

RELATÓRIO “B” DE SISMOLOGIA CONTRATO 226/09

**Programa de Logística do Monitoramento Sismológico
AHE JIRAU**

14 de Maio de 2010.

SUMÁRIO

1	Introdução	2
2	Atividades Desenvolvidas	2
2.1	Etapa pré-campo.....	2
2.2	Etapa de campo – levantamento de dados	2
2.3	Processamento dos dados.....	3
2.4	Elaboração de perfil de resistividade aparente.....	4
3	Conclusão.....	5
4	Relatório fotográfico	6
5	Equipe Técnica	7
6	Bibliografia	7
7	Anexos.....	8

1 INTRODUÇÃO

Neste relatório serão apresentados os resultados obtidos para a indicação definitiva da estação sismográfica de Jirau. Etapa de relevada importância no contexto geral, pois levanta dados indiretos da situação geológica em subsuperfície que servirão de subsídio para efetuar a perfuração do poço onde será instalado o sismômetro.

Em paralelo à definição da locação da estação foram efetuados testes de resposta de atenuação sísmica superficiais no local definitivo da futura estação, esses testes tem por objetivo definir a atenuação natural do terreno em resposta às ondas mecânicas.

2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 ETAPA PRÉ-CAMPO

Durante esta etapa foram feitos levantamentos bibliográficos e pesquisados quais metodologias que seriam empregadas para obter as melhores respostas em subsuperfície dentro do perímetro predefinido onde será instalada a futura estação.

Para tal, foi definido o tipo de levantamento Geofísico de Caminhamento Elétrico. Este tipo de levantamento tem por finalidade gerar respostas de topo rochoso e de descontinuidades geoeletricas laterais, que no contexto da região podem ser interpretados como sendo áreas de fraturamento.

2.2 ETAPA DE CAMPO – LEVANTAMENTO DE DADOS

Nesta etapa foram desenvolvidas duas atividades independentes de coletas de dados.

A primeira tem por objetivo levantar informações geoeletricas dos corpos em subsuperfície, o método Geofísico utilizado foi o de Caminhamento Elétrico com o arranjo Dipolo-Dipolo, este método consiste em utilizar pares de eletrodos (um par, denominado AB, injeta corrente elétrica no solo, e os outros pares, denominados de MN, localizam-se a distancias fixas, distanciando em relação ao eletrodo AB. Ambos os eletrodos possuem abertura fixa em 10 metros). Nesse sistema, o par de eletrodos AB permanece fixo enquanto o par MN desloca-se ao longo do perfil desejado. A cada deslocamento MN, a profundidade de medição aumenta, dessa forma, pode-se estabelecer a associação entre um nível de investigação “n” e a distância entre os pares AB e MN. O par de eletrodos AB só é deslocado quando se chega ao nível de profundidade determinado, para então repetir o mesmo processo (conforme figura 1). Foram determinados 7 (sete) níveis de investigação, ou seja, 7 (sete) camadas de medição da resistividade aparente.

A partir desse método de levantamento foi escolhido 2 perfis para serem investigados, a escolha da posição destes perfis foi gerada pelos afloramentos rochosos nas proximidades, e por critérios de pedologia e geomorfologia.

As coordenadas iniciais dos quais derivam todos os 2 perfis são:

Linha de caminhada 1: 303050m
8945700m

Linha de caminhada 2: 303012m
8945731m

Sentido de caminhada: (Ortogonal entre si)

Perfil 1: Oeste-Leste
Perfil 2: Sul-Norte

Comprimento total:

Perfil 1 = 180m

Perfil 2 = 200m

Profundidade Total

Perfil 1 = 40 m (n= 5 metros)

Perfil 2 = 40 m (n= 5 metros)

Aplicando o arranjo escolhido e a disposição espacial dos mesmos foi gerado duas tabelas de dados, uma para cada perfil, da corrente elétrica de entrada no solo (eletrodos AB) e da voltagem de leitura de saída do solo (eletrodos MN). (Tabelas 1 e 2 em anexo, colunas “I” e “A”).

