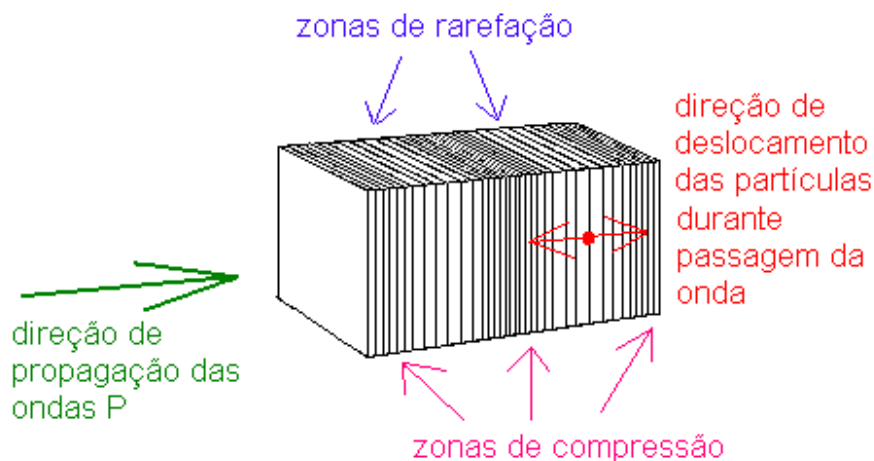


Figura IV.1 – Propagação das ondas Longitudinais (fonte Dourado, 1984)

IV.3.2 Ondas Transversais

As ondas transversais S propagam-se em todas as direções, sendo por meio de vibrações sucessivas do meio, e sofrem reflexão e refração ao atingirem uma superfície livre ou mudarem de meio. Nas ondas S, segundo Munaretti (1997), a vibração ocorre normal à direção de propagação, como se pode ver na Figura IV.2.

Ondas transversais são também referidas como cisalhantes, secundárias, ou simples ondas S. Sua velocidade de propagação C_s é sempre menor do que as ondas P e pode ser expressa em termos de constantes elásticas e densidade do material, Dourado (2001):

$$C_s = (G/\rho)^{1/2} = \{(E/\rho)[1/2(1 + \mu)]\}^{1/2}$$

O valor de C_s significa que a quantidade de distorção é propagada nesta velocidade, haja vista a onda S depender da existência do módulo de cisalhamento ou de rigidez G, ou da habilidade de transmissão do material para resistir à mudança de modelo.

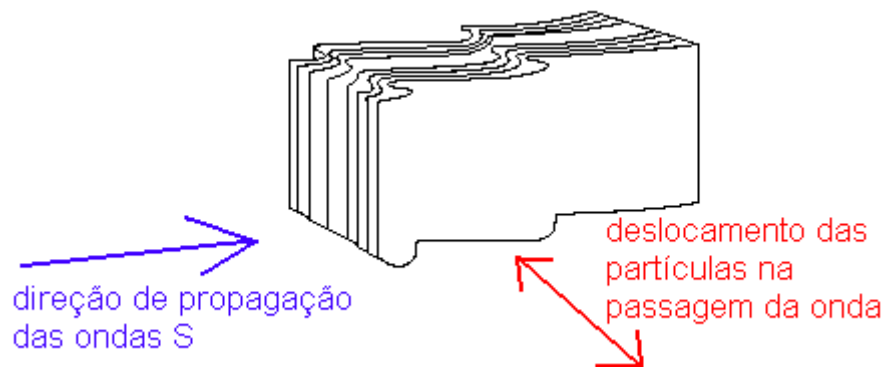


Figura IV.2 – Propagação das ondas Transversais (fonte Dourado, 1984)

O relacionamento entre C_p e C_s e coeficiente de Poisson pode ser expresso pela seguinte relação:

$$C_p/C_s = 2(1 - \mu)/(1 - 2\mu)$$

A razão da velocidade da onda compressional (C_p) para a velocidade da onda cisalhante (C_s) é dependente apenas do coeficiente de Poisson e, para Massarsch (2005), essa razão é aproximadamente 1,4.

Normalmente, a onda longitudinal P, além de ser a primeira a chegar, possui menor amplitude (transporta menos energia, Dourado 2001) e maior frequência do que a onda transversal S, sendo essas características importantes na identificação das ondas, Figura IV.3.

IV.3.3 Ondas Superficiais:

As ondas de superfície são definidas exatamente como o nome sugere ondas que se propagam ao longo da superfície de interface de um material elástico. Existem, basicamente basicamente, dois tipos de ondas superficiais que são encontrados em investigação sísmica: a onda Rayleigh e a onda Love, Essen (2001).

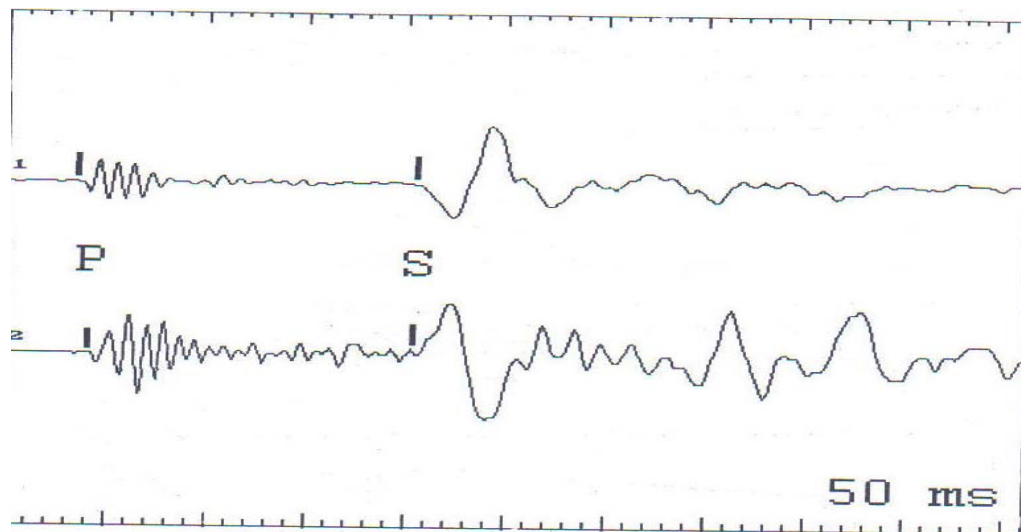


Figura IV.3 – Identificação das ondas Longitudinais e transversais.

IV.3.3.1 Ondas Rayleigh

Ondas Rayleigh (R) viajam apenas na interface superfície/ar (Figura IV.4). Elas são caracterizadas pelo movimento da partícula elíptico e retrógrado para a propagação da direção da onda e sempre no plano vertical, Essen (op. cit.) e Jimeno (1995). Para Massarsch (2005), a amplitude da onda Rayleigh diminuirá muito rapidamente com a profundidade.

Segundo Jimeno (1995), a onda Rayleigh carrega entre 70 a 80% do total da energia; em distâncias maiores do que 500m, é a onda que constitui o maior potencial de risco. A velocidade da onda Rayleigh (C_r), para o caso em que o coeficiente de Poisson = 0,25, segundo Munaretti (1997), evidencia a relação:

$$C_r = 0,919 V_s$$

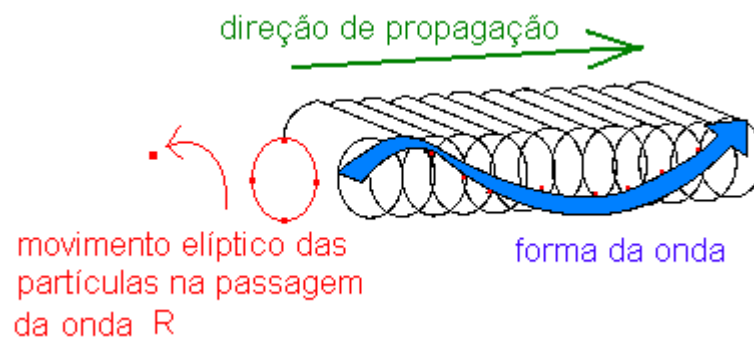


Figura IV.4 – Propagação da onda Rayleigh (fonte Dourado, 1984)

IV.3.3.2 Ondas Love

Ondas Love são ondas de propagação transversal numa camada superficial de baixa velocidade excessivamente num meio no qual as ondas elásticas tenham as mais altas velocidades (Figura IV.5). Como o geofone é colocado numa posição vertical e devido à forma com que a onda viaja, ela apresenta dificuldade para ser gravada, pois o movimento de suas partículas é sempre na horizontal.

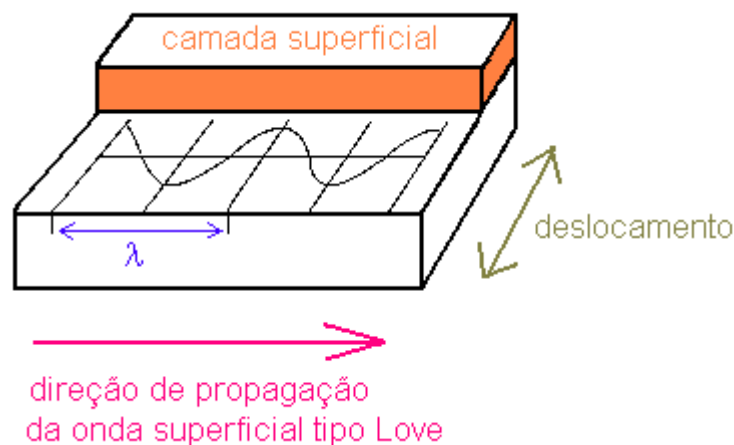


Figura IV.5 – Propagação das ondas Love (fonte Dourado, 1984)

Em um sismo, a diferença de tempo na chegada das ondas P e S com as superficiais é claramente visível como mostra a Figura IV.6. Com relação às grandes distâncias, as ondas P, S e as ondas superficiais R e L tendem a mover-se à parte (separadamente) com a distância. Como seria esperada, a chegada da onda P será a primeira, seguida da onda S e, finalmente, a chegada das ondas superficiais. Em uma

distância curta, entre a fonte sísmica e uma fonte receptora, a separação dos vários tipos de ondas pode vir a ser um problema em relação ao tempo de resolução da gravação e comprimento do pulso.

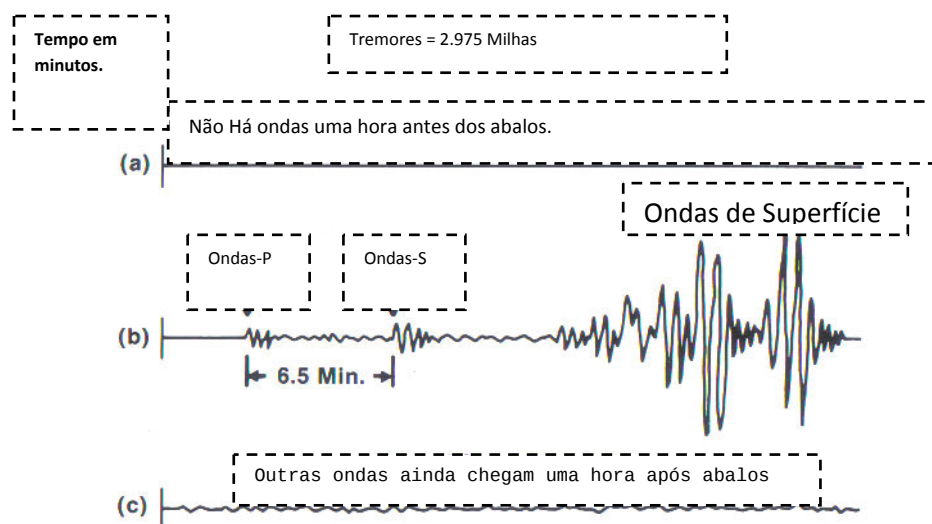


Figura IV.6 – Tempo de chegada das ondas em um sismo (Fonte: Atlas Powder Company – 1987)

IV.4 VALORES DE VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS P E S

Bollinger (1974) apresenta na tabela IV.1, a média de alguns valores típicos da velocidade das ondas P e S para os materiais mais comumente encontrados. Percebe-se que a velocidade da onda S, para materiais mais grosseiros, é metade da velocidade da onda P.

No geral, valores de velocidade das ondas elásticas para rocha e solo são mais altos nos seguintes casos:

- 1 – em rochas básicas ígneas do que em rochas ácidas ígneas;
- 2 – em rochas ígneas do que em rochas sedimentares;
- 3 – em sedimentos consolidados do que em sedimentos não-consolidados;
- 4 – em sedimentos não-consolidados e saturados do que em sedimentos não-consolidados secos;
- 5 – em solos úmidos do que solos secos;

6 – em arenitos do que em xistos.

Tabela IV.1 – Valores típicos das velocidades das ondas P e S

Material	P velocidade (m/s)	S velocidade (m/s)	Densidade (g/cm ³)
Granito	4.500 a 5.500	3.000 a 3.500	2,67
Basalto	6.650	3.300	3,00
Arenito	2.300 a 3.800	1.200 a 1.600	2,45
Calcário	3.300 a 6.600	3.000 a 3.500	2,65
Gipsita	2.350 a 4.000	1.200	2,30
Mármore	6.350	3.850	2,75
Argila	1.250 a 2.800	650	1,40
Solo	150 a 850	100 a 600	1,10 a 2,00
Areia	1.550	500	1,93
Água	1480 a 1520	0	1,00
Concreto	3.900	2.400	2,70 a 3,00

Fonte: (adaptado) Bollinger, 1971 e Massarsch, 2005.

IV.5 DIVISÃO DA ENERGIA NA INTERFACE

Em um meio descontínuo, a amplitude da onda é reduzida por causa da existência de fraturas, juntas, discontinuidades e etc., no qual está presente uma alteração na impedância. A impedância ou oposição ao deslocamento e ou transmissão da energia em um meio Z é definida como o produto da densidade (ρ) e a velocidade da onda sísmica no meio (c):

$$Z = \rho \cdot c$$

Em cada encontro de uma onda sísmica numa superfície de separação entre dois meios com características elásticas distintas, parte da sua energia incidente é transmitida através da interface, e outra parte é refletida (Figura IV.7). Esse precedente depende do ângulo de incidência entre a onda e a interface, como também do contraste da impedância acústica entre meios.

Para incidência normal de uma onda P em uma descontinuidade, separando meios com impedâncias diferentes, e considerando que não exista perda de energia na interface, a divisão de energia é relatada na seguinte expressão, de acordo com Dourado (2001):

$$R = (Z_2 - Z_1)^2 / (Z_2 + Z_1)^2 \text{ e } T = (4Z_1Z_2) / (Z_2 + Z_1)^2$$

Onde:

R = energia refletida relativa à incidência da energia;

T = energia transmitida através da interface relativa à incidência da energia (coeficiente de transmissão);

Z_1 = impedância acústica do material 1;

Z_2 = impedância acústica do material 2;

$R + T = 1$ (conservação de energia).

Das definições de R e T, percebe-se que, se a impedância acústica do meio 2 for maior que a do meio 1, tanto a onda refletida como a refratada mantêm a fase da onda incidente, Dallora Neto (2004). No caso em que a impedância acústica do meio 2 é menor que a do meio 1, mantido o sentido original de propagação, a onda refletida possui sinal invertido em relação à incidente de modo atenuado, enquanto que a refratada repete a fase da onda incidente de modo amplificado.

Quando $R = 0$ ($T = 1$), o que significa que toda a energia incidente é transmitida, indicando a inexistência de contraste de impedâncias entre dois meios, o que pode haver ou não é a inexistência de interface separando materiais diferentes.

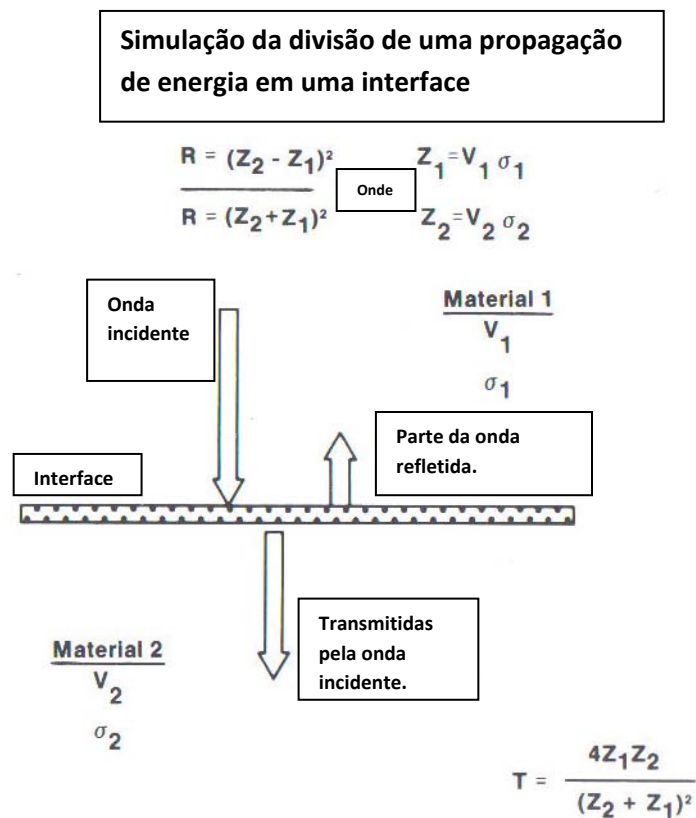


Figura IV.7 – Divisão da energia transmitida em uma interface (Fonte: Atlas Powder Company – 1987).

IV.6 FATORES QUE AFETAM A AMPLITUDE DE UM PULSO REFLETIDO:

Existem muitos efeitos que podem influenciar a amplitude de um pulso de reflexão. O real problema é determinar qual proporção cada influência tem na mudança da amplitude. Sheriff (1973) listou vários fatores que afetam a variação da amplitude, entre eles:

- 1 – resistência da fonte e do acoplamento;
- 2 – divergência esférica e modelo de curvatura do caminho da onda;
- 3 – absorção energética;
- 4 – dispersão;
- 5 – estações múltiplas de refletores muito distantes;
- 6 – superposição de ruídos;
- 7 – interface de eventos diferentes;
- 8 – difração da frente da onda;

- 9 – atenuação próxima da superfície;
- 10 – reflexão nas interfaces;
- 11 – variação no coeficiente de reflexão com o ângulo de incidência.

Mesmo que a amplitude de uma forma de onda seja dependente de muitas variáveis, apenas sozinha esta não mede as características do subsolo no sentido físico. Amplitude pode apenas ser mantida se todos os fatores estiverem sob controle e padronizado.

IV.7 ATENUAÇÃO E ABSORÇÃO DE ONDAS SÍSMICAS:

Para Kira (1999), a onda de choque gerada pela ação de um explosivo, quando detonado em um ambiente subaquático, diminui exponencialmente com o aumento da distância do ponto de detonação.

A combinação dos efeitos da atenuação do espalhamento geométrico da frente da onda e da inelasticidade do meio fornece, segundo Dourado (2001), a expressão:

$$A = A_0 e^{-\alpha D} / D$$

Onde:

A – amplitude a uma distância D da fonte; A_0 – amplitude inicial; α – coeficiente de atenuação inelástica.

Para Dalora Neto (2004) e Dinis da Gama (2001), em rochas, o fator de transmissibilidade Q_t é utilizado como indicador da inelasticidade dessas rochas. Normalmente, rochas sãs, consolidadas e não fraturadas possuem valores de Q_t elevados e exibem excelentes características de propagação de ondas. Rochas fraturadas, pouco consolidadas e porosas apresentam baixos valores de Q_t .

$$Q_t = 2\pi(W/\Delta W)$$

Onde: W representa a energia fornecida à rocha através de um ciclo dinâmico e ΔW à fração de energia dissipada neste ciclo, Dalora Neto (2004).

CAPÍTULO V

MONITORAMENTO E RESULTADOS

V.1 – INTRODUÇÃO

A área monitorada está localizada nos subúrbios de João Pessoa na capital da Paraíba. A sua geologia predominante está compreendida entre o Grupo Paraíba e o grupo Barreira. O monitoramento da área foi realizado pelo o equipamento da GeoSonics, modelo SSU 3000 LC. Sendo apresentados os resultados desse monitoramento através de tabelas e croquis do plano de fogo, como também os registros das velocidades e frequências obtidas através do equipamento de monitoramento.

O período de medições compreendeu desde o mês de janeiro de 2003 a dezembro de 2005, totalizando 36 meses de monitoramento; quando foram realizadas quatrocentas sessenta e cinco medições, posicionadas em seis bases. Mas, nos dois primeiros anos 2003 e 2004, apenas quatro bases foram levadas em consideração devido ao grande número de medições. Em 2005 foram acrescentadas duas novas bases.

V.2 – GEOLOGIA LOCAL

A área está compreendida em terrenos sedimentares representados pelo Grupo Paraíba e o Grupo Barreiras. No primeiro, destaca-se a formação Gramame, formada por calcários margosos, variando de cinza na base e amarelo no topo, mostrando-se bem estratificado com as camadas sub-horizontais, sendo compacto, com a presença de delgadas lentes argilosas, bastante fossilífera, destacando entre eles o macro fóssil *Pachydiscus Dossantasi*.

A seqüência sedimentar da base para o topo se inicia com uma camada de calcarenitos brancos, com grãos de quartzo milimétricos, mal selecionados, por vezes, com tonalidade azul e camadas de arenitos calcíferos com grãos de quartzo milimétricos bem selecionados.

Segue-se uma seqüência de calcário branco bastante fossilífero, em que a maioria apresenta-se recristalizados com calcita. Tal seqüência faz parte da Formação Itamaracá.

Continua a seqüência com camada de arenito calcífero escuro, teor baixo de fosfato, bastante compacto com a espessura em torno de 1 metro; sobre essa camada, inicia-se a seqüência calcária cinza escura, com espessura em torno de 30 metros (Foto V.1), que, no topo, apresenta-se de cor amarela devido a processos de oxidação. Essa seqüência é dividida em bancos com espessura de 1,0 metro aproximadamente, separada por lentes argilosas preta ou cinza-escura, correspondendo à Formação Gramame.

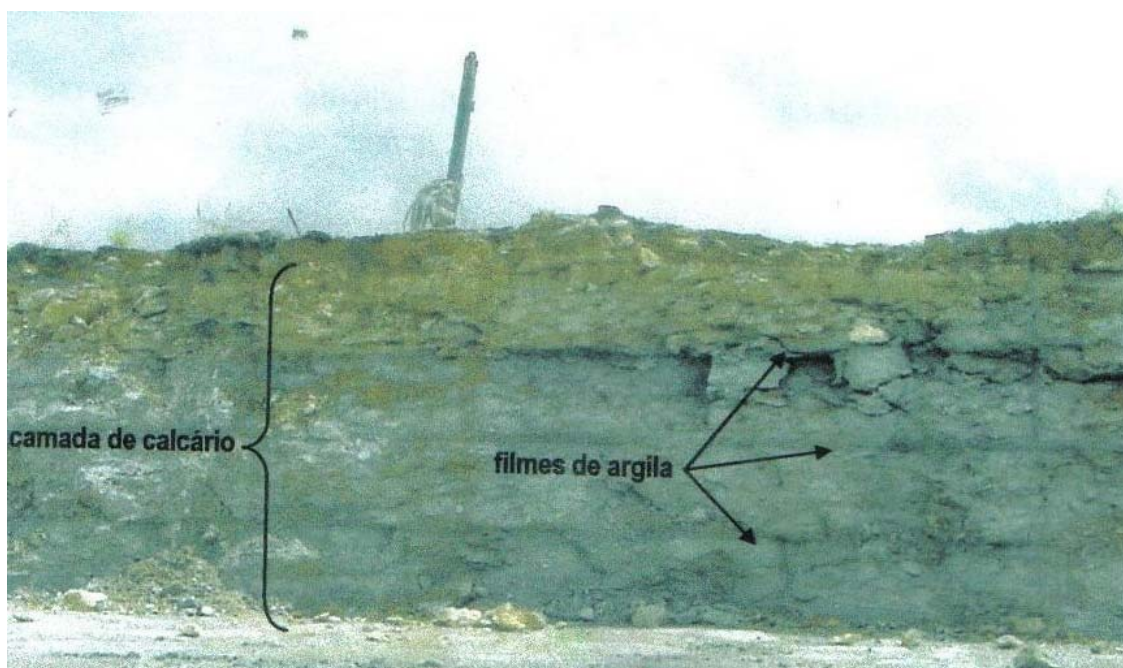


Foto V.1 – Aspectos dos calcários (formação Gramame) da Mina da Graça. Observar a horizontalidade das camadas e filmes de argila. Altura da bancada 5,00 m.

Repousando sobre a formação Gramame, aparecem sedimentos argilo-arenosos ou argilo-siltosos, pertencentes ao grupo Barreiras (Foto V.2). Trata-se de sedimentos de origem continental. A seqüência de deposição pode ser assim resumida: sobre o calcário margoso amarelo, inicia-se uma camada de arenito caulínítico de granulação média à grosseira, apresentado, por vezes, pequenos leitos com aspecto conglomerático; o arenito passa gradativamente para um arenito com cores variadas, predominando a cor vermelha e branca com intercalação silitico-argilosas.

A seqüência arenosa passa gradativamente à cor vermelha proveniente da limonitização que, gradativamente, cimenta os grãos de quartzo, dando, já no final da seqüência, um aspecto conglomerado.

A seqüência arenosa ou areno-ferruginosa é interrompida por um plano horizontal bem visível, com mergulho sub-horizontal, com direção aproximada para NW. Sobre esse plano, inicia-se uma camada silitico-argilosa de cor vermelha na base, tendendo à amarela no topo. Acima desta, observa-se uma camada arenosa cinza, rica em matéria orgânica que caracteriza o solo.

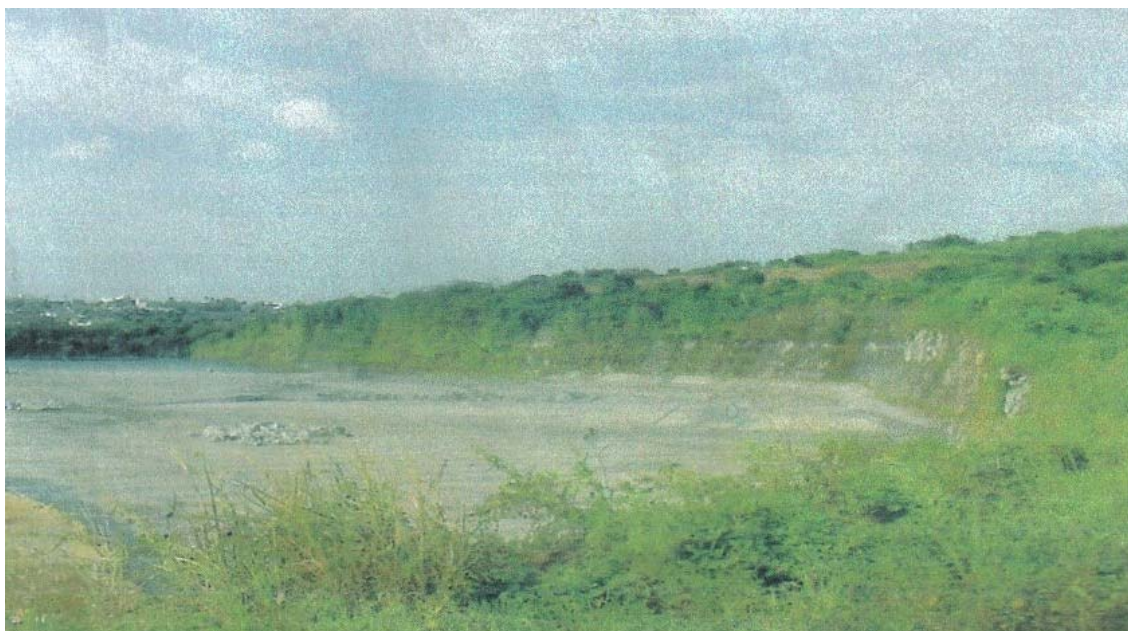


Foto V.2 – Paredão leste da Mina da Graça, camada de calcário cinza, aproximadamente 30m.

V.3 EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO

A medição da velocidade da partícula foi executada com o aparelho da marca MicroSonics (Foto V.3), modelo SSU 3000 LC (anexo B), cujas principais especificações técnicas de medição são descritas a seguir:

velocidade: 0,06 mm/s a 130 mm/s;

aceleração e deslocamento: valores de picos;

disparo: 0,6 a 30 mm/s;

tipos de registro simples;

tempo de registro 1 a 60s;

resposta de frequência 2 Hz a 250 Hz;

sobre-pressão 78 dB – 142 dB;

calibração anual;

gráfico USBM/OSMRE;

fonte com bateria de 12 v ou diretamente da corrente Elétrica (120).



Foto V. 3 – Aparelho de medição da velocidade máxima da partícula (Fonte: MicroSonics)

V.4 LOCAIS DE MEDIÇÕES

Os locais de medições (Figura V.1) que fazem parte desse trabalho foram restritos, inicialmente, nos anos de 2003 e 2004, a quatro pontos principais, sendo três deles nas vizinhanças da área de estudo (Mina da Graça) e um dentro da área da mina. Todos os pontos de medições variaram, de acordo com a bancada e o seu nível, a uma distância da medição entre 100 a 400 m.

Os três locais de medições nas vizinhanças da área são: Base 1, Base 2 e Base 1 - 2 (entre a base 1 e a base 2). O local dentro da área é a Base Igreja da Graça, uma capela construída na área de preservação ambiental da Mina da Graça.

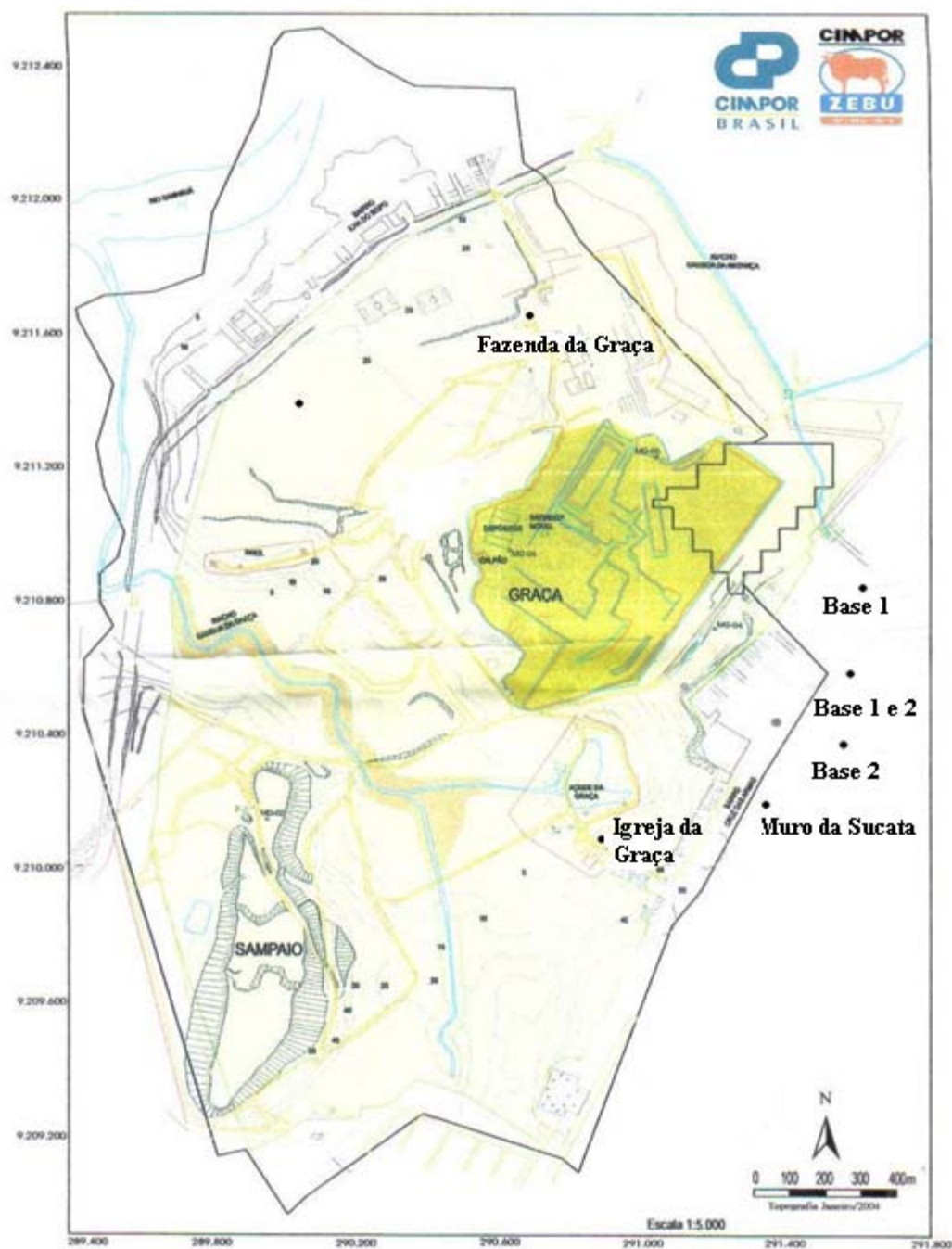


Figura V.1 – Localização das bases das leituras (Fonte: relatório interno da CIMPOR)

Em 2005, foram realizadas medições em dois novos pontos, sendo ambos os pontos localizados na área interna da mineração. O primeiro, próximo ao muro que separa a mineração de um depósito de sucata (muro da sucata); o segundo, na entrada da

Fazenda da Graça. Nestes, ocorreram medições com distâncias de até 600 m do ponto de detonações.

V.5 – APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

As medidas foram executadas a partir de observações realizadas em um período total de 36 meses, quando ocorreram 186 medições em 2003, 164 medições em 2004 e 115 medições em 2005; totalizando, no transcorrer do monitoramento, 465 medições.

Nos resultados desse monitoramento, têm-se a velocidade máxima da partícula, a frequência, o impacto do som e a forma e tipos de ondas gerados pelas detonações. Todos são mostrados em forma de registros oriundos do equipamento de monitoramento e são apresentados na Figura V.2, amostrados, aleatoriamente, a partir dos resultados que serão apresentados em forma de tabela. Devido a problemas operacionais, apenas uma pequena parcela das figuras em que são expostos os resultados é vista no anexo A, cerca de 4 figuras poderão ser observadas.

O registro apresentado na Figura V.2 mostra a leitura do plano de fogo realizado no Evento 1, no dia 08/09/2005, às 10:55:36, tendo como principais leituras:

- *velocidade longitudinal máxima da partícula 1,8 mm/s;
- *velocidade transversal máxima da partícula 3,4 mm/s;
- *velocidade vertical máxima da partícula 1,0 mm/s;
- *frequência longitudinal 50 hz;
- *frequência transversal 83,3 hz;
- *frequência vertical 62,5 hz;
- *pressão máxima do ar 118 dB;
- *velocidade Resultante da partícula 3,1 mm/s.

GeoSonics Seismic Analysis

SN:3135 v1.39
 Date: 08.09.2005 Time: 10:55:36
 Event: 1 Record Time: 10,0
 Client: CIMEPAR
 Operation: FAZ DA GRACA
 SSU Location: NIVEL 7
 Distance to blast: 300, m
 Operator: JOAO
 Comments: MURO DA SUCATA
 Trigger level: 0,5 mm/s
 115 (dB)

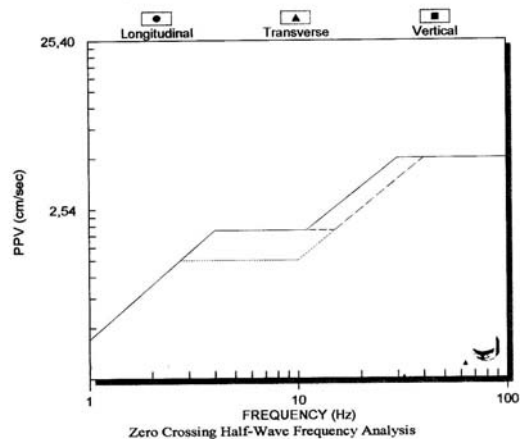
	Summary Data		
	L	T	V
PPV mm/s	1,8	3,4	1,0
PD (.01mm)	0,8	1,2	0,8
PPA g	0,07	0,16	0,05
FREQ (Hz)	50,0	83,3	62,5
RESULTANT PPV mm/s	3,1		
PEAK AIR PRESSURE (dB)	118		
psi	0,0024		

Velocity Waveform Graph Scale
 Time = 0,200 s
 Seismic = +/- 4,1mm/s
 Sound = +/- 0,0045 psi

Shaketable Calibrated: 01.09.2005
 By GeoSonics Inc.
 P.O. Box 779
 Warrendale, PA 15095 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999

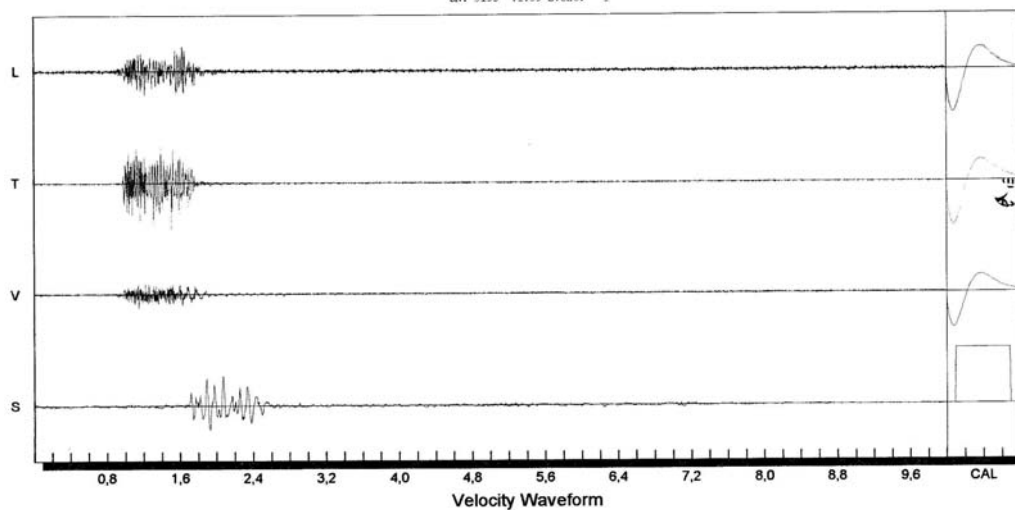
GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 1
 OSM/USBM Safe Blasting Levels



GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 1



Printed: setembro 8, 2005 File: ev481001.ev3 (GeoSonics Inc. Analysis Ver. 3.46.9)

Figura V.2 – Apresentação dos resultados da velocidade máxima da partícula e da frequência.

A Tabela V.1 apresenta os parâmetros de um plano de fogo, representando todas as tabelas; e, por motivos operacionais, serão apresentadas cerca de 4 tabelas, uma pequena fração do total no anexo A.

Na Tabela V.1 estão presentes os parâmetros do plano de fogo realizado no Evento 1, no dia 08/09/2005 às 10:55:36. Onde os elementos principais do Plano de fogo são:

- *diâmetro do furo 2^{1/2}” ;
- *números de furos 52;
- *afastamento dos furos 2,00m;
- *espaçamento dos furos 4,00m;
- *altura da bancada 2,9m;
- *inclinação do furo 20°;
- *comprimento do Furo 3,10m;
- *tampão 1m;
- *tipo de explosivo mag gel 100 – 2^{1/4}” x 24” ;
- *carga máxima por espera 17,23kg;
- *energia Termoquímica Liberada por espera 16.558,5 kcal;
- *distância do Ponto de Medição 300m.

RAT 8702014		Rev.: 02- Data: 01.12.97	BOLETIM DE FOGO PRIMÁRIO			FOGO No- 141/2005		DATA : 08/09/05				
1. Diâmetro dos furos	2,5"		Explosivos usados		MAG GEI 2 1/4 x 24							
2. Número de linha	2		Tampão medio		-							
3. Sub - furação	Não Tem		Altura da carga do fundo		-							
4. Inclinação da bancada	20°	Cos 20° = 0,94	Altura da carga da coluna		-							
5. Volume do material p / fogo	1.118,98	m³	Razão linear do furo		-							
6. Tonelada do calcário	2797,44	T	Razão linear da coluna		-							
7. Total de explosivos p / fogo	278,88	Kg	Total de espoletas		1 mantopim							
8. Razão de carregamento	99,69	g/T	Total de retardo		70 ps							
9. Densidade do calcário	2,5		Total de cordel detonante		-							
10. Metragem perfurada	148,80	m	Total de mantinel		70		pc de mantinel com tempo de 75 a ms 850 ms					
								OBSERVAÇÕES				
No.	Afastamento	Espacamento	Prof. Furo	Área m2	Altura bancada	Volume m3	tonelagem	Explosivos 1	Explosivos 2	Total Explosivos	Tampão	
1	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		HORA : 10:55:36
2	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		TEMP: 27 °C
3	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		D = 300 m
4	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		No. EVENTO : 1
5	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		Q.MaxiExp: Kg
6	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
7	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
8	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
9	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
10	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		VP MEDIDO : 3,1 (mm/s)
11	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
12	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		SOPROAR : 118 (dB)
13	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
14	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
15	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
16	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
17	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
18	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
19	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
20	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
21	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
22	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
23	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
24	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
25	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
26	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
27	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
28	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
29	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
30	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
31	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
32	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
33	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
34	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
35	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
36	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
37	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
38	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
39	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
40	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
41	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
42	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
43	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
44	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
45	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
46	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
47	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
48	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	21,31	58,28	5,81	5,81	1,00		
LOCALIZAÇÃO: NIVEL 7											RESP. : João Augusto	
C:\DEM\NAT_FOGO.XLS												

Tabela V.1 – Parâmetros de um plano de fogo

Na Figura V.3, é apresentado o croqui desse plano de fogo com a sequência de detonação, e, de maneira análoga, apenas uma pequena parcela do total (4 no anexo A). Nesse croqui, pode ser observada a utilização de 70 peças de retardo, com o tempo variando de 75 ms a 800 ms.

