

MODELAGEM SÍSMICA

*Mina Santana
Urussanga, SC*



Julho 2019

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS	5
3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	5
4. METODOLOGIAS UTILIZADAS.....	6
4.1. LOCAIS DE CAPTAÇÃO	6
4.2. UTILIZAÇÃO DOS SISMÓGRAFOS	6
5. GEOLOGIA	11
6. PLANOS DE FOGO APLICADOS.....	15
7. RESULTADOS OBTIDOS.....	21
8. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	24
8.1. VIBRAÇÕES	24
8.2. PRESSÃO ACÚSTICA	27
8.3. USO DAS EQUAÇÕES	28
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	30
11. ANEXOS	31

FIGURAS

Figura 1: Localização da Mina Santana, da empresa Urussanga minérios a partir de imagem do Google Earth. Fica indicado, também, a localidade da Vila Santana sítio habitacional mais próximo da área de operação , da Mina.....	4
Figura 2: Detalhamento do posicionamento dos sismógrafos no dia 08/02/19. No sentido horário, de cima para baixo, sismógrafo SN 1989, SN 9756, SN 5696, SN 8707.	7
Figura 3: Situação da bancada a esquerda, antes do desmonte, e a direita após a detonação.	8
Figura 4: Posicionamento dos sismógrafos, no dia 19/02. No sentido horário, de cima, a esquerda, para baixo: SN 1989, SN 5696, SN 5697.....	8
Figura 5: Bancada antes da detonação, no dia 19/02/19.	9
Figura 6: Posicionamento dos sismógrafos no dia 13/03/19. Figuras superiores a partir da esquerda: SN 1989, SN 5696, SN 5697. Figuras inferiores a partir da esquerda: SN 5680, SN 8655, SN 8707.	9
Figura 7: Bancada antes da detonação, no dia 13/03.....	10
Figura 8: Posicionamento dos sismógrafos no dia 22/03. Da esquerda para direita, SN 1989, SN 5696, e SN 8707.	10
Figura 9: Bancada antes da detonação, a esquerda, e após o desmonte a direita.	10

Figura 10: Localização das atuais frentes de lavra, e a futura “frente nova” a ser lavrada perto da Vila Santana. (adaptado de Krebs, 2019).	11
Figura 11: Pacote típico da Formação Rio Bonito, no local atualmente lavrado. Na base se visualiza a camada de carvão “barro branco” sobreposta por uma camada fina de siltito cinza escuro, e a sequência de arenitos, acima. O “pacote” detonado é representado pela espessura arenítica acima da camada de carvão.	12
Figura 12: Perfil do furo 1 executado junto ao setor “frente nova”.	14
Figura 13: Ligações de superfície aplicadas no desmante do dia 08/02/19.	17
Figura 14: Ligações de superfície aplicadas no desmante do dia 19/02/19.	18
Figura 15: Ligações de superfície aplicadas no desmante do dia 13/03/19.	19
Figura 16: Ligações de superfície aplicadas no desmante do dia 22/03/19.	20
Figura 17: Gráfico da curva de atenuação de ondas gerada a partir da plotagem dos pontos VPP x DE para os dias de monitoramento.....	23
Figura 18: Gráfico da curva de atenuação da pressão sonora a partir da plotagem dos pontos PA x DEC para os dias de monitoramento.	24

TABELAS

Tabela 1: Números de monitoramentos, datas de realização, nº de sismógrafos utilizados, e nº captações efetuadas. O número de captações refletem os eventos que foram efetivamente considerados, na análise.	5
Tabela 2: Equipamentos utilizados, e número de captações válidas realizadas por aparelho. No anexo 3 seguem os respectivos certificados de calibração dos aparelhos.	5
Tabela 3: Datas dos monitoramentos, posição dos desmontes, e dos sismógrafos. Ver plantas 1/5 a 4/5.	6
Tabela 4: Principais parâmetros dos planos de fogo executados.	16
Tabela 5: Informações de localização dos pontos de monitoramento e das detonações. “NS” se refere ao número de série dos sismógrafos utilizados. As coordenadas referidas ao “fogo” representam as coordenadas do centroide da área de detonação.	21
Tabela 6: Resumo dos resultados obtidos, por dia de monitoramento. Os “pontos” representam a posição do sismógrafo, e o seu número de série, SN. A distância (D) informada representa a distância do sismógrafo até o centróide da área detonada. A CME representa a carga máxima por espera considerada para cada desmante, e a DE a distância escalonada (D/VQ). A DEC a distância escalonada cúbica, VPP a velocidade de partícula de pico, e a sua frequência, FP. PA representa a pressão acústica em decibéis (dB), e em pascais (Pa). Por fim temos o deslocamento de partícula de pico, DPP.	22
Tabela 7: Valores de carga máxima por espera para vários valores de velocidade de partícula, VPP, distâncias, D. conforme modelagem sísmica realizada.	28