A segunda etapa consiste na aquisição de dados sísmicos superficiais locais através de quatro detonações arranjadas ortogonalmente entre si formando um quadrado com 10m de lado. Foram feitos furos com 1m de profundidade com 4 polegadas de diâmetro e utilizado aproximadamente 300 g de pólvora como fonte geradora de ondas. A partir desse arranjo o equipamento Blastmate III da Instantel foi utilizado para adquirir e registrar os dados sísmicos, durante a coleta de dado o geofone foi posicionado para estar em cada detonação em um dos vértices do quadrado para receber os sinais sísmicos segundo as direções Leste-Oeste e Norte-Sul e vice versa (figura abaixo), o registro dos dados estão no anexo, figuras de 5 a 8.

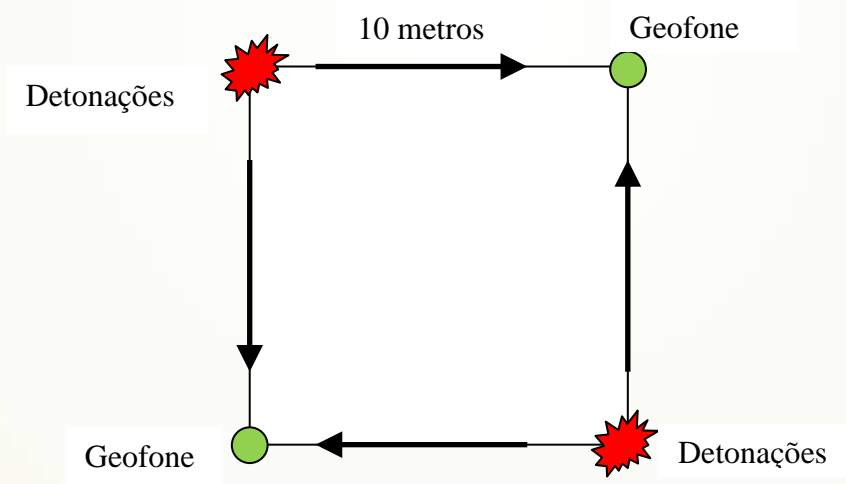
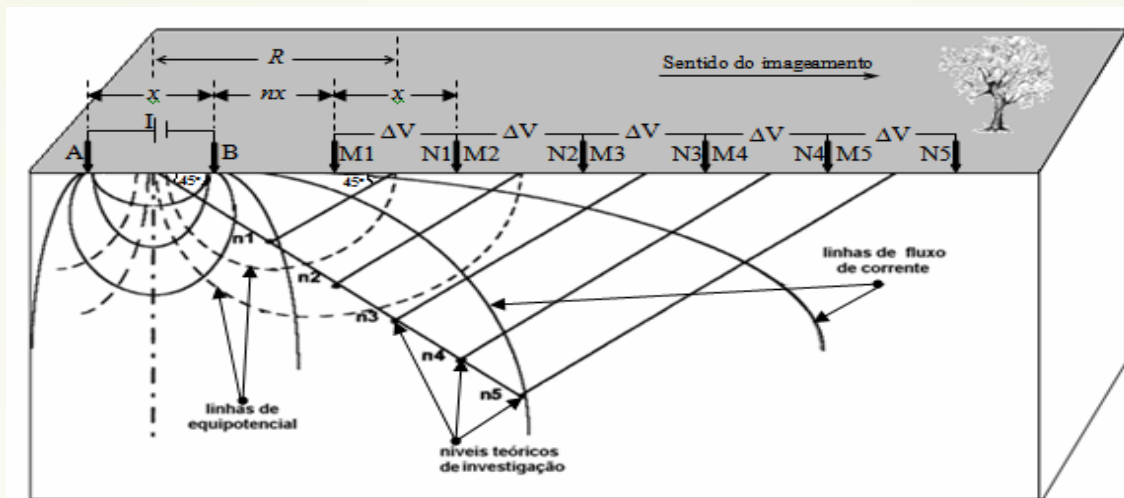


Figura |Esquemática do arranjo utilizado para adquirir a resposta das ondas mecânicas no solo.