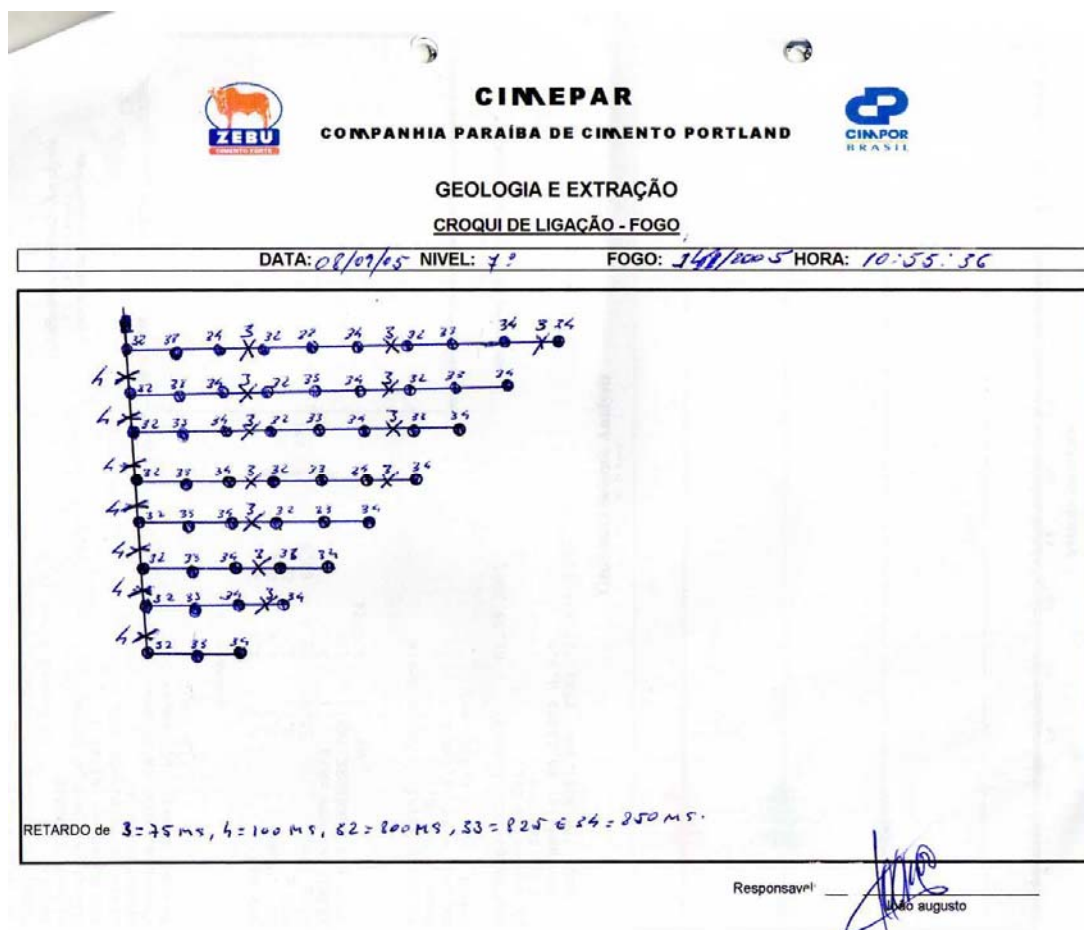


Figura V.3 – Croqui de um plano de fogo

Na Foto V.4, mostra-se o carregamento de um plano de fogo na Mina da Graça, onde se observa a utilização de dois tipos diferentes de explosivo: o explosivo utilizado como carga de fundo, o mag gel 100, e o explosivo utilizado na carga de coluna, o anfo (nitrato de amônia + fuel oil - ultrapril).

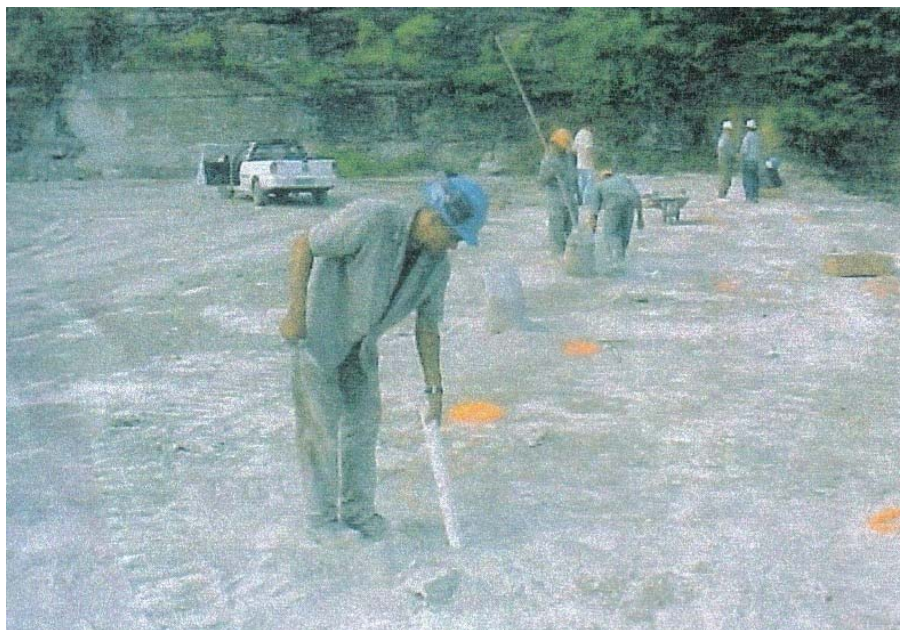


Foto V.4 – Carregamento de um fogo

V.4.1 – Sumário Anual dos resultados

Nas tabelas a seguir, serão apresentados os dados dos principais parâmetros investigados para a determinação da proposta Distância Energética Escalonada (DEE), nos anos de 2003 a 2005. Nessas tabelas, constam: o local onde serão efetuadas as leituras; a distância desse local ao ponto de detonação; as cargas máximas em espera; as leituras das velocidades (longitudinal, vertical, e transversal); as frequências correspondentes a essas velocidades; a velocidade máxima apresentada de acordo com a Norma Brasileira a NBR 9665 para o vetor soma e o resultado da quantidade máxima de energia termoquímica liberada por espera – variável que é relacionada com a distância da fonte de detonação e o local da leitura em conjunto com a velocidade máxima da partícula (essas três variáveis serão o cerne de discussão a ser apresentado no capítulo VI).

Como se tem um grande número de tabelas, aqui apenas é apresentada uma amostragem; representativa, porém, para cada ano, ou seja, os resultados representativos do ano de 2003 são expostos na Tabela V.2; os de 2004, na Tabela V.3; e os de 2005, na Tabela V.4. Os demais resultados, devido à grande quantidade, serão apresentados nas tabelas do anexo B.

Tabela V.2 – Resultados de 2003

Evento/Data	Carga em espera			Distancia (m)	Velocidade da partícula em (/mm/s)				Energia em espera em K(cal)			Frequencia (Hz)			Base de captação
	Fundo	Coluna	Total		L	T	V	S	Fundo	Coluna	Total	L	T	V	
1(02.01.2003)	0,83	5,00	5,83	260	0,9	0,8	0,6	1,1	788,5	4200	4988,5	166,7	83,3	13,9	Base 1
2(03.01.2003)	0,83	5,00	5,83	260	0,8	0,8	0,6	0,9	788,5	4200	4988,5	16,7	55,6	16,7	Base 1
3(03.01.2003)	0,83	5,00	5,83	260	0,7	0,8	0,9	0,9	788,5	4200	4988,5	13,9	16,7	15,2	Base1
4(07.01.2003)	0,83	5,00	5,83	270	1,6	0,7	1,4	1,7	788,5	4200	4988,5	15,2	16,7	15,2	Base1
5(07.01.2003)	0,83	5,00	5,83	270	0,6	0,7	0,6	0,9	788,5	4200	4988,5	20,8	20,8	13,9	Base1
6(08.01.2003)	0,83	5,00	5,83	270	0,8	0,8	0,8	0,9	788,5	4200	4988,5	11,1	9,8	11,9	Base1
7(09.01.2003)	0,83	5,00	5,83	275	0,6	0,5	0,7	0,7	788,5	4200	4988,5	18,5	18,5	16,7	Base1
8(10.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	0,9	0,7	0,8	1,0	788,5	4200	4988,5	13,9	55,6	11,9	Base1
9(10.01.2003)	1,66	10,00	11,66	380	0,8	0,6	0,6	0,8	1577	8400	9977	20,8	41,7	23,8	Base1
10(11.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	0,9	0,9	1,0	1,4	788,5	4200	4988,5	12,8	9,3	15,2	Base1
11(11.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	2,5	1,0	1,7	2,5	788,5	4200	4988,5	20,8	41,7	16,7	Base1
12(13.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	1,0	0,9	0,8	1,3	788,5	4200	4988,5	20,8	41,7	18,5	base 1 e 2
13(14.01.2003)	0,83	11,00	11,83	380	0,8	0,6	0,8	1,1	788,5	9240	10028,5	16,7	20,8	16,7	Base 1 e 2
14(15.01.2003)	0,83	7,20	8,03	160	2,3	1,7	1,2	2,5	788,5	6048	6836,5	83,3	41,7	41,7	base 1 e 2

15(20.01.2003)	0,83	7,20	8,03	220	1,6	1,5	1,7	1,8	788,5	6048	6836,5	55,6	55,6	41,7	base 1 e 2
16(21.01.2003)	0,83	7,20	8,03	120	8,1	3,7	3,9	8,6	788,5	6048	6836,5	166,7	167	83,3	base 1 e 2
17(27.01.2003)	0,83	7,20	8,03	120	5,1	2,9	1,7	5,4	788,5	6048	6836,5	83,3	83,3	83,3	base 1 e 2
18(29.01.2003)	0,83	7,20	8,03	120	3,1	4,0	2,2	4,0	788,5	6048	6836,5	33,3	167	83,3	base 1 e 2
19(31.01.2003)	0,83	7,20	8,03	125	2,0	1,8	1,5	2,2	788,5	6048	6836,5	33,3	23,8	41,7	base 1 e 2

Coluna 2 – massa do explosivo 1, por espera (kg), carga de fundo.

Coluna 3 - massa do explosivo 2, por espera (kg), carga de coluna.

Coluna 4 – massa total do explosivo, por espera (kg), carga total.

Coluna 6 – Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Longitudinal.

Coluna 7 – Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Transversal.

Coluna 8 - Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Vertical.

Coluna 9 - Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Soma.

Coluna 10 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo 1 por espera, carga de fundo.

Coluna 11 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo 2 por espera, carga de coluna.

Coluna 12 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo total por espera, carga total.

Coluna 13 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Coluna 14 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Coluna 15 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Tabela V.3– Resultados de 2004

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula em mm/s				Energia em Espera em Kcal			Frequência (Hz)			Base de Captação
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
16(16.02.2004)	6,64	20,00	26,64	320	0,9	0,8	0,6	0,9	6308	16800	23108	14,7	18,5	35,7	Base 1
17(17.02.2004)	1,66	6,00	7,66	350	1,0	1,0	0,7	1,1	1577	5040	6617	16,7	16,7	25,0	Base 1
18(18.02.2004)	6,64	18,00	24,64	350	1,2	1,0	0,6	1,3	6308	15120	21428	35,7	23,8	15,6	Base 1
19(19.02.2004)	13,28	34,00	47,28	330	2,0	1,6	1,7	2,2	12616	28560	41176	29,4	27,8	41,7	Igreja da Graça
20(20.02.2004)	3,32	24,00	27,32	330	3,0	2,1	2,8	3,7	3154	20160	23314	33,3	27,8	33,3	Igreja da Graça
21(26.02.2004)	11,62	29,40	41,02	350	0,7	0,6	0,5	0,8	11039	24696	35735	11,6	20,0	17,9	Base 2
22(27.02.2004)	9,96	25,20	35,16	350	1,0	1,2	0,7	1,2	9462	21168	30630	21,7	45,5	13,2	Base 1
01(01.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,6	1,5	1,7	2,0	4731	16934,4	21665,4	17,2	25,0	33,3	Base 1
02(02.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,8	1,2	1,7	2,0	4731	16934,4	21665,4	20,0	35,7	13,9	Base 1
03(02.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,1	1,0	0,7	1,0	4731	16934,4	21665,4	33,3	50,0	23,8	Base 1
04(03.03.2004)	3,32	25,00	28,32	433	0,4	0,5	0,4	0,7	3154	21000	24154	8,2	0,4	0,4	Base 1
05(03.03.2004)	3,32	25,00	28,32	433	0,8	0,6	0,8	1,0	3154	21000	24154	19,2	22,7	21,7	Base 1
06(05.03.2004)	9,96	78,00	87,96	350	1,7	1,7	1,7	2,5	9462	65520	74982	33,3	33,3	33,3	Igreja da Graça

07(10.03.2004)	6,64	18,00	24,64	350	0,7	0,6	0,7	0,8	6308	15120	21428	10,2	21,7	13,5	Base 1 Lad. Esquerdo
08(11.03.2004)	6,64	18,00	24,64	350	1,0	0,9	1,0	1,2	6308	15120	21428	12,8	16,7	11,9	Base 1 Lad. Esquerdo
01(18.03.2004)	20,75	45,00	65,75	350	2,2	2,4	0,9	2,6	19713	37800	57512,5	55,6	55,6	41,7	Igreja da Graça

Coluna 2 – massa do explosivo 1, por espera (kg), carga de fundo.

Coluna 3 - massa do explosivo 2, por espera (kg), carga de coluna.

Coluna 4 – massa total do explosivo, por espera (kg), carga total.

Coluna 6 – Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Longitudinal.

Coluna 7 – Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Transversal.

Coluna 8 - Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Vertical.

Coluna 9 - Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Soma.

Coluna 10 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo 1 por espera, carga de fundo.

Coluna 11 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo 2 por espera, carga de coluna.

Coluna 12 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo total por espera, carga total.

Coluna 13 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Coluna 14 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Coluna 15 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Tabela V.4 – Resultados de 2005

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade De Partícula em (PPV) em (PPV/mm/s)				Energia em Espera em Kcal			Frequência (Hz)		
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V
07(03.01.2005)	0,83	5,44	6,27	350	0,8	0,4	0,6	0,8	788,5	4569,6	5358,1	27,8	41,7	18,5
08(04.01.2005)	4,98	15,60	20,58	300	1,3	1,1	0,7	1,3	4731	14227,2	18958,2	12,8	41,7	20,8
09(05.01.2005)	7,47	9,75	17,22	400	1,2	1,0	0,6	1,2	7096,5	8892	15988,5	83,3	83,3	33,3
10(07.01.2005)	0,83	6,50	7,33	400	0,8	1,0	0,4	1,0	788,5	5928	6716,5	13,9	33,3	41,7
11(07.01.2005)	1,66	5,20	6,86	350	0,8	0,9	0,6	1,0	1577	4742,4	6319,4	27,8	33,3	55,6
12(10.01.2005)	0,83	5,85	6,68	350	0,8	0,5	0,5	0,8	788,5	5335,2	6123,7	20,8	27,8	20,8
13(11.01.2005)	1,66	5,20	6,86	350	1,0	0,6	1,0	1,0	1577	4742,4	6319,4	23,8	41,7	18,5
14(14.01.2005)	11,62	10,40	22,02	350	0,6	0,5	0,6	0,7	11039	9484,8	20523,8	20,8	41,7	15,2
01(18.01.2005)	1,66	5,20	6,86	370	1,0	1,0	0,8	1,1	1577	4742,4	6319,4	23,8	33,3	23,8
1a(24.01.2005)	1,66	4,55	6,21	400	1,7	1,7	0,8	1,9	1577	4149,6	5726,6	18,5	55,6	33,3
02(24.01.2005)	1,66	5,20	6,86	360	2,2	3,1	1,0	3,5	1577	4742,4	6319,4	55,6	83,3	27,8
03(25.01.2005)	4,98	15,60	20,58	320	2,6	3,6	1,2	3,7	4731	14227,2	18958,2	83,3	83,3	55,6
04(31.01.2005)	3,32	4,55	7,87	320	2,7	2,4	1,1	3,2	3154	4149,6	7303,6	83,3	83,3	33,3
05(31.01.2005)	4,98	14,30	19,28	400	1,9	1,5	0,8	1,8	4731	13041,6	17772,6	16,7	41,7	18,5

06(04.02.2005)	6,64	18,85	25,49	465	0,8	0,7	0,6	0,9	6308	17191,2	23499,2	16,7	27,8	27,8
07(09.02.2005)	5,81	0,00	5,81	400	1,1	0,8	0,5	1,1	5519,5	0	5519,5	55,6	33,3	27,8
08(10.02.2005)	6,64	0,00	6,64	400	1,9	1,5	0,7	2,4	6308	0	6308	166,7	83,3	20,8
09(10.02.2005)	9,96	0,00	9,96	350	1,7	1,8	0,8	2,1	9462	0	9462	55,6	41,7	83,3

Coluna 2 – massa do explosivo 1, por espera (kg), carga de fundo.

Coluna 3 - massa do explosivo 2, por espera (kg), carga de coluna.

Coluna 4 – massa total do explosivo, por espera (kg), carga total.

Coluna 6 – Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Longitudinal.

Coluna 7 – Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Transversal.

Coluna 8 - Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Vertical.

Coluna 9 - Velocidade da Partícula (mm/s) no vetor Soma.

Coluna 10 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo 1 por espera, carga de fundo.

Coluna 11 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo 2 por espera, carga de coluna.

Coluna 12 – Energia liberada (Kcal) do Explosivo total por espera, carga total.

Coluna 13 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Coluna 14 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

Coluna 15 – Frequência em Hz no eixo longitudinal

CAPÍTULO VI

ANÁLISE DOS RESULTADOS

VI.1 – INTRODUÇÃO

Quando ocorre uma detonação, existe certa correspondência entre as deformações induzidas nas rochas e a velocidade da partícula (Jimeno *et al.* 1995), e essa proporcionalidade chama-se impedância do meio rochoso. Desta forma, uma consequência prática é que explosivos que geram pressões baixas nos furos também produzem baixos níveis de vibrações.

Portanto, segundo Jimeno *et al.* (op. cit.), se igual quantidade de ANFO em peso é comparado com igual quantidade em peso de *Slurry* comum ou um gel aluminizado, a intensidade de vibração gerada pelo primeiro seria de 2 a 2,4 vezes mais baixa respectivamente; isso também tem sido reportado por outros investigadores tais como Hagan e Kenedy (1981) e Matheu (1984).

Ainda de acordo com Jimeno *et al.* (op. cit.), é aconselhável que, num estudo de vibração, a carga deve ser normalizada em relação a um explosivo padrão ANFO por ser o mesmo largamente utilizado. Nesse estudo, no lugar de fazer uso de uma carga normalizada, optou-se pela utilização, no lugar do peso da carga do explosivo, da energia termoquímica total liberada (obtida estequiometricamente conforme decomposição termoquímica dos materiais envolvidos) por espera, que seria independente do tipo de explosivo utilizado, sendo este novo parâmetro introduzido como fator de controle na vibração.

VI.2 – ANÁLISES DOS RESULTADOS

O objetivo básico para um estudo de vibração é encontrar a lei de propagação da vibração, para, que seja possível, determinar a quantidade máxima de energia a ser liberada na unidade de tempo por furo ou por espera para uma determinada distância.

Para isso, Jimeno (1995) recomenda um número mínimo de 8 a 10 detonações para um estudo dessa natureza; o que, nesse estudo, seguindo essa mesma recomendação, deixou-se o trabalho bem à vontade, pois, foram utilizados 465 eventos. Isso, permite um ótimo respaldo para a realização de uma boa análise desses resultados.

Para Crosby (1998), o uso de diferentes explosivos em 40% ou mais das detonações ocorridas não tem mostrado efeitos significantes nos níveis de vibração para detonações muito próximas (6 metros ou menos). Esse autor mostra que a geologia do maciço (ou do meio) afeta os níveis de vibração de cada local de medição por ser único; o que deve ser avaliado local a local. Além disso, a energia total introduzida em corpos rochosos pela carga detonada varia com o peso da carga para um mesmo tipo de explosivo.

Para análise dos resultados, foi utilizada como ferramenta a planilha eletrônica Excel versão 2003. Foi usada como interpretação dos dados a análise através da série de potência, visto que foi a que apresentou a melhor correlação.

VI.2.1 – ANÁLISES DOS DADOS DO ANO 2003

Para esse primeiro ano de testes, foram utilizadas quatro bases para leituras da velocidade máxima de vibração da partícula: base 1, base 2, a base denominada de intermediária ou entre base 1 e base 2 e a base Igreja da Graça.

Para a base 1, a primeira a ser analisada, cujos dados serviram para elaborar a Figura VI.1, não houve praticamente nenhum tratamento estatístico ou análise prévia. Houve, apenas, a coleta de alguns dados os quais seus valores apresentaram-se de modo bem discrepante e sem fazer distinção no tocante à distância entre a base 1 (fonte de leitura da velocidade) e o ponto de detonação (bancada). Essa base apresentou um coeficiente de confiabilidade da ordem de 69,3%, em que a lei de propagação da vibração encontrada foi:

$$Y = 5,232 X^{-1,43},$$

Onde:

Y = velocidade de vibração da partícula (mm/s);

X = DEE ou Distância Escalonada Energética;

DEE = $D/E^{1/2}$ que é uma relação entre D (distância da fonte de detonação e a fonte de leitura em m) e E (energia termoquímica total liberada na detonação em kcal), cujos valores dos coeficientes (5,232) e (-1,43), para a grande maioria dos pesquisadores, representam valores do meio ambiente (ambiente geológico em conjunto com as edificações existentes) e da energia utilizada.

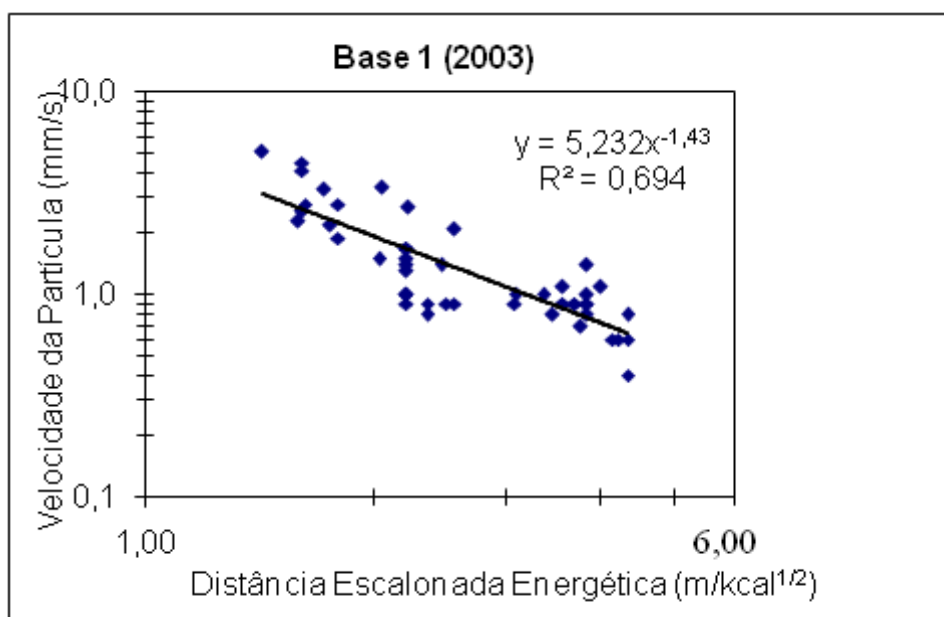


Figura VI.1 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (2003).

Quando essa mesma análise foi feita para essa base, mas separando-se em três blocos de leituras com relação à distância entre a fonte de detonação e o local de medição da velocidade máxima da partícula, para o primeiro bloco (Figura VI.2), com distâncias médias em torno de 150 m, foi obtido o coeficiente de confiabilidade que passou para 60,2%, e cuja equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 18,36X^{-3,52}.$$

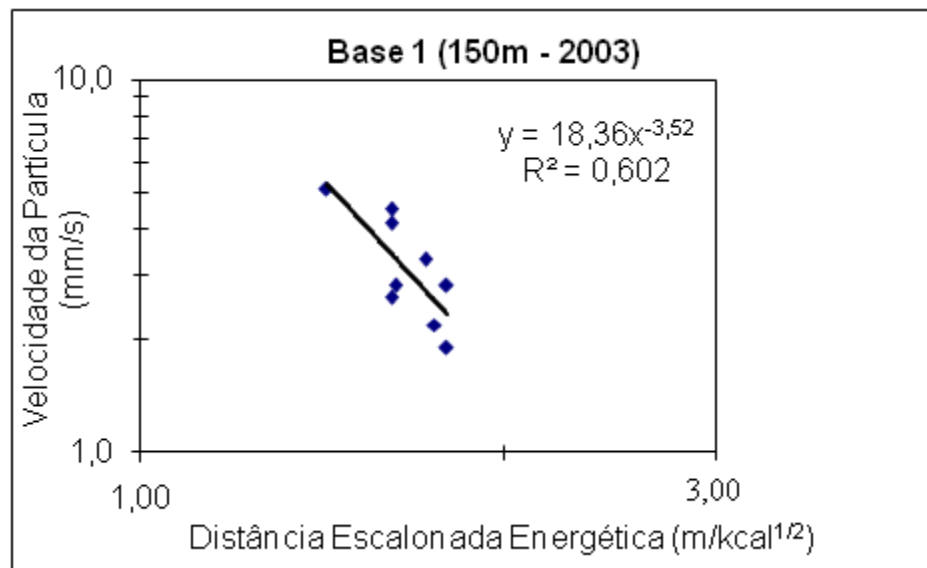


Figura VI.2 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (150m - 2003).

Para o segundo bloco (Figura VI.3), com distâncias médias em torno de 200 m, ocorreu um aumento do coeficiente de confiabilidade que passou para 69,8%. A equação que representa a lei de propagação da vibração para esse bloco é dada por:

$$Y = 7,644X^{-1,55}.$$

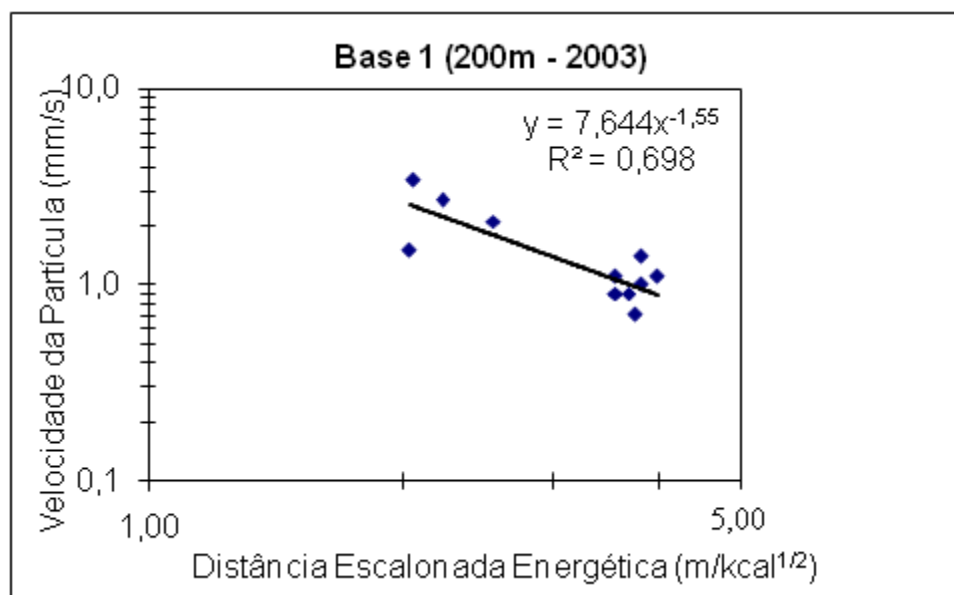


Figura VI.3 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (200m - 2003).

Para o terceiro bloco (Figura VI.4), com distâncias médias em torno de 300 m, ocorreu uma diminuição do coeficiente de confiabilidade que passou para 64,1%, e cuja equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 2,992X^{-1,06}.$$

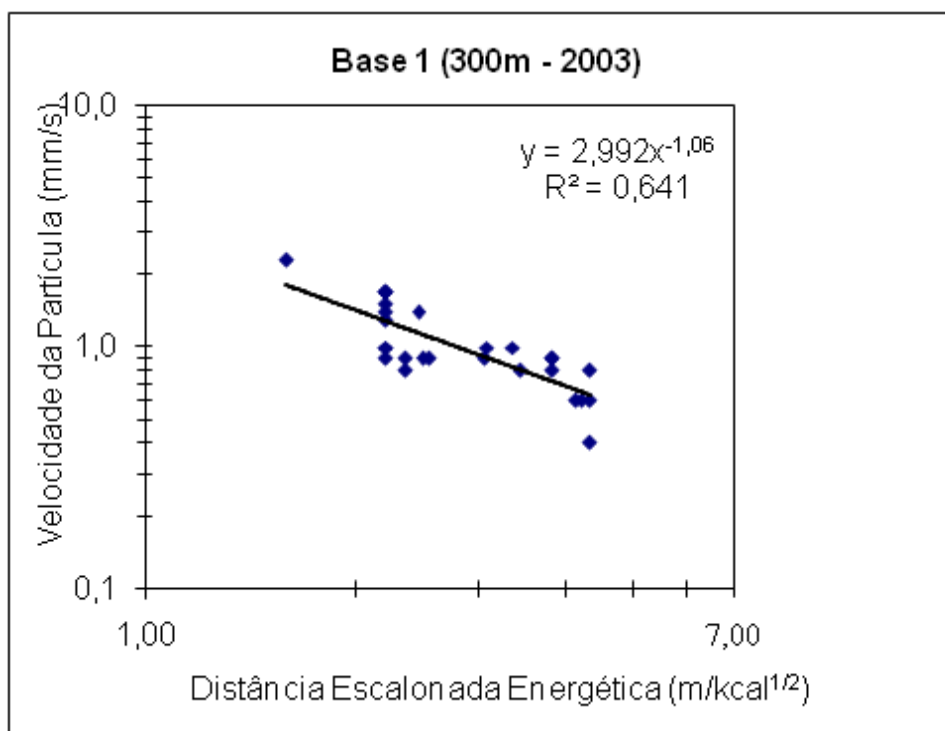


Figura VI.4 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (300m - 2003).

Para a base 1, foi realizada uma junção do segundo bloco com o terceiro bloco (Figura VI.5), com distâncias variando de 150 a 200m. Nessa junção, ocorreu um aumento do coeficiente de confiabilidade que passou para 82,4%, em que a equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 6,652X^{-1,13}.$$

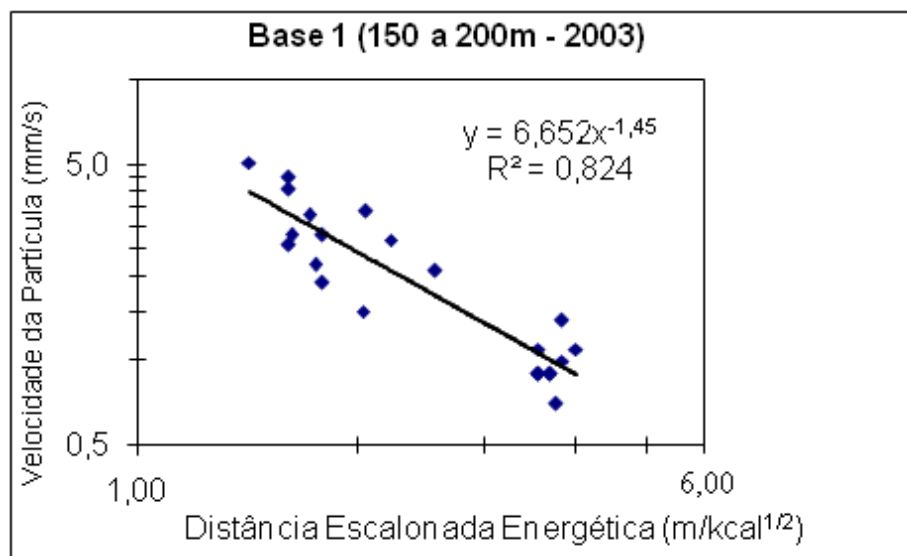


Figura VI.5 – Gráfico log x log da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (150 a 200m - 2003).

Para a base 2, que mostra um coeficiente de confiabilidade de 78,1%, a equação que representa a lei de propagação da vibração (Figura VI.6) é dada por:

$$Y = 5,932 X^{-1,58}.$$

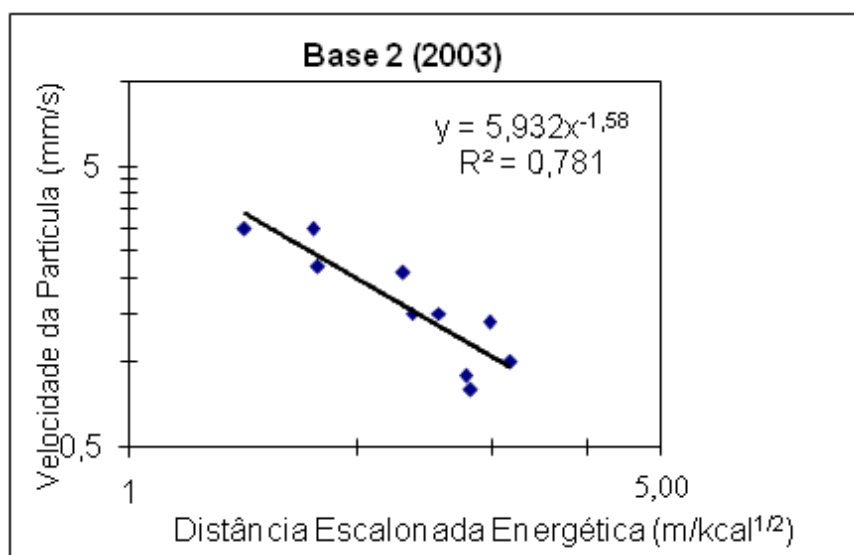


Figura VI.6 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da base 2 (2003).

A base localizada entre a base 1 e a base 2, que oferece o maior coeficiente de confiabilidade (81,9%) para esse ano, e tem como equação representativa da lei de propagação da vibração (Figura VI.7):

$$Y = 9,117X^{-2,57}$$

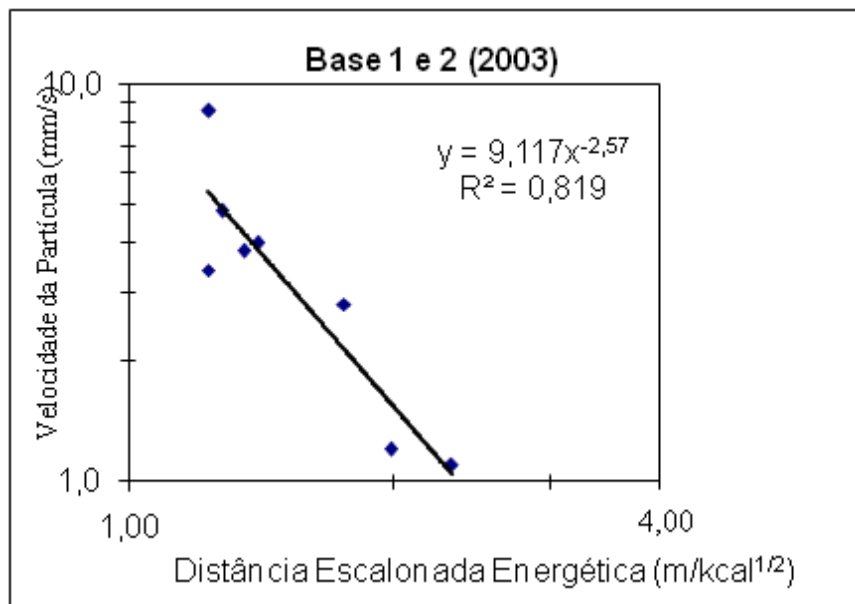


Figura VI.7 – Gráfico da velocidade da partícula versus distancia Escalonada energética da base 1 e 2 (2003).

Para a base Igreja da Graça, que demonstrou o menor coeficiente de confiabilidade para todas as bases no o ano de 2003 (35,8%), tem-se a equação que representa a lei de propagação da vibração (Figura VI.8) dada por:

$$Y = 4,546X^{-0,69}$$

A mesma análise sendo feita para essa base, mas separando-se em dois blocos de leituras com relação à distância entre a fonte de detonação e o local de medição da velocidade máxima da partícula, tem-se, para o primeiro bloco (Figura VI.9), com distâncias médias em torno de 250 m, um coeficiente de confiabilidade que passou para 49,1%, e cuja equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 4,296X^{-0,45}$$

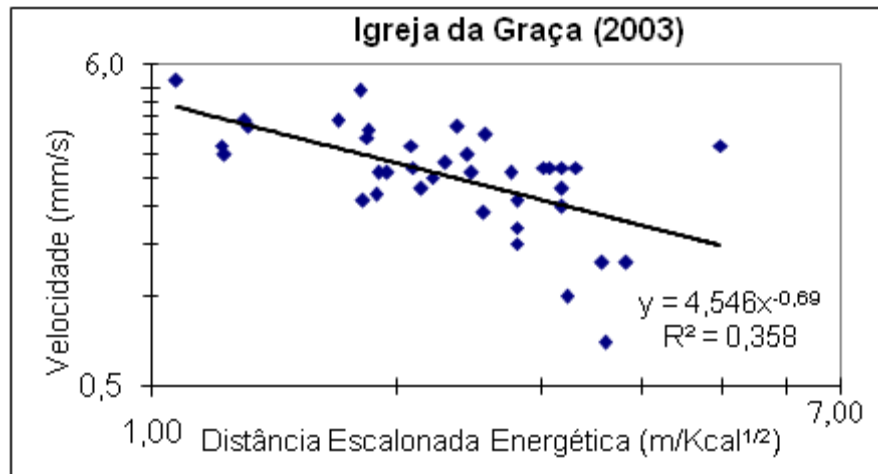


Figura VI.8 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (2003).

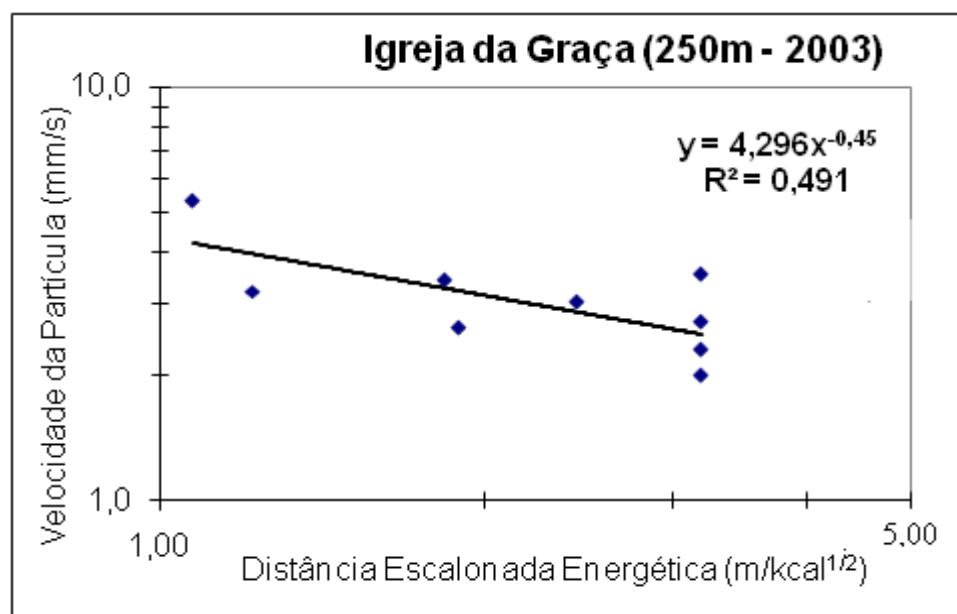


Figura VI.9 – Gráfico da velocidade da partícula versus distancia Escalonada energética da base Igreja da Graça (250m - 2003).

Para o segundo bloco (Figura VI.10), com distâncias médias em torno de 300 m, ocorreu uma diminuição do coeficiente de confiabilidade que passou para 41,5%. Aqui, a equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 16,07X^{-1,75}.$$

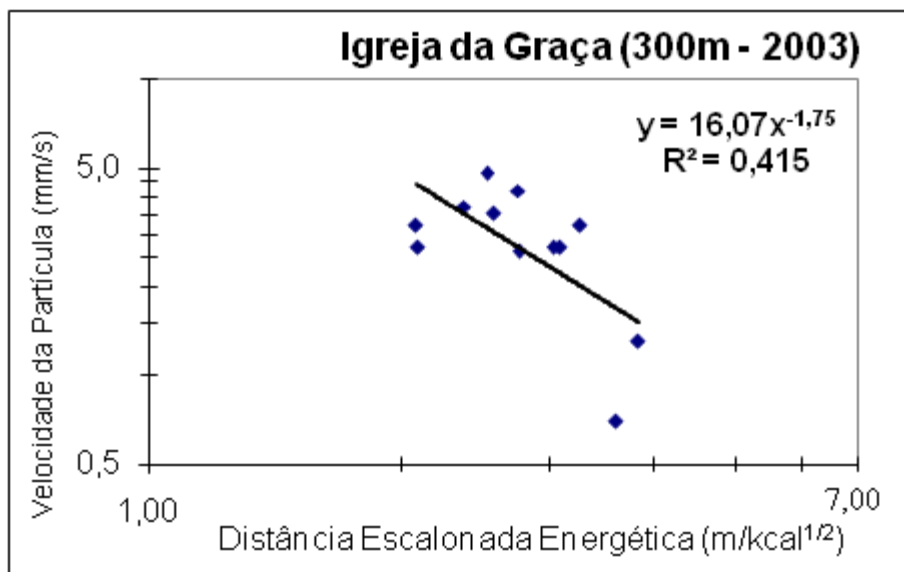


Figura VI.10 – Gráfico da velocidade da partícula versus distancia Escalonada energética da base Igreja da Graça (300m - 2003).

VI.2.2 – ANÁLISES DOS DADOS DO ANO 2004

Em 2004, as medições foram realizadas apenas em três bases: base 2, base 1, e base Igreja da Graça.

Para a Base 2 (Figura VI.11), a equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por: $Y = 1,00X^{-0,36}$.