Modelagem Sísmica – Urussanga Minérios Ltda

Mina Santana

Estrada Geral S/N - Rio Carvão, Município de Urussanga, SC

1. Introdução

A mina Santana pode ser acessada pela rodovia SC 108 a partir do município de Criciúma em direção a Orleans até entrada a esquerda que conecta a localidade de Rio Maior à Santana por aproximadamente 5 km até a mina, da empresa Urussanga Minérios Ltda. A extração do carvão mineral é realizada a céu-aberto, e se dá pelo método de lavra a céu aberto em bancadas, em cortes. A figura 1, abaixo, ilustra a localização da mina, na região de Urussanga, SC.



Figura 1: Localização da Mina Santana, da empresa Urussanga Minérios a partir de imagem do Google Earth. Fica indicado, também, a localidade da Vila Santana sítio habitacional mais próximo da área de operação, da Mina.

2. Objetivos

Através de monitoramentos sismográficos orientados realizados na atual área de lavra objetivou-se, neste trabalho de modelagem sísmica, gerar uma equação local denominada como – equação de atenuação de ondas sísmicas – específica para o local estudado de maneira que a mesma possa servir de ferramenta para o planejamento dos desmontes futuros principalmente quando a lavra estiver posicionada mais próxima da vila Santana. Este planejamento visa proporcionar, por esta ferramenta, uma avaliação prévia dos níveis de energia sísmica a serem gerados, pelo desmonte, a distâncias variáveis, e a partir deles poder-se programar, e simular, com segurança, as respectivas cargas por espera que serão aplicadas, nos desmontes.

No período compreendido entre 08/02/2019 a 22/03/2019 foram realizados quatro (4) monitoramentos sismográficos conforme tabela 1, abaixo:

Monitoramentos	Data	Nº Sismógrafos	Captações
1º	08/02	4	4
2º	19/02	3	3
3º	13/03	6	5
4º	22/03	3	2

Tabela 1: Números de monitoramentos, datas de realização, n° de sismógrafos utilizados, e n° captações efetuadas. O número de captações reflete os eventos que foram efetivamente considerados, na análise.

3. Equipamentos utilizados

Para a realização, deste estudo, os monitoramentos sismográficos utilizaram sismógrafos de engenharia aptos a registrar a energia sísmica, no respectivo geofone, em três (3) componentes ortogonais (Radial, ou Longitudinal, Transversal, e Vertical) mais o registro sonoro no respectivo microfone. A tabela 2 relaciona os sismógrafos utilizados.

Sismógrafo. Marca, e modelo	Número série	Número de Captações
White Mini-Seis II 1/8	1989	4
White Mini-Seis II 1/2	5696	4
White Mini-Seis II 1/2	5697	3
White Mini-Seis II 1/2	5680	1
Geosonics, SSU 3000 EZ	8655	1
Geosonics, SSU 3000 EZ	8707	1

Tabela 2: Equipamentos utilizados, e número de captações válidas realizadas por aparelho. No anexo 3 seguem os respectivos certificados de calibração dos aparelhos.

Os registros gravados nos aparelhos foram, posteriormente, transferidos via software específico (White Seismograph Data Analysis Software / GeoSonics SSU DK Analysis Software) a fim de proporcionar a análise dos dados captados, e a geração dos respectivos sismogramas para cada aparelho utilizado.

4. Metodologias utilizadas

4.1. Locais de captação

Para conduzir o estudo proposto visando caracterizar a equação de atenuação de ondas sísmicas, do local, os monitoramentos sismográficos foram conduzidos sempre procurando-se posicionar, os sismógrafos utilizados, “atrás” da área de detonação (no sentido oposto ao do lançamento da rocha detonada) fixando-os a distâncias crescentes entre eles. (linha de atenuação) As plantas 1/5 a 4/5 reproduzem o posicionamento dos sismógrafos utilizados, em cada monitoramento, em relação a cada área de detonação com a descrição das coordenadas geodésicas de localização (datum SIRGAS 2000) para cada aparelho utilizado, dos limites da área detonada, e o seu respectivo centróide. (centro geométrico da área detonada)

A tabela 3, a seguir, resume as características dos locais estudados.

Monitoramentos	Posição
1° - 08/02/2019	Área Lavra – Frente H, planta 1/5
2° - 19/02/2019	Área Lavra – Frente G, planta 2/5
3° - 13/02/2019	Área Lavra – Frente G, planta 3/5
4° - 20/02/2019	Área Lavra – Frente G, planta 4/5

Tabela 3: Datas dos monitoramentos, posição dos desmontes, e dos sismógrafos. Ver plantas 1/5 a 4/5.