2.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS

De posse dos dados de corrente elétrica e voltagem adquiridos em campo aplicando correções do arranjo geométrico inerente ao método dipolo-dipolo (figura 1), é gerado uma tabela de resistividade aparente em subsuperfície (tabelas 1 e 2 em anexo, coluna de resistividade).



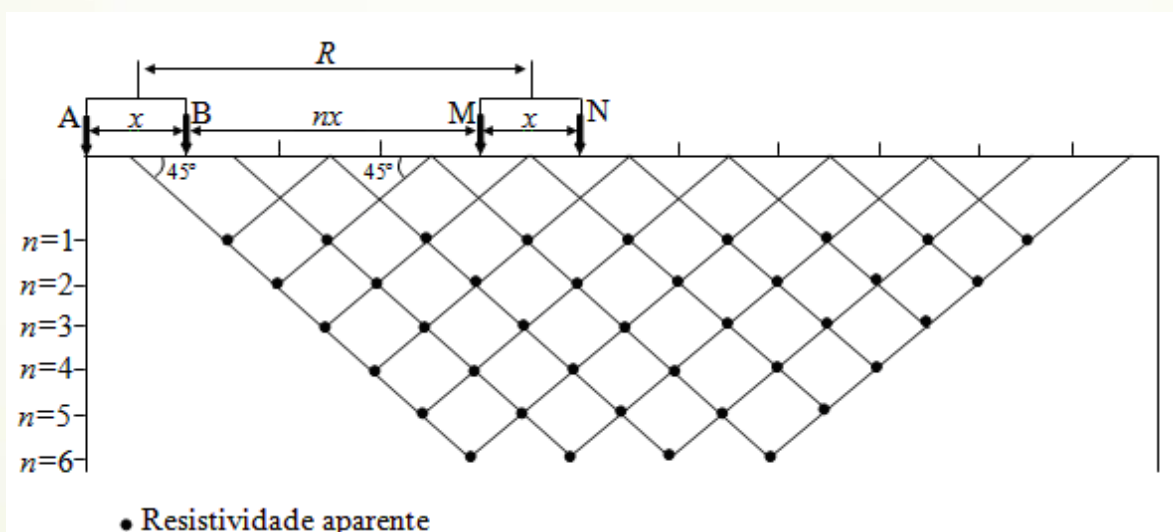
$$\rho_a = \frac{K\Delta V}{I} \quad \text{para} \quad K = 2\pi Gx \quad \text{com} \quad G = \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1} + \frac{1}{n+2} \right)^{-1}.$$

Figura 1 |Esquema da profundidade de investigação em relação a abertura (x) entre os eletrodos e ao distanciamento entre os eletrodos AB e MN (n.x), quanto maior o distanciamento maior a profundidade de investigação, e fórmulas utilizadas para corrigir o fator geométrico do arranjo.

2.4 ELABORAÇÃO DE PERFIL DE RESISTIVIDADE APARENTE

A próxima etapa consistiu em representar graficamente os dados da tabela de resistividade aparente através do Software Golden Surfer, gerando um grid (Figura 2) e aplicando interpolações (método de Triangulação com Interpolação Linear) entre os pontos de resistividade.

O produto final gerado é um perfil teórico de resistividade aparente em profundidade (Figuras 3 e 4).