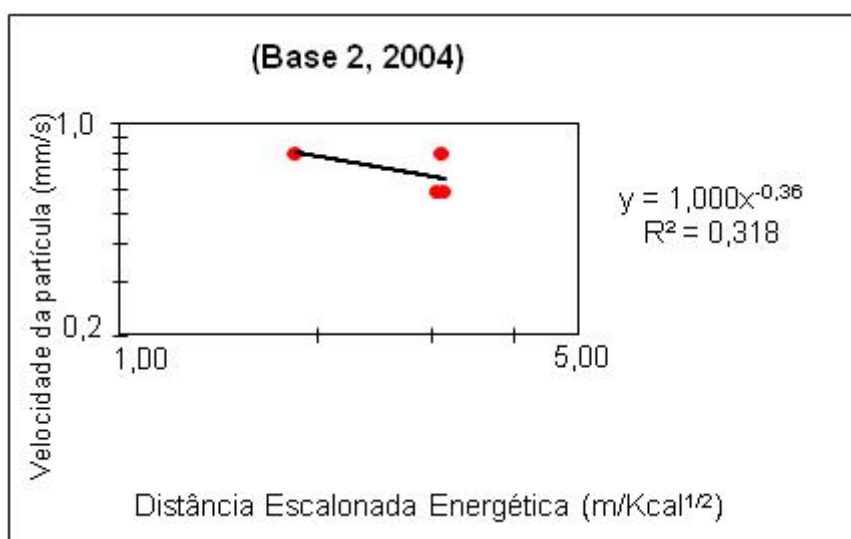


Figura VI.11 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 2 (2004).

Em tal base, em particular, os números de ensaios realizados foram muito reduzidos e realizados em épocas bem distantes entre si, durante o ano de 2004.

Na base 1 (Figura VI.12), foram analisados, inicialmente, todos os dados obtidos, independentes da distância entre a fonte das detonações com o local de medições (base 1). Essa base apresentou um baixo coeficiente de confiabilidade, em torno de 20,6%, e a equação que representa a lei de propagação da vibração de tal base é:

$$Y = 2,482X^{-0,55}$$

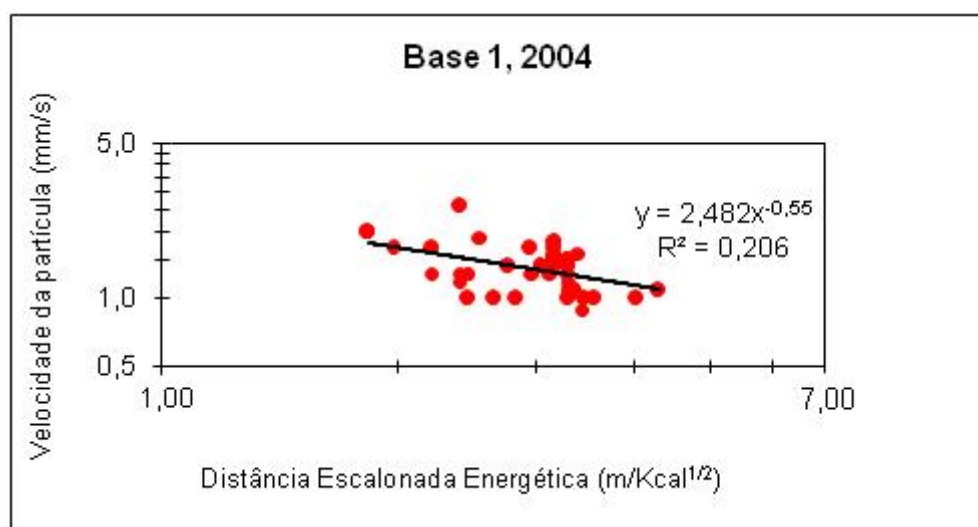


Figura VI.12 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (2004).

Ao se realizar essa mesma análise para essa base; separando-se, porém, em dois blocos de leituras com relação à distância entre a fonte de detonação e o local de medição da velocidade máxima da partícula, para o primeiro bloco (Figura VI.13), com distâncias médias em torno de 300 m, o coeficiente de confiabilidade que passou para 61,9%, para o qual a equação que representa a lei de propagação da vibração é oferecida por:

$$Y = 9,435X^{-1,60}$$

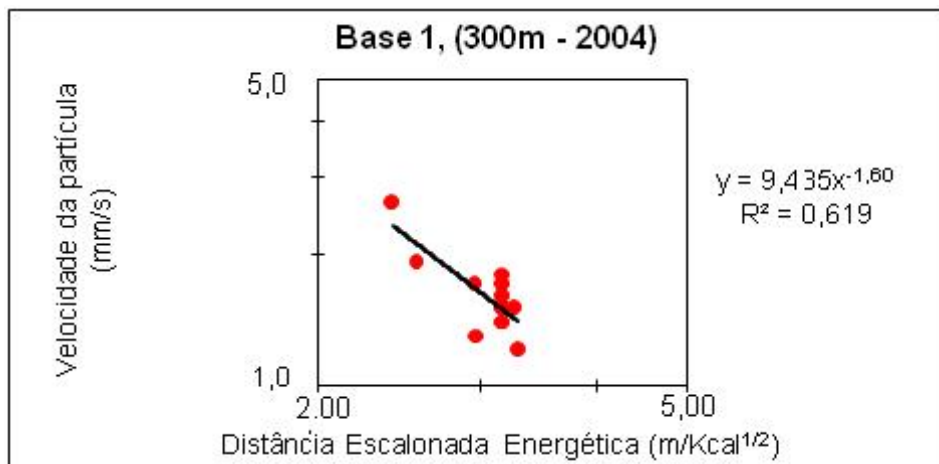


Figura VI.13 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (300m - 2004).

Para o segundo bloco (Figura VI.14), com distâncias médias em torno de 400 m, constatou-se uma diminuição do coeficiente de confiabilidade que passou para 39,1%, tendo como equação representativa da lei de propagação da vibração:

$$Y = 4,662X^{-1,13}.$$

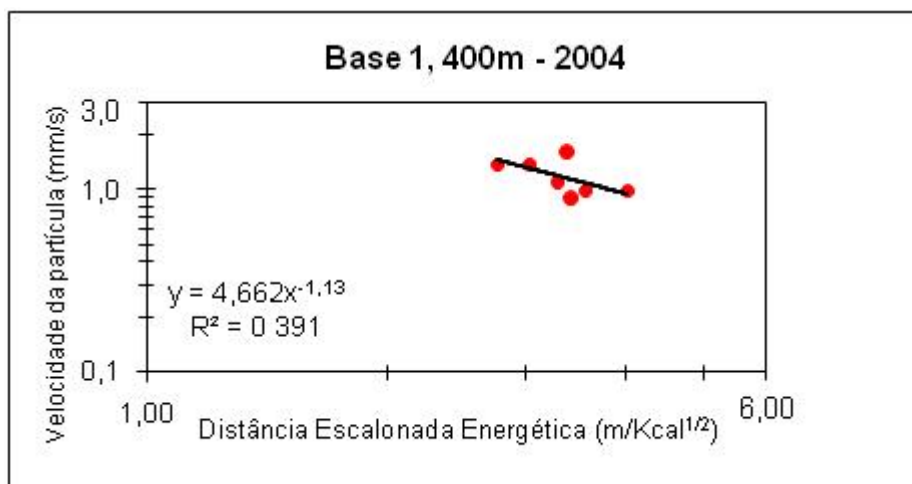


Figura VI.14 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1 (400m - 2004).

Na base Igreja da Graça (Figura VI.15), com todos os dados analisados, apresentou-se um baixo coeficiente de confiabilidade (em torno de 21,7%), com uma equação que representa a lei de propagação da vibração dada por:

$$Y = 3,517X^{-0,52}.$$

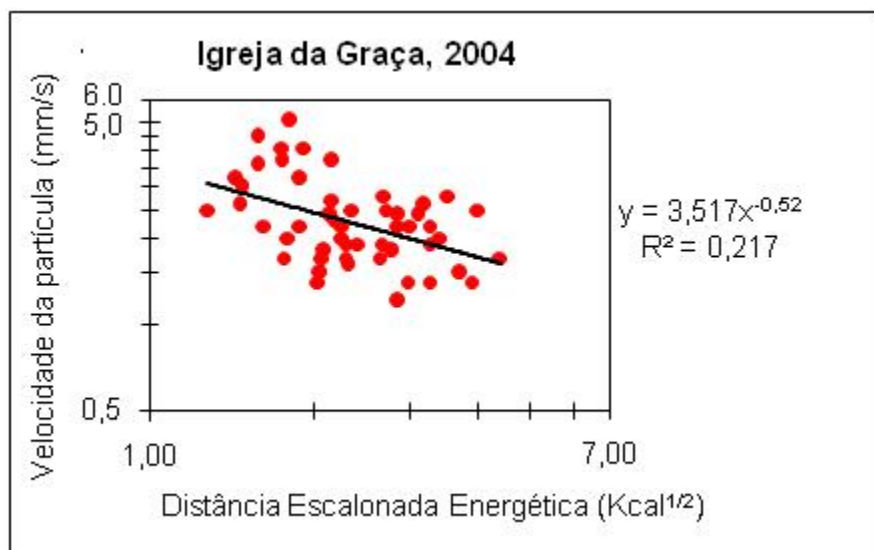


Figura VI.15 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça.

Da mesma maneira, o que acontece na base 1 também se repete na base Igreja da Graça, quando agrupamos em dois blocos de distâncias entre a fonte de detonação e a base de leitura. Para o primeiro bloco (Figura VI.16), com distâncias em torno de 300m, o coeficiente de confiabilidade aumenta consideravelmente, passando de menos de 21,7% para 44,5%. Agora, a equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 4,944X^{-1,27}.$$

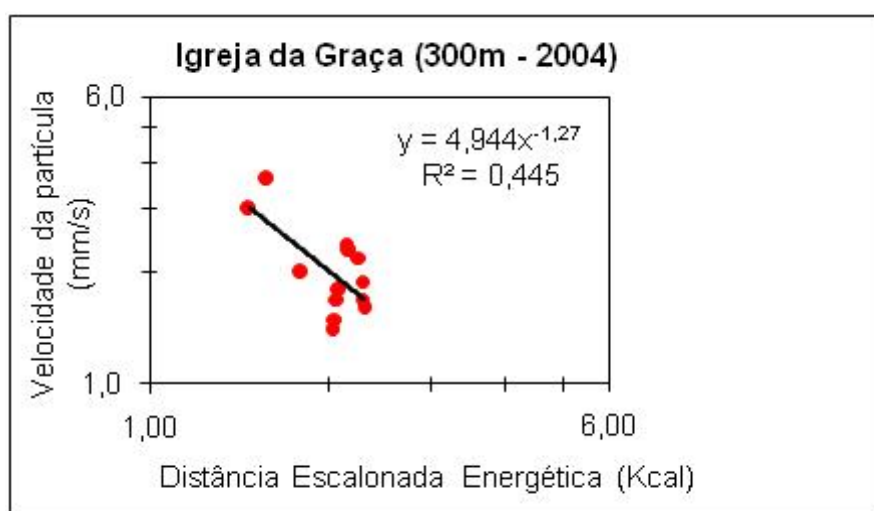


Figura VI.16 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (300m - 2004).

Quando se passa para o segundo bloco (Figura VI.17), com distâncias médias próximas a 400m, ocorre uma diminuição do coeficiente de confiabilidade, passando para 32,4,% (71% do coeficiente de confiabilidade do primeiro bloco), cuja equação que representa a lei de propagação da vibração é concedida:

$$Y = 5,796X^{-0,91}.$$

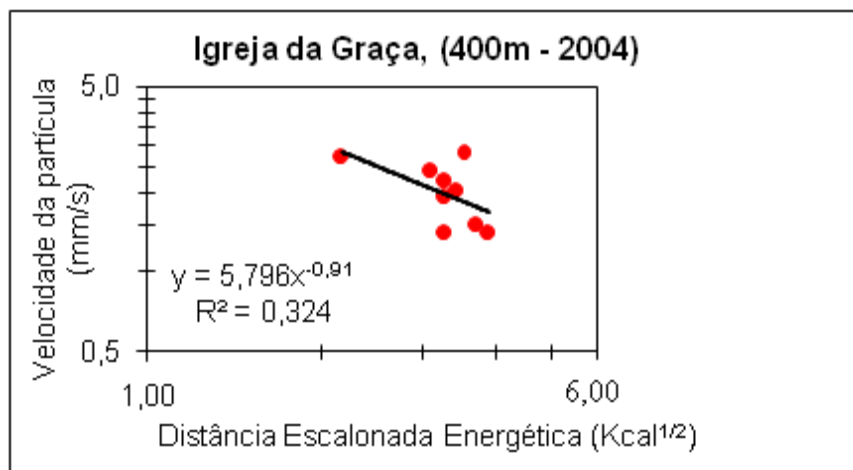


Figura VI.17 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça (400m).

VI.2.3 – ANÁLISES DOS DADOS DO ANO 2005

Em 2005, foram analisadas cinco Bases: base 2, base entrada da Fazenda da Graça, base Igreja da Graça, base Muro da Sucata e base 1. Foram realizadas medições na portaria da CIMPOR e na Oficina de Veículos da própria mineradora; mas, para essas bases, a quantidade de dados foi insuficiente para a elaboração de uma equação que representasse a lei de propagação da vibração.

Na base 2 (Figura VI.18), as leituras apresentaram um coeficiente de confiabilidade em torno de 42,6%. A equação que representa a lei de propagação da vibração aqui é:

$$Y = 0,462X^{0,397}.$$

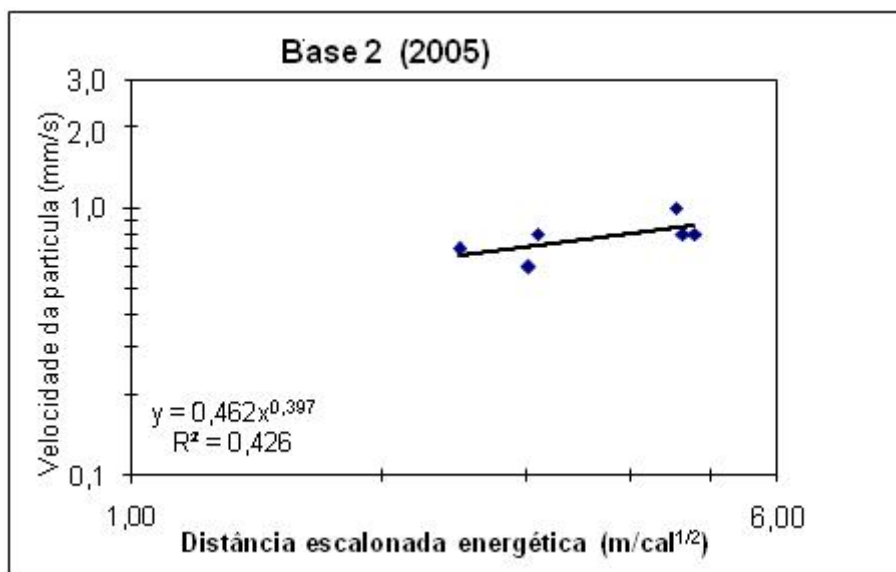


Figura VI.18 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 2 (2005).

Na base Entrada Fazenda da Graça (Figura VI.19), o coeficiente de confiabilidade dos resultados das leituras aumentou 50% em relação à base anterior, apresentando uma equação da lei de propagação da vibração determinada por:

$$Y = 9,87X^{-0,95}.$$

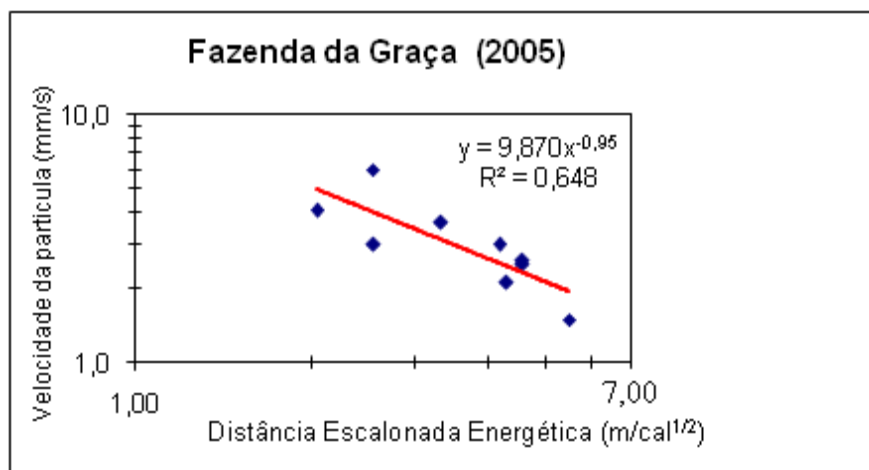


Figura VI.19 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Entrada Fazenda da Graça (2005).

A base Igreja da Graça, separada em três blocos, apresentou uma discrepância nas leituras (no bloco de 400m, ocorre um aumento no coeficiente de confiabilidade em relação ao bloco de 300m). Na análise que envolve todas as leituras dessa base (Figura VI.20), encontra-se um baixo coeficiente de confiabilidade (36,1%) e a sua equação que representa a lei de propagação da vibração é demonstrada por:

$$Y = 4,433X^{-0,63}$$

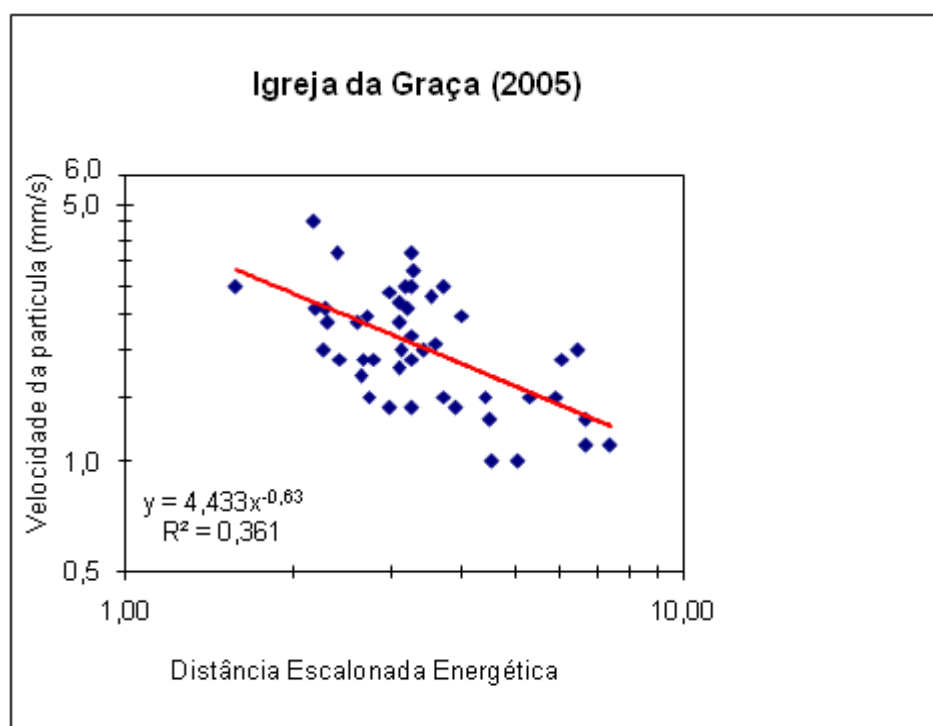


Figura VI.20 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça.

No primeiro bloco de leituras, que estão situadas em torno de 300m de distância do foco de detonação (Figura VI.21), o coeficiente de confiabilidade aumenta para 42%. Nesta, a lei de propagação da vibração é representada pela equação:

$$Y = 4,558X^{-0,66}$$

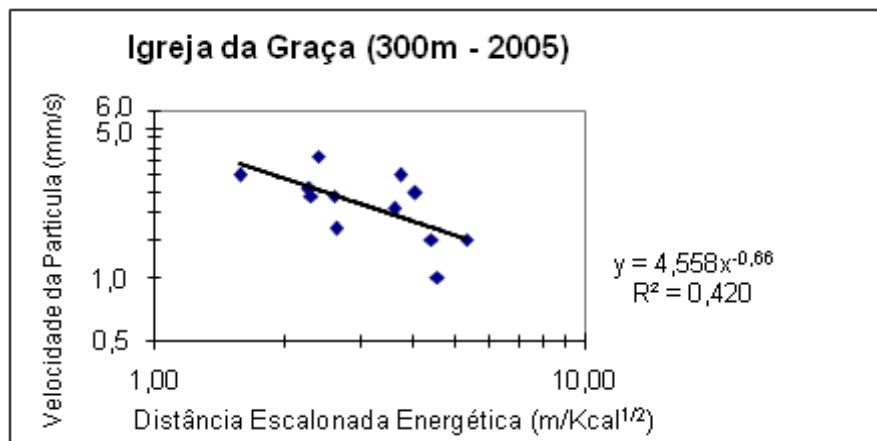


Figura VI.21 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça – 300m.

Quando se passa para o segundo bloco, em que as distâncias médias aumentam para 400m (Figura VI.22), aumenta-se o coeficiente de confiabilidade para mais de 51%. Nesta instância, representa-se a lei de propagação da vibração pela equação:

$$Y = 19,56X^{-1,84}$$

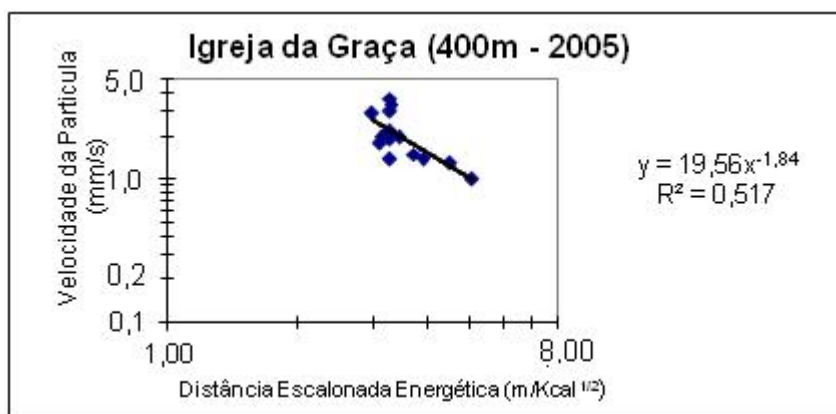


Figura VI.22 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça.

Com o terceiro bloco, cujas distâncias das leituras à fonte de detonação variam em torno de 500m (Figura VI.23), o coeficiente de confiabilidade diminui para menos de 41%; o que, nesse caso, evidencia a mesma tendência da base anterior, onde as leituras dessa distância eram menores do que os resultados de todas as leituras para a base em questão. Agora, nesta base, tem-se, como evidência da lei de propagação da vibração, a equação:

$$Y = 6,489X^{-0,7}.$$

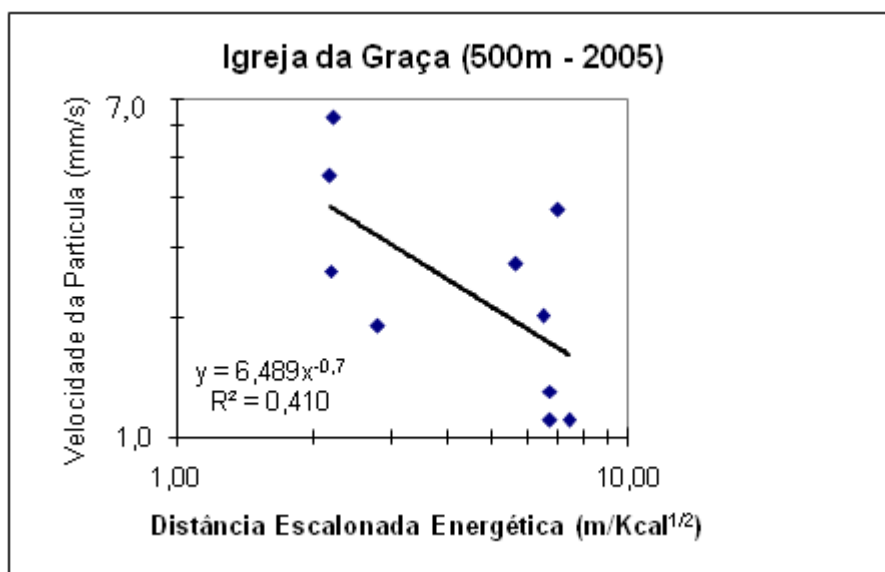


Figura VI.23 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Igreja da Graça – 500m.

Para a base 1 (Figura VI.24), a análise resultou em um médio coeficiente de confiabilidade, próximo a 49,0%, e cuja equação que mostra a lei de propagação da vibração é:

$$Y = 0,353X^{0,804}.$$

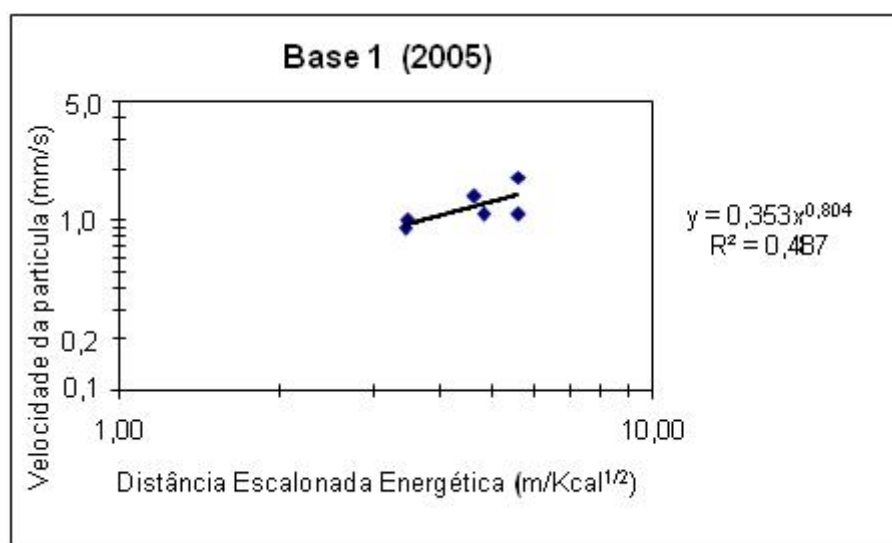


Figura VI.24 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base 1.

Já para a última base a ser analisada, a base Muro da Sucata (Figura VI.25), o resultado segue a tendência normal. O coeficiente de confiabilidade para todas as leituras dessa base gira próximo a 50,6%. Esse coeficiente de confiabilidade aumenta quando se separam as leituras em blocos de distâncias das leituras ao ponto de detonação do explosivo. Essa base foi separada em três blocos de leituras com relação à distância: bloco 1 (300m), bloco 2 (400m) e bloco 3 (500m). Nessa base, a equação que representa a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 17,12X^{-1,22}.$$

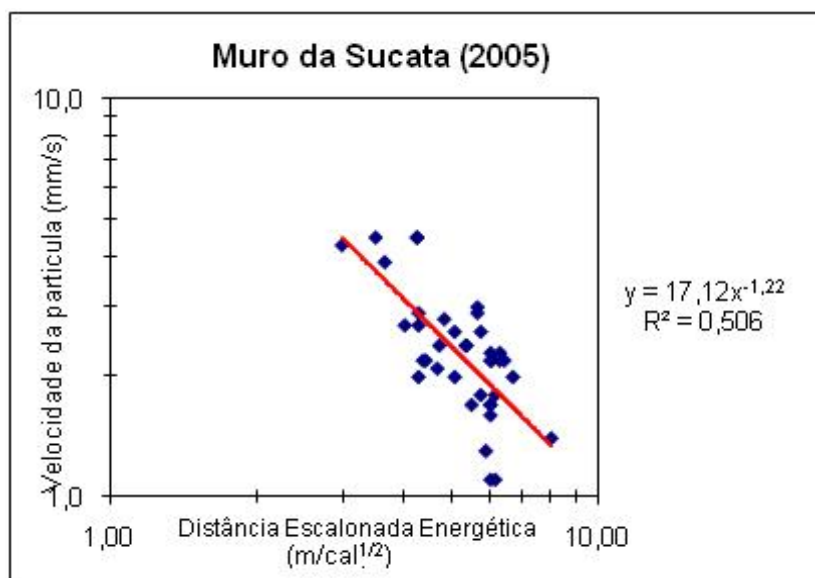


Figura VI.25 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata.

Para o primeiro bloco dessa base, com distâncias em torno de 300m (Figura VI.26), como era de se esperar, o coeficiente de confiabilidade aumenta, passando para 71,6%, e a equação que revela a lei de propagação da vibração dessa base é:

$$Y = 93,83X^{-2,49}.$$

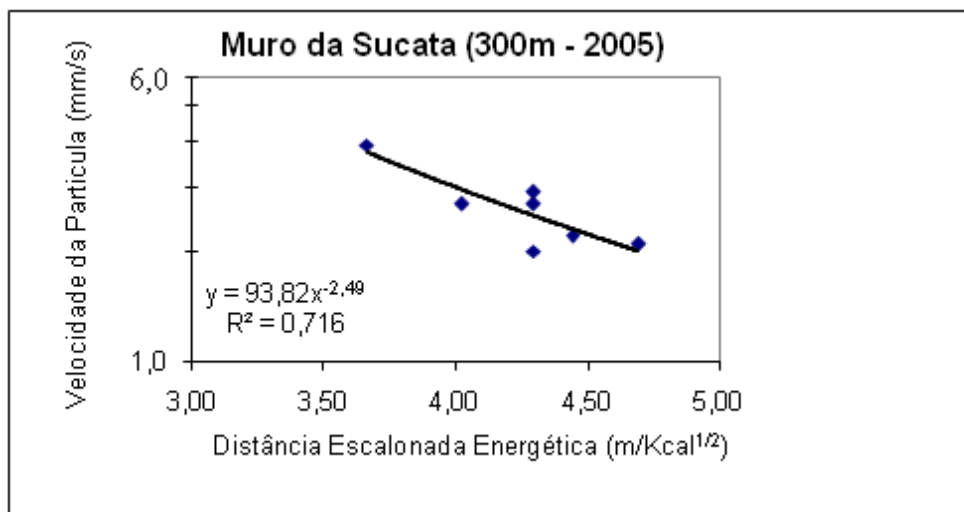


Figura VI.26 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata – 300m.

Quando a distância da fonte de detonação para a base de leitura aumenta para 400m (segundo bloco, Figura VI.27), essa base apresenta uma característica diferente das outras bases, no tocante ao grau de confiabilidade. Tendo em vista que o esperado para o coeficiente de confiabilidade, com o aumento dessa distância, seria que ele diminuísse; nesta base, todavia, ele permanece praticamente inalterado, em torno de 71% - o que representa um alto coeficiente de confiabilidade para esse tipo de evento. A seguinte equação representa a lei de propagação da vibração dessa base:

$$Y = 17,49X^{-1,23}.$$

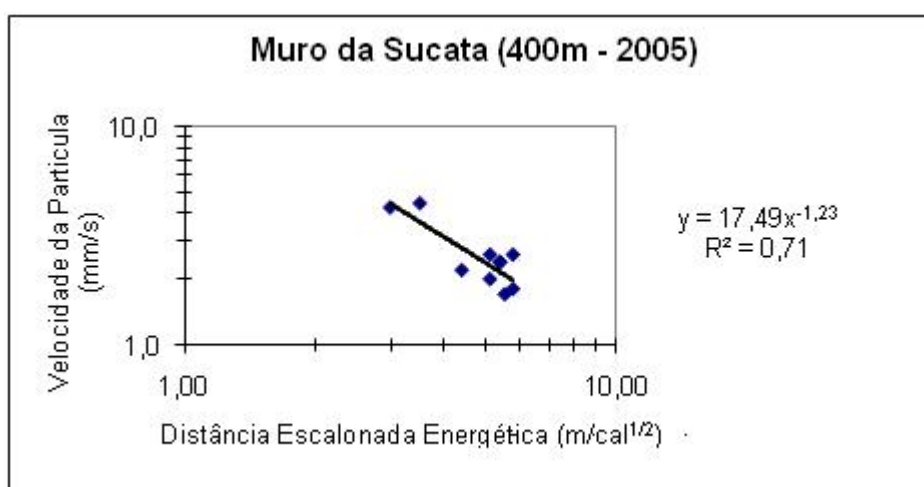


Figura VI.27 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata – 400m.

Para a distância de 500m, o terceiro bloco de leituras (Figura VI.28) volta à tendência normal de queda do coeficiente de confiabilidade (67,7% agora); mantendo, ainda assim, no entanto, um valor parecido com os obtidos para o grau de confiabilidade dos dois blocos iniciais. Nesta base, a posterior equação transmite a lei de propagação da vibração:

$$Y = 11,93X^{-0,95}.$$

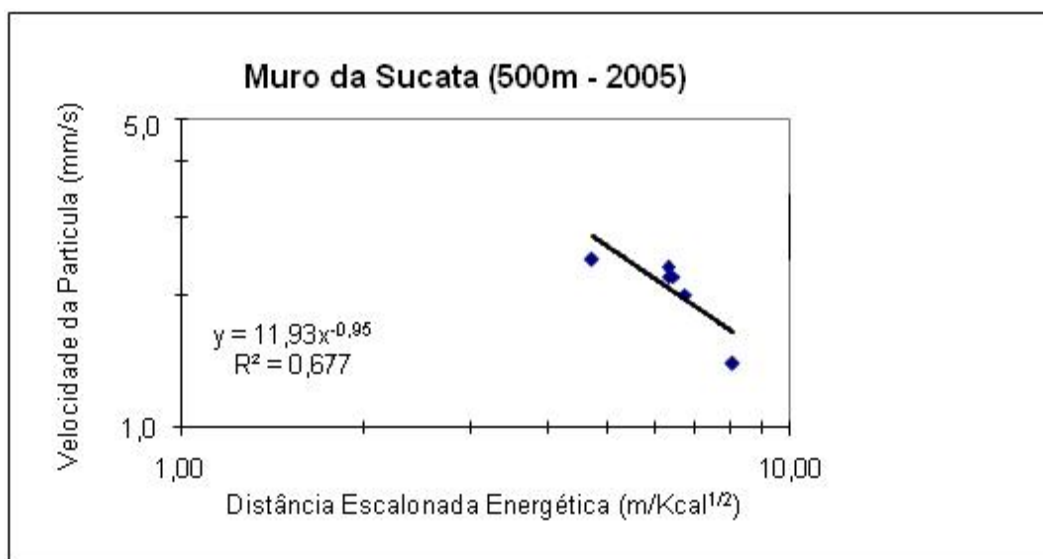


Figura VI.28 – Gráfico da velocidade da partícula versus distância escalonada energética da Base Muro da Sucata – 500m.

Segundo o Atlas Powder Company, existe uma infinidade de fatores que determina essa grande dispersão de valores nesse tipo de evento para algumas bases, a começar pelas rochas, que são massas heterogêneas, com diferentes impedâncias acústicas. Essa dispersão de valores, também pode ser devido às ligações de descontinuidades causadas pela reflexão das ondas e pelo baixo nível da vibração máxima. A presença de juntas, fraturas, falhas e zonas cizalhantes também aumentam a dispersão de valores, assim como a presença de água nas rochas e nas suas descontinuidades.

O mecanismo de atenuação do movimento da onda no solo atribuído às propriedades do maciço rochoso dá as características do modelo de transmissão e, através desse mesmo mecanismo, é possível fazer uma previsão de uma futura detonação num determinado ambiente.

VI.3 – COMPARAÇÃO ENTRE DISTÂNCIA ESCALONADA (DE) E DISTÂNCIA ESCALONADA ENERGÉTICA (DEE)

Comparam-se agora as duas maneiras de apresentar a equação de propagação da velocidade máxima de vibração de uma partícula atravessada por ondas de choque provenientes de uma detonação – são elas: Distância Escalonada (DE) e Distância Escalonada Energética (DEE). No primeiro procedimento, que é determinada pela ABNT (norma NBR 9653), um dos parâmetros levado em consideração é a carga de explosivo detonada por espera. No segundo, é sugerida a substituição da carga de explosivo detonada por espera pela DEE, quantidade de energia termoquímica liberada na detonação por espera.

O que levou a utilizar o parâmetro energético partiu da seguinte constatação: suponhamos uma esfera de peso (m) conhecido, caindo de uma determinada altura (posição um); ao cair, a esfera teria uma energia potencia igual a mgH_1 (g = aceleração da gravidade). Na posição dois, a energia potencial será igual a mgH_2 e, na posição três, a energia potencial será mgH_3 . Comparando as três posições e sendo H_3 maior do que H_2 e este maior do que H_1 , então, a energia potencial da terceira posição será maior do que as outras, mesmo tendo a mesma massa (Figura VI.29). Partindo desse princípio, as energias diferentes irão gerar velocidades de vibração da partícula diferentes no ponto de leitura (PL).



Figura VI.29 – Energia potencial da esfera em várias posições.

Para servir de modelo a essa comparação, foram selecionados vários testes em algumas bases e anos diferentes. Dos quais foram sempre selecionados testes em que havia uma diferença de energia entre eles, mas com pouca diferença de massa entre si. E

mantendo-se sempre que possível a mesma distância entre os dois testes, por exemplo: na Base 1 e 2, no ano de 2003, em dois eventos, o primeiro realizado no dia 18.03.2003 e o segundo no dia 26.03.2003. Havendo, portanto, apenas uma diferença de oito dias entre os dois eventos, e ambos os eventos localizados a uma distância de 120m do local da base de leitura

No primeiro evento, foi utilizado para o primeiro explosivo uma massa de 1,66 kg (950 Kcal/kg); para o segundo explosivo, uma massa de 8,0 kg (840 Kcal/kg), resultando numa massa total de 9,66 kg, com uma energia total de 8297 Kcal, que resultou numa velocidade máxima da partícula de 4,86 mm/s.

No segundo evento, foi utilizado para o primeiro explosivo uma massa de 9,96 kg (950 Kcal/kg); e, não havendo massa para o segundo explosivo, tivemos como decorrência uma massa total de 9,96 kg, com uma energia total de 9462 Kcal, implicando numa velocidade máxima da partícula de 8,60 mm/s.

Mesmo para uma pequena diferença na massa total dos explosivos de 3,1% entre esses dois eventos, para esse caso específico, ocorre uma diferença da energia total da ordem de 14,0% e, possivelmente, essa diferença na energia acarretou, para essa distância de 120m, uma enorme diferença na velocidade máxima da partícula de aproximadamente 64,6%.

Essa mesma metodologia foi utilizada para a construção dos gráficos comparativos da Distância Escalonada versus Distância Escalonada Energética para algumas bases em que essa metodologia pudesse ser adotada.

VI.3.1 – Distância Escalonada Versus Distância Escalonada Energética - 2003

Para a base 1, foram identificados 8 pares, ou seja, 16 eventos que se encaixam segundo o modelo proposto para a comparação entre a DE e a DEE (Tabela VI.1).

Tabela VI.1 – Tabela de valores utilizados da Base 1 (2003).

<i>Distância (m)</i>	<i>Vetor Soma (mm/s)</i>	<i>Carga em Espera (kg)</i>	<i>Energia (Kcal)</i>	<i>DE (m/kg^{1/2})</i>	<i>DEE (m/Kcal^{1/2})</i>
400	1,0	14,94	14193	103,49	3,36
400	1,0	18,32	15754	93,45	3,19
275	1,1	4,98	4731	123,23	4,00
260	0,9	5,83	4988,5	107,68	3,68
200	3,4	9,96	9462	63,37	2,06
250	2,1	10,43	8852,5	77,41	2,66
230	5,3	8,30	7885	79,83	2,59
120	5,1	7,47	7096,5	43,91	1,42
170	3,2	10,43	8852,5	52,64	1,81
150	2,9	8,06	6953	52,84	1,80
150	4,1	8,83	7508,5	50,48	1,73
170	3,7	9,96	9462	53,87	1,75
170	4,5	9,96	9462	53,87	1,75
145	3,3	7,47	7096,5	53,05	1,72
120	1,5	8,06	6953	42,27	1,44
150	2,9	8,83	7508,5	50,48	1,73

Com base nos elementos da Tabela VI.1, determinou-se a equação que representa a lei de propagação da vibração para a DE (Figura VI.30), que apresentou um coeficiente de confiabilidade da ordem de 49,1%, sendo dado por:

$$Y = 497,8X^{-1,27}.$$

Já para a DEE, fazendo uso da mesma tabela (Tabela VI.1), tivemos um coeficiente de confiabilidade de 52,8%, cuja equação que representa a lei de propagação da vibração para a DEE (Figura VI.31) é a seguinte:

$$Y = 6,850X^{-1,32}.$$

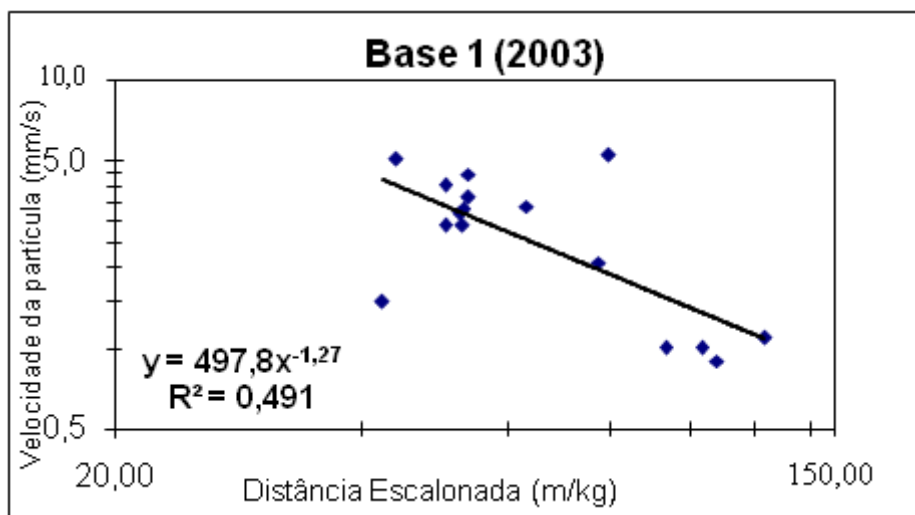


Figura VI.30 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada da Base 1 (2003).