4.2. Utilização dos Sismógrafos

Foram utilizados até seis (6) sismógrafos, no período de monitoramento, descritos, na tabela 2, acima. Os respectivos certificados de calibração seguem, no anexo 3.

Definida a direção de posicionamento dos sismógrafos em “alinhamentos” atrás da área detonada, a colocação dos geofones, no solo, seguiu o procedimento de fixá-los com o uso das suas próprias hastes, de fixação, ou com a colocação dos geofones cobertos pelo próprio solo, ou terra disponível, no local, a partir de uma pequena escavação feita, no terreno. Foram considerados os procedimentos 4.1.1, 4.2.1, e 4.2.2 previstos na norma

ABNT NBR 9653. (atualização 08/05/2018) Visualizam-se, a seguir, os registros fotográficos realizados, nos dias dos monitoramentos.

Dia 08/02/19



Figura 2: Detalhamento do posicionamento dos sismógrafos no dia 08/02/19. No sentido horário, de cima para baixo, sismógrafo SN 1989, SN 5697, SN 5696, SN 8707.



Figura 3: Situação da bancada a esquerda, antes do desmonte, e a direita após a detonação.

Dia 19/02/19



Figura 4: Posicionamento dos sismógrafos, no dia 19/02. No sentido horário, de cima, a esquerda, para baixo: SN 1989, SN 5696, SN 5697.



Figura 5: Bancada antes da detonação, no dia 19/02/19.

Dia 13/03/19



Figura 6: Posicionamento dos sismógrafos no dia 13/03/19. Figuras superiores a partir da esquerda: SN 1989, SN 5696, SN 5697. Figuras inferiores a partir da esquerda: SN 5680, SN 8655, SN 8707.



Figura 7: Bancada antes da detonação, no dia 13/03.

Dia 22/03/19



Figura 8: Posicionamento dos sismógrafos no dia 22/03. Da esquerda para direita, SN 1989, SN 5696, e SN 8707.



Figura 9: Bancada antes da detonação, a esquerda, e após o desmonte a direita.

5. Geologia

A validação da equação de atenuação de onda local, objetivo deste estudo, se dá quando, a mesma é aplicada para o local a onde foram realizados os ensaios sísmicos. Uma avaliação necessária é poder-se utilizar, desta equação de atenuação, para a nova fase de avanço de lavra que se dará, no futuro, mais próximo da vila Santana, por um determinado período. Essa diferença de localização entre a atual área de lavra, e a futura área pode ser representada por uma distância média em torno de 1200 metros. A figura 10, a seguir, exemplifica esta situação. (ver planta 5/5)

Mesmo considerando que essa distância não implicaria em variações geológicas significativas foi realizada uma análise da geologia das duas áreas a fim de se determinar se ambas realmente apresentam as mesmas condições e características geoestruturais.