● Resistividade aparente

Figura 2 - Detalhe da distribuição dos pontos de resistividade aparente no terreno (Grid de resistividade aparente)

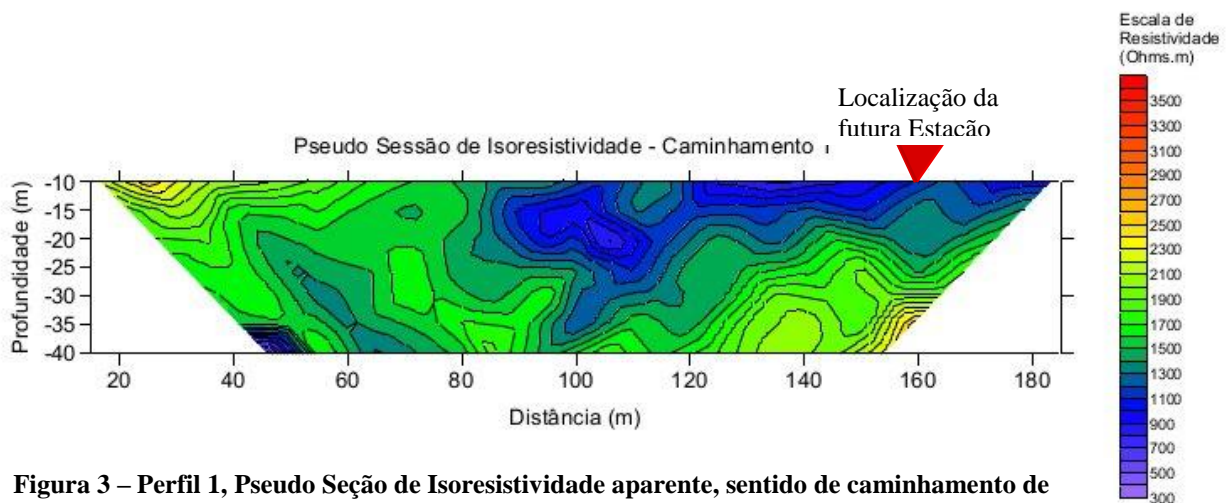


Figura 3 – Perfil 1, Pseudo Seção de Isoresistividade aparente, sentido de caminhada de Oeste para Leste, as regiões em tons de azul representam áreas menos resistivas eletricamente. Futuro local da estação marcado pelo triângulo invertido

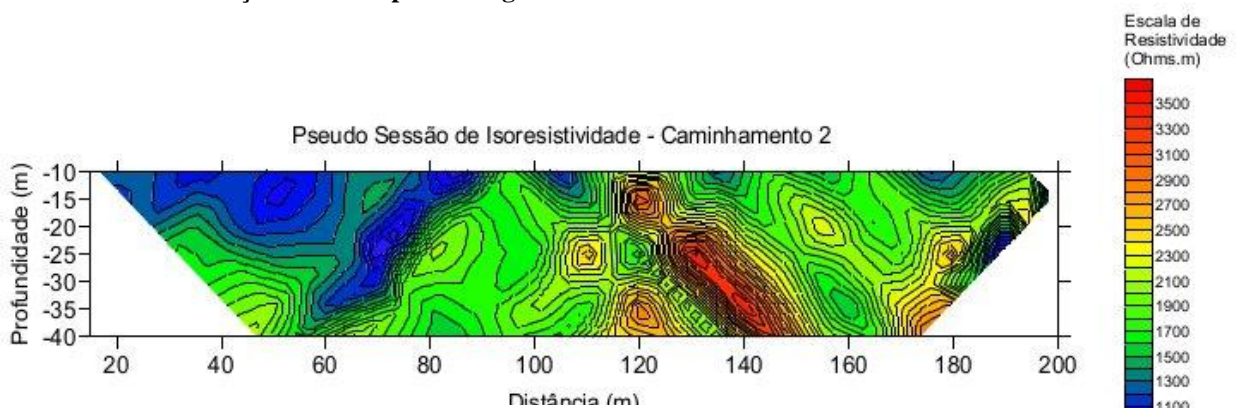


Figura 4 – Perfil 2, Pseudo Seção de Isoresistividade aparente, sentido de caminhada de Sul para Norte, as regiões em tons de azul representam áreas menos resistivas eletricamente. Notar que há regiões com forte lineações, geradas possivelmente por fraturamento nos corpos rochosos.