Como se pode notar para essas leituras da Base 1 (2003), existe uma diferença no grau de confiabilidade entre as duas maneiras de utilizá-las como base de informação para a realização de uma detonação com segurança, no que tange ao controle e monitoramento da velocidade máxima de vibração de uma partícula. Partindo-se dos dados obtidos nessa base, fica evidenciado que o procedimento da segunda maneira, ou seja, a equação obtida através da DEE apresenta (pequena diferença) um coeficiente de confiabilidade maior (em torno de 6,4%), pois a mesma apresenta uma dispersão nas suas leituras um pouco inferior à utilização recomendada pela ABNT.

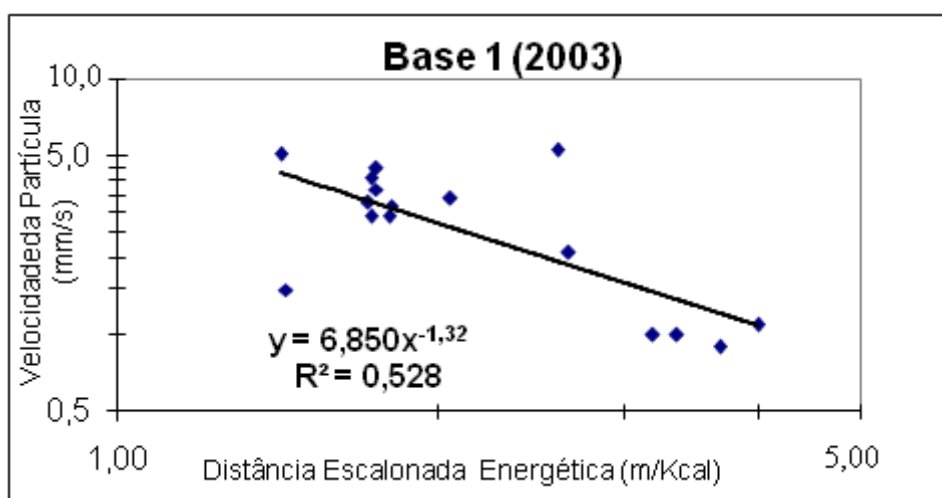


Figura VI.31 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base 1 (2003).

Esse mesmo procedimento foi adotado para outras bases, valendo ressaltar que a Base 1 a 2 apresentou para DE e para a DEE o maior coeficiente de confiabilidade, respectivamente: 77,6% e 81,9%. O que representa termo de aumento da confiabilidade entre as duas determinações em torno de 5,5% para 4 pares, ou seja, 8 eventos.

Para todo o ano de 2003, foi possível encontrar 18 pares (36 eventos) que se encaixaram no modelo, com dados obtidos em bases diferentes e distâncias diferentes nos eventos; contudo, a fim de que o modelo não se alterasse, foram mantidos os pares com massa e distâncias na menor diferença possível.

Na determinação da DE (Figura VI.32), encontramos um coeficiente de confiabilidade em torno de 40,8%, que apresentou a lei de propagação da vibração sendo expressa pela equação:

$$Y = 183,1X^{-1,04}.$$

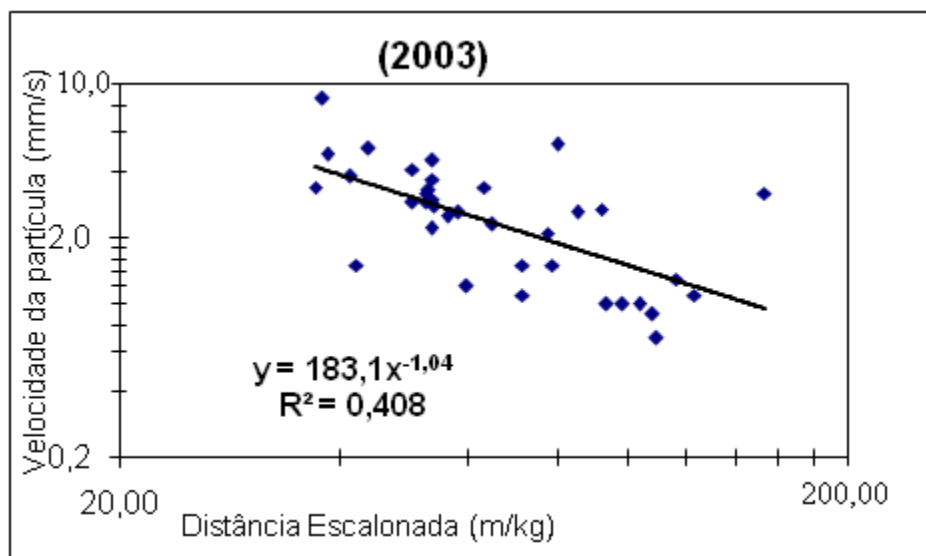


Figura VI.32 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada (2003).

Na determinação da DEE (Figura VI.33), encontramos um coeficiente de confiabilidade em torno de 43,6%, que resultou num aumento de 6,9% na confiabilidade. Aqui, a equação que evidencia a lei de propagação da vibração é dada por:

$$Y = 5,419X^{-1,07}.$$

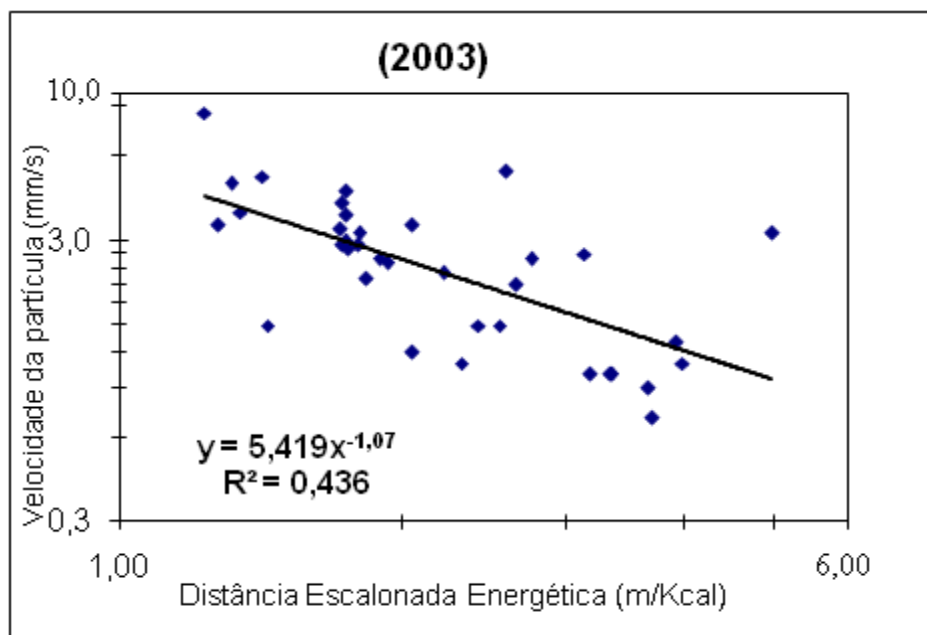


Figura VI.33 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética (2003).

Para uma melhor verificação desse aumento do grau de confiabilidade quando se usa a DEE, realizou-se uma simulação com os dados de 2003, quando a energia liberada pelo primeiro explosivo passava de 950 Kcal/kg para 1000 Kcal/kg e diminuía a energia do segundo explosivo de 840 Kcal/kg para 800 Kcal/kg, aumentando, assim, a diferença de energia termoquímica teoricamente liberada dos dois explosivos.

Na determinação da Distância Escalonada Energética Simulada (Figura VI.34), o coeficiente de confiabilidade gira em torno de 45,5%; comparando-se o coeficiente de confiabilidade em relação à DEE de 2003, houve um pequeno acréscimo de 4,4% nessa confiabilidade. Isso resultou numa lei propagação da vibração que é expressa pela equação:

$$Y = 5,482X^{-1,09}.$$

Já em relação à DE de 2003, esse aumento no coeficiente da confiabilidade foi de 11,5%; o que demonstra, no caso exposto, que quanto maior for a diferença da energia liberada entre os explosivos de uma detonação, existe uma maior certeza da utilização dessa forma de determinação da lei de propagação da vibração de uma partícula.

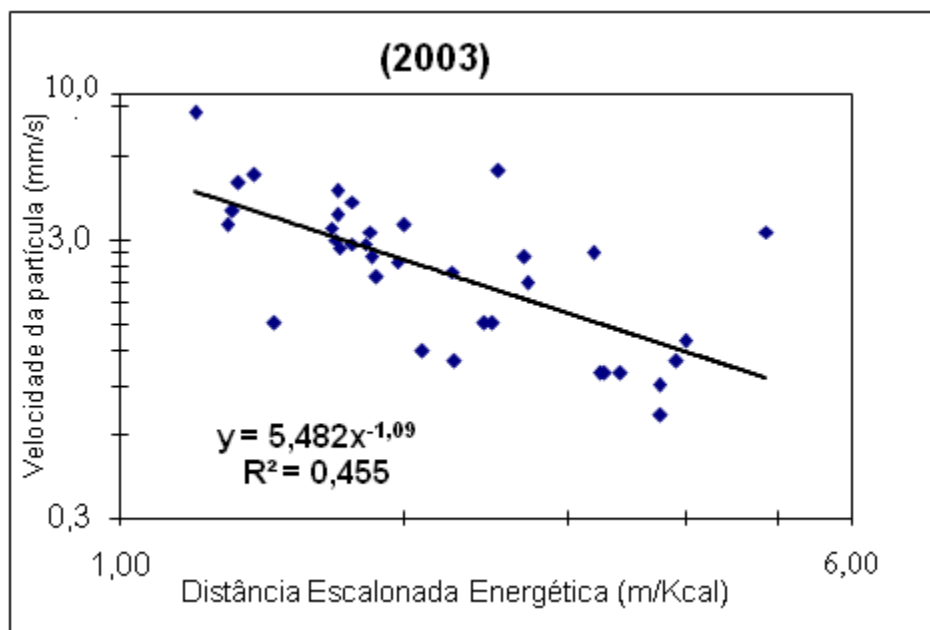


Figura VI.34 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética, Simulação (2003).

VI.3.2 – Distância Escalonada Versus Distância Escalonada Energética - 2004

No ano de 2004, conseguiu-se encontrar o maior conjunto (25 pares, 50 eventos) que se encaixou no modelo determinado para o ano anterior, com dados obtidos em bases diferentes e distâncias diferentes nos eventos, porém mantendo-se os pares com massa e distâncias na menor diferença possível.

Na determinação da DE (Figura VI.35), encontra-se um coeficiente de confiabilidade em torno de 46,7%, que apresentou a lei de propagação da vibração demonstrada pela equação:

$$Y = 314,8X^{-1,21}.$$

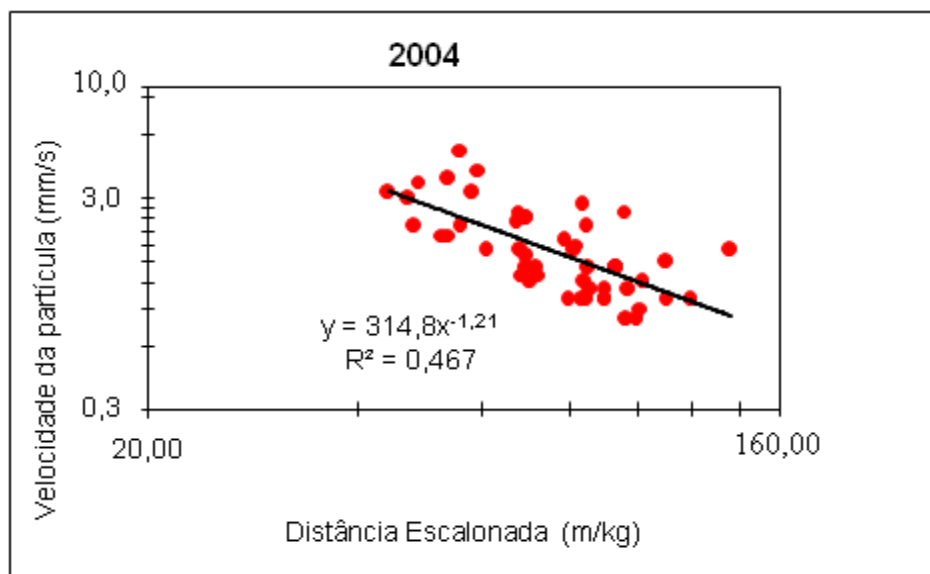


Figura VI.35 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada (2004).

Na determinação da DEE (Figura VI.36), temos um coeficiente de confiabilidade em torno de 48,1%, que tem como efeito um aumento de 3,0% na confiabilidade, apresentando a seguinte equação como proeminência da lei de propagação da vibração:

$$Y = 5,135X^{-1,22}$$

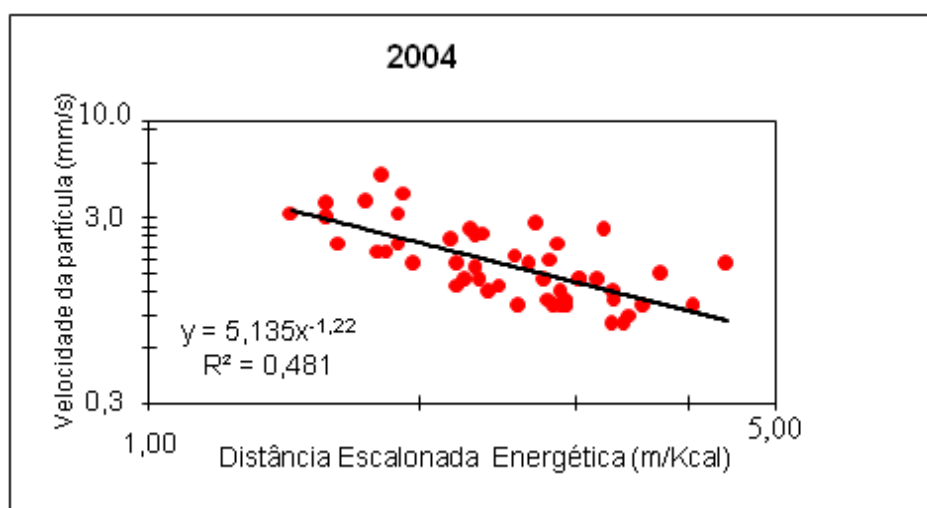


Figura VI.36 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética (2004).

VI.3.3 – Distância Escalonada Versus Distância Escalonada Energética - 2005

Para o ano de 2005, conseguiu-se encontrar apenas 14 pares (28 eventos) que se adaptaram ao modelo, com dados obtidos em bases diferentes e distâncias diferentes nos eventos, mas mantendo-se os pares com massa e distâncias com a menor diferença possível, para que o modelo continuasse inalterado.

Na determinação da DE (Figura VI.37), encontra-se um coeficiente de confiabilidade em torno de 36,0%, mostrado pela posterior equação da lei de propagação da vibração:

$$Y = 114,0X^{-0,83}.$$

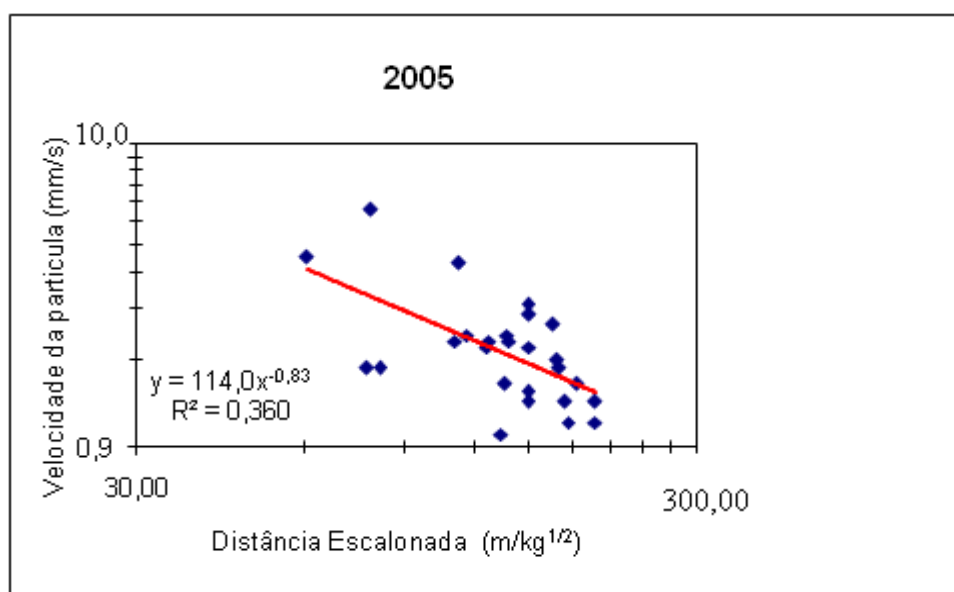


Figura VI.37 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada (2005).

Para determinar a DEE (Figura VI.38), temos um coeficiente de confiabilidade em torno de 37,6%, que teve como consequência um aumento de 4,45% na confiabilidade. A equação que representa a lei de propagação da vibração é agora expressa por:

$$Y = 6,772X^{-0,84}.$$

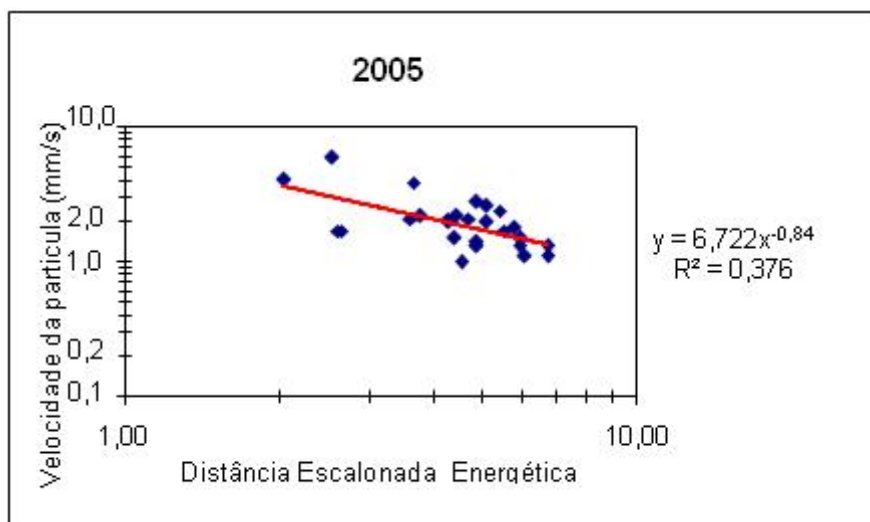


Figura VI.38 – Gráfico da velocidade da partícula versus Distância Escalonada Energética da Base (2005).

Apesar de apresentar poucos dados, os gráficos comparativos dos três anos analisados mostram uma tendência estatística da melhora dos coeficientes de confiabilidade do DEE, quando ele é comparado ao DE, Genevois, 2008 (citação verbal)

VI.4 – QUADRO COMPARATIVO DAS EQUAÇÕES

Na Tabela VI.2, é apresentado um quadro comparativo ou resumo de todas as equações que representam as leis de propagação da vibração para a DEE dos três anos estudados, e com suas respectivas bases e blocos das distâncias das fontes de detonações aos locais das leituras dessas velocidades máximas de vibração das partículas.

Todas as equações da Tabela VI.2 são apresentadas na forma de $Y = a.X^b$ e, nessa ótica, elas são semelhantes. Em algumas equações, o coeficiente “a” difere das demais, como é o caso das equações da base Muro da Sucata (2005) e, principalmente, as leituras próximas a 300m de distância da fonte de detonação. Nela, tanto o coeficiente “a” como o expoente “b” são divergentes das outras equações.

Tabela VI.2 – Quadro comparativo das leis de propagação da vibração

ANO	BASE	BLOCO	COEF. DE CORRELAÇÃO	EQUAÇÃO
2003	1	-----	0,694	$Y = 2,898X^{-1,43}$
2003	1	150m	0,602	$Y = 18,36X^{-3,52}$
2003	1	200m	0,698	$Y = 7,644X^{-1,55}$
2003	1	300m	0,641	$Y = 2,992X^{-1,06}$
2003	1	150-200m	0,824	$Y = 6,652X^{-1,45}$
2003	2	-----	0,781	$Y = 5,932X^{-1,58}$
2003	1 e 2	-----	0,819	$Y = 9,117X^{-2,57}$
2003	Igreja da Graça		0,358	$Y = 4,546X^{-0,69}$
2003	Igreja da Graça	250m	0,491	$Y = 4,296X^{-0,45}$
2003	Igreja da Graça	300m	0,415	$Y = 16,07X^{-1,75}$
2004	2	-----	0,318	$Y = 1,00X^{-0,36}$
2004	1	-----	0,206	$Y = 2,482X^{-0,55}$
2004	1	300m	0,619	$Y = 9,435X^{-1,60}$
2004	1	400m	0,391	$Y = 4,662X^{-1,13}$
2004	Igreja da Graça	-----	0,217	$Y = 3,517X^{-0,52}$
2004	Igreja da Graça	300m	0,445	$Y = 4,944X^{-1,27}$
2004	Igreja da Graça	400m	0,324	$Y = 5,796X^{-0,91}$
2005	2	-----	0,426	$Y = 0,426X^{0,397}$
2005	Faz. da Graça	-----	0,648	$Y = 9,870x^{-0,95}$
2005	Igreja da Graça	-----	0,361	$Y = 4,433X^{-0,63}$
2005	Igreja da Graça	300m	0,420	$Y = 4,558X^{-0,66}$
2005	Igreja da Graça	400m	0,517	$Y = 19,56X^{-1,84}$
2005	Igreja da Graça	500m	0,410	$Y = 6,489X^{-0,7}$
2005	1	-----	0,487	$Y = 0,353X^{0,804}$
2005	M. da Sucata	----	0,506	$Y = 17,12X^{-1,22}$
2005	M. da Sucata	300m	0,716	$Y = 93,83X^{-2,49}$
2005	M. da Sucata	400m	0,710	$Y = 17,49X^{-1,23}$
2005	M. da Sucata	500m	0,677	$Y = 11,93X^{-0,95}$

Outras duas equações que diferem das demais são: a equação referente à base 1 (2005) e a equação da base 2 (2005). Nelas, o expoente “b” aparece positivo, e as retas

nos seus respectivos gráficos Log x Log cortaram o eixo vertical (velocidades de partícula) abaixo de 1,0 mm/s.

Quando se comparam as equações das bases de um ano para o outro e, até mesmo, dentro do mesmo ano, mas quando se separam as leituras de uma base em blocos de distâncias referentes à fonte de detonação, a pergunta que então surge é: por que as equações são diferentes entre si?

Tomando como exemplo a base 1, na qual as equações para os anos de 2003, 2004 e 2005 são, respectivamente, $Y = 2,898X^{-1,0844}$; $Y = 2,482X^{-0,55}$; $Y = 0,353X^{0,804}$, uma resposta inicial seria as mudanças que ocorrem naturalmente no desenvolvimento da execução de um projeto de desmonte a explosivos, o qual, em uma mineração, está sempre em mutação, na procura permanente por um melhor desempenho no desmonte. Com relação a isso, pode-se citar a geometria do plano de fogo, o comprimento do tampão em relação ao comprimento do furo, etc.

Uma segunda explicação é que, independente da base ser fixa, a mineração continua a se desenvolver. E, com isso ocorrendo, mesmo que algumas distâncias das leituras sejam próximas, provavelmente, essas percorrem no subsolo caminhos diferentes (influência geotécnica) de uma detonação para outra no transcorrer dos anos, ocasionando leitura própria da detonação ocorrida.

Uma terceira proposição, entre as várias existentes, é que a base em questão se localiza em um ambiente externo à mineração, onde obras podem ser executadas no trajeto a ser percorrido pelas ondas e, com isso, alterarem as equações de propagação da velocidade de vibração da partícula.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Têm-se os seguintes pontos como conclusões e futuras pesquisas:

- os dados obtidos por algumas bases apresentam uma boa correlação de valores em torno de 65%, o que, para esse tipo de evento em que muitas das variáveis estão fora de rígido controle, um coeficiente de confiabilidade de 65% é considerado um ótimo coeficiente de correlação;
- já o coeficiente de confiabilidade obtido pela base 1, no ano de 2004, apresentou o menor valor de todas as bases (menor do que 21%), o que, mesmo em termos de geodinâmica, já é um bom resultado. Para a base 1 e 2, apresentou-se o melhor coeficiente de confiabilidade de todas as bases (em torno de 68,2%);
- quando se separa para uma mesma base, na forma de blocos de leituras com distâncias as fontes de detonações próximas entre si, a base Muro da Sucata, nos blocos de leituras situados próximos de 300m, 400m e 500m, apresenta um coeficiente de confiabilidade acima de 65%, alcançando, inclusive, valores de 71,6% no coeficiente de confiabilidade;
- a velocidade de vibração de uma partícula é uma função direta da relação entre a quantidade da energia termoquímica detonada por espera, a distância, a detonação, o ponto de observação, entre outros ;
- como a distância é uma imposição, em determinadas situações, à energia detonada num determinado instante, ou seja, por espera, esta se torna a variável mais importante para que se obtenha o controle eficiente da operação, a fim de evitar danos.
- em pedreiras e minerações próximas às regiões metropolitanas, existem inúmeros casos de limitações no desmonte a explosivos, graças às proximidades

das edificações. Tais problemas poderiam ser mitigados ou controlados pela utilização da Distância Escalonada Energética, sugerida neste trabalho;

- as observações dos níveis de vibrações podem fornecer informações sobre o desempenho dos explosivos ou sobre a sua eficiência na execução de desmonte de um maciço rochoso;
- quando se compara o coeficiente de confiabilidade num ambiente em que ocorrem detonações, nas quais estão envolvidos explosivos com diferentes energias, o parâmetro proposto, (DEE), apresenta sempre um grau de confiabilidade maior do que o adotado na ABNT (NBR 9653), (Distância Escalonada);
- percebe-se que a equação da lei de propagação da velocidade de vibração de uma partícula de um determinado local só é válida para aquele ponto em questão e mantendo-se sempre as mesmas condições de trabalho, pois tudo indica que, se houver qualquer alteração no ambiente de trabalho, essa equação terá que ser revista, ou, então, deverá diminuir-se a velocidade de vibração da partícula proposta pela Norma Brasileira. Com isso, a equação permanece válida, sendo usada para previsão aproximada de danos; porém, isso é um procedimento de prever a ordem de grandeza da velocidade de partícula.

Como sugestão para futuras pesquisas, tem-se:

- estudar a influência do comprimento do tampão em relação ao comprimento do total do furo, pois parece ter uma certa influência direta na velocidade da partícula, e essa influência foi notada como dependente do percentual dessa relação para o ambiente em estudo. Esse fator tem que ser melhor bem estudado, porque, quanto menor for o tampão, menor será o confinamento da energia semi estática e, provavelmente, menor será a velocidade de vibração de uma partícula em uma determinada distância, isto até certo limite;
- a DEE precisa ser executada em laboratório onde se possa controlar, com mais rigor, essa diferença na aplicação de diferentes explosivos com a energia

liberada por espera, sem depender das interferências ambientais, onde a aplicação de diferentes energias termoquímica total (energia dinâmica mais energia semi estática) poderia ser melhor verificada.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA
CONSULTADA E REFERENCIADA

ATLAS POWDER COMPANY (1987). Field Technical Operations. (Explosives and Rock Blasting). Story Run Publishing Service. p. 662.

BACCI, D. de la C. (2000). Vibrações geradas pelo uso de explosivos no desmonte de rochas: avaliação dos parâmetros físicos do terreno e dos efeitos ambientais. Tese de Doutorado). UNESP – Rio Claro. p. 211.

BACCI, D. de la C., et al. (2003). Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte I. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, 56(1): 51-57, jan. mar.

BACCI, D. de la C., et al. (2003). Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – Parte II. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto, 56(2): 131-137, abr. jun.

BAUER, A. and CROSBY, W. A. (1990). Surface Mining. Editor B. A. Kennedy. AIME, Jakarta, Indonésia. pp. 540-583.

BARROS, M. L. S. C., FREITAS, E. J. G., FERRAZ, J. A. S., LUSTOSA, F. (1990). Uma contribuição ao controle de vibração nas pedreiras. Seminário Regional de Engenharia Civil (CIVIL 90). Recife – PE. pp. 555-566.

- BARROSO, J.C.J. (1979) – Um Método do Controle de Vibração no Desmonte de Rochas - Du Pont do Brasil S. A – Departamento de Explosivos. Construção pesada, número 106, nov.
- BERTA, G. (1994). Blasting induced vibration in tunneling. Tunnelling and Underground Space Technology. Vol. 9. N.2. pp. 175-187.
- BESHARA, F. B. A. (1994). Modelling of blast loading on aboveground structures – I General phenomenology and external blast. Computers & Structures. Vol. 51. N° 5, pp. 585-596.
- BILGIN, H.A., ESEN, S., KIHÇ, M. and ALDAS, G.G.U., 2000, *Investigation of Ground Vibrations Induced by Blasting at Yeniköy Lignite Mine*, The 4th Drilling and Blasting Symposium, Ankara, Turkey, pp.147-158.
- BORLA, G. (1993). Esame delle principali normative e raccomandazioni esistenti per il controllo delle vibrazioni provocate dal brillamento di esplosivi ed indotte da queste negli edifici. GEAM – Geoingegneria Ambientale e Mineraria. Associazione Mineraria Subalpina. Anno XXX n° 4, p.243-248.
- BS-5228 - Parte 4 - 1992. Code of practice for noise and vibrations control applicable to pilling operations. British Standard.
- BS-5228 - Parte 5 - 1997. Noise and vibrations control on constructions and open sites. Code of practice applicable to surface mineral extractions (except coal) sites. British Standard.
- BS-6472 - 1992. Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings (1Hz to 80Hz). British Standard

BS-7385 - Parte 1 - 1990. Evaluation and measurement for vibration in buildings. Guide to measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings. British Standard.

BS-7385 - Parte 2 - 1993. Evaluation and measurement for vibration in buildings. Guide to damage groundborne vibration. British Standard

CADAVID, J. M. B. (2003). VIBRACIONES CAUSADAS POR ACTIVIDAD HUMANA: caracterización, efectos y manejo en la Ingeniería Civil Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil Universidad del Valle Facultad de Ingenierías Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Santiago de Cali pp. 211.

CETESB (1992). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Norma D7.013 – Mineração por explosivo. São Paulo: 7 p.

CHIAPPETTA, R. F. (1980). Applications of High Speed Photography in Testing Conventional and “Hand-Made” Surface Delays, In-the-Hole Delays, Square Knots and Blast Analysis. BSc. Thesis. Queen’s University. Mining Engineering Department. Kingston, Ontario, Canada.

CHURCH, HORACE K. (1981). Excavation Handbook. Ed: Mac Gran-Hill. Pp. 11.59 a 11.61.

CINTRA, B. H. (1985). Uma técnica Moderna de Detonação: Malha Alongada. Relatório Interno Du Pont do Brasil S. A. p. 41.

CONSTANZO, J. J. (1982). Síntese Metodológica dos Estudos Geológicos – Geotécnicos Aplicados ao Projeto de Taludes de Mineração - tese de mestrado – USP – 1982, P. 106 – 108.

- CROSBY, W. A. (1998). International Blasting, Drilling and Explosives Technology Course – Ouro Preto – MG. (MREL). Vol 1 e 2.
- DA SILVA, J. C. R. M. (2000) – Vibrações no desmonte: de onde vem o problema. *Magnum jornal*, Ano 1, nº 2 – maio/junho.
- DALLORA NETO, C. (2004). Análise das Vibrações resultantes do desmonte de rocha em mineração de calcário e argilito posicionada junto à área urbana de Limeira (SP) e sua aplicação para a minimização de impactos ambientais. Dissertação de Mestrado em Geociências. UNESP – Rio Claro/SP. p. 99.
- DEUTSCHE NORM (DIN 4150). Structural vibration in buildings – effects on structures 1986.
- DINIS DA GAMA, C. (1988) – Recomendações Técnicas para Realização de Desmonte com Explosivos em Pedreiras e Minas a Céu Aberto. *Bol. Minas, Lisboa* (25) (4) out / dez. p. 319 – 330.
- DINIS DA GAMA, C. (1999). Ruídos e Vibrações ligados à utilização dos explosivos e equipamentos. *Revista Rochas e Equipamentos*. Lisboa. Nº 53. pp. 9-38.
- DMGA – IPT (1985). Recomendações Técnicas Para Desmonte de Rochas em Pedreiras. *Revista Brasil Mineral*, número 16, Março. p. 27-31.
- DNPM (1985). Manual de Equipamentos para o Controle da Poluição na Mineração. Vol. 1, 1985. P. 154 – 167.

- DOURADO, J.C. (1984) A utilização da sísmica na determinação de parâmetros elásticos dinâmicos de maciços rochosos e terrosos in situ. ABGE, nº 08. pp. 12.
- DOURADO, J. C. (2001). TEXTOS DIDÁTICOS. IGCE, UNESP. <http://ns.rc.unesp.br/igce/aplicada>.
- DOWDING, C.H., (1985). *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, p.297.
- DOWDING, C.H., 1992, *Monitoring and Control of Blast Effects*, SME Mining Engineering Handbook. pp. 746-760.
- DOWDING, C. H., BECK, W. K., and ATMATZIDIS, D. K. (1980), “Blast Vibration Implications of Cyclic Shear Behavior of Model Plaster Panels,” ASTM Geotechnical Testing Journal, Vol. 3, No. 2, pp. 81-90.
- DU PONT (1969). Manual para El Uso de Explosivos, Segunda edição, México – 1969.
- DUVALL, W. I., FOGELSON, D. E. (1962). Review of Criteria for estimating damage to residences from blasting vibrations. Bureau of Mines. Report of investigations n. 5968.
- ESEN S. and BILGIN H. A. (2001). Evaluation of Blast Vibrations from SEKKÖY Surface Coal Mine in Turkey. Department of Mining Engineering Middle East Technical University. Ankara, Turkey. p. 14.

- ESHBACH, O W., & SOUDERS, M. (1975). Handbook of Engineering Fundamentals (p. 429). New York: John Wiley & Sons.
- ESPARZA, E. D. (1986), Blast measurements and equivalency for spherical charges at small scaled distances. International Journal of Impact Engineering. Vol 4, No.1, pp. 23-40.
- ESTEVES, JOAQUIM M. (1969). Nota sobre a influência nas construções das vibrações dos terrenos provocadas por explosões. IST., separate do n. 390. pp. 525 a 531.
- ESTEVES, J.M. (1994). Project for updating the portuguese standard NP2074 (1983): Assessment of the influence of vibrations caused on buildings due to blasting or similar forces. EXPLOSIVES 94 - CONFERENCE PROCEEDINGS - University of Leeds, U.K. - The Institute of Explosives Engineers. The European Federation of Explosives Engineers & The University of Leeds Departament of Mining & Mineral Engineering. p. 27-30.
- FRANKLIN, J. A., and DUSSEAULT, M. B. (1989). Rock Engineering. McGraw-Hill Publishing Company. pp. 600.
- GENEVOIS, B. B (2008). Citação Verbal.
- GABINO, F. D. S. (1999). Proceso Del diseno, control em el uso de explosivos, y reforestacion de taludes de minas a cielo abierto. Tesis de Grado – ESPL. Guayaquil – Ecuador. pp. 132.
- HAGAN, T. N. (1980). The design of blasting procedures to ensure acceptable noise air blast and ground vibrations in surface coal mining. Environmental Control in Coal Mining.
- HENDRON JR, A. J. (1977). Engineering of Rock Blasting on Civill Projects. Englewood, N. J. Prentice Hall Inc. 1st Edition. p. 242-277.
- HOEK, E., BRAY, J. (1997). Rock Slope Engineering. P. 291-296; The Institution of Mining and Metalurgy, Lodon.

- HINZEN, K. G. (1998). Comparison of Seismic and Explosive Energy in Five Smooth Blasting Test Rounds. *International Journal Rock Mechanics Mining Science*. Vol. 35, No. 7, pp. 957- 967.
- IBRAM (1988). *Mineração e Meio Ambiente – Revista Mineração Metalurgia*, n. 491, jan / fev.
- JACINTO, A. C., AMBROSINI, R. D., DANESI, R. F. (2001). Experimental and computacional analysis of plates under air blast loading. *International Journal of Impact Engineering*. V. 25. p. 927-947.
- JAEGER, J. C., COOK, N.G.W. (1969) – *Fundaments of Rock Mecanics* p. 470-471; Methuen e Co Ltd; 11 New Fetter Lane, Lodon EC4.
- JIMENO, C. L., JIMENO, E. L., and CARCEDO, F. J, A. (1995). *Drilling and Blasting of Rocks*. A. A. Balkema – Rotterdam. pp. 391.
- KAHRIMAN, A., OZER, U., AKSOY, M., KARADOĞAN, A., and TUNCER, G. (2006). Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey. *Environmental Geology*. N. 50: pp.1015–1023.
- KEOWEN. S. (1981), “Structural Response Monitoring and Vibration Input to the U.S. Bureau of Mines Test House,” Report for the U. S. Bureau of Mines, Minn., prepared by ANCO engineers.
- KHANDELWAL, M. and SINGH, T.N. (2007). Evaluation of blast-induced ground vibration predictors. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 27. pp. 116–125.
- KIRA, A., FUJITA, M., ITOH, S. (1999). Underwater explosion of spherical explosives. *Journal of Materials Processing Technology*. N. 85. p. 64-68.
- KOPPE, J. C., SALDORETTI, P., MUNARETTI, E., e COSTA, J. F. C. L. (2001). Monitoramento geofísico de desmonte de rocha com utilização de explosivos em

condições de risco elevado em zona urbana. Revista Escola de Minas. V. 54, n.4. pp. 273-280.

LEIGH, B. R. (1974), "Lifetime Concept of Plaster Panels Subjected to Sonic Boom," University of Toronto, Institute of Aerospace Studies, Report UTIAS-TN-191.

LIMA, G. A. da C. (2001). Análise dos impactos das vibrações geradas por desmontes em taludes das minerações – estudo de caso da mina de Timbopeba em Ouro Preto (MG). Universidade Estadual de Londrina – Revista do Departamento de Geociências Vol. 10 – N. 2 – JUL./DEZ. pp. 245-256.

LINEHAN, P.; WISS, J.F. (1980). Vibration and Air Blast Noise from Surface Coal Mine Blasting - WISS, Janey and Assoc. Inc., of Northbrook, IL. SME preprint 80- 336, SME – AIME. Fall Meeting, Minneapolis, MN, oct. 1980.

LISITSYN, IGOR V., MURAKI, T., AKIYAMA, H. (1997), Physica B. Vol 239. pp. 6-8.

MA, G. W., HAO, H., & ZHOU, Y. X. (1998). Modeling of wave propagation induced by underground explosion. Computers and Geotechnics. Vol. 32 N. 3/4. p. 283-303.

MASSARSCH, K. R. (2005). Review of Codes and Regulations 1” Vibisol International AB. pp. 17.

MEDEARIS, K. (1979) – Developing Rational Yardsticks for Blasting Damage. Engineering and Mining Journal – april. P. 113 – 116.

- MEDEARIS, K. (1976). The Development of rational Damage Criteria for Low-Rise Structures Subjected to Blasting Vibrations. A Report to National Crushed Stone Association, Washington, DC.
- MENDES, M. (2000). Normas para controle de vibração nas detonações. pp. 3. <http://001mail2.001mailcom.br/article/author/view/22>.
- MOONEY, H. M. (1980). Handbook of Engineering Geophysics: Vol 1. Seismic. Minneapolis. MN: Bison Instruments, Inc.
- MUNARETTI, H. (1997). Avaliação da Utilização de Anfo Fabricado *In Situ* em Pedreira de Calcário” , Cap. 9 e 10, UFRS, Porto Alegre.
- NOJIRI, J. Q. (2004) Normas para Vibração Subsídios para uma Nova Padronização. pp. 6.
- NBR 9653 (1986) – Guia para Avaliação dos Efeitos Provocados pelo Uso de Explosivos nas Minerações em Áreas Urbanas. Associação Brasileira de Normas técnicas. pp. 7.
- NP 2074 (1983). “Avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares”. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Lisboa.
- PAN 50 ANNEX D (2000): Controlling the Environmental Effects of Surface Mineral Workings. Annex D: The Control of Blasting at Surface Mineral Workings. p. 5.

- PERSSON, P.A., HOLMBERG, R., LEE, J. (1994). Rock blasting and explosives engineering. International Society of Explosives Engineers. CRC Press, Inc. USA. 540 p.
- PIOVANO, G. (1994). Criteri di previsione dei valori massimi tollerabili delle vibrazioni indotte dall'uso degli esplosivi. Explosives and Blasting. N.1. Rivista della Sezione Italiana Esplosivi dell'Associazione Mineraria Subalpina. p. 19-22.
- PIOVANO, G., SORLINI, A. (1994). Normative e raccomandazioni sulle vibrazioni: criteri di salvaguardia, tollerabilità degli edifici e delle persone, scelta dei parametri valutativi. GEAM - Geingegneria Ambientale e Mineraria. Associazione Mineraria Subalpina. Anno XXX, n.4. p. 27-30, 1993.
- Relatório Interno da CIMPOR (2003). pp. 25.
- RIBEIRO, J. T. DE M. (2003). Monitoramento da vibração causada por detonações em Mina Subterrânea de Carvão (Mina Trevo – Siderópolis, SC) como subsídio ao estabelecimento de uma política de relacionamento com a comunidade do entorno da mineração. 6 Dissertação de Mestrado em Geociências. UNESP – Rio Claro/SP. p. 63.
- ROLIM FILHO, J. L. (1993). Considerações Sobre o Desmonte de Rochas com Ênfase aos Basaltos Feição Entablamento. Tese de Doutorado, Depto de Geotecnia, EESC/USP. p. 216.
- ROSE, T. A., SMITH, P. D. (2001). Influence of the principal geometrical parameters of straight city streets on positive and negative phase blast wave impulses. International Journal of Impact Engineering. V.25 p. 971-989.
- SAAD, J. C., GUAPO, L. A., FABIANI, P. A. A., e DOZZI, L. S. (1983). Equação de previsão do nível de vibração oriunda de detonações em maciços basálticos da bacia do alto Paraná. Simpósio sobre a Geotecnia da Bacia do Alto Paraná. Volume II B. pp. 277-288.