3 CONCLUSÃO

Para a escolha da posição da futura estação foi empregado os critérios da zona de maior resistividade encontrada e o de homogeneidade em profundidade. Entre estes critérios o que tem uma importância maior é o da homogeneidade, devido a evitar áreas de fraturamento que consecutivamente irá aumentar as chances de ocorrência de água. A partir dessa premissa o ponto final escolhido foi o encontrado no Perfil 1 (figura 3, triângulo em vermelho na superfície), apesar de possuir, numa visão geral, uma resistividade média menor, interpretado como uma cobertura de solo e um saprolito mais espessos, entretanto, em profundidade, a região do final do perfil 1 (canto direito inferior) possui uma homogeneidade maior em relação ao Perfil 2, este por sua vez ocorre áreas de maior resistividade evidenciando menor alteração das rochas e proporcionalmente se encontra mais fraturado. Um segundo ponto importante é a cobertura de solo, no Perfil 2 a rocha “afloresce” com poucos centímetros, sendo necessário um trabalho mais elaborado para a confecção

de um sistema de atenuação de ruídos externos a estação para suprir a falta deste solo, situação inversa em relação ao Perfil 1.

4 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO



Foto 1 – Calibragem do equipamento.



Foto 2 – Detalhe dos equipamentos.

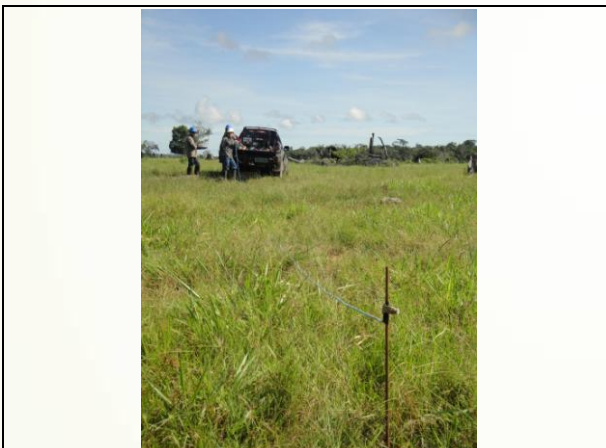


Foto 3 – Fixação do eletrodo.



Foto 4 – Fixação do eletrodo.

5 EQUIPE TÉCNICA

PROFISSIONAL	PROFISSÃO / CREA
Alexandre Matos Seidel	Coordenador geral do projeto / CREA-DF 12276/D
Fábio Soares de Mendonça	Téc. de Campo
Vitor Nascimento Ferreira	Téc. de Campo

Geoanalises Sondagens e Monitoramentos LTDA
Alexandre Matos Seidel

6 BIBLIOGRAFIA

SILVA, R. W. C. et al Emprego do método da eletrorresistividade no estudo da contaminação subterrânea do Cemitério Municipal de Vila Rezende, Piracicaba – SP. Revista Brasileira de Geofísica, 2009, Vol. 27, n. 3, p 389-400.

GANDOLFO, O.C.B. Um estudo do imageamento geométrico na investigação rasa. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2007.

ORELANA, E. Prospección Geométrica em Corrente Contínua. Madrid: Paraninfo, 1972.

BORGES, R.B.et al, Utilização de tomografia elétrica na identificação da interface entre uma cobertura antrópica e sedimentos fluviais na área do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do IAG/USP, I Simpósio Regional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 2004.

7 ANEXOS

Tabela 1 - Dados do Perfil 1

Base AB	Nível de Investivação (n)	Corrente (mA)	Voltagem (mV)	Resistividade aparente (ohm.m)	Distância (m)	Profundidade (m)
P1	1	211	2300	2053,649	15	-10
	2	210	504	1808,64	20	-15
	3	210	199	1785,314	25	-20
	4	210	90	1614,857	30	-25
	5	210	50	1570	35	-30
	6	210	31	1557,44	40	-35
	7	211	3	225,0085	45	-40
P2	1	145	1910	2481,683	25	-10
	2	145	399	2073,699	30	-15
	3	145	140	1819,034	35	-20
	4	144	65	1700,833	40	-25
	5	145	37	1682,607	45	-30
	6	146	22	1589,786	50	-35
	7	146	16	1734,312	55	-40
P3	1	122	1370	2115,639	35	-10
	2	122	262	1618,387	40	-15
	3	123	95	1455,122	45	-20
	4	123	45	1378,537	50	-25
	5	122	25	1351,23	55	-30
	6	123	16	1372,41	60	-35
	7	124	10	1276,258	65	-40
P4	1	153	1652	2034,227	45	-10
	2	153	335	1650,039	50	-15
	3	154	128	1565,922	55	-20
	4	154	62	1516,987	65	-25
	5	154	39	1669,909	70	-30
	6	154	23	1575,709	75	-35
	7	154	15	1541,455	80	-40
P5	1	146	1445	1864,644	55	-10
	2	148	315	1603,946	60	-15
	3	148	122	1553,027	65	-20
	4	148	67	1705,784	70	-25
	5	148	36	1603,946	75	-30
	6	153	25	1723,922	80	-35
	7	154	18	1849,745	85	-40
P6	1	187	1660	1672,428	65	-10
	2	188	369	1479,14	70	-15

	3	188	153	1533,255	75	-20
	4	188	71	1423,021	80	-25
	5	188	41	1438,053	85	-30
	6	188	30	1683,574	90	-35
	7	189	17	1423,467	95	-40
P75	1	318	2630	1558,151	75	-10
	2	319	654	1544,998	80	-15
	3	318	227	1344,868	85	-20
	4	319	119	1405,618	90	-25
	5	320	82	1689,713	95	-30
	6	320	36	1186,92	100	-35
	7	320	36	1780,38	105	-40
P85	1	430	3160	1384,521	85	-10
	2	432	604	1053,644	90	-15
	3	435	225	974,4828	95	-20
	4	435	160	1385,931	100	-25
	5	435	83	1258,166	105	-30
	6	435	65	1576,497	110	-35
	7	437	43	1557,21	115	-40
P95	1	450	3280	1373,227	95	-10
	2	452	547	911,9894	100	-15
	3	453	178	740,2914	105	-20
	4	454	130	1078,943	110	-25
	5	454	94	1365,278	115	-30
	6	455	62	1437,637	120	-35
	7	456	52	1804,674	125	-40
P105	1	161	943	1103,486	105	-10
	2	162	287	1335,081	110	-15
	3	163	99	1144,27	115	-20
	4	163	63	1456,344	120	-25
	5	165	36	1438,691	125	-30
	6	166	30	1906,699	130	-35
	7	166	22	2097,369	135	-40
P115	1	229	1690	1390,376	115	-10
	2	230	347	1136,953	120	-15
	3	230	177	1449,861	125	-20
	4	230	92	1507,2	130	-25
	5	232	68	1932,724	135	-30
	6	233	46	2082,912	140	-35
	7	236	29	1944,671	145	-40
P125	1	363	1678	870,8959	125	-10
	2	365	555	1145,885	130	-15