- SANCHEZ, L.E. (1987) – Incidência Ambiental das Vibrações, Revista Brasil Mineral, número 38, janeiro, p. 52 – 61
- SANCHEZ, L .E. (1995). Control de las vibraciones. In: REPETO, F. L.; KAREZ, C. S., eds. Aspectos geológicos de protecion ambiental. Montevideo : ORCYT/UNESCO, v. 1, p. 179-88.
- SCOTT, A. (1996). Open pit blast design. In: JKMRC. T.J. Napier Munn Editor. Austrália: The University of Queensland. 1996. 339 p.
- SETCHELL, R. E. (1983), Effects of Precursor Waves in Shock Initiation of Granular Explosives. Combustion and Flame. Vol 54. pp. 171-182.
- SHERIFF, R. E. (1973). Fators Affecting Amplitudes – A Review of Physical Principles. Symposium Sponsored by the Geophysical Society of Houston.
- SISKIND, D. E., STAGG, M. S., KOPP, J. W., and DOWDING, C. H. (1980b), “structures Response and Damage Produced by Ground Vibrations from Surface Blasting,” U. S. Bureau of Mines, Report of Investigations 8507.
- SISKIND, D.E., STAGG, M.S. KOPP, J.W., and; DOWDING, C.H. (1980). Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting, USBM RI 8507. p. 74.
- SISKIND, D. E. (2000). Vibration from Blasting. ISEE – Cleveland. p 120.
- SISKIND, D. E. (1973). Ground and Air Vibrations from Blasting. SME Handbook. p.11-99 to 11-111.

- STAGG, M. S., SISKIND, D. E., STEVENS, M. G., and DOWDING, C. H. (1984), "Effects of Repeated Blasting on a Wood-Frame House," U. S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 8896, pp. 82.
- SVINK, M. R. (2004). Minimizing construction vibration effects. Practice Periodical on Structural Design and Construction. ASCE, 9(2), pp. 108-115.
- SVINK, M. R. (2005). Environmental Vibration Problems During Construction. Vibra Consult. Cleveland, USA. pp. 2453-2456. <http://www.vulcanhammer.org>.
- TAMROCK (1984). Handbook on Surface Drilling and Blasting- Finlandia – 1984. P. 163 – 171.
- TELFOR, W. M., GELDART, L. P., SHERIF, R. E., & KEYS, D. A. (1976). Applied Geophysics. New York: Cambridge University press.
- THILL, R. E. (1978). Acoustic Cross-Borehole Apparatus for Determining In-Situ Elastic Properties and Structural Integrity of Rock Masses. Twin Cities, MN: Twin Cities Mining Research Center. Bureau of Mines, U. S.
- UNE 22-381-93. (1993). "Control de vibraciones producidas por voladuras". AENOR. España.
- UNI 9916. (1991). Norma italiana - criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici. 1991.
- WATERS, H. W. (1978). Reflection Seismology, A Tool for Energy Exploration. New York: John Wiley & Sons.
- WHARTON, R. K., FORMBY, S. A., MERRIFIELD, R. (2000). Airblast TNT equivalence for a range of commercial blasting explosives. Journal of Hazardous Materials. A 79. p. 33-39.

WU, C., HAO, H., ZHOU, Y. (1999). Fuzzy-random probabilistic analysis of rock mass responses to explosive loads. Computers and Geotechnics. V. 25. p. 205-255.

ZHANG, Q., LIN, D. C., BAI, C. H., and GUO, Y. Y. (2004). Correlations of blast damage to ground surface targets with explosion seismic effect. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Nº 24. pp. 519-525.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

REFERENCIADA

A.F.T.E.S. GROUPE DE TRAVAIL. (1974). Racommandations concernant l'étude des effets sismiques de l'explosif. Tunnels et Ouvrages Souterrains (2). p. 89-93, 1974.

AMBRASEYS, N. N., e HENDRON, A. J.(1968). Dynamics Behaviour of Rock Masses, Rock Mechanics in Engineering Practice" John Wiley and Sons Ltd. 217p.

BAUER, A., CALDER, P., CROSBY, W., AND BRENNAN, M. (1978). Engineering for open Pit Mines Kingston, Ontario: Queen's University.

BERTA, G. L'esplosivo strumento di lavoro. Milano: ITALESPLOSIVI, 1985. 488p.

BOLLIGER, G. A. (1971). Blast Vibration Analysis. Carbondale and Edwardsville: Southern, Illinois University Press

BAUER, A., and CALDER, P. N. (1977). Pit Slope Manual (chapter 7). Canmet, Report, p. 77-14.

- BRE (1983). Building Research Establishment Digest. Vibrations: building and human response. n. 278. 7p.
- CHAE, Y. S. (1978). Design of excavation blast to prevent damage. Civil Engineering. ASCE, vol. 48.
- CRANDELL, F.J. (1949, April). Ground Vibration Due to Blasting and Its Effect Upon on Structures. Reprinted from journal of Boston Society of Civil Engineers.
- DEVINE, J. F. and DUVALL, W. I.(1963). "Effects of charge weight on vibration leves for millisecond Delayed Quarry blasts, "Earthquake notes seism. Soc. AM. vol.34.
- DEVINE, J. R. (1966). Avoiding damage to residences from Blasting Vibrations. Highway Research Record 135. High Research Board. National Academy of Sciences. p. 35-42.
- DOBRIN, M. B. (1960). Introduction to Geophysical Prospecting. New York: McGraw-Hill Book Co.
- DUVALL, W.I.; ATCHISON , T.C.; FOGELSON, D.E. (1966) – Empirical Approach to Problems in Blasting Research- Proc. Eighth Symposium on Rock Mechanics, University of Minnesota 1966.
- DVORAK, A. (1962), "Seismic Effects of Blasting on Brick Houses," Prace Geofyrikenina Ustance, Ceskoslovenski Akademie, Ved., No. 159, Geogysikalni, Sbornik.

EDWARDS, A.T., & NORTHWOOD, T.D. (1960). Experimental studies of the effects of blasting on structures, *The Engineer*, 210 (Sept. 30), 538-546.

FEDERAL REGISTER (1983). Rules and Regulations, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement. Vol 48, No. 46, March 8.

FORNARO, M. Vibrazioni dannose per le costruzioni in conseguenza dello sparo di mine: esame di quanto ammesso dalle norme e suggerito dall'esperienza. *Notiziario dell'Associazione Mineraria Subalpina Anno VI*, n. 3-4. p. 18-28, 1980.

GHOSH, A. and DAEMEN, J. K. (1983). A simple new blast vibration predictor based on wave propagation laws. 24th, US Symposium on Rock Mechanics.

HENDRON, A. J. (1969). Soil and Rock Dynamics Notes. Department of Civil Engineering. University of Illinois. Urbana, III.

HOLMBERG, R., AND PERSON, P. A. (1978). The Swedish approach to contour blasting, *Proceedings of the Fourth Conference on Explosives and Blasting Techniques*. SEE. Montville, Ohio. p 113-127.

LANGFORS, U., KIHLSSTROM. (1963). *The modern technique of rock blasting*. New York, and Almqvist & Wiksell, Stockholm: John Wiley & Sons Inc.

LANGFORS, Ulf., KIHLSSTROM, B., & WESTEBERG, H. (1948 Feb.). *Ground Vibration in Blasting*. Water Power.

LANGHAAR, H.L. (1951). *Dimensional Analysis and Theory of Models*. John Wiley & Sons, Inc. New York

- LEET, L. O. (1960) Vibrations from Blasting Rock. Cambridge, MA.: Harvard University Press.
- LUCOLE, S. W., AND DOWDING, C. H. (1979). Statistical analysis of blast emission records from quarrying. Mining and Construction Operations in the State of Illinois. Illinois Institute of Natural Resources. Document 79/02.
- MOONEY, H. M. (1980). Handbook of Engineering Geophysics: Vol 1. Seismic. Minneapolis. MN: Bison Instruments, Inc.
- NADAMITSU, Y., LIU, Z. Y., FUJITA, M., ITOH, S. (1999). Von Neumann reflection of underwater shock wave. Journal of Materials Processing Technology. V. 85. p. 48-51.
- NETTLETON, L. L. (1940). Geophysical Prospecting For Oil. New York: McGraw-Hill Book Co.
- NICHOLLS, H.R., JOHNSON, C.F., & DUVALL, W.I. (1971).Blasting Vibrations and Their Effects on Structures. USBM, Bulletin 656.
- ORIARD, L. L. (1970). Dynamic Effect on Rock Masses from Blasting Operations. Slope Stability Seminar. University of Nevada
- ORIARD, L. L. AND EMMERT, N. W. (1980). Short Delay Blasting at Anaconda's Berkeley Open Pit Mine, Montana. Preprint 80-60. SME, Littleton, CO.
- RAYLEIGH, J. W. S. (1945). The Theory of Sound: Vol 2. New York: Dover Publications.
- REDPATH, B. B. (1973). Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations. Springfield, VA. National Technical Information Service. U. S. Department of Commerce.

- REIHER, H., MEISER, (1931). F.J. Human annoyance of vibrations. *Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens*, v. 2, n.11, 1931.
- ROCKWELL, E.H. (1934). *Vibration Caused by Blasting and their Effect on Structures*. Wilmington, DE: Hercules Powder Co.
- SCHNEIDER, H. MAJDIC, A. WERNER, H. D. (1982), Effect of explosive shock waves on mullite powders. *Ceremics International*. Vol 8, No 2. pp. 79-80.
- THOENEN, J. R., and WINDES, S. L. (1942), "Seismic Effects of Quarry Blasting," U. S. Bureau of Mines Bulletin 442, 83 pp.
- WATERS, H. W. (1978). *Reflection Seimology, A Tool for Energy Exploration*. New York: John Wiley & Sons.

ANEXO A

GeoSonics Seismic Analysis

SN:3135 v1.39
 Date: 26.07.2005 Time: 15:59:35
 Event: 20 Record Time: 15,0
 Client: CIMEPAR
 Operation: FAZENDA DA GRACA
 SSU Location: NIVEL 6
 Distance to blast: 500, m
 Operator: JOAO
 Comments: IGREJA DA GRACA
 Trigger level: 0,5 mm/s
 115 (dB)

GeoSonics Seismic Analysis

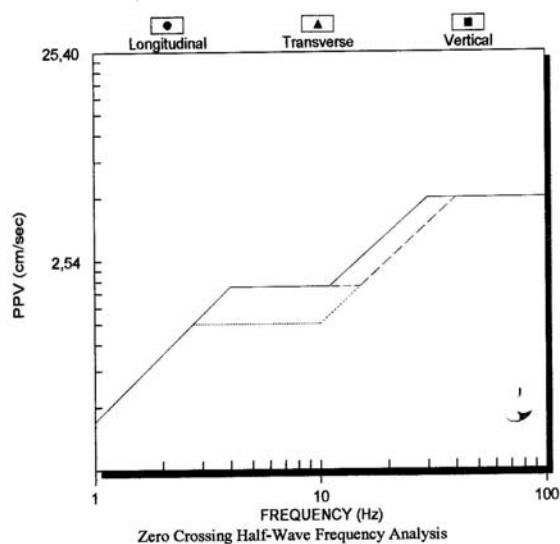
SN: 3135 v1.39 Event: 20
 OSM/USBM Safe Blasting Levels

	Summary Data		
	L	T	V
PPV mm/s	2,4	2,2	1,7
PD (.01mm)	1,8	1,7	1,4
PPA g	0,05	0,12	0,03
FREQ (Hz)	16,7	41,7	27,8
RESULTANT PPV mm/s	2,6		
PEAK AIR PRESSURE (dB)	118		
psi	0,0024		

Velocity Waveform Graph Scale

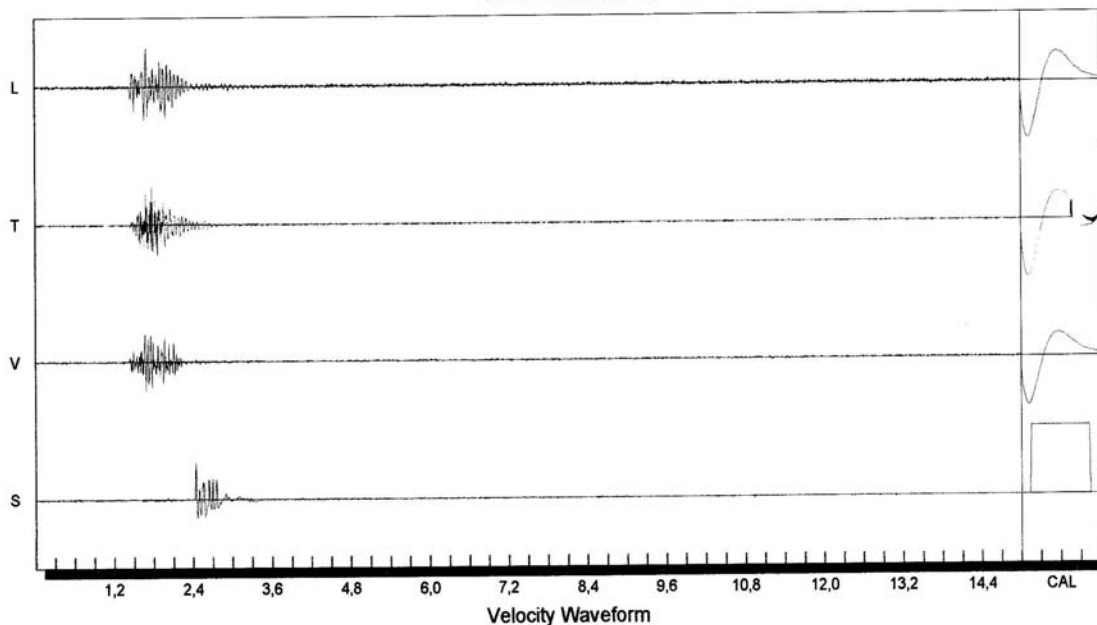
Time = 0,300 s
 Seismic = +/- 4,1mm/s
 Sound = +/- 0,0045 psi

Shaketable Calibrated: 09.02.2004
 By GeoSonics Inc.
 P.O. Box 779
 Warrendale, PA 15095 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999



GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 20



RAE 8702014		Rev.: 02- Data: 01.12.97		BOLETIM DE FOGO PRIMÁRIO		FOGO No- 123/2005		DATA : 26/07/05			
1. Diâmetro dos furos		2,5"		Explosivos usados		MAG GE/ 1/4 x 24 + GRANULADO					
2. Número de linha		2		Tampão medio							
3. Sub - furação		Não Tem		Altura da carga do fundo							
4. Inclinação da bancada		20°		Altura da carga da coluna							
5. Volume do material p / fogo		1.585,08 m³		Razão linear do furo							
6. Tonelada do calcário		3962,6875 T		Razão linear da coluna							
7. Total de explosivos p / fogo		554,71 Kg		Total de espoletas		1 mantopim					
8. Razão de carregamento		139,98 g/T		Total de relardo		23 pç					
9. Densidade do calcário		2,5		Total de cordel detonante							
10. Metragem perfurada		134,90 m		Total de mantinel		23 pç de mantinel com tempo de 50 a 100 ms					
No.	Afastamento	Espaço - mento	Prof. Furo	Área m²	Altura bancada	Volume m³	tonelagem	Explosivos	Total Explosivos	Tampão	OBSERVAÇÕES
1	2,50	5,00	13,50	12,50	12,69	158,63	396,56	4,98	50,35	1,50	HORA : 16:55:38
2	2,50	5,00	12,50	12,50	11,75	146,92	374,19	4,98	43,70	1,50	TEMP.: 27 °C
3	2,50	5,00	11,00	12,50	9,84	119,65	293,63	4,98	37,05	1,50	D = 600 m
4	2,50	5,00	10,20	12,50	9,20	117,50	293,75	4,98	36,10	1,50	No. EVENTO : 20
5	2,50	5,00	8,50	12,50	7,99	99,88	249,69	4,98	34,20	1,50	Q.Max/Esp: 61,03 Kg
6	2,50	5,00	15,00	12,50	14,10	176,25	440,63	4,98	56,05	1,50	VP MEDIDO : 2,6 (mm/s)
7	2,50	5,00	13,50	12,50	12,89	158,63	396,56	4,98	47,50	1,50	SOPRO AR : 118 (dB)
8	2,50	5,00	12,00	12,50	11,28	141,00	352,50	4,98	44,55	1,50	BASE CAPTAÇÃO : IGREJA DA GRAÇA
9	2,50	5,00	10,20	12,50	9,59	119,85	299,63	4,98	37,05	1,50	Retorno da sobra para o paliot 16:20 hs
10	2,50	5,00	10,20	12,50	9,59	119,85	299,63	4,98	36,10	1,50	
11	2,50	5,00	10,00	12,50	9,40	117,50	293,75	4,98	36,10	1,50	
12	2,50	5,00	8,50	12,50	7,99	99,88	249,69	4,98	36,10	1,50	
13	2,50	5,00	8,50	12,50	7,99	99,88	249,69	4,98	36,10	1,50	
LOCALIZAÇÃO: NÍVEL 6											
RESP. : João Augusto											



CINTEPAR

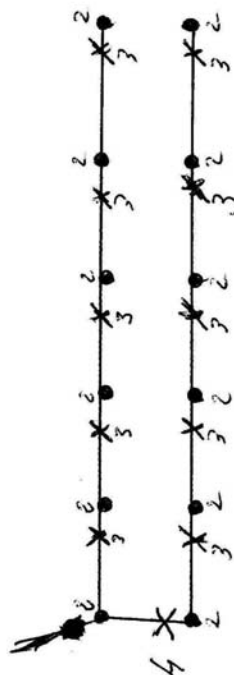
COMPANHIA PARAÍBA DE CIMENTO PORTLAND



GEOLOGIA E EXTRAÇÃO

CROQUI DE LIGAÇÃO - FOGO

DATA: 26/02/05 NIVEL: 72 FOGO: 128/200.5 HORA: 15:59:35



RETARDO de 2 = 50 ms, 3 = 75 ms e 4 = 100 ms.

Responsável

João Augusto

GeoSonics Seismic Analysis

SN:3135 v1.39
 Date: 29.07.2005 Time: 11:08:37
 Event: 21 Record Time: 15,0
 Client: CIMEPAR
 Operation: FAZENDA DA GRACA
 SSU Location: NIVEL 6
 Distance to blast: 500, m
 Operator: JOAO
 Comments: IGREJA DA GRACA
 Trigger level: 0,5 mm/s
 115 (dB)

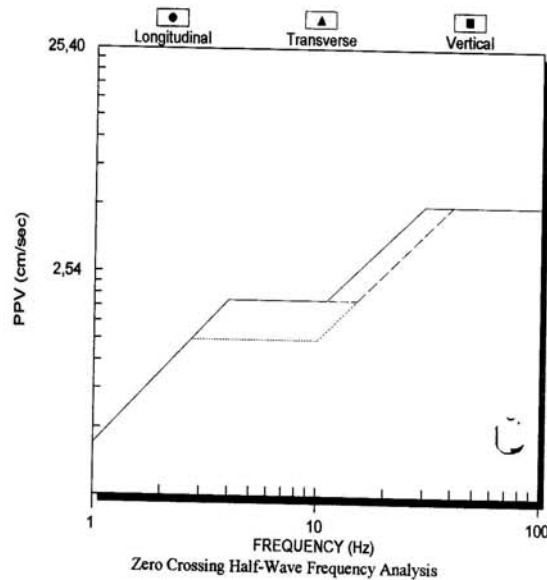
	Summary Data		
	L	T	V
PPV mm/s	1,1	1,1	1,3
PD (.01mm)	1,3	1,2	1,0
PPA g	0,03	0,05	0,02
FREQ (Hz)	11,9	55,6	23,8
RESULTANT PPV mm/s	1,5		
PEAK AIR PRESSURE (dB)	117		
psi	0,0020		

Velocity Waveform Graph Scale
 Time = 0,300 s
 Seismic = +/- 4,1mm/s
 Sound = +/- 0,0023 psi

Shaketable Calibrated: 09.02.2004
 By GeoSonics Inc.
 P.O. Box 779
 Warrendale, PA 15095 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999

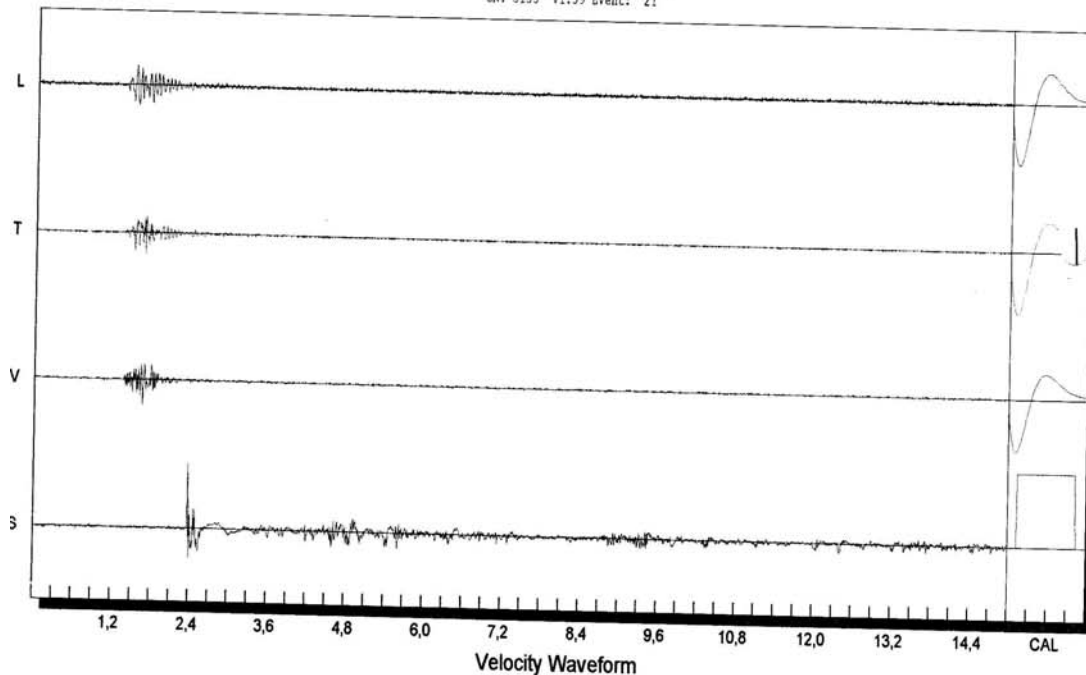
GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 21
 OSM/USBM Safe Blasting Levels



GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 21



RAT 8702014		Rev.: 02- Data: 01.12.97		BOLETIM DE FOGO PRIMARIO		FOGO No- 124/2005		DATA: 29/07/05				
1. Diâmetro dos furos		2,5"		Explosivos usados		MAG GEL		1/4 x 24 + GRANULADO				
2. Número de linha		2		Tampão medio		-		-				
3. Sub- furação		Não Tem		Altura da carga do fundo		-		-				
4. Inclinação da bancada		20°		Cos 20° = 0.94		-		-				
5. Volume do material p/ fogo		857,75 m³		Razão linear do furo		-		-				
6. Tonelada do calcário		2144,375 T		Razão linear da coluna		-		-				
7. Total de explosivos p/ fogo		247,89 Kg		Total de espoletas		I mantopim		-				
8. Razão de carregamento		115,60 g/T		Total de retardo		II pç		-				
9. Densidade do calcário		2,5		Total de cordel detonante		-		-				
10. Metragem perfurada		73,00 m		Total de mantinel		II pç de mantinel com tempo de 75 a 275 ms		-				
No.	Afastamento	Espaçamento	Prof. Furo	Area m2	Altura bancada	Volume m3	tonelagem	Explosivos 1	Explosivos 2	Total Explosivos	Tampão	OBSERVAÇÕES
1	2,50	5,00	10,00	12,50	9,40	117,50	293,75	4,98	25,85	30,83	1,50	HORA: 11:08:37
2	2,50	5,00	10,00	12,50	9,40	117,50	293,75	4,98	25,85	30,83	1,50	TEMP.: 27 °C
3	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	D = 600 m
4	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	NO. EVENTO: 21
5	2,50	5,00	10,00	12,50	9,40	117,50	293,75	4,98	25,85	30,83	1,50	Q. Max/Exp.: 35,18 Kg
6	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	VP MEDIDO: 1,8 (mm/s)
7	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	SOPROAR: 117 (dB)
8	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	BASE CAPTAÇÃO: IGREJA DA GRAÇA
9	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
10	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
11	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
12	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
13	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
14	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
15	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
16	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
17	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
18	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
19	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
20	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
21	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
22	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
23	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
24	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
25	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
26	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
27	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
28	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
29	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
30	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
31	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
32	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
33	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
34	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
35	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
36	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
37	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
38	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
39	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
40	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
41	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
42	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
43	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
44	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
45	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
46	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
47	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
48	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
49	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
50	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
51	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
52	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
53	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
54	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
55	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
56	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
57	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
58	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
59	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
60	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
61	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
62	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
63	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
64	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
65	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
66	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
67	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
68	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
69	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
70	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
71	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
72	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
73	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
74	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
75	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
76	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
77	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
78	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
79	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
80	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
81	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
82	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	23,75	28,73	1,50	
83	2,50	5,00	8,00	12,50	7,92	99,88	249,63	4,98	2			

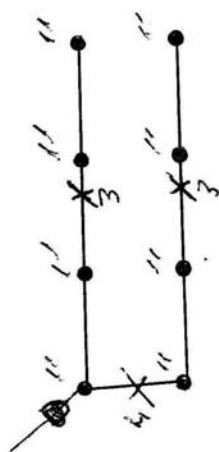


CINEPAR
COMPANHIA PARAÍBA DE CIMENTO PORTLAND

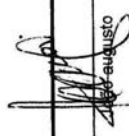


GEOLOGIA E EXTRAÇÃO
CROQUI DE LIGAÇÃO - FOGO

DATA: 29/07/05 NIVEL: 4º FOGO: 124/2005 HORA: 11:08:37



RETARDO de 3-75ms, 4-100ms e 11-275ms

Responsável:  29/08/2005

GeoSonics Seismic Analysis

SN:3135 v1.39
 Date: 03.08.2005 Time: 15:55:01
 Event: 1 Record Time: 15,0
 Client: CIMEPAR
 Operation: FAZENDA DA GRACA
 SSU Location: NIVEL 6
 Distance to blast: 500, m
 Operator: JOAO
 Comments: IGREJA DA GRACA
 Trigger level: 0,5 mm/s
 115 (dB)

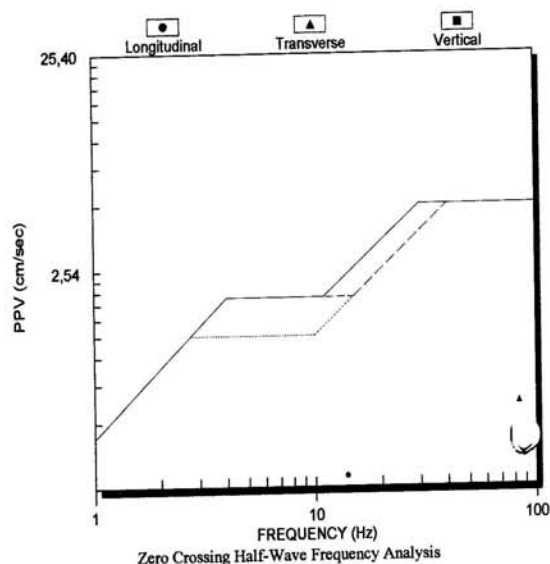
GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 1
 OSM/USBM Safe Blasting Levels

	Summary Data		
	L	T	V
PPV mm/s	2,9	6,2	2,0
PD (.01mm)	1,7	1,8	1,3
PPA g	0,09	0,29	0,06
FREQ (Hz)	13,9	83,3	55,6
RESULTANT PPV mm/s	6,3		
PEAK AIR PRESSURE (dB)	128		
psi	0,0072		

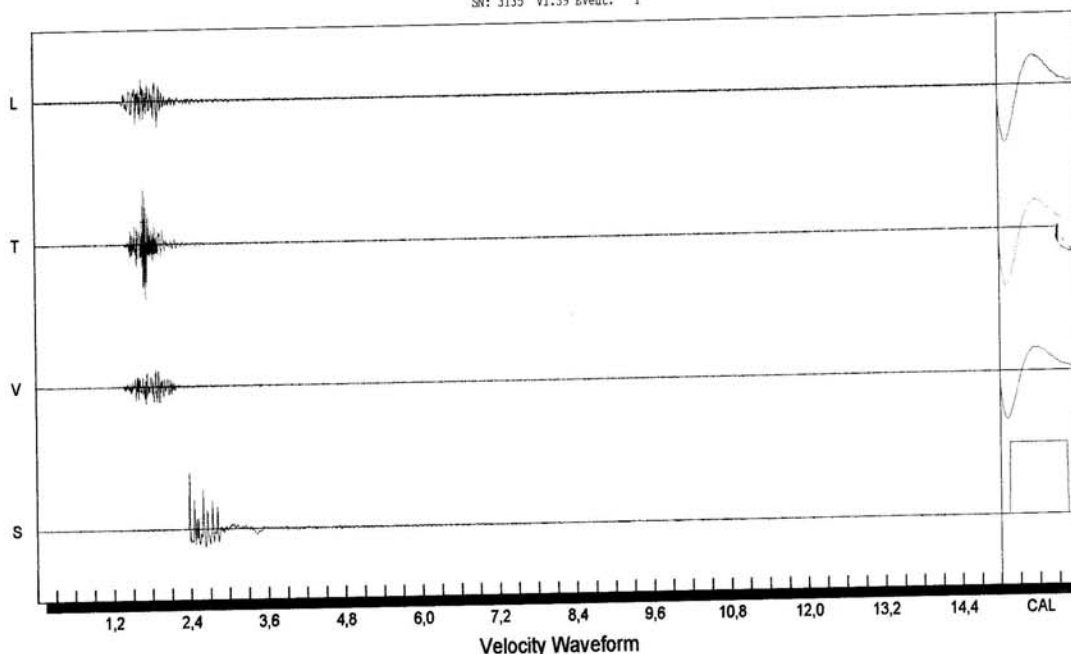
Velocity Waveform Graph Scale
 Time = 0,300 s
 Seismic = +/- 8,1mm/s
 Sound = +/- 0,0091 psi

Shaketable Calibrated: 09.02.2004
 By GeoSonics Inc.
 P.O. Box 779
 Warrendale, PA 15095 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999



GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 1



RAT-8702014		Rev.: 02- Data: 01.12.97		BOLETIM DE FOGO PRIMÁRIO		Fogo No- 126/2005		DATA : 03/08/05				
1. Diâmetro dos furos		2,5"		Explosivos usados		MAG GF-1 2 1/4 x 24 + GRANULADO						
2. Número de linha		2		Tampão médio								
3. Sub- furação		Não Tem		Altura da carga do fundo								
4. Inclinação da bancada		20°		Cos 20° = 0,94								
5. Volume do material p/ fogo		3.065,58 m³		Razão linear do furo								
6. Tonelada do calcário		7663,9375 T		Razão linear da coluna								
7. Total de explosivos p/ fogo		846,40 Kg		Total de espoletas		1 mantopim						
8. Razão de carregamento		110,44 g/T		Total de retardos		35 pg						
9. Densidade do calcário		2,5		Total de cordel detonante								
10. Metragem perfurada		260,90 m		Total de martinel		35 pg de martinel com tempo de 50 a 100 ms						
No.	Afastamento	Espacamento	Prof. Furo	Área m²	Altura bancada	Volume m³	tonelagem	Explosivos 1	Explosivos 2	Total Explosivos	Tampão	OBSERVAÇÕES
1	2,50	5,00	15,00	12,50	14,10	176,25	440,83	6,64	49,40	56,04	1,50	HORA: 16:56:01
2	2,50	5,00	15,00	12,50	14,10	176,25	440,83	6,64	49,40	56,04	1,50	TEMP: 27 °C
3	2,50	5,00	15,00	12,50	13,63	170,38	425,94	6,64	39,90	46,54	1,50	D = 500 m
4	2,50	5,00	15,00	12,50	13,63	170,38	425,94	6,64	39,90	46,54	1,50	No. EVENTO: 1
5	2,50	5,00	15,00	12,50	13,16	164,50	411,25	6,64	35,15	41,79	1,50	Q.Max/Exp: 84,89 Kg
6	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	VP MEDIDO: 8,3 (mm/s)
7	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	SOPRO AR: 128 (dB)
8	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	BASE CAPTAÇÃO: IGREJA DA GRAÇA
9	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	Retorno da sobre para o patol 16:16 hs.
10	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
11	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
12	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
13	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
14	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
15	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
16	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
17	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
18	2,50	5,00	15,00	12,50	12,97	162,15	405,38	6,64	38,00	44,64	1,50	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

LOCALIZAÇÃO: NÍVEL 6

RESP.:

João Augusto



CINEPAR

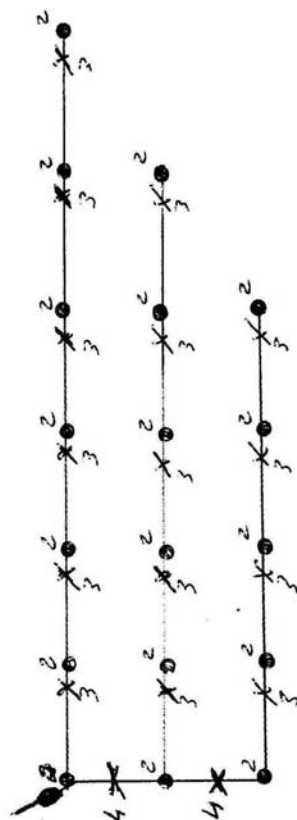
COMPANHIA PARAÍBA DE CIMENTO PORTLAND



GEOLOGIA E EXTRAÇÃO

CROQUI DE LIGAÇÃO - FOGO

DATA: 23/08/05 NIVEL: 2º FOGO: 120/2005 HORA: 15:55:01



RETARDO de 2:50 Ms, 3-75 Ms 5:10 Ms

Responsavel:

João Augusto

GeoSonics Seismic Analysis

SN:3135 v1.39
 Date: 08.09.2005 Time: 11:07:08
 Event: 2 Record Time: 10,0
 Client: CIMEPAR
 Operation: FAZ DA GRACA
 SSU Location: NIVEL 7
 Distance to blast: 330, m
 Operator: JOAO
 Comments: MURO DA SUCATA
 Trigger level: 0,5 mm/s
 115 (dB)

GeoSonics Seismic Analysis

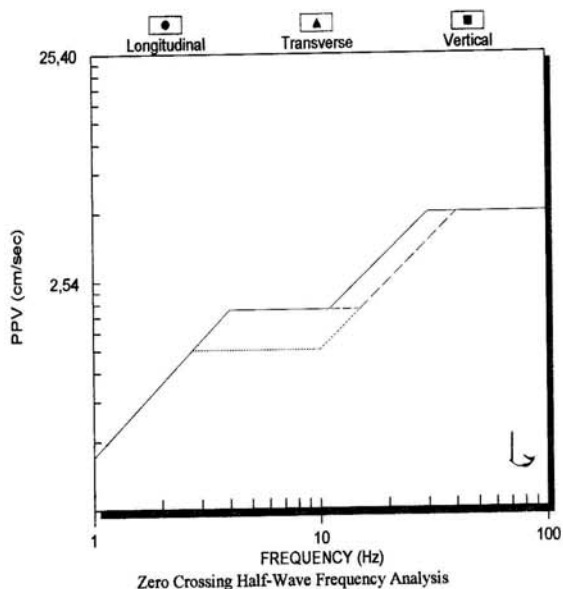
SN: 3135 v1.39 Event: 2
 OSM/USBM Safe Blasting Levels

	Summary Data		
	L	T	V
PPV mm/s	1,1	2,0	1,0
PD (.01mm)	0,8	1,1	0,8
PPA g	0,05	0,10	0,05
FREQ (Hz)	50,0	35,7	35,7
RESULTANT PPV mm/s	2,2		
PEAK AIR PRESSURE (dB)	116		
psi	0,0019		

Velocity Waveform Graph Scale

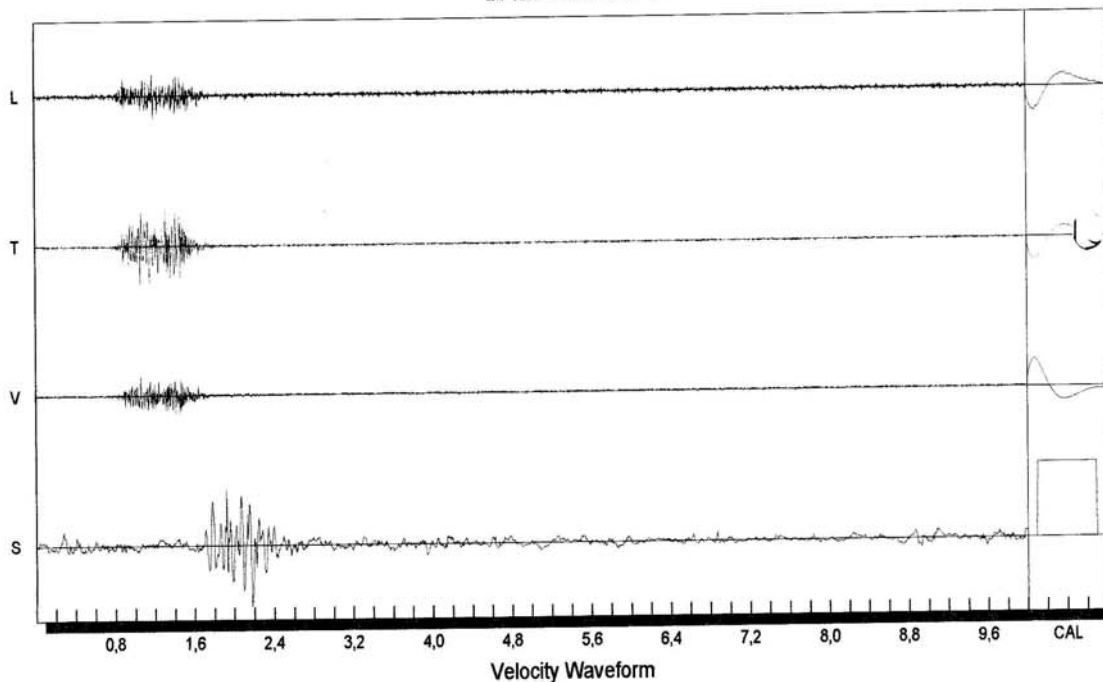
Time = 0,200 s
 Seismic = +/- 4,1mm/s
 Sound = +/- 0,0023 psi

Shaketable Calibrated: 01.09.2005
 By GeoSonics Inc.
 P.O. Box 779
 Warrendale, PA 15095 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999



GeoSonics Seismic Analysis

SN: 3135 v1.39 Event: 2



RAT 8702014		Rev.: 02- Data: 01.12.97		BOLETIM DE FOGO PRIMÁRIO		Fogo No- 142 - 2005		DATA : 08/09/05				
1. Diâmetro dos furos		2,5"		Explosivos usados		MAG GE 1/4 x 24						
2. Número de linha		2		Tampão medio								
3. Sub - furação		Não Tem		Altura da carga do fundo								
4. Inclinação da bancada		20°		Cos 20° = 0,94								
5. Volume do material p / fogo		699,36 m³		Razão linear do furo								
6. Tonelada do calcário		1748,4 T		Razão linear da coluna								
7. Total de explosivos p / fogo		174,30 Kg		Total de espoletas		1 mantopim						
8. Razão de carregamento		99,69 g/T		Total de relardo		39 pç						
9. Densidade do calcário		2,5		Total de cordel detonante								
10. Metragem perfurada		93,00 m		Total de mantinel		39 pç de mantinel com tempo de 75 a 850 ms						
No.	Ata - mento	Espaca - mento	Prof. Furo	Area m²	Altura bancada	Volume m³	tonelagem	Explosivos 1	Explosivos 2	Total Explosivos	Tampão	OBSERVAÇÕES
1	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	HORA : 11:07:08
2	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	TEMP.: 27 °C
3	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	D = 330 m
4	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	No. EVENTO : 2
5	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	Q. Maz/Exp.: 6,61 Kg
6	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	VP MEDIDO : 2,2 (mm/s)
7	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	SOPROAR : 116 (dB)
8	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	BASE CAPTAÇÃO : Muro da sucata
9	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	Retorno da sobre para o paiol 11:35 h
10	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
11	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
12	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
13	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
14	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
15	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
16	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
17	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
18	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
19	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
20	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
21	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
22	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
23	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
24	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
25	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
26	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
27	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
28	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
29	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
30	2,00	4,00	3,10	8,00	2,91	23,31	58,28	5,81		5,81	1,00	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

LOCALIZAÇÃO: NÍVEL 7

RESP.:



 João A. Almeida



CINEPAR

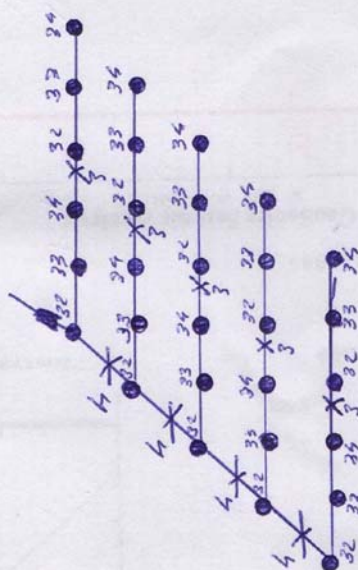
COMPANHIA PARAÍBA DE CIMENTO PORTLAND



GEOLOGIA E EXTRAÇÃO

CROQUI DE LIGAÇÃO - FOGO

DATA: 08/09/2015 NÍVEL: 15 FOGO: 142/2015 HORA: 11:07:08



RETARDO de 3 = 75 ms, 4 = 100 ms, 32 = 80 ms, 33 = 82 ms, 34 = 850 ms.

Responsável: João Augusto

ANEXO B

Tabela B.01 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005.