	3	367	239	1226,91	135	-20
	4	367	158	1622,191	140	-25
	5	366	103	1855,689	145	-30
	6	367	63	1811,104	150	-35
	7	368	55	2365,239	155	-40
P135	1	474	1930	767,1139	135	-10
	2	470	761	1220,191	140	-15
	3	468	393	1582,077	145	-20
	4	468	239	1924,256	150	-25
	5	459	134	1925,046	155	-30
	6	459	114	2620,361	160	-35
P145	1	631	2960	883,7781	145	-10
	2	631	900	1074,865	150	-15
	3	632	466	1389,152	155	-20
	4	636	239	1415,962	160	-25
	5	637	185	1915,055	165	-30
P155	1	324	1730	1005,963	155	-10
	2	324	583	1356,015	160	-15
	3	325	235	1362,277	165	-20
	4	325	159	1843,422	170	-25
P165	1	263	1723	1234,271	165	-10
	2	263	423	1212,064	170	-15
	3	264	228	1627,091	175	-20
P175	1	237	1275	1013,544	175	-10
	2	239	461	1453,597	180	-15
P185	1	226	1255	1046,204	185	-10

Tabela 2 – Dados do Perfil 2

Bases AB	Nível de Investivação (n)	Corrente (mA)	Voltagem (mV)	Resistividade aparente (ohm.m)	Distância (m)	Profundidade (m)
P15	1	297	1970	1249,657	15	-10
	2	297	450	1141,818	20	-15
	3	298	196	1239,141	25	-20
	4	298	130	1643,758	30	-25
	5	299	74	1631,96	35	-30
	6	300	54	1899,072	40	-35
	7	300	41	2162,832	45	-40

P25	1	265	1770	1258,37	25	-10
	2	266	395	1119,068	30	-15
	3	266	213	1508,617	35	-20
	4	266	110	1558,195	40	-25
	5	267	73	1802,854	45	-30
	6	267	52	2054,76	50	-35
	7	268	26	1535,319	55	-40
P35	1	188	1020	1022,17	35	-10
	2	191	304	1199,447	40	-15
	3	191	113	1114,618	45	-20
	4	192	69	1354,125	50	-25
	5	192	47	1614,156	55	-30
	6	192	21	1153,95	60	-35
	7	193	26	2131,946	65	-40
P45	1	190	1178	1168,08	45	-10
	2	191	240	946,9319	50	-15
	3	191	117	1154,073	55	-20
	4	192	70	1373,75	65	-25
	5	192	29	995,9688	70	-30
	6	192	34	1868,3	75	-35
	7	193	19	1557,961	80	-40
P55	1	223	1169	987,6215	55	-10
	2	223	341	1152,366	60	-15
	3	223	162	1368,646	65	-20
	4	224	44	740,1429	70	-25
	5	225	64	1875,627	75	-30
	6	225	34	1594,283	80	-35
	7	226	22	1540,545	85	-40
P65	1	163	1155	1334,982	65	-10
	2	163	315	1456,344	70	-15
	3	163	72	832,1963	75	-20
	4	164	90	2067,805	80	-25
	5	164	45	1809,329	85	-30
	6	163	27	1747,612	90	-35
	7	163	19	1844,702	95	-40
P75	1	188	1381	1383,938	75	-10
	2	189	280	1116,444	80	-15
	3	190	200	1983,158	85	-20
	4	190	90	1784,842	90	-25
	5	190	47	1631,147	95	-30
	6	190	37	2054,552	100	-35
	7	190	20	1665,853	105	-40