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
1(02.01.2003)	0,83	5,00	5,83	260	0,9	0,8	0,6	1,1	788,5	4200	4988,5	166,7	83,3	13,9	Base 1
2(03.01.2003)	0,83	5,00	5,83	260	0,8	0,8	0,6	0,9	788,5	4200	4988,5	16,7	55,6	16,7	Base 1
3(03.01.2003)	0,83	5,00	5,83	260	0,7	0,8	0,9	0,9	788,5	4200	4988,5	13,9	16,7	15,2	Base1
4(07.01.2003)	0,83	5,00	5,83	270	1,6	0,7	1,4	1,7	788,5	4200	4988,5	15,2	16,7	15,2	Base1
5(07.01.2003)	0,83	5,00	5,83	270	0,6	0,7	0,6	0,9	788,5	4200	4988,5	20,8	20,8	13,9	Base1
6(08.01.2003)	0,83	5,00	5,83	270	0,8	0,8	0,8	0,9	788,5	4200	4988,5	11,1	9,8	11,9	Base1
7(09.01.2003)	0,83	5,00	5,83	275	0,6	0,5	0,7	0,7	788,5	4200	4988,5	18,5	18,5	16,7	Base1
8(10.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	0,9	0,7	0,8	1,0	788,5	4200	4988,5	13,9	55,6	11,9	Base1
9(10.01.2003)	1,66	10,00	11,66	380	0,8	0,6	0,6	0,8	1577	8400	9977	20,8	41,7	23,8	Base1
10(11.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	0,9	0,9	1,0	1,4	788,5	4200	4988,5	12,8	9,3	15,2	Base1
11(11.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	2,5	1,0	1,7	2,5	788,5	4200	4988,5	20,8	41,7	16,7	Base1
12(13.01.2003)	0,83	5,00	5,83	280	1,0	0,9	0,8	1,3	788,5	4200	4988,5	20,8	41,7	18,5	Base 1 e 2
13(14.01.2003)	0,83	11,00	11,83	380	0,8	0,6	0,8	1,1	788,5	9240	10028,5	16,7	20,8	16,7	Base 1 e 2
14(15.01.2003)	0,83	7,20	8,03	160	2,3	1,7	1,2	2,5	788,5	6048	6836,5	83,3	41,7	41,7	Base 1 e 2
15(20.01.2003)	0,83	7,20	8,03	220	1,6	1,5	1,7	1,8	788,5	6048	6836,5	55,6	55,6	41,7	Base 1 e 2
16(21.01.2003)	0,83	7,20	8,03	120	8,1	3,7	3,9	8,6	788,5	6048	6836,5	166,7	166,7	83,3	Base 1 e 2
17(27.01.2003)	0,83	7,20	8,03	120	5,1	2,9	1,7	5,4	788,5	6048	6836,5	83,3	83,3	83,3	Base 1 e 2
18(29.01.2003)	0,83	7,20	8,03	120	3,1	4,0	2,2	4,0	788,5	6048	6836,5	33,3	166,7	83,3	Base 1 e 2
19(31.01.2003)	0,83	7,20	8,03	125	2,0	1,8	1,5	2,2	788,5	6048	6836,5	33,3	23,8	41,7	Base 1 e 2
20(03.02.2003)	0,83	7,20	8,03	200	2,0	2,6	1,5	2,0	788,5	6048	6836,5	166,7	166,7	41,7	Base 1 e 2
1(05.02.2003)	0,83	7,20	8,03	200	1,5	1,9	1,5	2,0	788,5	6048	6836,5	41,7	83,3	83,3	Base 1 e 2
2(24.02.2003)	0,83	7,20	8,03	170	1,0	1,5	1,1	1,2	788,5	6048	6836,5	55,6	55,6	55,6	Base 1 e 2
3(28.02.2003)	0,83	5,60	6,43	120	2,0	2,4	2,3	2,5	788,5	4704	5492,5	166,7	83,3	83,3	Base 1 e 2
1(10.03.2003)	0,55	1,60	2,15	400	0,6	0,3	0,6	0,6	522,5	1344	1866,5	9,8	18,5	12,8	Base 1 e 2
2(12.03.2003)	0,83	9,60	10,43	120	5,4	5,2	1,3	5,5	788,5	8064	8852,5	83,3	83,3	83,3	Base 1 e 2
3(12.03.2003)	0,83	9,60	10,43	120	3,2	2,8	1,1	3,4	788,5	8064	8852,5	83,3	55,6	33,3	Base 1 e 2
4(12.03.2003)	0,83	9,60	10,43	190	1,3	1,6	0,9	2,4	788,5	8064	8852,5	27,8	55,6	41,7	Base 1 e 2
5(13.03.2003)	8,33	0,00	8,33	120	3,5	2,2	1,1	3,8	7913,5	0	7913,5	83,3	166,7	33,3	Base 1 e 2
6(17.03.2003)	0,83	9,60	10,43	200	2,4	2,1	2,5	3,1	788,5	8064	8852,5	33,3	41,7	41,7	Base 1 e 2

Tabela B.02 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
7(04.04.2003)	0,83	8,00	8,83	145	2,5	2,3	1,3	2,6	788,5	6720	7508,5	83,3	55,6	41,7	Base1
8(07.04.2003)	0,83	8,00	8,83	145	4,3	3,4	2,4	5,3	788,5	6720	7508,5	83,3	41,7	55,6	Base1
9(07.04.2003)	1,66	6,40	8,06	170	5,5	5,0	2,7	6,2	1577	5376	6953	83,3	41,7	55,6	Base1
10(08.04.2003)	3,52	4,15	7,67	140	4,4	2,4	2,6	4,3	3344	3486	6830	166,7	27,8	83,3	Base1
11(08.04.2003)	1,66	6,40	8,06	140	2,4	2,5	1,1	2,8	1577	5376	6953	83,3	83,3	83,3	Base1
12(08.04.2003)	1,66	6,00	7,66	170	3,8	3,7	1,3	3,9	1577	5040	6617	83,3	166,7	55,6	Base1
13(09.04.2003)	7,47	1,80	9,27	135	2,7	2,9	0,8	3,2	7096,5	1512	8608,5	166,7	166,7	83,3	Base1
14(09.04.2003)	0,86	7,00	7,86	180	2,5	2,9	1,5	3,2	817	5880	6697	166,7	33,3	20,8	Base1
15(10.04.2004)	3,32	4,15	7,47	143	0,8	1,7	0,8	1,7	3154	3486	6640	23,3	33,3	41,7	Base1
16(10.04.2003)	7,47	1,80	9,27	140	2,2	1,7	1,3	2,5	7096,5	1512	8608,5	23,8	55,6	55,6	Base1
17(10.04.2003)	0,86	7,00	7,86	185	3,2	2,3	3,0	3,6	817	5880	6697	15,2	27,8	55,6	Base1
18(11.04.2003)	3,32	4,15	7,47	146	2,1	1,5	1,3	2,2	3154	3486	6640	23,8	55,6	41,7	Base1
19(11.04.2003)	0,83	6,40	7,23	146	2,2	2,4	1,0	2,8	788,5	5376	6164,5	166,7	41,7	55,6	Base1
20(11.04.2003)	0,83	6,40	7,23	146	1,7	1,6	1,0	1,9	788,5	5376	6164,5	55,6	83,2	55,6	Base1
21(11.04.2003)	0,83	7,20	8,03	190	1,9	2,3	1,4	3,5	788,5	6048	6836,5	23,8	41,7	41,7	Base1
22(14.04.2003)	8,30	0,00	8,30	230	4,8	3,2	1,8	5,3	7885	0	7885	83,3	55,6	55,6	Base1
23(15.04.2003)	1,65	10,00	11,65	300	7,6	6,2	4,5	10,0	1567,5	8400	9967,5	41,7	41,7	33,3	Ig. da Graça
24(15.04.2003)	0,83	8,00	8,83	180	4,3	2,9	1,7	4,6	788,5	6720	7508,5	83,3	18,5	55,6	Base1
25(16.04.2003)	2,49	14,94	17,43	300	2,7	3,7	1,8	3,7	2365,5	12549,6	14915,1	27,8	20,8	23,8	Ig. da Graça
26(16.04.2003)	1,66	9,00	10,66	300	2,4	1,1	2,0	2,7	1577	7560	9137	20,8	83,3	33,3	Ig. da Graça
27(17.04.2003)	0,83	7,20	8,03	300	0,4	6,5	0,3	6,5	788,5	6048	6836,5	83,3	5,2	166,7	Base1
28(22.04.2003)	0,83	7,20	8,03	280	1,8	1,2	1,3	1,8	788,5	6048	6836,5	33,3	33,3	33,3	Base 1 e 2
29(23.04.2003)	0,83	7,20	8,03	290	2,0	1,4	1,1	2,2	788,5	6048	6836,5	33,3	23,8	27,8	Base 1 e 2
30(24.04.2003)	0,83	6,00	6,83	250	2,2	1,2	1,7	1,9	788,5	5040	5828,5	41,7	55,6	23,8	Base 2
31(25.04.2003)	0,83	7,20	8,03	300	1,5	0,6	0,8	1,6	788,5	6048	6836,5	23,8	23,8	12,8	Base1
32(25.04.2003)	0,83	7,20	8,03	300	3,1	0,9	0,9	2,0	788,5	6048	6836,5	33,3	33,3	41,7	Base1
33(25.04.2003)	0,83	7,50	8,33	260	1,0	1,1	1,0	1,4	788,5	6300	7088,5	33,3	41,7	55,6	Base2
34(29.04.2003)	0,83	7,50	8,33	200	1,6	2,2	1,5	2,1	788,5	6300	7088,5	33,3	27,8	33,3	Base2
35(30.04.2003)	0,83	7,00	7,83	120	2,0	2,9	2,2	3,0	788,5	5880	6668,5	41,7	166,7	55,6	Base 2

Tabela B.03 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
36(30.04.2003)	8,33	0,00	8,33	420	1,3	0,9	1,3	1,5	7913,5	0	7913,5	33,3	27,8	33,3	Muro da Sucata
01(02.05.2003)	0,83	7,00	7,83	150	1,9	2,0	1,7	2,2	788,5	5880	6668,5	33,3	41,7	13,9	Base2
02(02.05.2003)	3,32	12,00	15,32	300	2,9	4,6	2,6	4,8	3154	10080	13234	33,3	41,7	55,6	Ig. da Graça
03(19.05.2003)	4,15	0,00	4,15	160	1,1	1,5	1,2	1,5	3942,5	0	3942,5	33,3	55,6	55,6	Base2
04(19.05.2003)	4,98	0,00	4,98	120	2,0	2,9	1,5	3,0	4731	0	4731	41,7	166,7	35,6	Base2
05(21.05.2003)	4,92	0,00	4,92	120	2,2	2,4	1,5	2,8	4674	0	4674	166,7	166,7	55,6	Base 1 e2
06(21.05.2003)	5,64	0,00	5,64	170	1,1	0,8	0,7	1,1	5358	0	5358	33,3	27,8	13,9	Base 1 e2
01(27.06.2003)	4,98	0,00	4,98	330	0,8	0,8	0,8	1,0	4731	0	4731	20,8	23,8	23,8	Base 1
02(27.06.2003)	14,94	0,00	14,94	400	0,9	0,7	0,8	1,0	14193	0	14193	12,8	18,5	16,7	Base 1
03(02.07.2003)	9,96	0,00	9,96	300	2,3	1,8	1,1	2,7	9462	0	9462	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
04(03.07.2003)	4,98	9,00	13,98	280	1,2	1,3	0,9	1,4	4731	7560	12291	23,8	83,3	27,8	Base 1
05(04.07.2003)	9,96	0,00	9,96	300	0,1	0,1	0,1	0,1	9462	0	9462	83,3	3,3	8,3	Ig. da Graça
06(14.07.2003)	1,66	8,00	9,66	180	1,9	2,0	0,8	2,4	1577	6720	8297	27,8	21,7	20,8	Base 1
07(16.07.2003)	12,45	0,00	12,45	280	3,0	3,6	1,8	3,5	11827,5	0	11827,5	29,4	62,5	55,6	Ig. da Graça
08(17.07.2003)	1,66	4,00	5,66	300	0,6	0,4	0,4	0,6	1577	3360	4937	50,0	125,0	33,3	Base 1
09(18.07.2003)	1,66	10,00	11,66	180	2,3	3,4	1,5	3,4	1577	8400	9977	50,0	31,3	55,6	Base 1
10(18.07.2003)	1,66	10,00	11,66	180	2,0	2,3	1,1	2,4	1577	8400	9977	29,4	26,3	55,6	Base 1
11(21.07.2003)	1,66	5,00	6,66	330	0,6	0,4	0,4	0,6	1577	4200	5777	166,7	26,3	13,5	Base 1
13(21.07.2003)	1,66	6,00	7,66	290	0,7	0,5	0,4	0,8	1577	5040	6617	19,2	125,0	11,1	Base 1
14(22.07.2003)	6,64	32,00	38,64	300	2,4	1,6	1,5	2,3	6308	26880	33188	71,4	31,3	31,3	Ig. da Graça
15(22.07.2003)	1,66	5,00	6,66	300	0,7	0,7	0,6	0,8	1577	4200	5777	20,8	25,0	14,3	Base 1
16(23.07.2003)	2,49	12,00	14,49	200	1,1	1,5	0,6	1,6	2365,5	10080	12445,5	41,7	45,5	62,5	Base 1
17(23.07.2003)	2,49	12,00	14,49	215	1,3	1,2	0,9	1,2	2365,5	10080	12445,5	22,7	26,3	14,3	Base 1
18(23.07.2003)	2,49	12,00	14,49	235	1,0	1,4	0,8	1,5	2365,5	10080	12445,5	16,7	31,3	45,5	Base 1

Tabela B.04 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
19(23.07.2003)	4,98	15,00	19,98	300	0,7	0,4	0,5	0,7	4731	12600	17331	11,9	23,8	10,0	Base 1
20(24.07.2003)	19,96	26,96	46,92	275	3,5	3,3	3,2	3,7	18962	22646,4	41608,4	26,3	35,6	33,3	Ig. da Graça
21(24.07.2003)	4,98	0,00	4,98	275	1,1	1,0	1,0	1,1	4731	0	4731	55,6	38,5	37,5	Base 1
22(25.07.2003)	1,66	5,00	6,66	282	0,6	0,4	0,5	0,7	1577	4200	5777	17,2	35,7	17,2	Ig. da Graça
23(29.07.2003)	3,32	15,00	18,32	400	0,6	0,8	0,6	1,0	3154	12600	15754	31,3	13,2	17,9	Base1
24(30.07.2003)	3,32	15,00	18,32	320	2,2	2,8	1,3	2,6	3154	12600	15754	41,7	35,7	38,6	Ig. da Graça
25(30.07.2003)	6,64	0,00	6,64	250	2,7	3,6	1,8	3,7	6308	0	6308	83,3	71,2	62,5	Ig. da Graça
26(31.07.2003)	1,66	5,00	6,66	280	2,4	2,5	1,2	3,3	1577	4200	5777	83,3	71,4	83,3	Ig. Da Graça
01(01.08.2003)	3,32	8,00	11,32	250	2,3	2,2	1,1	3,0	3154	6720	9874	125,0	125,0	125,0	Ig. Da Graça
02(01.08.2003)	18,26	0,00	18,26	250	2,1	2,4	0,9	2,6	17347	0	17347	125,0	125,0	125,0	Ig. Da Graça
03(06.08.2003)	1,66	5,00	6,66	250	1,7	2,0	0,7	2,3	1577	4200	5777	125,0	125,0	83,3	Ig. Da Graça
04(06.08.2003)	9,96	30,00	39,96	250	3,2	3,9	1,0	3,9	9462	25200	34662	100,0	125,0	166,7	Ig. Da Graça
05(06.08.2003)	1,66	5,00	6,66	250	1,5	2,0	0,6	2,0	1577	4200	5777	100,0	83,3	100,0	Ig.da Graça
06(06.08.2003)	1,66	5,00	6,66	250	1,7	2,7	0,8	2,7	1577	4200	5777	100,0	100,0	125,0	Ig. Da Graça
07(06.08.2003)	3,32	10,00	13,32	305	3,4	3,5	2,7	4,2	3154	8400	11554	71,4	83,3	35,7	Ig. Da Graça
01(23.09.2003)	1,66	4,00	5,66	170	1,1	0,6	1,0	1,5	1577	3360	4937	22,7	27,8	23,8	Base2
02(23.09.2003)	1,66	4,00	5,66	200	0,8	0,8	0,6	0,9	1577	3360	4937	23,8	31,3	62,5	Base2
03(24.09.2003)	2,49	5,40	7,89	240	0,8	0,5	0,3	0,8	2365,5	4536	6901,5	13,9	22,7	23,8	Base 2

Tabela B.05 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
04(25.09.2003)	3,32	20,00	23,32	270	2,5	3,4	1,3	3,6	3154	16800	19954	71,4	71,4	62,5	lg. Da Graça
05(26.09.2003)	2,49	5,40	7,89	270	1,0	0,5	0,4	1,0	2365,5	4536	6901,5	23,8	17,9	38,5	Base 2
06(26.09.2003)	0,83	8,00	8,83	230	2,2	5,1	1,0	4,6	788,5	6720	7508,5	62,7	71,4	83,3	lg. Da Graça
07(30.09.2003)	4,98	15,00	19,98	300	2,0	2,5	1,3	2,5	4731	12600	17331	71,4	71,4	50,0	lg. Da Graça
08(30.09.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,3	0,9	1,3	1,3	4731	12600	17331	38,5	18,5	21,7	Base1
09(01.10.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,1	1,6	0,8	1,7	4731	12600	17331	12,8	20,8	18,5	Base1
01(02.10.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,5	0,8	0,8	1,7	4731	12600	17331	12,8	38,5	11,4	Base1
02(03.10.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,0	0,6	0,7	1,0	4731	12600	17331	12,8	20,8	20,0	Base1
03(06.10.2003)	3,32	18,00	21,32	300	2,2	1,6	1,5	2,3	3154	15120	18274	45,5	23,8	35,7	lg. da Graça
04(06.10.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,3	0,8	1,0	1,4	4731	12600	17331	13,9	14,3	13,9	Base1
05(07.10.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,3	1,0	1,1	1,5	4731	12600	17331	20,0	45,5	13,9	Base1
06(08.10.2003)	4,98	15,00	19,98	300	0,8	0,5	0,6	0,9	4731	12600	17331	12,5	12,5	13,9	Base1
07(09.10.2003)	12,45	0,00	12,45	300	2,3	2,6	2,3	2,6	11827,5	0	11827,5	25,0	83,3	31,3	lg. da Graça
08(14.10.2003)	3,32	23,00	26,32	280	4,3	3,7	2,6	4,9	3154	19320	22474	45,5	62,5	41,7	lg. da Graça
09(15.10.2003)	9,96	49,00	58,96	250	4,2	4,1	4,2	5,3	9462	41160	50622	23,8	31,3	35,7	lg. da Graça
10(16.10.2003)	4,98	15,00	19,98	230	1,5	3,8	1,1	3,9	4731	12600	17331	125,0	100,0	100,0	lg. da Graça
11(20.10.2003)	4,98	15,00	19,98	250	2,8	2,8	1,0	3,4	4731	12600	17331	83,3	100,0	100,0	lg. da Graça
12(20.10.2003)	4,98	31,00	35,98	330	1,5	2,1	0,7	2,1	4731	26040	30771	83,3	83,3	100,0	lg. da Graça
02(27.10.2003)	4,98	15,00	19,98	320	0,8	0,6	0,6	0,8	4731	12600	17331	11,1	20,0	15,6	Base1
03(28.10.2003)	4,98	15,00	19,98	320	0,8	0,6	0,7	0,8	4731	12600	17331	14,3	29,4	17,9	Base1

Tabela B.06 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
04(29.10.2003)	1,66	21,00	22,66	300	2,4	3,1	1,2	3,2	1577	17640	19217	20,0	27,8	35,7	lg. da Graça
05(30.10.2003)	1,66	21,00	22,66	280	2,2	2,2	1,8	2,6	1577	17640	19217	71,4	31,3	33,3	lg. da Graça
06(03.11.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,0	0,6	0,6	1,0	4731	12600	17331	12,8	23,8	31,3	Base1
07(05.11.2003)	1,64	12,00	13,64	160	1,4	1,3	1,0	1,5	1558	10080	11638	83,3	35,7	19,2	Base 1
08(05.11.2003)	4,98	15,00	19,98	300	1,6	0,9	0,9	1,7	4731	12600	17331	20,8	19,2	14,7	Base1
01(06.11.2003)	1,64	9,20	10,84	160	1,7	1,1	0,8	1,8	1558	7728	9286	17,9	19,2	35,7	Base 1
02(07.11.2003)	4,98	54,00	58,98	250	2,2	2,7	2,0	2,7	4731	45360	50091	29,4	45,5	33,3	lg. da Graça
03(10.11.2003)	1,64	8,00	9,64	160	1,8	1,0	1,0	2,0	1558	6720	8278	20,0	23,8	21,7	Base 1
04(10.11.2003)	4,98	15,00	19,98	300	0,6	0,4	0,5	0,6	4731	12600	17331	83,3	83,3	15,2	Base 1
05(11.11.2003)	1,64	8,00	9,64	160	0,8	1,0	0,6	1,2	1558	6720	8278	25,0	23,8	13,9	Base 11
06(12.11.2003)	4,98	15,00	19,98	320	0,8	0,4	0,7	0,9	4731	12600	17331	12,5	13,9	16,7	Base 1
07(13.11.2003)	4,98	12,00	16,98	320	0,8	0,5	0,7	0,9	4731	10080	14811	11,6	13,2	11,1	Base 1
08(14.11.2003)	1,66	20,80	22,46	300	2,3	2,5	1,5	2,7	1577	17472	19049	27,8	29,4	35,7	lg. da Graça
09(17.11.2003)	1,66	5,00	6,66	300	2,4	3,3	1,3	3,5	1577	4200	5777	83,3	71,4	27,8	lg. da Graça
11(19.11.2003)	1,66	5,00	6,66	250	2,2	3,4	1,1	3,5	1577	4200	5777	71,4	55,6	55,6	lg. da Graça
12(19.11.2003)	4,98	40,80	45,78	250	2,2	1,7	2,4	3,2	4731	34272	39003	31,3	29,4	35,7	lg. da Graça
13(20.11.2003)	1,66	5,00	6,66	220	1,9	1,7	1,0	2,1	1577	4200	5777	29,4	38,5	26,3	lg. da Graça
14(20.11.2003)	1,66	5,00	6,66	200	1,4	1,8	0,6	1,9	1577	4200	5777	33,3	83,3	41,7	lg. da Graça
15(21.11.2003)	1,66	5,00	6,66	180	1,3	2,8	0,8	2,8	1577	4200	5777	38,5	100,0	27,8	lg. da Graça
16(24.11.2003)	1,66	22,40	24,06	280	1,5	1,5	1,2	2,2	1577	18816	20393	21,7	29,4	35,7	lg. da Graça
17(24.11.2003)	1,66	5,00	6,66	340	0,5	0,4	0,3	0,4	1577	4200	5777	125,0	26,0	28,0	Base 1
18(26.11.2003)	1,66	5,00	6,66	340	0,6	0,4	0,4	0,6	1577	4200	5777	11,9	27,8	25,0	Base 1
19(27.11.2003)	1,66	5,00	6,66	340	0,7	0,4	0,5	0,8	1577	4200	5777	15,6	27,8	29,4	Base 1
20(27.11.2003)	3,32	10,00	13,32	340	0,8	0,5	0,6	0,9	3154	8400	11554	35,7	27,8	11,6	Base 1
01(03.12.2003)	4,98	36,60	41,58	240	1,8	1,9	2,1	3,0	4731	30744	35475	41,7	33,3	33,3	lg. da Graça
02(04.12.2003)	4,15	16,00	20,15	340	0,8	0,3	0,6	0,9	3942,5	13440	17382,5	16,7	13,9	13,9	Base 1
03(04.12.2003)	1,66	43,20	44,86	260	1,7	1,9	1,1	1,7	1577	36288	37865	20,8	23,8	41,7	lg. da Graça
04(05.12.2003)	0,83	4,00	4,83	340	1,1	0,5	0,7	1,0	788,5	3360	4148,5	13,9	15,2	13,9	Base 1

Tabela B.07 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
06(10.12.2003)	1,66	17,00	18,66	260	1,0	1,3	1,3	1,5	1577	14280	15857	27,8	32,3	41,7	lg. da Graça
07(10.12.2003)	1,66	24,00	25,66	260	1,7	1,5	1,4	1,8	1577	20160	21737	33,3	33,8	41,7	lg. da Graça
08(10.12.2003)	1,66	5,00	6,66	280	1,0	1,3	0,6	1,3	1577	4200	5777	27,8	166,7	23,8	lg. da Graça
09(12.12.2003)	1,66	5,00	6,66	260	2,8	2,0	0,8	2,7	1577	4200	5777	83,3	83,3	55,6	lg. da Graça
10(22.12.2003)	1,66	5,00	6,66	220	1,3	1,7	1,0	1,7	1577	4200	5777	20,8	55,6	27,8	lg. da Graça
11(22.12.2003)	1,66	5,00	6,66	220	1,2	1,2	0,8	1,5	1577	4200	5777	55,6	83,3	83,3	lg. da Graça
12(23.12.2003)	1,66	20,00	21,66	280	1,1	1,1	1,4	1,5	1577	16800	18377	27,8	33,3	33,3	lg. da Graça
13(23.12.2003)	1,66	9,00	10,66	320	0,8	0,8	0,6	1,0	1577	7560	9137	13,9	33,3	18,5	lg. da Graça
14(24.12.2003)	3,32	30,00	33,32	300	1,0	1,6	1,0	1,6	3154	25200	28354	33,3	18,5	33,3	lg. da Graça
15(29.12.2003)	1,66	5,00	6,66	300	0,6	0,9	0,6	0,9	1577	4200	5777	23,8	20,8	16,7	Base 1
16(30.12.2003)	1,66	5,00	6,66	300	0,8	0,8	0,5	0,9	1577	4200	5777	27,8	33,3	15,2	Base 1
17(30.12.2003)	3,32	19,20	22,52	280	1,0	1,1	1,1	1,5	3154	16128	19282	27,8	33,3	41,7	lg. da Graça
16(16.02.2004)	6,64	20,00	26,64	320	0,9	0,8	0,6	0,9	6308	16800	23108	14,7	18,5	35,7	Base 1
17(17.02.2004)	1,66	6,00	7,66	350	1,0	1,0	0,7	1,1	1577	5040	6617	16,7	16,7	25,0	Base 1
18(18.02.2004)	6,64	18,00	24,64	350	1,2	1,0	0,6	1,3	6308	15120	21428	35,7	23,8	15,6	Base 1
19(19.02.2004)	13,28	34,00	47,28	330	2,0	1,6	1,7	2,2	12616	28560	41176	29,4	27,8	41,7	lg. da Graça
20(20.02.2004)	3,32	24,00	27,32	330	3,0	2,1	2,8	3,7	3154	20160	23314	33,3	27,8	33,3	lg. da Graça
21(26.02.2004)	11,62	29,40	41,02	350	0,7	0,6	0,5	0,8	11039	24696	35735	11,6	20,0	17,9	Base 2
22(27.02.2004)	9,96	25,20	35,16	350	1,0	1,2	0,7	1,2	9462	21168	30630	21,7	45,5	13,2	Base 1
01(01.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,6	1,5	1,7	2,0	4731	16934,4	21665,4	17,2	25,0	33,3	Base 1
02(02.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,8	1,2	1,7	2,0	4731	16934,4	21665,4	20,0	35,7	13,9	Base 1
03(02.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,1	1,0	0,7	1,0	4731	16934,4	21665,4	33,3	50,0	23,8	Base 1
04(03.03.2004)	3,32	25,00	28,32	433	0,4	0,5	0,4	0,7	3154	21000	24154	8,2	0,4	0,4	Base 1
05(03.03.2004)	3,32	25,00	28,32	433	0,8	0,6	0,8	1,0	3154	21000	24154	19,2	22,7	21,7	Base 1
06(05.03.2004)	9,96	78,00	87,96	350	1,7	1,7	1,7	2,5	9462	65520	74982	33,3	33,3	33,3	lg. da Graça
07(10.03.2004)	6,64	18,00	24,64	350	0,7	0,6	0,7	0,8	6308	15120	21428	10,2	21,7	13,5	Base 1
08(11.03.2004)	6,64	18,00	24,64	350	1,0	0,9	1,0	1,2	6308	15120	21428	12,8	16,7	11,9	Base 1
01(18.03.2004)	20,75	45,00	65,75	350	2,2	2,4	0,9	2,6	19712,5	37800	57512,5	55,6	55,6	41,7	lg. da Graça

Tabela B.08 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
04(25.03.2004)	3,32	16,80	20,12	380	1,1	0,6	0,7	1,2	3154	14112	17266	11,9	16,7	11,9	Base 1
05(25.03.2004)	3,32	16,80	20,12	380	0,8	0,5	0,8	1,0	3154	14112	17266	12,8	18,5	12,8	Base 1
06(25.03.2004)	9,96	6,30	16,26	280	1,1	1,5	1,1	1,6	9462	5292	14754	83,3	83,3	27,8	Ig. da Graça
07(26.03.2004)	4,98	23,10	28,08	280	1,8	1,7	1,3	2,0	4731	19404	24135	33,3	55,6	33,3	Ig. da Graça
08(29.03.2004)	3,32	16,80	20,12	230	2,7	3,9	0,9	4,1	3154	14112	17266	83,3	55,6	33,3	Ig. da Graça
09(30.03.2004)	1,66	8,40	10,06	230	2,5	4,6	1,3	4,7	1577	7056	8633	83,3	55,6	27,8	Ig. da Graça
10(30.03.2004)	3,32	15,40	18,72	200	3,7	4,0	1,7	4,5	3154	12936	16090	23,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
11(31.03.2004)	3,32	14,00	17,32	350	1,1	1,1	0,8	1,2	3154	11760	14914	27,8	33,3	41,7	Ig. da Graça
01(05.04.2004)	3,32	14,00	17,32	350	2,2	1,7	1,1	2,4	3154	11760	14914	33,3	33,3	41,7	Ig. da Graça
02(07.04.2004)	6,64	16,80	23,44	350	1,2	0,7	0,8	1,3	6308	14112	20420	13,9	20,8	12,8	Base 1
03(07.04.2004)	6,64	16,80	23,44	350	0,8	0,6	0,8	0,9	6308	14112	20420	23,8	16,7	18,5	Base 1
04(07.04.2004)	4,98	12,60	17,58	350	0,8	0,6	0,8	1,0	4731	10584	15315	12,8	16,7	12,8	Base 1
05(08.04.2004)	2,32	16,00	18,32	350	1,5	1,7	1,0	1,8	2204	13440	15644	33,3	41,7	41,7	Ig. da Graça
06(13.04.2004)	6,64	26,00	32,64	300	1,4	1,1	1,0	1,5	6308	21840	28148	27,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
08(10.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,5	1,3	0,9	1,7	3154	7056	10210	27,8	33,3	23,8	Base 1
09(11.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,3	1,5	1,2	1,5	3154	7056	10210	27,8	55,6	55,6	Base 1
10(11.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,2	1,3	0,6	1,4	3154	7056	10210	41,7	16,7	18,5	Base 1
11(12.05.2004)	33,20	0,00	33,20	250	2,0	1,3	1,0	2,0	31540	0	31540	15,2	27,8	12,8	Ig. da Graça
14(14.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,0	1,7	1,3	1,8	3154	7056	10210	23,8	27,8	23,8	Base 1
15(17.05.2004)	17,43	0,00	17,43	280	2,1	1,3	0,8	2,3	16558,5	0	16558,5	55,6	55,6	55,6	Ig. da Graça
17(20.05.2004)	8,30	17,50	25,80	370	1,0	1,1	0,8	1,0	7885	14700	22585	12,8	23,8	13,9	Base 1
18(20.05.2004)	3,32	8,40	11,72	300	0,8	1,2	1,0	1,3	3154	7056	10210	20,8	23,8	20,8	Base 1
19(26.05.2004)	19,92	0,00	19,92	320	1,1	1,3	0,8	1,4	18924	0	18924	33,3	41,7	33,3	Ig. da Graça
20(26.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,5	1,3	1,3	1,6	3154	7056	10210	27,8	33,3	27,8	Base 1
21(26.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,4	1,4	1,0	1,4	3154	7056	10210	33,3	23,8	41,7	Base 1
22(28.05.2004)	9,96	35,70	45,66	350	1,7	1,5	0,8	1,7	9462	29988	39450	23,8	27,8	41,7	Ig. da Graça
23(31.05.2004)	9,96	0,00	9,96	320	1,2	0,6	1,1	1,2	9462	0	9462	41,7	41,7	33,3	Base 1
24(01.06.2004)	16,6	0,00	16,60	320	1,7	1,1	1,1	1,9	15770	0	15770	27,8	27,8	27,8	Base 1

Tabela B.09 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
08(10.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,5	1,3	0,9	1,7	3154	7056	10210	27,8	33,3	23,8	Base 1
09(11.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,3	1,5	1,2	1,5	3154	7056	10210	27,8	55,6	55,6	Base 1
10(11.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,2	1,3	0,6	1,4	3154	7056	10210	41,7	16,7	18,5	Base 1
11(12.05.2004)	33,20	0,00	33,20	250	2,0	1,3	1,0	2,0	31540	0	31540	15,2	27,8	12,8	Ig. da Graça
14(14.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,0	1,7	1,3	1,8	3154	7056	10210	23,8	27,8	23,8	Base 1
15(17.05.2004)	17,43	0,00	17,43	280	2,1	1,3	0,8	2,3	16558,5	0	16558,5	55,6	55,6	55,6	Ig. da Graça
17(20.05.2004)	8,30	17,50	25,80	370	1,0	1,1	0,8	1,0	7885	14700	22585	12,8	23,8	13,9	Base 1
18(20.05.2004)	3,32	8,40	11,72	300	0,8	1,2	1,0	1,3	3154	7056	10210	20,8	23,8	20,8	Base 1
19(26.05.2004)	19,92	0,00	19,92	320	1,1	1,3	0,8	1,4	18924	0	18924	33,3	41,7	33,3	Ig. da Graça
20(26.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,5	1,3	1,3	1,6	3154	7056	10210	27,8	33,3	27,8	Base 1
21(26.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,4	1,4	1,0	1,4	3154	7056	10210	33,3	23,8	41,7	Base 1
22(28.05.2004)	9,96	35,70	45,66	350	1,7	1,5	0,8	1,7	9462	29988	39450	23,8	27,8	41,7	Ig. da Graça
23(31.05.2004)	9,96	0,00	9,96	320	1,2	0,6	1,1	1,2	9462	0	9462	41,7	41,7	33,3	Base 1
24(01.06.2004)	16,6	0,00	16,60	320	1,7	1,1	1,1	1,9	15770	0	15770	27,8	27,8	27,8	Base 1
25(01.06.2004)	3,32	8,40	11,72	350	0,7	1,0	0,6	1,0	3154	7056	10210	23,8	20,8	23,8	Base 2
27(04.06.2004)	3,32	11,20	14,52	330	1,2	0,9	1,5	1,7	3154	9408	12562	27,8	55,6	33,3	Base 1
01(07.06.2004)	3,32	8,40	11,72	330	1,3	1,2	1,1	1,5	3154	7056	10210	23,8	33,3	33,3	Base 1
02(08.06.2004)	17,66	0,00	17,66	350	2,3	1,6	1,5	2,8	16777	0	16777	16,7	33,3	33,3	Ig. da Graça
04(09.06.2004)	6,64	16,80	23,44	350	0,9	0,9	0,7	1,0	6308	14112	20420	33,3	13,9	15,2	Base 1
05(10.06.2004)	6,64	16,80	23,44	350	1,2	0,9	0,6	1,3	6308	14112	20420	13,9	33,3	18,5	Base 1
06(11.06.2004)	4,98	16,80	21,78	330	1,2	2,6	1,3	2,6	4731	14112	18843	20,8	33,3	23,8	Base 1
07(15.06.2004)	9,96	25,20	35,16	380	2,2	2,7	1,3	2,7	9462	21168	30630	71,4	83,3	55,6	Ig. da Graça
08(22.06.2004)	16,6	0,00	16,60	380	1,4	1,1	1,2	1,4	15770	0	15770	25,0	38,5	20,0	Base 1
09(23.06.2004)	16,6	0,00	16,60	380	1,1	1,6	0,9	1,4	15770	0	15770	22,7	33,3	35,7	Base 1
10(23.06.2004)	3,32	11,20	14,52	380	1,1	1,4	1,3	1,6	3154	9408	12562	29,4	27,8	33,3	Base 1
11(23.06.2004)	33,2	0,00	33,20	350	1,6	0,9	1,1	1,7	31540	0	31540	15,6	16,7	20,0	Base 1
12(25.06.2004)	26,56	0,00	26,56	220	1,3	2,0	1,0	1,8	25232	0	25232	19,2	33,3	26,3	Ig. da Graça
13(25.06.2004)	28,12	4,00	32,12	250	1,6	3,1	1,1	3,2	26714	3360	30074	71,4	33,3	25,0	Ig. da Graça
14(25.06.2004)	33,2	0,00	33,20	280	1,6	3,7	1,3	3,6	31540	0	31540	62,5	83,3	27,8	Ig. da Graça

Tabela B.10 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
15(26.06.2004)	18,26	0,00	18,26	230	2,4	3,0	1,0	3,7	17347	0	17347	71,4	100,0	22,7	lg. da Graça
02(02.07.2004)	3,32	11,20	14,52	350	1,1	1,0	0,9	1,3	3154	9408	12562	35,7	41,7	33,3	Base 1
03(02.07.2004)	26,56	0,00	26,56	350	0,8	1,1	0,8	1,3	25232	0	25232	16,7	17,2	15,2	Base 1
04(06.07.2004)	13,28	0,00	13,28	300	2,9	4,5	1,3	4,6	12616	0	12616	83,3	100,0	83,3	lg. da Graça
05(06.07.2004)	13,28	0,00	13,28	300	2,2	4,6	0,9	4,6	12616	0	12616	100,0	83,3	38,5	lg. da Graça
06(07.07.2004)	1,66	5,40	7,06	370	1,0	1,2	0,9	1,3	1577	4536	6113	38,5	35,7	38,5	Base 1
07(07.07.2004)	3,32	10,80	14,12	370	1,4	1,0	1,0	1,1	3154	9072	12226	23,8	23,8	50,0	Base 1
08(09.07.2004)	19,92	0,00	19,92	265	3,6	3,0	1,2	4,1	18924	0	18924	71,4	83,3	83,3	lg. da Graça
09(12.07.2004)	3,32	12,60	15,92	370	1,3	1,5	1,0	1,8	3154	10584	13738	29,4	29,4	22,7	Base 1
10(14.07.2004)	6,64	0,00	6,64	350	1,2	1,8	0,6	1,7	6308	0	6308	38,5	100,0	25,0	lg. da Graça
11(16.07.2004)	3,32	9,60	12,92	250	1,7	3,0	1,2	2,5	3154	8064	11218	83,3	55,6	38,5	lg. da Graça
12(16.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,3	1,2	0,7	1,5	3154	9408	12562	29,4	27,8	35,7	Base 1
13(16.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,1	1,1	0,7	1,3	3154	9408	12562	35,7	38,5	25,0	Base 1
14(19.07.2004)	4,98	12,00	16,98	400	1,3	0,5	0,9	1,1	4731	10080	14811	13,9	14,3	16,1	Base 1
15(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	0,3	0,1	0,1	0,3	18924	0	18924	55,6	7,7	2,0	Base 1
16(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	0,3	0,1	0,1	0,3	18924	0	18924	55,6	13,5	4,3	Base 1
17(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	1,0	0,4	0,9	1,1	18924	0	18924	13,2	23,8	13,9	Base 1
18(21.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,0	1,3	0,6	1,4	3154	9408	12562	18,5	31,3	25,0	Base 1
19(21.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	0,8	0,8	0,6	1,0	3154	9408	12562	22,7	23,8	31,3	Base 1
20(22.07.2004)	3,32	8,00	11,32	400	0,9	0,8	0,4	1,0	3154	6720	9874	11,4	17,2	12,5	Base 1
21(22.07.2004)	13,28	0,00	13,28	400	1,0	0,8	0,6	1,0	12616	0	12616	17,2	19,2	14,7	Base 1
22(22.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	1,0	0,5	0,6	1,0	18924	0	18924	18,5	25,0	29,4	Base 1
23(22.07.2004)	12,45	0,00	12,45	240	1,5	1,1	0,8	1,7	11827,5	0	11827,5	17,2	21,7	13,5	Base 1
24(23.07.2004)	12,45	0,00	12,45	280	0,3	0,1	0,1	0,3	11827,5	0	11827,5	100,0	8,2	250,0	Base 1
26(27.07.2004)	27,39	0,00	27,39	400	0,8	0,4	0,4	0,8	26020,5	0	26020,5	12,2	38,5	12,8	Base 1
27(28.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	1,0	0,9	0,7	1,0	18924	0	18924	15,2	31,3	12,2	Base 1
28(29.07.2004)	19,92	0,00	19,92	295	3,0	4,1	1,3	5,0	18924	0	18924	83,3	83,3	45,5	lg. da Graça
29(29.07.2004)	16,6	0,00	16,60	350	1,3	0,9	0,5	1,1	15770	0	15770	83,3	83,3	35,7	lg. da Graça
31(03.08.2004)	19,92	0,00	19,92	260	2,5	3,4	0,8	3,2	18924	0	18924	83,3	71,4	62,5	lg. da Graça

Tabela B.11 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
01(04.08.2004)	4,98	12,00	16,98	230	1,7	2,5	1,3	2,2	4731	9408	14139	20,8	71,4	26,3	Ig. da Graça
02(09.08.2004)	19,92	0,00	19,92	250	5,0	3,7	1,2	5,1	18924	0	18924	100,0	83,3	71,4	Ig. da Graça
02(02.07.2004)	3,32	11,20	14,52	350	1,1	1,0	0,9	1,3	3154	9408	12562	35,7	41,7	33,3	Base 1
03(02.07.2004)	26,56	0,00	26,56	350	0,8	1,1	0,8	1,3	25232	0	25232	16,7	17,2	15,2	Base 1
04(06.07.2004)	13,28	0,00	13,28	300	2,9	4,5	1,3	4,6	12616	0	12616	83,3	100,0	83,3	Ig. da Graça
05(06.07.2004)	13,28	0,00	13,28	300	2,2	4,6	0,9	4,6	12616	0	12616	100,0	83,3	38,5	Ig. da Graça
06(07.07.2004)	1,66	5,40	7,06	370	1,0	1,2	0,9	1,3	1577	4536	6113	38,5	35,7	38,5	Base 1
07(07.07.2004)	3,32	10,80	14,12	370	1,4	1,0	1,0	1,1	3154	9072	12226	23,8	23,8	50,0	Base 1
08(09.07.2004)	19,92	0,00	19,92	265	3,6	3,0	1,2	4,1	18924	0	18924	71,4	83,3	83,3	Ig. da Graça
09(12.07.2004)	3,32	12,60	15,92	370	1,3	1,5	1,0	1,8	3154	10584	13738	29,4	29,4	22,7	Base 1
10(14.07.2004)	6,64	0,00	6,64	350	1,2	1,8	0,6	1,7	6308	0	6308	38,5	100,0	25,0	Ig. da Graça
11(16.07.2004)	3,32	9,60	12,92	250	1,7	3,0	1,2	2,5	3154	8064	11218	83,3	55,6	38,5	Ig. da Graça
12(16.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,3	1,2	0,7	1,5	3154	9408	12562	29,4	27,8	35,7	Base 1
13(16.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,1	1,1	0,7	1,3	3154	9408	12562	35,7	38,5	25,0	Base 1
14(19.07.2004)	4,98	12,00	16,98	400	1,3	0,5	0,9	1,1	4731	10080	14811	13,9	14,3	16,1	Base 1
15(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	0,3	0,1	0,1	0,3	18924	0	18924	55,6	7,7	2,0	Base 1
03(11.08.2004)	26,56	0,00	26,56	410	1,0	0,6	0,8	1,0	25232	0	25232	10	29,4	16,7	Base 1
04(12.08.2004)	4,98	12,00	16,98	410	0,8	0,7	0,6	0,8	4731	10080	14811	12,8	14,7	15,6	Base 1
05(12.08.2004)	4,98	12,00	16,98	380	0,7	0,4	0,5	0,6	4731	10080	14811	10,9	29,4	11,9	Base 2
06(18.08.2004)	19,92	0,00	19,92	280	2,0	5,0	1,4	5,0	18924	0	18924	62,5	83,3	35,7	Ig. da Graça
07(19.08.2004)	4,98	12,60	17,58	320	2,0	1,5	0,8	2,2	4731	10584	15315	83,3	50	23,8	Ig. da Graça
08(19.08.2004)	4,98	12,60	17,58	350	0,3	0,1	0,1	0,3	4731	10584	15315	50	12,5	3,9	Ig. da Graça
09(19.08.2004)	4,98	12,24	17,22	350	2,4	1,5	1,0	2,2	4731	10281,6	15012,6	71,4	62,5	12,2	Ig. da Graça
10(19.08.2004)	4,98	12,24	17,22	370	2,1	1,4	0,6	2,2	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	18,5	Ig. da Graça
11(20.08.2004)	19,92	0,00	19,92	380	1,3	1,1	0,8	1,4	18924	0	18924	14,3	71,4	10,6	Base 1
12(23.08.2004)	4,92	12,24	17,16	400	0,8	0,4	0,4	0,8	4674	10281,6	14955,6	55,6	12,8	12,2	Base 1
13(27.08.2004)	1,66	4,08	5,74	380	0,3	0,1	0,1	0,3	1577	3427,2	5004,2	83,3	2	4,9	Muro da Sucata
14(01.09.2004)	19,92	0,00	19,92	310	1,7	1,7	0,8	1,4	18924	0	18924	71,4	83,3	33,3	Ig. da Graça
15(06.09.2004)	4,98	10,20	15,18	420	1,3	0,7	0,9	1,5	4731	8568	13299	12,5	12,5	13,2	Base 1

Tabela B.12 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
01(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	420	1,0	0,4	0,6	0,9	4731	10281,6	15012,6	12,5	10,6	13,2	Base 1
02(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,8	3,6	0,8	3,7	4731	10281,6	15012,6	71,4	71,4	55,6	Ig. da graça
03(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	2,3	2,5	1,0	3,0	4731	10281,6	15012,6	62,5	62,5	31,3	Ig. da Graça
04(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,5	2,0	0,9	2,2	4731	10281,6	15012,6	83,3	83,3	31,3	Ig. da Graça
05(15.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,1	1,3	0,4	1,4	4731	10281,6	15012,6	14,7	50	14,7	Ig. da Graça
06(15.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	0,6	0,2	0,1	0,6	4731	15012,6	15893,88	33,3	33,3	8,5	Ig. da Graça
07(18.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,7	2,0	0,8	1,9	4731	15012,6	15893,88	50	71,4	29,4	Ig. da Graça
08(18.10.2004)	4,98	8,16	13,14	380	2,7	1,9	1,0	2,8	4731	11585,4	12172,92	71,4	83,3	62,5	Ig. da Graça
09(19.10.2004)	4,98	8,16	13,14	420	1,2	1,4	0,6	1,4	4731	11585,4	12172,92	62,5	83,3	62,5	Ig. da Graça
10(19.10.2004)	4,98	12,24	17,22	420	0,3	0,1	0,1	0,3	4731	15012,6	15893,88	17,2	8,8	250,0?	Ig. da Graça
12(22.10.2004)	4,98	12,24	17,22	380	2,4	2,1	0,6	2,7	4731	15012,6	15893,88	83,3	71,4	16,1	Ig. da Graça
02(03.11.2004)	11,62	0,00	11,62	430	0,3	0,1	0,1	0,3	11039	11039	11039	83,3	1,8	500?	Ig. da Graça
03(04.11.2004)	3,32	8,16	11,48	370	2,4	3,7	0,9	3,8	3154	10008,4	10595,92	100	100	17,9	Ig. da Graça
04(04.11.2004)	17,43	0,00	17,43	340	1,6	1,3	0,8	1,7	16558,5	16558,5	16558,5	20,8	125	35,7	Ig. da Graça
05(05.11.2004)	11,62	24,48	36,10	430	1,4	1,0	1,3	1,9	11039	31602,2	33364,76	25	23,8	33,3	Ig. da Graça
06(05.11.2004)	4,98	16,32	21,30	470	0,9	0,6	0,7	1,0	4731	18439,8	19614,84	25	33,3	22,7	Base1
07(09.11.2004)	8,3	19,04	27,34	460	1,1	1,3	1,2	1,4	7885	15993,6	23878,6	17,9	100	26,3	Ig. da Graça
08(09.11.2004)	13,28	0,00	13,28	285	1,6	6,0	1,0	6,0	12616	0	12616	125	100	100	Ent.Faz. Graça
09(09.11.2004)	4,98	12,24	17,22	250	1,8	4,8	1,3	4,1	4731	10281,6	15012,6	125	125	27,8	Ent.Faz. Graça
10(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,7	0,6	1,9	4731	10281,6	15012,6	125	100	35,7	Ig. da Graça
11(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,2	0,8	1,7	4731	10281,6	15012,6	45,5	125	29,4	Ig. da Graça
12(12.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	1,6	1,1	0,9	1,6	9462	21168	30630	19,2	21,7	22,7	Ig. da Graça
13(17.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	0,8	0,6	0,5	0,7	9462	21168	30630	33,3	100	20	Ig. da Graça
14(19.11.2004)	9,96	8,16	18,12	420	2,1	3,0	0,9	3,3	9462	6854,4	16316,4	83,3	71,4	83,3	Ig. da Graça
15(19.11.2004)	6,64	9,52	16,16	380	2,7	2,6	1,0	3,0	6308	7996,8	14304,8	100	62,5	83,3	Ig. da Graça
16(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	340	0,3	0,2	0,1	0,3	11827,5	5140,8	16968,3	71,4	62,5	2,9	Ig. da Graça

Tabela B.13 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
18(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	300	2,2	1,4	0,5	2,4	11827,5	5140,8	16968,3	83,3	55,6	71,4	Ig. da Graça
19(19.11.2004)	19,92	20,40	40,32	300	2,8	2,9	1,3	3,0	18924	17136	36060	17,9	83,3	29,4	Ig. da Graça
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	Ig. da Graça
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	Ig. da Graça
27(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	280	2,2	2,4	0,6	2,6	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	50	Ig. da Graça
28(30.11.2004)	4,98	8,16	13,14	400	1,4	1,0	0,8	1,5	4731	6854,4	11585,4	33,3	38,5	23,8	Ig. da Graça
29(03.12.2004)	6,64	0,00	6,64	400	2,3	2,4	0,8	3,1	6308	0	6308	100	125	125	Ig. da Graça
30(03.12.2004)	1,66	5,44	7,10	360	2,7	2,9	1,0	3,0	1577	4569,6	6146,6	100	125	100	Ig. da Graça
31(07.12.2004)	1,66	5,44	7,10	310	3,6	2,4	1,1	3,6	1577	4569,6	6146,6	125	83,3	100	Ig. da Graça
32(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	260	2,7	2,1	1,3	2,6	3154	3427,2	6581,2	62,5	71,4	83,3	Ig. da Graça
33(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	220	2,4	1,8	1,0	2,5	3154	3427,2	6581,2	71,4	71,4	62,5	Ig. da Graça
34(10.12.2004)	3,32	4,76	8,08	340	2,2	2,2	1,0	2,5	3154	3998,4	7152,4	83,3	83,3	100	Ig. da Graça
01(13.12.2004)	16,6	17,00	33,60	260	1,3	0,7	1,5	1,7	15770	14280	30050	15,2	100	27,8	Ig. da Graça
02(17.12.2004)	4,98	15,64	20,62	320	1,5	0,8	1,3	1,8	4731	13137,6	17868,6	27,8	18,5	27,8	Ig. da Graça
03(21.12.2004)	10,79	9,52	20,31	360	1,2	1,9	0,4	1,9	10250,5	7996,8	18247,3	20,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
07(09.11.2004)	8,3	19,04	27,34	460	1,1	1,3	1,2	1,4	7885	15993,6	23878,6	17,9	100	26,3	Ig. da Graça
08(09.11.2004)	13,28	0,00	13,28	285	1,6	6,0	1,0	6,0	12616	0	12616	125	100	100	Ent.Faz. Graça
09(09.11.2004)	4,98	12,24	17,22	250	1,8	4,8	1,3	4,1	4731	10281,6	15012,6	125	125	27,8	Ent.Faz. Graça
10(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,7	0,6	1,9	4731	10281,6	15012,6	125	100	35,7	Ig. da Graça
11(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,2	0,8	1,7	4731	10281,6	15012,6	45,5	125	29,4	Ig. da Graça
12(12.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	1,6	1,1	0,9	1,6	9462	21168	30630	19,2	21,7	22,7	Ig. da Graça
13(17.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	0,8	0,6	0,5	0,7	9462	21168	30630	33,3	100	20	Ig. da Graça
14(19.11.2004)	9,96	8,16	18,12	420	2,1	3,0	0,9	3,3	9462	6854,4	16316,4	83,3	71,4	83,3	Ig. da Graça
15(19.11.2004)	6,64	9,52	16,16	380	2,7	2,6	1,0	3,0	6308	7996,8	14304,8	100	62,5	83,3	Ig. da Graça

Tabela B.14 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
16(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	340	0,3	0,2	0,1	0,3	11827,5	5140,8	16968,3	71,4	62,5	2,9	lg. da Graça
18(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	300	2,2	1,4	0,5	2,4	11827,5	5140,8	16968,3	83,3	55,6	71,4	lg. da Graça
19(19.11.2004)	19,92	20,40	40,32	300	2,8	2,9	1,3	3,0	18924	17136	36060	17,9	83,3	29,4	lg. da Graça
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	lg. da Graça
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	lg. da Graça
27(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	280	2,2	2,4	0,6	2,6	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	50	lg. da Graça
28(30.11.2004)	4,98	8,16	13,14	400	1,4	1,0	0,8	1,5	4731	6854,4	11585,4	33,3	38,5	23,8	lg. da Graça
29(03.12.2004)	6,64	0,00	6,64	400	2,3	2,4	0,8	3,1	6308	0	6308	100	125	125	lg. da Graça
30(03.12.2004)	1,66	5,44	7,10	360	2,7	2,9	1,0	3,0	1577	4569,6	6146,6	100	125	100	lg. da Graça
31(07.12.2004)	1,66	5,44	7,10	310	3,6	2,4	1,1	3,6	1577	4569,6	6146,6	125	83,3	100	lg. da Graça
07(09.11.2004)	8,3	19,04	27,34	460	1,1	1,3	1,2	1,4	7885	15993,6	23878,6	17,9	100	26,3	lg. da Graça
08(09.11.2004)	13,28	0,00	13,28	285	1,6	6,0	1,0	6,0	12616	0	12616	125	100	100	Ent.Faz. Graça
09(09.11.2004)	4,98	12,24	17,22	250	1,8	4,8	1,3	4,1	4731	10281,6	15012,6	125	125	27,8	Ent.Faz. Graça
10(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,7	0,6	1,9	4731	10281,6	15012,6	125	100	35,7	lg. da Graça
11(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,2	0,8	1,7	4731	10281,6	15012,6	45,5	125	29,4	lg. da Graça
12(12.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	1,6	1,1	0,9	1,6	9462	21168	30630	19,2	21,7	22,7	lg. da Graça
13(17.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	0,8	0,6	0,5	0,7	9462	21168	30630	33,3	100	20	lg. da Graça
14(19.11.2004)	9,96	8,16	18,12	420	2,1	3,0	0,9	3,3	9462	6854,4	16316,4	83,3	71,4	83,3	lg. da Graça
15(19.11.2004)	6,64	9,52	16,16	380	2,7	2,6	1,0	3,0	6308	7996,8	14304,8	100	62,5	83,3	lg. da Graça
16(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	340	0,3	0,2	0,1	0,3	11827,5	5140,8	16968,3	71,4	62,5	2,9	lg. da Graça
18(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	300	2,2	1,4	0,5	2,4	11827,5	5140,8	16968,3	83,3	55,6	71,4	lg. da Graça
19(19.11.2004)	19,92	20,40	40,32	300	2,8	2,9	1,3	3,0	18924	17136	36060	17,9	83,3	29,4	lg. da Graça
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	lg. da Graça

Tabela B.15 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	Ig. da Graça
07(09.11.2004)	8,3	19,04	27,34	460	1,1	1,3	1,2	1,4	7885	15993,6	23878,6	17,9	100	26,3	Ig. da Graça
08(09.11.2004)	13,28	0,00	13,28	285	1,6	6,0	1,0	6,0	12616	0	12616	125	100	100	Ent.Faz. Graça
09(09.11.2004)	4,98	12,24	17,22	250	1,8	4,8	1,3	4,1	4731	10281,6	15012,6	125	125	27,8	Ent.Faz. Graça
10(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,7	0,6	1,9	4731	10281,6	15012,6	125	100	35,7	Ig. da Graça
11(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,2	0,8	1,7	4731	10281,6	15012,6	45,5	125	29,4	Ig. da Graça
12(12.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	1,6	1,1	0,9	1,6	9462	21168	30630	19,2	21,7	22,7	Ig. da Graça
13(17.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	0,8	0,6	0,5	0,7	9462	21168	30630	33,3	100	20	Ig. da Graça
14(19.11.2004)	9,96	8,16	18,12	420	2,1	3,0	0,9	3,3	9462	6854,4	16316,4	83,3	71,4	83,3	Ig. da Graça
15(19.11.2004)	6,64	9,52	16,16	380	2,7	2,6	1,0	3,0	6308	7996,8	14304,8	100	62,5	83,3	Ig. da Graça
16(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	340	0,3	0,2	0,1	0,3	11827,5	5140,8	16968,3	71,4	62,5	2,9	Ig. da Graça
18(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	300	2,2	1,4	0,5	2,4	11827,5	5140,8	16968,3	83,3	55,6	71,4	Ig. da Graça
19(19.11.2004)	19,92	20,40	40,32	300	2,8	2,9	1,3	3,0	18924	17136	36060	17,9	83,3	29,4	Ig. da Graça
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	Ig. da Graça
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	Ig. da Graça
27(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	280	2,2	2,4	0,6	2,6	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	50	Ig. da Graça
28(30.11.2004)	4,98	8,16	13,14	400	1,4	1,0	0,8	1,5	4731	6854,4	11585,4	33,3	38,5	23,8	Ig. da Graça
29(03.12.2004)	6,64	0,00	6,64	400	2,3	2,4	0,8	3,1	6308	0	6308	100	125	125	Ig. da Graça
30(03.12.2004)	1,66	5,44	7,10	360	2,7	2,9	1,0	3,0	1577	4569,6	6146,6	100	125	100	Ig. da Graça
31(07.12.2004)	1,66	5,44	7,10	310	3,6	2,4	1,1	3,6	1577	4569,6	6146,6	125	83,3	100	Ig. da Graça
32(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	260	2,7	2,1	1,3	2,6	3154	3427,2	6581,2	62,5	71,4	83,3	Ig. da Graça
33(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	220	2,4	1,8	1,0	2,5	3154	3427,2	6581,2	71,4	71,4	62,5	Ig. da Graça
34(10.12.2004)	3,32	4,76	8,08	340	2,2	2,2	1,0	2,5	3154	3998,4	7152,4	83,3	83,3	100	Ig. da Graça
01(13.12.2004)	16,6	17,00	33,60	260	1,3	0,7	1,5	1,7	15770	14280	30050	15,2	100	27,8	Ig. da Graça
02(17.12.2004)	4,98	15,64	20,62	320	1,5	0,8	1,3	1,8	4731	13137,6	17868,6	27,8	18,5	27,8	Ig. da Graça
03(21.12.2004)	10,79	9,52	20,31	360	1,2	1,9	0,4	1,9	10250,5	7996,8	18247,3	20,8	83,3	55,6	Ig. da Graça

Tabela B.16 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	Ig. da Graça
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	Ig. da Graça
27(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	280	2,2	2,4	0,6	2,6	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	50	Ig. da Graça
28(30.11.2004)	4,98	8,16	13,14	400	1,4	1,0	0,8	1,5	4731	6854,4	11585,4	33,3	38,5	23,8	Ig. da Graça
29(03.12.2004)	6,64	0,00	6,64	400	2,3	2,4	0,8	3,1	6308	0	6308	100	125	125	Ig. da Graça
30(03.12.2004)	1,66	5,44	7,10	360	2,7	2,9	1,0	3,0	1577	4569,6	6146,6	100	125	100	Ig. da Graça
31(07.12.2004)	1,66	5,44	7,10	310	3,6	2,4	1,1	3,6	1577	4569,6	6146,6	125	83,3	100	Ig. da Graça
32(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	260	2,7	2,1	1,3	2,6	3154	3427,2	6581,2	62,5	71,4	83,3	Ig. da Graça
33(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	220	2,4	1,8	1,0	2,5	3154	3427,2	6581,2	71,4	71,4	62,5	Ig. da Graça
34(10.12.2004)	3,32	4,76	8,08	340	2,2	2,2	1,0	2,5	3154	3998,4	7152,4	83,3	83,3	100	Ig. da Graça
01(13.12.2004)	16,6	17,00	33,60	260	1,3	0,7	1,5	1,7	15770	14280	30050	15,2	100	27,8	Ig. da Graça
02(17.12.2004)	4,98	15,64	20,62	320	1,5	0,8	1,3	1,8	4731	13137,6	17868,6	27,8	18,5	27,8	Ig. da Graça
03(21.12.2004)	10,79	9,52	20,31	360	1,2	1,9	0,4	1,9	10250,5	7996,8	18247,3	20,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
04(21.12.2004)	4,15	17,00	21,15	320	1,0	2,0	0,6	1,7	3942,5	14280	18222,5	166,7	166,7	41,7	Ig. da Graça
05(23.12.2004)	4,98	16,32	21,30	280	1,6	0,8	0,5	1,5	4731	13708,8	18439,8	83,3	33,3	83,3	Ig. da Graça
06(30.12.2004)	9,96	42,84	52,80	330	1,3	0,9	1,4	1,7	9462	35985,6	45447,6	18,5	27,8	23,8	Ig. da Graça
07(03.01.2005)	0,83	5,44	6,27	350	0,8	0,4	0,6	0,8	788,5	4569,6	5358,1	27,8	41,7	18,5	Base 2
08(04.01.2005)	4,98	15,60	20,58	300	1,3	1,1	0,7	1,3	4731	13104	17835	12,8	41,7	20,8	Ig. da Graça
09(05.01.2005)	7,47	9,75	17,22	400	1,2	1,0	0,6	1,2	7096,5	8190	15286,5	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
10(07.01.2005)	0,83	6,50	7,33	400	0,8	1,0	0,4	1,0	788,5	5460	6248,5	13,9	33,3	41,7	Ig. da Graça
11(07.01.2005)	1,66	5,20	6,86	350	0,8	0,9	0,6	1,0	1577	4368	5945	27,8	33,3	55,6	Ig. da Graça
12(10.01.2005)	0,83	5,85	6,68	350	0,8	0,5	0,5	0,8	788,5	4914	5702,5	20,8	27,8	20,8	Base 2
13(11.01.2005)	1,66	5,20	6,86	350	1,0	0,6	1,0	1,0	1577	4368	5945	23,8	41,7	18,5	Base 2
14(14.01.2005)	11,62	10,40	22,02	350	0,6	0,5	0,6	0,7	11039	8736	19775	20,8	41,7	15,2	Base 2
01(18.01.2005)	1,66	5,20	6,86	370	1,0	1,0	0,8	1,1	1577	4368	5945	23,8	33,3	23,8	Base 1

Tabela B.17 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
1a(24.01.2005)	1,66	4,55	6,21	400	1,7	1,7	0,8	1,9	1577	3822	5399	18,5	55,6	33,3	Ig. da Graça
02(24.01.2005)	1,66	5,20	6,86	360	2,2	3,1	1,0	3,5	1577	4368	5945	55,6	83,3	27,8	Ig. da Graça
03(25.01.2005)	4,98	15,60	20,58	320	2,6	3,6	1,2	3,7	4731	13104	17835	83,3	83,3	55,6	Ig. da Graça
04(31.01.2005)	3,32	4,55	7,87	320	2,7	2,4	1,1	3,2	3154	3822	6976	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
05(31.01.2005)	4,98	14,30	19,28	400	1,9	1,5	0,8	1,8	4731	12012	16743	16,7	41,7	18,5	Ig. da Graça
06(04.02.2005)	6,64	18,85	25,49	465	0,8	0,7	0,6	0,9	6308	15834	22142	16,7	27,8	27,8	Ig. da Graça
07(09.02.2005)	5,81	0,00	5,81	400	1,1	0,8	0,5	1,1	5519,5	0	5519,5	55,6	33,3	27,8	Ig. da Graça
08(10.02.2005)	6,64	0,00	6,64	400	1,9	1,5	0,7	2,4	6308	0	6308	166,7	83,3	20,8	Ig. da Graça
09(10.02.2005)	9,96	0,00	9,96	350	1,7	1,8	0,8	2,1	9462	0	9462	55,6	41,7	83,3	Ig. da Graça
10(11.02.2005)	6,64	0,00	6,64	350	1,4	1,3	0,5	1,5	6308	0	6308	16,7	20,8	18,5	Ig. da Graça
11(11.02.2005)	9,96	0,00	9,96	300	1,2	1,1	0,6	1,3	9462	0	9462	166,7	55,6	18,5	Ig. da Graça
12(17.02.2005)	6,64	0,00	6,64	470	1,3	0,6	0,8	1,5	6308	0	6308	33,3	83,3	83,3	Ig. da Graça
13(17.02.2005)	3,32	6,80	10,12	350	2,5	3,0	0,8	3,0	3154	5712	8866	20,8	83,3	33,3	Ig. da Graça
14(18.02.2005)	1,66	8,50	10,16	420	1,3	1,0	1,0	1,3	1577	7140	8717	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
01(22.02.2005)	6,64	17,00	23,64	420	1,0	1,0	0,8	1,0	6308	14280	20588	16,7	12,8	18,5	Ig. da Graça
02(23.02.2005)	6,64	25,50	32,14	420	1,0	1,6	0,6	1,8	6308	21420	27728	41,7	41,7	27,8	Ig. da Graça
03(24.02.2005)	6,64	16,15	22,79	420	2,7	1,7	2,2	2,9	6308	13566	19874	16,7	18,5	20,8	Ig. da Graça
04(01.03.2005)	3,32	17,85	21,17	420	1,5	2,0	1,2	2,0	3154	12012	15166	27,8	33,3	33,3	Ig. da Graça
05(02.03.2005)	0,83	4,25	5,08	350	0,9	1,3	0,4	1,5	788,5	15834	16622,5	83,3	83,3	55,6	Ig. da Graça
06(04.03.2005)	3,32	20,40	23,72	300	1,4	1,2	2,2	2,2	3154	0	3154	23,8	55,6	33,3	Et Faz Graça
07(04.03.2005)	1,66	6,80	8,46	350	1,2	1,7	0,7	1,8	1577	0	1577	16,7	27,8	27,8	Base 1
08(09.03.2005)	1,66	5,10	6,76	350	2,4	1,9	1,9	2,6	1577	4284	5861	16,7	41,7	27,8	Faz Graça
09(11.03.2005)	2,49	3,83	6,32	320	1,7	1,7	1,3	2,1	2365,5	3217,2	5582,7	41,7	20,8	55,6	Faz Graça
10(16.03.2005)	3,32	5,95	9,27	300	3,0	2,8	2,0	3,7	3154	4998	8152	41,7	83,3	55,6	Faz Graça
11(18.03.2005)	1,66	4,25	5,91	350	2,3	2,3	0,8	2,4	1577	3570	5147	83,3	83,3	83,3	Faz Graça
12(18.03.2005)	1,66	4,25	5,91	300	2,0	3,0	0,9	3,0	1577	3570	5147	16,7	83,3	16,7	Faz Graça
13(18.03.2005)	6,64	0,00	6,64	300	1,9	1,8	1,0	2,2	6308	0	6308	166,7	83,3	23,8	Faz Graça
14(21.03.2005)	1,66	8,50	10,16	300	2,6	1,7	1,1	2,7	1577	7140	8717	20,8	166,7	55,6	Faz Graça

Tabela B.18 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
15(23.03.2005)	1,66	3,83	5,49	380	0,9	1,3	0,4	1,5	1577	3217,2	4794,2	166,7	166,7	16,7	Faz Graça
16(24.03.2005)	1,66	5,10	6,76	350	2,4	2,4	1,2	2,5	1577	4284	5861	33,3	166,7	33,3	Faz Graça
17(24.03.2005)	6,64	33,15	39,79	400	1,0	1,6	0,9	1,7	6308	27846	34154	20,8	27,8	33,3	Faz Graça
01(28.03.2005)	9,96	0,00	9,96	350	1,3	1,3	0,6	1,5	9462	0	9462	16,7	83,3	41,7	Faz Graça
02(31.03.2005)	4,98	31,45	36,43	450	3,0	3,0	1,9	3,0	4731	26418	31149	41,7	41,7	33,3	Faz Graça
03(01.04.2005)	9,96	0,00	9,96	450	1,2	1,1	1,4	1,4	9462	0	9462	18,5	27,8	33,3	Base 1
04(01.04.2005)	1,66	4,25	5,91	450	5,1	10,8	2,7	11,4	1577	3570	5147	83,3	83,3	83,3	Ofic Veiculos
05(01.04.2005)	1,66	4,25	5,91	450	6,6	8,6	3,2	9,3	1577	4284	5861	83,3	83,3	83,3	Ofic Veiculos
06(04.04.2005)	1,66	4,25	5,91	450	2,4	4,2	1,8	4,6	1577	3217,2	4794,2	83,3	55,6	55,6	Ofic Veiculos
13(06.06.2005)	6,64	0,00	6,64	450	2,7	1,6	0,7	2,9	6308	0	6308	83,3	83,3	55,6	M da Sucata
14(06.06.2005)	6,64	0,00	6,64	450	3,0	2,4	1,5	3,0	6308	0	6308	83,3	83,3	55,6	M da Sucata
15(07.06.2005)	1,66	11,40	13,06	480	3,8	4,7	1,1	4,9	1577	9576	11153	83,3	83,3	83,3	M da Sucata
16(08.06.2005)	1,66	11,40	13,06	450	4,1	3,5	1,0	4,5	1577	9576	11153	83,3	83,3	83,3	M da Sucata
17(08.06.2005)	1,66	11,40	13,06	450	3,7	3,2	1,2	4,5	1577	9576	11153	83,3	83,3	83,3	M da Sucata
18(08.06.2005)	1,66	11,40	13,06	500	2,2	2,2	0,9	2,4	1577	9576	11153	83,3	83,3	33,3	M da Sucata
19(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	470	1,2	1,3	0,6	1,3	788,5	4788	5576,5	41,7	41,7	41,7	M da Sucata
20(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,0	1,1	1,7	1,7	788,5	4788	5576,5	55,6	33,3	41,7	M da Sucata
21(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,3	1,7	1,0	1,8	788,5	4788	5576,5	33,3	83,3	55,6	M. da Sucata
22(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	500	1,0	1,0	0,6	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	20,8	M. da Sucata
23(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,0	0,9	0,7	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	55,9	M. da Sucata
24(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,1	1,7	1,1	1,7	788,5	4788	5576,5	18,5	33,3	56,0	M. da Sucata
25(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,5	2,0	1,1	2,2	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
26(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,2	1,2	1,0	1,6	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata
27(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	600	1,1	1,4	0,6	1,4	788,5	4788	5576,5	33,3	41,7	23,8	M. da Sucata
01(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	480	1,1	1,5	0,9	1,7	12616	0	12616	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
02(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	440	1,0	1,3	0,4	1,3	12616	0	12616	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
03(15.06.2005)	1,66	11,40	13,06	550	1,1	1,5	0,7	1,5	1577	9576	11153	33,3	33,3	55,6	M. da Sucata
04(15.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,1	2,4	1,1	2,6	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
05(16.06.2005)	13,28	47,50	60,78	500	4,1	2,9	2,7	4,5	12616	39900	52516	16,7	41,7	23,8	Ig. da Graça

Tabela B.19 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
06(17.06.2005)	6,41	0,00	6,41	430	1,3	1,5	0,7	1,7	6089,5	0	6089,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata
07(17.06.2005)	0,83	5,70	6,53	470	1,7	2,1	0,7	2,2	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
08(21.06.2005)	5,81	0,00	5,81	450	1,3	2,2	0,7	2,2	5519,5	0	5519,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
09(22.06.2005)	1,66	4,75	6,41	500	1,0	2,1	0,6	2,0	1577	3990	5567	41,7	55,6	41,7	M. da Sucata
10(22.06.2005)	1,66	4,75	6,41	450	1,3	2,2	0,7	2,3	1577	3990	5567	83,3	41,7	55,6	M. da Sucata
11(28.06.2005)	1,66	4,75	6,41	440	1,0	1,2	0,8	1,3	1577	3990	5567	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
12(28.06.2005)	1,66	4,75	6,41	460	0,7	1,0	0,6	1,1	1577	3990	5567	83,3	166,7	41,7	M. da Sucata
13(18.07.2005)	1,66	4,75	6,41	460	1,5	1,4	0,9	1,8	1577	3990	5567	166,7	83,3	83,3	M. da Sucata
14(18.07.2005)	1,66	4,75	6,41	380	1,5	2,4	1,0	2,6	1577	3990	5567	27,8	83,3	41,7	M. da Sucata
15(19.07.2005)	1,66	4,75	6,41	470	1,7	2,1	1,0	2,3	1577	3990	5567	83,3	33,3	41,7	M. da Sucata
17(21.07.2005)	1,66	4,75	6,41	400	0,2	0,1	0,1	0,2	1577	3990	5567	83,3	166,7	8,8	M. da Sucata
18(21.07.2005)	1,66	4,75	6,41	400	1,4	2,5	0,8	2,4	1577	3990	5567	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
19(26.07.2005)	1,66	4,75	6,41	480	1,7	2,2	0,7	2,2	1577	3990	5567	55,6	41,7	41,7	M. da Sucata
20(26.07.2005)	4,98	56,05	61,03	500	2,4	2,2	1,7	2,6	4731	47082	51813	16,7	41,7	27,8	Ig. da Graça
21(29.07.2005)	4,98	34,20	39,18	500	1,1	1,1	1,3	1,5	4731	28728	33459	11,9	55,6	23,8	Ig. da Graça
01(03.08.2005)	6,64	52,25	58,89	500	2,9	6,2	2,0	6,3	6308	43890	50198	13,9	83,3	55,6	Ig. da Graça
01(08.09.2005)	17,43	0,00	17,43	300	1,8	3,4	1,0	3,1	16558,5	0	16558,5	50,0	83,3	62,5	M. da Sucata
02(08.09.2005)	5,81	0,00	5,81	330	1,1	2,0	1,0	2,2	5519,5	3990	9509,5	50,0	35,7	35,7	M. da Sucata
21(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,3	1,7	1,0	1,8	788,5	4788	5576,5	33,3	83,3	55,6	M. da Sucata
22(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	500	1,0	1,0	0,6	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	20,8	M. da Sucata
23(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,0	0,9	0,7	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	55,9	M. da Sucata
24(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,1	1,7	1,1	1,7	788,5	4788	5576,5	18,5	33,3	56,0	M. da Sucata
25(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,5	2,0	1,1	2,2	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
26(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,2	1,2	1,0	1,6	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata
27(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	600	1,1	1,4	0,6	1,4	788,5	4788	5576,5	33,3	41,7	23,8	M. da Sucata
01(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	480	1,1	1,5	0,9	1,7	12616	0	12616	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
02(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	440	1,0	1,3	0,4	1,3	12616	0	12616	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
03(15.06.2005)	1,66	11,40	13,06	550	1,1	1,5	0,7	1,5	1577	9576	11153	33,3	33,3	55,6	M. da Sucata

Tabela B.20 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
21(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,3	1,7	1,0	1,8	788,5	4788	5576,5	33,3	83,3	55,6	M. da Sucata
22(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	500	1,0	1,0	0,6	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	20,8	M. da Sucata
23(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,0	0,9	0,7	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	55,9	M. da Sucata
24(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,1	1,7	1,1	1,7	788,5	4788	5576,5	18,5	33,3	56,0	M. da Sucata
25(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,5	2,0	1,1	2,2	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
26(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,2	1,2	1,0	1,6	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata
27(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	600	1,1	1,4	0,6	1,4	788,5	4788	5576,5	33,3	41,7	23,8	M. da Sucata
01(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	480	1,1	1,5	0,9	1,7	12616	0	12616	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
02(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	440	1,0	1,3	0,4	1,3	12616	0	12616	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
03(15.06.2005)	1,66	11,40	13,06	550	1,1	1,5	0,7	1,5	1577	9576	11153	33,3	33,3	55,6	M. da Sucata
04(15.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,1	2,4	1,1	2,6	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
05(16.06.2005)	13,28	47,50	60,78	500	4,1	2,9	2,7	4,5	12616	39900	52516	16,7	41,7	23,8	Ig. da Graça
06(17.06.2005)	6,41	0,00	6,41	430	1,3	1,5	0,7	1,7	6089,5	0	6089,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata
07(17.06.2005)	0,83	5,70	6,53	470	1,7	2,1	0,7	2,2	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
03(08.09.2005)	5,81	0,00	5,81	360	1,3	0,8	0,2	1,3	5519,5	0	5519,5	35,7	125,0	83,3	M. da Sucata
04(08.09.2005)	5,81	0,00	5,81	360	2,0	2,7	0,8	2,8	5519,5	0	5519,5	83,3	41,7	27,8	M. da Sucata
05(09.09.2005)	5,81	0,00	5,81	360	1,1	1,5	0,4	1,4	5519,5	0	5519,5	83,3	35,7	62,5	M. da Sucata
06(09.09.2005)	5,81	0,00	5,81	400	1,2	2,9	0,6	2,4	5519,5	0	5519,5	62,5	31,3	83,3	M. da Sucata
07(13.09.2005)	9,62	0,00	9,62	350	2,6	3,6	0,8	3,9	9139	0	9139	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
08(16.09.2005)	5,81	0,00	5,81	480	1,5	2,0	0,6	2,0	5519,5	0	5519,5	62,5	62,5	62,5	Ig. da Graça
09(16.09.2005)	5,81	0,00	5,81	450	1,5	2,0	0,9	1,9	5519,5	0	5519,5	83,3	62,5	27,8	Ig. da Graça
10(19.09.2005)	1,66	4,75	6,41	380	1,3	1,8	0,9	2	1577	3990	5567	125,0	31,3	50,0	M. da Sucata
11(19.09.2005)	1,66	4,75	6,41	350	1,0	2,1	0,8	2,1	1577	3990	5567	41,7	35,7	41,7	M. da Sucata
12(20.09.2005)	1,66	4,27	5,93	480	1,2	1,3	1,0	1,3	1577	3586,8	5163,8	35,7	31,3	27,8	Ig. da Graça
13(21.09.2005)	1,66	4,27	5,93	500	2,2	3,1	1,3	3,7	1577	3586,8	5163,8	83,3	83,3	83,3	Ig. da Graça
14(23.09.2005)	2,49	7,11	9,60	400	1,7	2,0	1,5	2,2	2365,5	5972,4	8337,9	62,5	83,3	62,5	M. da Sucata
15(26.09.2005)	6,64	17,08	23,72	430	2,5	3,7	2,1	4,3	6308	14347,2	20655,2	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
16(27.09.2005)	6,64	17,08	23,72	420	1,4	1,3	1,1	1,7	6308	14347,2	20655,2	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata

Tabela B.21 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
17(29.09.2005)	0,83	2,37	3,20	420	2,7	3,6	1,5	3,9	788,5	1990,8	2779,3	20,8	35,7	41,7	M. da Sucata
18(29.09.2005)	1,66	4,27	5,93	480	0,9	1,1	0,6	1,1	1577	3586,8	5163,8	17,9	125	25	Ig. da Graça
21(07.10.2005)	19,92	19,00	38,92	520	1,8	1,9	0,8	1,9	18924	15960	34884	83,3	83,3	20,8	Ig. da Graça
22(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	320	2,9	2,2	1,4	2,9	1577	3981,6	5558,6	41,7	50	31,3	M. da Sucata
23(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	320	2,7	2,4	1,7	2,7	1577	3981,6	5558,6	50	83,3	31,3	M. da Sucata
24(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	320	1,6	1,8	0,8	2,0	1577	3981,6	5558,6	83,3	50	20,8	M. da Sucata
25(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	300	2,2	1,6	2,0	2,7	1577	3981,6	5558,6	50	62,5	41,7	M. da Sucata
26(17.10.2005)	1,66	3,80	5,46	510	1,1	1,1	0,5	1,1	1577	3192	4769	15,6	125	41,7	Ig. da Graça
01(05.12.2005)	1,66	4,75	6,41	370	1,3	3,5	0,7	3,5	1577	3990	5567	50	50	55,6	M. da Sucata
02(05.12.2005)	3,32	9,50	12,82	370	2,7	4,4	1,0	4,5	3154	7980	11134	71,4	50	62,5	M. da Sucata
03(28.12.2005)	3,32	7,60	10,92	550	2,6	1,3	0,8	2,7	3154	6384	9538	83,3	100	83,3	Ig. da Graça
16(16.02.2004)	6,64	20,00	26,64	320	0,9	0,8	0,6	0,9	6308	16800	23108	14,7	18,5	35,7	Base 1
17(17.02.2004)	1,66	6,00	7,66	350	1,0	1,0	0,7	1,1	1577	5040	6617	16,7	16,7	25,0	Base 1
18(18.02.2004)	6,64	18,00	24,64	350	1,2	1,0	0,6	1,3	6308	15120	21428	35,7	23,8	15,6	Base 1
19(19.02.2004)	13,28	34,00	47,28	330	2,0	1,6	1,7	2,2	12616	28560	41176	29,4	27,8	41,7	Ig. da Graça
20(20.02.2004)	3,32	24,00	27,32	330	3,0	2,1	2,8	3,7	3154	20160	23314	33,3	27,8	33,3	Ig. da Graça
21(26.02.2004)	11,62	29,40	41,02	350	0,7	0,6	0,5	0,8	11039	24696	35735	11,6	20,0	17,9	Base 2
22(27.02.2004)	9,96	25,20	35,16	350	1,0	1,2	0,7	1,2	9462	21168	30630	21,7	45,5	13,2	Base 1
01(01.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,6	1,5	1,7	2,0	4731	16934,4	21665,4	17,2	25,0	33,3	Base 1
02(02.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,8	1,2	1,7	2,0	4731	16934,4	21665,4	20,0	35,7	13,9	Base 1
03(02.03.2004)	4,98	20,16	25,14	270	1,1	1,0	0,7	1,0	4731	16934,4	21665,4	33,3	50,0	23,8	Base 1
04(03.03.2004)	3,32	25,00	28,32	433	0,4	0,5	0,4	0,7	3154	21000	24154	8,2	0,4	0,4	Base 1
05(03.03.2004)	3,32	25,00	28,32	433	0,8	0,6	0,8	1,0	3154	21000	24154	19,2	22,7	21,7	Base 1
06(05.03.2004)	9,96	78,00	87,96	350	1,7	1,7	1,7	2,5	9462	16800	26262	33,3	33,3	33,3	Ig. da Graça
07(10.03.2004)	6,64	18,00	24,64	350	0,7	0,6	0,7	0,8	6308	5040	11348	10,2	21,7	13,5	Base 1
08(11.03.2004)	6,64	18,00	24,64	350	1,0	0,9	1,0	1,2	6308	15120	21428	12,8	16,7	11,9	Base 1
01(18.03.2004)	20,75	45,00	65,75	350	2,2	2,4	0,9	2,6	19712,5	28560	48272,5	55,6	55,6	41,7	Ig. da Graça
04(25.03.2004)	3,32	16,80	20,12	380	1,1	0,6	0,7	1,2	3154	20160	23314	11,9	16,7	11,9	Base 1
05(25.03.2004)	3,32	16,80	20,12	380	0,8	0,5	0,8	1,0	3154	24696	27850	12,8	18,5	12,8	Base 1