P85	1	484	1950	759,0496	85	-10
	2	482	1040	1626,025	90	-15
	3	478	410	1615,983	95	-20
	4	467	197	1589,499	100	-25
	5	467	150	2117,987	105	-30
	6	467	75	1694,39	110	-35
	7	468	71	2400,892	115	-40
P95	1	767	7300	1793,116	95	-10
	2	769	1915	1876,65	100	-15
	3	770	800	1957,403	105	-20
	4	772	535	2611,244	110	-25
	5	773	243	2072,887	115	-30
	6	774	215	2930,667	120	-35
	7	777	130	2647,784	125	-40
P105	1	368	2000	1023,913	105	-10
	2	330	612	1397,585	110	-15
	3	330	350	1998,182	115	-20
	4	330	138	1575,709	120	-25
	5	334	104	2053,222	125	-30
	6	337	60	1878,409	130	-35
	7	338	40	1872,852	135	-40
P115	1	480	5190	2037,075	115	-10
	2	482	2060	3220,78	120	-15
	3	483	664	2590,012	125	-20
	4	483	467	3643,18	130	-25
	5	484	254	3460,488	135	-30
	6	485	165	3589,311	140	-35
	7	485	101	3295,64	145	-40
P125	1	331	3760	2140,133	125	-10
	2	337	785	1755,418	130	-15
	3	338	440	2452,544	135	-20
	4	346	220	2395,838	140	-25
	5	347	129	2451,372	145	-30
	6	348	77	2334,428	150	-35
	7	351	47	2119,097	155	-40
P135	1	144	930	1216,75	135	-10
	2	144	302	1580,467	140	-15
	3	144	134	1753,167	145	-20
	4	145	72	1871,007	150	-25
	5	146	35	1580,753	155	-30
	6	146	20	1445,26	160	-35
	7	147	16	1722,514	165	-40

P145	1	172	1640	1796,372	145	-10
	2	173	480	2090,913	150	-15
	3	174	215	2327,931	155	-20
	4	175	96	2067,017	160	-25
	5	175	55	2072,4	165	-30
	6	175	40	2411,52	170	-35
	7	175	33	2984,256	175	-40
P155	1	558	4350	1468,71	155	-10
	2	560	1270	1709,057	160	-15
	3	561	503	1689,219	165	-20
	4	562	267	1790,135	170	-25
	5	563	196	2295,602	175	-30
	6	565	149	2782,318	180	-35
P165	1	470	4600	1843,915	165	-10
	2	474	1185	1884	170	-15
	3	476	523	2070,025	175	-20
	4	477	342	2701,585	180	-25
	5	477	93	1285,623	185	-30
P175	1	540	3330	1161,8	175	-10
	2	533	1048	1481,75	180	-15
	3	535	600	2112,897	185	-20
	4	535	60	422,5794	190	-25
P185	1	676	5200	1449,231	185	-10
	2	680	1980	2194,306	190	-15
	3	688	894	2448,105	195	-20
P195	1	512	5290	1946,555	195	-10
	2	512	316	465,1125	200	-15

Tabela 3 – Dados dos índices das propriedades sísmicas do solo

Detonação 1				
Parâmetros técnicos	Valores obtidos			
	Transversal	Vertical	Longitudinal	Und
Velocidade de Pico de Partícula	1,78	4,06	6,98	mm/s
Aceleração	0,0928	0,292	0,239	g
Visualização de Pico	0,0125	0,0436	0,0475	mm
Somatório das velocidades de Partícula	7,58			mm/s

Detonação 2				
Parâmetros técnicos	Valores obtidos			
	Transversal	Vertical	Longitudinal	Und
Velocidade de Pico de Partícula	5,21	3,81	2,29	mm/s
Aceleração	0,199	0,318	0,212	g
Visualização de Pico	0,0274	0,0147	0,0075	mm
Somatório das velocidades de Partícula	5,61			mm/s

Detonação 3				
Parâmetros técnicos	Valores obtidos			
	Transversal	Vertical	Longitudinal	Und
Velocidade de Pico de Partícula	5,33	2,92	1,27	mm/s
Aceleração	0,159	0,186	0,0928	g
Visualização de Pico	0,0366	0,0202	0,0117	mm
Somatório das velocidades de Partícula	5,37			mm/s

Detonação 4				
Parâmetros técnicos	Valores obtidos			
	Transversal	Vertical	Longitudinal	Und
Velocidade de Pico de Partícula	2,92	5,97	7,49	mm/s
Aceleração	0,305	0,557	0,278	g
Visualização de Pico	0,0118	0,0335	0,0408	mm
Somatório das velocidades de Partícula	8,39			mm/s