Tabela B.22 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
06(25.03.2004)	9,96	6,30	16,26	280	1,1	1,5	1,1	1,6	9462	21168	30630	83,3	83,3	27,8	Ig. da Graça
07(26.03.2004)	4,98	23,10	28,08	280	1,8	1,7	1,3	2,0	4731	16934,4	21665,4	33,3	55,6	33,3	Ig. da Graça
08(29.03.2004)	3,32	16,80	20,12	230	2,7	3,9	0,9	4,1	3154	16934,4	20088,4	83,3	55,6	33,3	Ig. da Graça
09(30.03.2004)	1,66	8,40	10,06	230	2,5	4,6	1,3	4,7	1577	16934,4	18511,4	83,3	55,6	27,8	Ig. da Graça
10(30.03.2004)	3,32	15,40	18,72	200	3,7	4,0	1,7	4,5	3154	21000	24154	23,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
11(31.03.2004)	3,32	14,00	17,32	350	1,1	1,1	0,8	1,2	3154	21000	24154	27,8	33,3	41,7	Ig. da Graça
01(05.04.2004)	3,32	14,00	17,32	350	2,2	1,7	1,1	2,4	3154	16800	19954	33,3	33,3	41,7	Ig. da Graça
02(07.04.2004)	6,64	16,80	23,44	350	1,2	0,7	0,8	1,3	6308	5040	11348	13,9	20,8	12,8	Base 1
03(07.04.2004)	6,64	16,80	23,44	350	0,8	0,6	0,8	0,9	6308	15120	21428	23,8	16,7	18,5	Base 1
04(07.04.2004)	4,98	12,60	17,58	350	0,8	0,6	0,8	1,0	4731	28560	33291	12,8	16,7	12,8	Base 1
05(08.04.2004)	2,32	16,00	18,32	350	1,5	1,7	1,0	1,8	2204	13440	15644	33,3	41,7	41,7	Ig. da Graça
06(13.04.2004)	6,64	26,00	32,64	300	1,4	1,1	1,0	1,5	6308	21840	28148	27,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
08(10.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,5	1,3	0,9	1,7	3154	7056	10210	27,8	33,3	23,8	Base 1
09(11.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,3	1,5	1,2	1,5	3154	7056	10210	27,8	55,6	55,6	Base 1
10(11.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,2	1,3	0,6	1,4	3154	7056	10210	41,7	16,7	18,5	Base 1
11(12.05.2004)	33,20	0,00	33,20	250	2,0	1,3	1,0	2,0	31540	0	31540	15,2	27,8	12,8	Ig. da Graça
14(14.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,0	1,7	1,3	1,8	3154	7056	10210	23,8	27,8	23,8	Base 1
15(17.05.2004)	17,43	0,00	17,43	280	2,1	1,3	0,8	2,3	16558,5	0	16558,5	55,6	55,6	55,6	Ig. da Graça
17(20.05.2004)	8,30	17,50	25,80	370	1,0	1,1	0,8	1,0	7885	14700	22585	12,8	23,8	13,9	Base 1
18(20.05.2004)	3,32	8,40	11,72	300	0,8	1,2	1,0	1,3	3154	7056	10210	20,8	23,8	20,8	Base 1
19(26.05.2004)	19,92	0,00	19,92	320	1,1	1,3	0,8	1,4	18924	0	18924	33,3	41,7	33,3	Ig. da Graça
20(26.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,5	1,3	1,3	1,6	3154	7056	10210	27,8	33,3	27,8	Base 1
21(26.05.2004)	3,32	8,40	11,72	320	1,4	1,4	1,0	1,4	3154	7056	10210	33,3	23,8	41,7	Base 1
22(28.05.2004)	9,96	35,70	45,66	350	1,7	1,5	0,8	1,7	9462	29988	39450	23,8	27,8	41,7	Ig. da Graça
23(31.05.2004)	9,96	0,00	9,96	320	1,2	0,6	1,1	1,2	9462	0	9462	41,7	41,7	33,3	Base 1
24(01.06.2004)	16,6	0,00	16,60	320	1,7	1,1	1,1	1,9	15770	0	15770	27,8	27,8	27,8	Base 1
25(01.06.2004)	3,32	8,40	11,72	350	0,7	1,0	0,6	1,0	3154	7056	10210	23,8	20,8	23,8	Base 2
27(04.06.2004)	3,32	11,20	14,52	330	1,2	0,9	1,5	1,7	3154	9408	12562	27,8	55,6	33,3	Base 1
01(07.06.2004)	3,32	8,40	11,72	330	1,3	1,2	1,1	1,5	3154	7056	10210	23,8	33,3	33,3	Base 1

Tabela B.23 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
02(08.06.2004)	17,66	0,00	17,66	350	2,3	1,6	1,5	2,8	16777	0	16777	16,7	33,3	33,3	lg. da Graça
04(09.06.2004)	6,64	16,80	23,44	350	0,9	0,9	0,7	1,0	6308	14112	20420	33,3	13,9	15,2	Base 1
05(10.06.2004)	6,64	16,80	23,44	350	1,2	0,9	0,6	1,3	6308	14112	20420	13,9	33,3	18,5	Base 1
06(11.06.2004)	4,98	16,80	21,78	330	1,2	2,6	1,3	2,6	4731	14112	18843	20,8	33,3	23,8	Base 1
07(15.06.2004)	9,96	25,20	35,16	380	2,2	2,7	1,3	2,7	9462	21168	30630	71,4	83,3	55,6	lg. da Graça
08(22.06.2004)	16,6	0,00	16,60	380	1,4	1,1	1,2	1,4	15770	0	15770	25,0	38,5	20,0	Base 1
09(23.06.2004)	16,6	0,00	16,60	380	1,1	1,6	0,9	1,4	15770	0	15770	22,7	33,3	35,7	Base 1
10(23.06.2004)	3,32	11,20	14,52	380	1,1	1,4	1,3	1,6	3154	9408	12562	29,4	27,8	33,3	Base 1
11(23.06.2004)	33,2	0,00	33,20	350	1,6	0,9	1,1	1,7	31540	0	31540	15,6	16,7	20,0	Base 1
12(25.06.2004)	26,56	0,00	26,56	220	1,3	2,0	1,0	1,8	25232	0	25232	19,2	33,3	26,3	lg. da Graça
13(25.06.2004)	28,12	4,00	32,12	250	1,6	3,1	1,1	3,2	26714	3360	30074	71,4	33,3	25,0	lg. da Graça
14(25.06.2004)	33,2	0,00	33,20	280	1,6	3,7	1,3	3,6	31540	0	31540	62,5	83,3	27,8	lg. da Graça
15(26.06.2004)	18,26	0,00	18,26	230	2,4	3,0	1,0	3,7	17347	0	17347	71,4	100,0	22,7	lg. da Graça
02(02.07.2004)	3,32	11,20	14,52	350	1,1	1,0	0,9	1,3	3154	9408	12562	35,7	41,7	33,3	Base 1
03(02.07.2004)	26,56	0,00	26,56	350	0,8	1,1	0,8	1,3	25232	0	25232	16,7	17,2	15,2	Base 1
04(06.07.2004)	13,28	0,00	13,28	300	2,9	4,5	1,3	4,6	12616	0	12616	83,3	100,0	83,3	lg. da Graça
05(06.07.2004)	13,28	0,00	13,28	300	2,2	4,6	0,9	4,6	12616	0	12616	100,0	83,3	38,5	lg. da Graça
06(07.07.2004)	1,66	5,40	7,06	370	1,0	1,2	0,9	1,3	1577	4536	6113	38,5	35,7	38,5	Base 1
07(07.07.2004)	3,32	10,80	14,12	370	1,4	1,0	1,0	1,1	3154	9072	12226	23,8	23,8	50,0	Base 1
08(09.07.2004)	19,92	0,00	19,92	265	3,6	3,0	1,2	4,1	18924	0	18924	71,4	83,3	83,3	lg. da Graça
09(12.07.2004)	3,32	12,60	15,92	370	1,3	1,5	1,0	1,8	3154	10584	13738	29,4	29,4	22,7	Base 1
10(14.07.2004)	6,64	0,00	6,64	350	1,2	1,8	0,6	1,7	6308	0	6308	38,5	100,0	25,0	lg. da Graça
11(16.07.2004)	3,32	9,60	12,92	250	1,7	3,0	1,2	2,5	3154	8064	11218	83,3	55,6	38,5	lg. da Graça
12(16.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,3	1,2	0,7	1,5	3154	9408	12562	29,4	27,8	35,7	Base 1
13(16.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,1	1,1	0,7	1,3	3154	9408	12562	35,7	38,5	25,0	Base 1
14(19.07.2004)	4,98	12,00	16,98	400	1,3	0,5	0,9	1,1	4731	10080	14811	13,9	14,3	16,1	Base 1
15(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	0,3	0,1	0,1	0,3	18924	0	18924	55,6	7,7	2,0	Base 1
16(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	0,3	0,1	0,1	0,3	18924	0	18924	55,6	13,5	4,3	Base 1
17(19.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	1,0	0,4	0,9	1,1	18924	0	18924	13,2	23,8	13,9	Base 1

Tabela B.24 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
18(21.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	1,0	1,3	0,6	1,4	3154	9408	12562	18,5	31,3	25,0	Base 1
19(21.07.2004)	3,32	11,20	14,52	370	0,8	0,8	0,6	1,0	3154	9408	12562	22,7	23,8	31,3	Base 1
20(22.07.2004)	3,32	8,00	11,32	400	0,9	0,8	0,4	1,0	3154	6720	9874	11,4	17,2	12,5	Base 1
21(22.07.2004)	13,28	0,00	13,28	400	1,0	0,8	0,6	1,0	12616	0	12616	17,2	19,2	14,7	Base 1
22(22.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	1,0	0,5	0,6	1,0	18924	0	18924	18,5	25,0	29,4	Base 1
23(22.07.2004)	12,45	0,00	12,45	240	1,5	1,1	0,8	1,7	11827,5	0	11827,5	17,2	21,7	13,5	Base 1
24(23.07.2004)	12,45	0,00	12,45	280	0,3	0,1	0,1	0,3	11827,5	0	11827,5	100,0	8,2	250,0	Base 1
26(27.07.2004)	27,39	0,00	27,39	400	0,8	0,4	0,4	0,8	26020,5	0	26020,5	12,2	38,5	12,8	Base 1
27(28.07.2004)	19,92	0,00	19,92	400	1,0	0,9	0,7	1,0	18924	0	18924	15,2	31,3	12,2	Base 1
28(29.07.2004)	19,92	0,00	19,92	295	3,0	4,1	1,3	5,0	18924	0	18924	83,3	83,3	45,5	Ig. da Graça
29(29.07.2004)	16,6	0,00	16,60	350	1,3	0,9	0,5	1,1	15770	0	15770	83,3	83,3	35,7	Ig. da Graça
31(03.08.2004)	19,92	0,00	19,92	260	2,5	3,4	0,8	3,2	18924	9408	28332	83,3	71,4	62,5	Ig. da Graça
03(11.08.2004)	26,56	0,00	26,56	410	1,0	0,6	0,8	1,0	25232	0	25232	10	29,4	16,7	Base 1
04(12.08.2004)	4,98	12,00	16,98	410	0,8	0,7	0,6	0,8	4731	10080	14811	12,8	14,7	15,6	Base 1
05(12.08.2004)	4,98	12,00	16,98	380	0,7	0,4	0,5	0,6	4731	10080	14811	10,9	29,4	11,9	Base 2
06(18.08.2004)	19,92	0,00	19,92	280	2,0	5,0	1,4	5,0	18924	0	18924	62,5	83,3	35,7	Ig. da Graça
07(19.08.2004)	4,98	12,60	17,58	320	2,0	1,5	0,8	2,2	4731	10584	15315	83,3	50	23,8	Ig. da Graça
08(19.08.2004)	4,98	12,60	17,58	350	0,3	0,1	0,1	0,3	4731	10584	15315	50	12,5	3,9	Ig. da Graça
09(19.08.2004)	4,98	12,24	17,22	350	2,4	1,5	1,0	2,2	4731	10281,6	15012,6	71,4	62,5	12,2	Ig. da Graça
10(19.08.2004)	4,98	12,24	17,22	370	2,1	1,4	0,6	2,2	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	18,5	Ig. da Graça
11(20.08.2004)	19,92	0,00	19,92	380	1,3	1,1	0,8	1,4	18924	0	18924	14,3	71,4	10,6	Base 1
12(23.08.2004)	4,92	12,24	17,16	400	0,8	0,4	0,4	0,8	4674	10281,6	14955,6	55,6	12,8	12,2	Base 1
13(27.08.2004)	1,66	4,08	5,74	380	0,3	0,1	0,1	0,3	1577	3427,2	5004,2	83,3	2	4,9	Muro da Sucata
14(01.09.2004)	19,92	0,00	19,92	310	1,7	1,7	0,8	1,4	18924	0	18924	71,4	83,3	33,3	Ig. da Graça
15(06.09.2004)	4,98	10,20	15,18	420	1,3	0,7	0,9	1,5	4731	8568	13299	12,5	12,5	13,2	Base 1
01(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	420	1,0	0,4	0,6	0,9	4731	10281,6	15012,6	12,5	10,6	13,2	Base 1
02(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,8	3,6	0,8	3,7	4731	10281,6	15012,6	71,4	71,4	55,6	Ig. da Graça
03(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	2,3	2,5	1,0	3,0	4731	10281,6	15012,6	62,5	62,5	31,3	Ig. da Graça

Tabela B.25 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
04(13.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,5	2,0	0,9	2,2	4731	10281,6	15012,6	83,3	83,3	31,3	Ig. da Graça
05(15.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,1	1,3	0,4	1,4	4731	10281,6	15012,6	14,7	50	14,7	Ig. da Graça
06(15.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	0,6	0,2	0,1	0,6	4731	10281,6	15012,6	33,3	33,3	8,5	Ig. da Graça
07(18.10.2004)	4,98	12,24	17,22	400	1,7	2,0	0,8	1,9	4731	10281,6	15012,6	50	71,4	29,4	Ig. da Graça
08(18.10.2004)	4,98	8,16	13,14	380	2,7	1,9	1,0	2,8	4731	6854,4	11585,4	71,4	83,3	62,5	Ig. da Graça
09(19.10.2004)	4,98	8,16	13,14	420	1,2	1,4	0,6	1,4	4731	6854,4	11585,4	62,5	83,3	62,5	Ig. da Graça
10(19.10.2004)	4,98	12,24	17,22	420	0,3	0,1	0,1	0,3	4731	10281,6	15012,6	17,2	8,8	250,0?	Ig. da Graça
12(22.10.2004)	4,98	12,24	17,22	380	2,4	2,1	0,6	2,7	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	16,1	Ig. da Graça
02(03.11.2004)	11,62	0,00	11,62	430	0,3	0,1	0,1	0,3	11039	0	11039	83,3	1,8	500?	Ig. da Graça
03(04.11.2004)	3,32	8,16	11,48	370	2,4	3,7	0,9	3,8	3154	6854,4	10008,4	100	100	17,9	Ig. da Graça
04(04.11.2004)	17,43	0,00	17,43	340	1,6	1,3	0,8	1,7	16558,5	0	16558,5	20,8	125	35,7	Ig. da Graça
05(05.11.2004)	11,62	24,48	36,10	430	1,4	1,0	1,3	1,9	11039	20563,2	31602,2	25	23,8	33,3	Ig. da Graça
06(05.11.2004)	4,98	16,32	21,30	470	0,9	0,6	0,7	1,0	4731	13708,8	18439,8	25	33,3	22,7	Base1
07(09.11.2004)	8,3	19,04	27,34	460	1,1	1,3	1,2	1,4	7885	15993,6	23878,6	17,9	100	26,3	Ig. da Graça
08(09.11.2004)	13,28	0,00	13,28	285	1,6	6,0	1,0	6,0	12616	0	12616	125	100	100	Ent.Faz. Graça
09(09.11.2004)	4,98	12,24	17,22	250	1,8	4,8	1,3	4,1	4731	10281,6	15012,6	125	125	27,8	Ent.Faz. Graça
10(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,7	0,6	1,9	4731	10281,6	15012,6	125	100	35,7	Ig. da Graça
11(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,2	0,8	1,7	4731	10281,6	15012,6	45,5	125	29,4	Ig. da Graça
12(12.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	1,6	1,1	0,9	1,6	9462	21168	30630	19,2	21,7	22,7	Ig. da Graça
13(17.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	0,8	0,6	0,5	0,7	9462	21168	30630	33,3	100	20	Ig. da Graça
14(19.11.2004)	9,96	8,16	18,12	420	2,1	3,0	0,9	3,3	9462	6854,4	16316,4	83,3	71,4	83,3	Ig. da Graça
15(19.11.2004)	6,64	9,52	16,16	380	2,7	2,6	1,0	3,0	6308	7996,8	14304,8	100	62,5	83,3	Ig. da Graça
16(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	340	0,3	0,2	0,1	0,3	11827,5	5140,8	16968,3	71,4	62,5	2,9	Ig. da Graça
18(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	300	2,2	1,4	0,5	2,4	11827,5	5140,8	16968,3	83,3	55,6	71,4	Ig. da Graça
19(19.11.2004)	19,92	20,40	40,32	300	2,8	2,9	1,3	3,0	18924	17136	36060	17,9	83,3	29,4	Ig. da Graça
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2

Tabela B.26 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	Ig. da Graça
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	Ig. da Graça
07(09.11.2004)	8,3	19,04	27,34	460	1,1	1,3	1,2	1,4	7885	15993,6	23878,6	17,9	100	26,3	Ig. da Graça
08(09.11.2004)	13,28	0,00	13,28	285	1,6	6,0	1,0	6,0	12616	0	12616	125	100	100	Ent.Faz. Graça
09(09.11.2004)	4,98	12,24	17,22	250	1,8	4,8	1,3	4,1	4731	10281,6	15012,6	125	125	27,8	Ent.Faz. Graça
10(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,7	0,6	1,9	4731	10281,6	15012,6	125	100	35,7	Ig. da Graça
11(11.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	1,7	1,2	0,8	1,7	4731	10281,6	15012,6	45,5	125	29,4	Ig. da Graça
12(12.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	1,6	1,1	0,9	1,6	9462	21168	30630	19,2	21,7	22,7	Ig. da Graça
13(17.11.2004)	9,96	25,20	35,16	420	0,8	0,6	0,5	0,7	9462	21168	30630	33,3	100	20	Ig. da Graça
14(19.11.2004)	9,96	8,16	18,12	420	2,1	3,0	0,9	3,3	9462	6854,4	16316,4	83,3	71,4	83,3	Ig. da Graça
15(19.11.2004)	6,64	9,52	16,16	380	2,7	2,6	1,0	3,0	6308	7996,8	14304,8	100	62,5	83,3	Ig. da Graça
16(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	340	0,3	0,2	0,1	0,3	11827,5	5140,8	16968,3	71,4	62,5	2,9	Ig. da Graça
18(19.11.2004)	12,45	6,12	18,57	300	2,2	1,4	0,5	2,4	11827,5	5140,8	16968,3	83,3	55,6	71,4	Ig. da Graça
19(19.11.2004)	19,92	20,40	40,32	300	2,8	2,9	1,3	3,0	18924	17136	36060	17,9	83,3	29,4	Ig. da Graça
20(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,8	0,7	0,6	0,9	10250,5	9139,2	19389,7	38,5	83,3	11,9	Base 2
21(24.11.2004)	4,98	16,32	21,30	420	0,7	0,9	0,4	0,8	4731	13708,8	18439,8	41,7	100	14,3	Base 2
22(24.11.2004)	10,79	10,88	21,67	420	0,6	0,4	0,5	0,6	10250,5	9139,2	19389,7	13,9	62,5	18,5	Base 2
23(26.11.2004)	11,62	4,74	16,36	380	1,7	5,3	1,0	5,4	11039	3981,6	15020,6	100	100	71,4	Ig. da Graça
26(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	320	2,1	2,2	0,8	2,4	4731	10281,6	15012,6	62,5	71,4	21,7	Ig. da Graça
27(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	280	2,2	2,4	0,6	2,6	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	50	Ig. da Graça
28(30.11.2004)	4,98	8,16	13,14	400	1,4	1,0	0,8	1,5	4731	6854,4	11585,4	33,3	38,5	23,8	Ig. da Graça
29(03.12.2004)	6,64	0,00	6,64	400	2,3	2,4	0,8	3,1	6308	0	6308	100	125	125	Ig. da Graça
30(03.12.2004)	1,66	5,44	7,10	360	2,7	2,9	1,0	3,0	1577	4569,6	6146,6	100	125	100	Ig. da Graça
31(07.12.2004)	1,66	5,44	7,10	310	3,6	2,4	1,1	3,6	1577	4569,6	6146,6	125	83,3	100	Ig. da Graça
32(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	260	2,7	2,1	1,3	2,6	3154	3427,2	6581,2	62,5	71,4	83,3	Ig. da Graça

Tabela B.27 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
33(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	220	2,4	1,8	1,0	2,5	3154	3427,2	6581,2	71,4	71,4	62,5	Ig. da Graça
34(10.12.2004)	3,32	4,76	8,08	340	2,2	2,2	1,0	2,5	3154	3998,4	7152,4	83,3	83,3	100	Ig. da Graça
01(13.12.2004)	16,6	17,00	33,60	260	1,3	0,7	1,5	1,7	15770	14280	30050	15,2	100	27,8	Ig. da Graça
02(17.12.2004)	4,98	15,64	20,62	320	1,5	0,8	1,3	1,8	4731	13137,6	17868,6	27,8	18,5	27,8	Ig. da Graça
03(21.12.2004)	10,79	9,52	20,31	360	1,2	1,9	0,4	1,9	10250,5	7996,8	18247,3	20,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
27(29.11.2004)	4,98	12,24	17,22	280	2,2	2,4	0,6	2,6	4731	10281,6	15012,6	83,3	71,4	50	Ig. da Graça
28(30.11.2004)	4,98	8,16	13,14	400	1,4	1,0	0,8	1,5	4731	6854,4	11585,4	33,3	38,5	23,8	Ig. da Graça
29(03.12.2004)	6,64	0,00	6,64	400	2,3	2,4	0,8	3,1	6308	0	6308	100	125	125	Ig. da Graça
30(03.12.2004)	1,66	5,44	7,10	360	2,7	2,9	1,0	3,0	1577	4569,6	6146,6	100	125	100	Ig. da Graça
31(07.12.2004)	1,66	5,44	7,10	310	3,6	2,4	1,1	3,6	1577	4569,6	6146,6	125	83,3	100	Ig. da Graça
32(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	260	2,7	2,1	1,3	2,6	3154	3427,2	6581,2	62,5	71,4	83,3	Ig. da Graça
33(09.12.2004)	3,32	4,08	7,40	220	2,4	1,8	1,0	2,5	3154	3427,2	6581,2	71,4	71,4	62,5	Ig. da Graça
34(10.12.2004)	3,32	4,76	8,08	340	2,2	2,2	1,0	2,5	3154	3998,4	7152,4	83,3	83,3	100	Ig. da Graça
01(13.12.2004)	16,6	17,00	33,60	260	1,3	0,7	1,5	1,7	15770	14280	30050	15,2	100	27,8	Ig. da Graça
02(17.12.2004)	4,98	15,64	20,62	320	1,5	0,8	1,3	1,8	4731	13137,6	17868,6	27,8	18,5	27,8	Ig. da Graça
03(21.12.2004)	10,79	9,52	20,31	360	1,2	1,9	0,4	1,9	10250,5	7996,8	18247,3	20,8	83,3	55,6	Ig. da Graça
04(21.12.2004)	4,15	17,00	21,15	320	1,0	2,0	0,6	1,7	3942,5	14280	18222,5	166,7	166,7	41,7	Ig. da Graça
05(23.12.2004)	4,98	16,32	21,30	280	1,6	0,8	0,5	1,5	4731	13708,8	18439,8	83,3	33,3	83,3	Ig. da Graça
06(30.12.2004)	9,96	42,84	52,80	330	1,3	0,9	1,4	1,7	9462	35985,6	45447,6	18,5	27,8	23,8	Ig. da Graça
07(03.01.2005)	0,83	5,44	6,27	350	0,8	0,4	0,6	0,8	788,5	4569,6	5358,1	27,8	41,7	18,5	Base 2
08(04.01.2005)	4,98	15,60	20,58	300	1,3	1,1	0,7	1,3	4731	13104	17835	12,8	41,7	20,8	Ig. da Graça
09(05.01.2005)	7,47	9,75	17,22	400	1,2	1,0	0,6	1,2	7096,5	8190	15286,5	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
10(07.01.2005)	0,83	6,50	7,33	400	0,8	1,0	0,4	1,0	788,5	5460	6248,5	13,9	33,3	41,7	Ig. da Graça
11(07.01.2005)	1,66	5,20	6,86	350	0,8	0,9	0,6	1,0	1577	4368	5945	27,8	33,3	55,6	Ig. da Graça
12(10.01.2005)	0,83	5,85	6,68	350	0,8	0,5	0,5	0,8	788,5	4914	5702,5	20,8	27,8	20,8	Base 2
13(11.01.2005)	1,66	5,20	6,86	350	1,0	0,6	1,0	1,0	1577	4368	5945	23,8	41,7	18,5	Base 2
14(14.01.2005)	11,62	10,40	22,02	350	0,6	0,5	0,6	0,7	11039	8736	19775	20,8	41,7	15,2	Base 2
01(18.01.2005)	1,66	5,20	6,86	370	1,0	1,0	0,8	1,1	1577	4368	5945	23,8	33,3	23,8	Base 1

Tabela B.28 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
1a(24.01.2005)	1,66	4,55	6,21	400	1,7	1,7	0,8	1,9	1577	3822	5399	18,5	55,6	33,3	Ig. da Graça
02(24.01.2005)	1,66	5,20	6,86	360	2,2	3,1	1,0	3,5	1577	4368	5945	55,6	83,3	27,8	Ig. da Graça
03(25.01.2005)	4,98	15,60	20,58	320	2,6	3,6	1,2	3,7	4731	13104	17835	83,3	83,3	55,6	Ig. da Graça
04(31.01.2005)	3,32	4,55	7,87	320	2,7	2,4	1,1	3,2	3154	3822	6976	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
05(31.01.2005)	4,98	14,30	19,28	400	1,9	1,5	0,8	1,8	4731	12012	16743	16,7	41,7	18,5	Ig. da Graça
06(04.02.2005)	6,64	18,85	25,49	465	0,8	0,7	0,6	0,9	6308	15834	22142	16,7	27,8	27,8	Ig. da Graça
07(09.02.2005)	5,81	0,00	5,81	400	1,1	0,8	0,5	1,1	5519,5	0	5519,5	55,6	33,3	27,8	Ig. da Graça
08(10.02.2005)	6,64	0,00	6,64	400	1,9	1,5	0,7	2,4	6308	0	6308	166,7	83,3	20,8	Ig. da Graça
09(10.02.2005)	9,96	0,00	9,96	350	1,7	1,8	0,8	2,1	9462	0	9462	55,6	41,7	83,3	Ig. da Graça
10(11.02.2005)	6,64	0,00	6,64	350	1,4	1,3	0,5	1,5	6308	0	6308	16,7	20,8	18,5	Ig. da Graça
11(11.02.2005)	9,96	0,00	9,96	300	1,2	1,1	0,6	1,3	9462	0	9462	166,7	55,6	18,5	Ig. da Graça
12(17.02.2005)	6,64	0,00	6,64	470	1,3	0,6	0,8	1,5	6308	0	6308	33,3	83,3	83,3	Ig. da Graça
13(17.02.2005)	3,32	6,80	10,12	350	2,5	3,0	0,8	3,0	3154	5712	8866	20,8	83,3	33,3	Ig. da Graça
14(18.02.2005)	1,66	8,50	10,16	420	1,3	1,0	1,0	1,3	1577	7140	8717	83,3	83,3	33,3	Ig. da Graça
01(22.02.2005)	6,64	17,00	23,64	420	1,0	1,0	0,8	1,0	6308	14280	20588	16,7	12,8	18,5	Ig. da Graça
02(23.02.2005)	6,64	25,50	32,14	420	1,0	1,6	0,6	1,8	6308	21420	27728	41,7	41,7	27,8	Ig. da Graça
03(24.02.2005)	6,64	16,15	22,79	420	2,7	1,7	2,2	2,9	6308	13566	19874	16,7	18,5	20,8	Ig. da Graça
04(01.03.2005)	3,32	17,85	21,17	420	1,5	2,0	1,2	2,0	3154	14994	18148	27,8	33,3	33,3	Ig. da Graça
05(02.03.2005)	0,83	4,25	5,08	350	0,9	1,3	0,4	1,5	788,5	3570	4358,5	83,3	83,3	55,6	Ig. da Graça
06(04.03.2005)	3,32	20,40	23,72	300	1,4	1,2	2,2	2,2	3154	17136	20290	23,8	55,6	33,3	Et Faz Graça
07(04.03.2005)	1,66	6,80	8,46	350	1,2	1,7	0,7	1,8	1577	5712	7289	16,7	27,8	27,8	Base 1
08(09.03.2005)	1,66	5,10	6,76	350	2,4	1,9	1,9	2,6	1577	4284	5861	16,7	41,7	27,8	Faz Graça
09(11.03.2005)	2,49	3,83	6,32	320	1,7	1,7	1,3	2,1	2365,5	3217,2	5582,7	41,7	20,8	55,6	Faz Graça
10(16.03.2005)	3,32	5,95	9,27	300	3,0	2,8	2,0	3,7	3154	4998	8152	41,7	83,3	55,6	Faz Graça
11(18.03.2005)	1,66	4,25	5,91	350	2,3	2,3	0,8	2,4	1577	3570	5147	83,3	83,3	83,3	Faz Graça
12(18.03.2005)	1,66	4,25	5,91	300	2,0	3,0	0,9	3,0	1577	3570	5147	16,7	83,3	16,7	Faz Graça
13(18.03.2005)	6,64	0,00	6,64	300	1,9	1,8	1,0	2,2	6308	0	6308	166,7	83,3	23,8	Faz Graça
14(21.03.2005)	1,66	8,50	10,16	300	2,6	1,7	1,1	2,7	1577	7140	8717	20,8	166,7	55,6	Faz Graça
15(23.03.2005)	1,66	3,83	5,49	380	0,9	1,3	0,4	1,5	1577	3217,2	4794,2	166,7	166,7	16,7	Faz Graça

Tabela B.29 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
16(24.03.2005)	1,66	5,10	6,76	350	2,4	2,4	1,2	2,5	1577	4284	5861	33,3	166,7	33,3	Faz Graça
17(24.03.2005)	6,64	33,15	39,79	400	1,0	1,6	0,9	1,7	6308	27846	34154	20,8	27,8	33,3	Faz Graça
01(28.03.2005)	9,96	0,00	9,96	350	1,3	1,3	0,6	1,5	9462	0	9462	16,7	83,3	41,7	Faz Graça
02(31.03.2005)	4,98	31,45	36,43	450	3,0	3,0	1,9	3,0	4731	26418	31149	41,7	41,7	33,3	Faz Graça
03(01.04.2005)	9,96	0,00	9,96	450	1,2	1,1	1,4	1,4	9462	0	9462	18,5	27,8	33,3	Base 1
04(01.04.2005)	1,66	4,25	5,91	450	5,1	10,8	2,7	11,4	1577	3570	5147	83,3	83,3	83,3	Ofic Veiculos
05(01.04.2005)	1,66	4,25	5,91	450	6,6	8,6	3,2	9,3	1577	3570	5147	83,3	83,3	83,3	Ofic Veiculos
06(04.04.2005)	1,66	4,25	5,91	450	2,4	4,2	1,8	4,6	1577	3570	5147	83,3	55,6	55,6	Ofic Veiculos
07(04.04.2005)	0,83	5,10	5,93	450	1,9	4,0	2,4	4,6	788,5	4284	5072,5	83,3	55,6	55,6	Ofic Veiculos
08(05.04.2005)	1,66	4,25	5,91	400	0,6	0,8	0,8	1,0	1577	3570	5147	55,6	33,3	33,3	Base 1
09(07.04.2005)	1,66	4,25	5,91	400	0,8	1,0	0,3	1,1	1577	3570	5147	41,7	33,3	27,8	Base1
10(08.04.2005)	1,66	4,25	5,91	400	1,7	0,9	0,8	1,8	1577	3570	5147	55,6	83,3	18,5	Base 1
11(13.04.2005)	4,98	0,00	4,98	370	1,6	2,3	0,8	2,4	4731	0	4731	55,6	55,6	33,3	P Faz Graça
12(13.04.2005)	3,32	19,55	22,87	400	2,1	2,4	1,0	2,6	3154	16422	19576	55,6	83,3	41,7	P Faz Graça
13(06.06.2005)	6,64	0,00	6,64	450	2,7	1,6	0,7	2,9	6308	0	6308	83,3	83,3	55,6	M da Sucata
14(06.06.2005)	6,64	0,00	6,64	450	3,0	2,4	1,5	3,0	6308	0	6308	83,3	83,3	55,6	M da Sucata
15(07.06.2005)	1,66	11,40	13,06	480	3,8	4,7	1,1	4,9	1577	9576	11153	83,3	83,3	83,3	M da Sucata
16(08.06.2005)	1,66	11,40	13,06	450	4,1	3,5	1,0	4,5	1577	9576	11153	83,3	83,3	83,3	M da Sucata
17(08.06.2005)	1,66	11,40	13,06	450	3,7	3,2	1,2	4,5	1577	9576	11153	83,3	83,3	83,3	M da Sucata
18(08.06.2005)	1,66	11,40	13,06	500	2,2	2,2	0,9	2,4	1577	9576	11153	83,3	83,3	33,3	M da Sucata
19(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	470	1,2	1,3	0,6	1,3	788,5	4788	5576,5	41,7	41,7	41,7	M da Sucata
20(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,0	1,1	1,7	1,7	788,5	4788	5576,5	55,6	33,3	41,7	M da Sucata
21(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,3	1,7	1,0	1,8	788,5	4788	5576,5	33,3	83,3	55,6	M. da Sucata
22(09.06.2005)	0,83	5,70	6,53	500	1,0	1,0	0,6	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	20,8	M. da Sucata
23(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,0	0,9	0,7	1,1	788,5	4788	5576,5	83,3	33,3	55,9	M. da Sucata
24(10.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,1	1,7	1,1	1,7	788,5	4788	5576,5	18,5	33,3	56,0	M. da Sucata
25(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,5	2,0	1,1	2,2	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
26(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	450	1,2	1,2	1,0	1,6	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata

Tabela B.30 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
27(13.06.2005)	0,83	5,70	6,53	600	1,1	1,4	0,6	1,4	788,5	4788	5576,5	33,3	41,7	23,8	M. da Sucata
01(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	480	1,1	1,5	0,9	1,7	12616	0	12616	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
02(14.06.2005)	13,28	0,00	13,28	440	1,0	1,3	0,4	1,3	12616	0	12616	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
03(15.06.2005)	1,66	11,40	13,06	550	1,1	1,5	0,7	1,5	1577	9576	11153	33,3	33,3	55,6	M. da Sucata
04(15.06.2005)	0,83	5,70	6,53	430	1,1	2,4	1,1	2,6	788,5	4788	5576,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
05(16.06.2005)	13,28	47,50	60,78	500	4,1	2,9	2,7	4,5	12616	39900	52516	16,7	41,7	23,8	Ig. da Graça
06(17.06.2005)	6,41	0,00	6,41	430	1,3	1,5	0,7	1,7	6089,5	0	6089,5	83,3	83,3	41,7	M. da Sucata
07(17.06.2005)	0,83	5,70	6,53	470	1,7	2,1	0,7	2,2	788,5	4788	5576,5	83,3	83,3	55,6	M. da Sucata
08(21.06.2005)	5,81	0,00	5,81	450	1,3	2,2	0,7	2,2	5519,5	0	5519,5	55,6	83,3	55,6	M. da Sucata
09(22.06.2005)	1,66	4,75	6,41	500	1,0	2,1	0,6	2,0	1577	3990	5567	41,7	55,6	41,7	M. da Sucata
10(22.06.2005)	1,66	4,75	6,41	450	1,3	2,2	0,7	2,3	1577	3990	5567	83,3	41,7	55,6	M. da Sucata
11(28.06.2005)	1,66	4,75	6,41	440	1,0	1,2	0,8	1,3	1577	3990	5567	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
12(28.06.2005)	1,66	4,75	6,41	460	0,7	1,0	0,6	1,1	1577	3990	5567	83,3	166,7	41,7	M. da Sucata
13(18.07.2005)	1,66	4,75	6,41	460	1,5	1,4	0,9	1,8	1577	3990	5567	166,7	83,3	83,3	M. da Sucata
14(18.07.2005)	1,66	4,75	6,41	380	1,5	2,4	1,0	2,6	1577	3990	5567	27,8	83,3	41,7	M. da Sucata
15(19.07.2005)	1,66	4,75	6,41	470	1,7	2,1	1,0	2,3	1577	3990	5567	83,3	33,3	41,7	M. da Sucata
17(21.07.2005)	1,66	4,75	6,41	400	0,2	0,1	0,1	0,2	1577	3990	5567	83,3	166,7	8,8	M. da Sucata
18(21.07.2005)	1,66	4,75	6,41	400	1,4	2,5	0,8	2,4	1577	3990	5567	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
19(26.07.2005)	1,66	4,75	6,41	480	1,7	2,2	0,7	2,2	1577	3990	5567	55,6	41,7	41,7	M. da Sucata
20(26.07.2005)	4,98	56,05	61,03	500	2,4	2,2	1,7	2,6	4731	47082	51813	16,7	41,7	27,8	Ig. da Graça
21(29.07.2005)	4,98	34,20	39,18	500	1,1	1,1	1,3	1,5	4731	28728	33459	11,9	55,6	23,8	Ig. da Graça
01(03.08.2005)	6,64	52,25	58,89	500	2,9	6,2	2,0	6,3	6308	43890	50198	13,9	83,3	55,6	Ig. da Graça
01(08.09.2005)	17,43	0,00	17,43	300	1,8	3,4	1,0	3,1	16558,5	0	16558,5	50,0	83,3	62,5	M. da Sucata
02(08.09.2005)	5,81	0,00	5,81	330	1,1	2,0	1,0	2,2	5519,5	0	5519,5	50,0	35,7	35,7	M. da Sucata
03(08.09.2005)	5,81	0,00	5,81	360	1,3	0,8	0,2	1,3	5519,5	0	5519,5	35,7	125,0	83,3	M. da Sucata
04(08.09.2005)	5,81	0,00	5,81	360	2,0	2,7	0,8	2,8	5519,5	0	5519,5	83,3	41,7	27,8	M. da Sucata
05(09.09.2005)	5,81	0,00	5,81	360	1,1	1,5	0,4	1,4	5519,5	0	5519,5	83,3	35,7	62,5	M. da Sucata
06(09.09.2005)	5,81	0,00	5,81	400	1,2	2,9	0,6	2,4	5519,5	0	5519,5	62,5	31,3	83,3	M. da Sucata

Tabela B.31 – Banco de dados dos elementos determinados na área estudada, de 2003 a 2005. (continuação)

Evento/Data	Carga em Espera (Kg)			Distância (m)	Velocidade da Partícula (mm/s)				Energia em Espera (Kcal)			Frequência (Hz)			Base
	1	2	T		L	T	V	S	1	2	T	L	T	V	
07(13.09.2005)	9,62	0,00	9,62	350	2,6	3,6	0,8	3,9	9139	0	9139	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
08(16.09.2005)	5,81	0,00	5,81	480	1,5	2,0	0,6	2,0	5519,5	0	5519,5	62,5	62,5	62,5	Ig. da Graça
09(16.09.2005)	5,81	0,00	5,81	450	1,5	2,0	0,9	1,9	5519,5	0	5519,5	83,3	62,5	27,8	Ig. da Graça
10(19.09.2005)	1,66	4,75	6,41	380	1,3	1,8	0,9	2	1577	3990	5567	125,0	31,3	50,0	M. da Sucata
11(19.09.2005)	1,66	4,75	6,41	350	1,0	2,1	0,8	2,1	1577	3990	5567	41,7	35,7	41,7	M. da Sucata
12(20.09.2005)	1,66	4,27	5,93	480	1,2	1,3	1,0	1,3	1577	3586,8	5163,8	35,7	31,3	27,8	Ig. da Graça
13(21.09.2005)	1,66	4,27	5,93	500	2,2	3,1	1,3	3,7	1577	3586,8	5163,8	83,3	83,3	83,3	Ig. da Graça
14(23.09.2005)	2,49	7,11	9,60	400	1,7	2,0	1,5	2,2	2365,5	5972,4	8337,9	62,5	83,3	62,5	M. da Sucata
15(26.09.2005)	6,64	17,08	23,72	430	2,5	3,7	2,1	4,3	6308	14347,2	20655,2	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
16(27.09.2005)	6,64	17,08	23,72	420	1,4	1,3	1,1	1,7	6308	14347,2	20655,2	83,3	83,3	83,3	M. da Sucata
17(29.09.2005)	0,83	2,37	3,20	420	2,7	3,6	1,5	3,9	788,5	1990,8	2779,3	20,8	35,7	41,7	M. da Sucata
18(29.09.2005)	1,66	4,27	5,93	480	0,9	1,1	0,6	1,1	1577	3586,8	5163,8	17,9	125	25	Ig. da Graça
21(07.10.2005)	19,92	19,00	38,92	520	1,8	1,9	0,8	1,9	18924	15960	34884	83,3	83,3	20,8	Ig. da Graça
22(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	320	2,9	2,2	1,4	2,9	1577	3981,6	5558,6	41,7	50	31,3	M. da Sucata
23(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	320	2,7	2,4	1,7	2,7	1577	3981,6	5558,6	50	83,3	31,3	M. da Sucata
24(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	320	1,6	1,8	0,8	2,0	1577	3981,6	5558,6	83,3	50	20,8	M. da Sucata
25(14.10.2005)	1,66	4,74	6,40	300	2,2	1,6	2,0	2,7	1577	3981,6	5558,6	50	62,5	41,7	M. da Sucata
26(17.10.2005)	1,66	3,80	5,46	510	1,1	1,1	0,5	1,1	1577	3192	4769	15,6	125	41,7	Ig. da Graça
01(05.12.2005)	1,66	4,75	6,41	370	1,3	3,5	0,7	3,5	1577	3990	5567	50	50	55,6	M. da Sucata
02(05.12.2005)	3,32	9,50	12,82	370	2,7	4,4	1,0	4,5	3154	7980	11134	71,4	50	62,5	M. da Sucata
03(28.12.2005)	3,32	7,60	10,92	550	2,6	1,3	0,8	2,7	3154	6384	9538	83,3	100	83,3	Ig. da Graça

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)