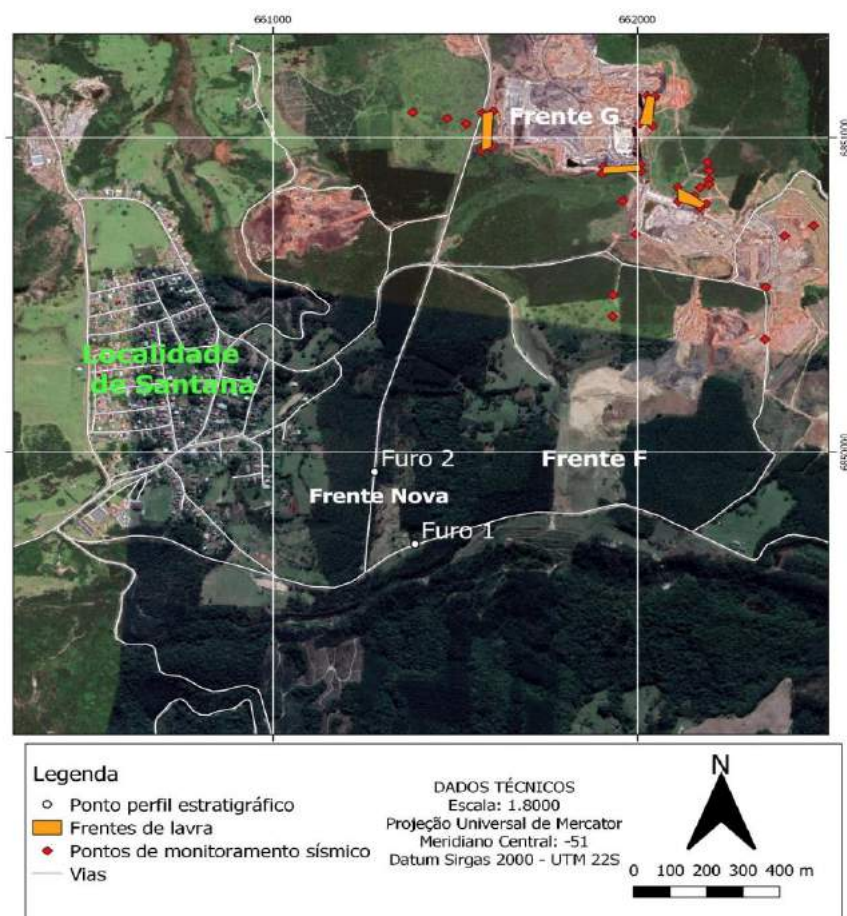


Figura 10: Localização das atuais frentes de lavra, e a futura “frente nova” a ser lavrada perto da Vila Santana. (adaptado de Krebs, 2019).

Com base no trabalho – *Caracterização geológica do maciço de cobertura da camada Barro Branco nas frentes de Lavra localidade de Santana* – realizado por KREBS (2019) desenvolvido especialmente para subsidiar esse estudo, verificamos que nas duas áreas estão presentes: a Formação Palermo que capeia a Formação Rio Bonito a onde se encontra a camada muito conhecida de carvão minerada a céu-aberto, nesta região, denominada Barro Branco que representa o minério extraído, pela empreendedora.

A Formação Palermo, na porção sul, (Fig. 26) é representada por uma “espessa sequência de siltitos com raras intercalações de arenitos laminados. No restante esta formação ocorre sob a forma de um delgado pacote de siltito arenoso de cor cinza claro, sobrepostos às litologias da Formação Rio Bonito.” Geralmente esse “pacote” de siltitos está bastante alterado gerando solos predominantemente argilosos, plásticos e impermeáveis.

Já a “Formação Rio Bonito ocorre nas porções com cotas topográficas mais baixas, no fundo dos pequenos vales existentes. O substrato desta área é formado por espessa sequência de arenitos que constituem a cobertura da camada de carvão Barro Branco.”



Figura 11: Pacote típico da Formação Rio Bonito, no local atualmente lavrado. Na base se visualiza a camada de carvão “barro branco” sobreposta por uma camada fina de siltito cinza escuro, e a sequência de arenitos, acima. O “pacote” detonado é representado pela espessura arenítica acima da camada de carvão.

“Do ponto de vista litológico, a Formação Rio Bonito está representada por espessa sequência de arenitos finos a localmente médios, geralmente de cor cinza-esbranquiçado, quartzosos, com estratificação plano paralela e/ou ondulada (*KREBS, 2004*). De maneira subordinada, ocorrem intercaladas delgadas camadas de siltitos cinza, com laminação plano paralela com aspecto maciço. Na base desta sequência arenítica ocorre uma camada de siltito cinza escuro, com espessura máxima de 1m, com aspecto maciço, que constitui o teto imediato da camada de carvão Barro Branco.”

A fim de verificar a existência de correlação geológica entre a atual área de lavra (frentes G, e H), com a nova área, aqui denominada “frente nova” programou-se a execução de dois (2) furos de sondagem. Dos furos 1, e 2 indicados, na figura 10 executou-se, para este estudo, o furo 1. A execução desses dois (2) furos irá permitir, também, um maior detalhamento geológico da nova zona a ser minerada.

Do resultado da descrição do furo 1 vemos que na parte superior do pacote sedimentar, da formação Rio Bonito, neste local, de 0 a 4,40 metros a porção arenítica está bem alterada, e bastante friável comportando-se como um “pacote arenoso”. Daí até a capa da camada de carvão repete-se o pacote arenítico, neste furo com 11,5 m, já verificado nas atuais frentes de lavra (G, e H)

Conforme a descrição feita por *KREBS, 2019*, “Do ponto de vista estrutural, constatou-se que as rochas areníticas estão bastante alteradas e são frequentemente seccionadas por fraturas verticais ou diagonais. Algumas destas fraturas, bem como testemunhos de arenito apresentam manchas de óleo, fato esse que sugere a proximidade com zona de falha”. Nas atuais frentes de lavra não se visualizam sistemas de fraturas que sejam significativos.

Independente disso, conforme se verifica na descrição do furo 1 representado pelo perfil da figura 12, a seguir, identificamos a existência do mesmo pacote arenítico, mesmo que com pequenas variações de espessura comparados com a área atual.

Conforme contextualizado por *KREBS, (2019)*: “Os trabalhos realizados permitiram verificar que o maciço de cobertura da camada de carvão é constituído por um espesso

pacote de arenitos com espessura média de 10,5 m nas frentes F e G. Na Frente Nova, de acordo com a descrição do furo 1, este pacote possui espessura de 11,5 m. “

Segue perfil estratigráfico do furo 1, setor “frente nova”. (KREBS, 2019)

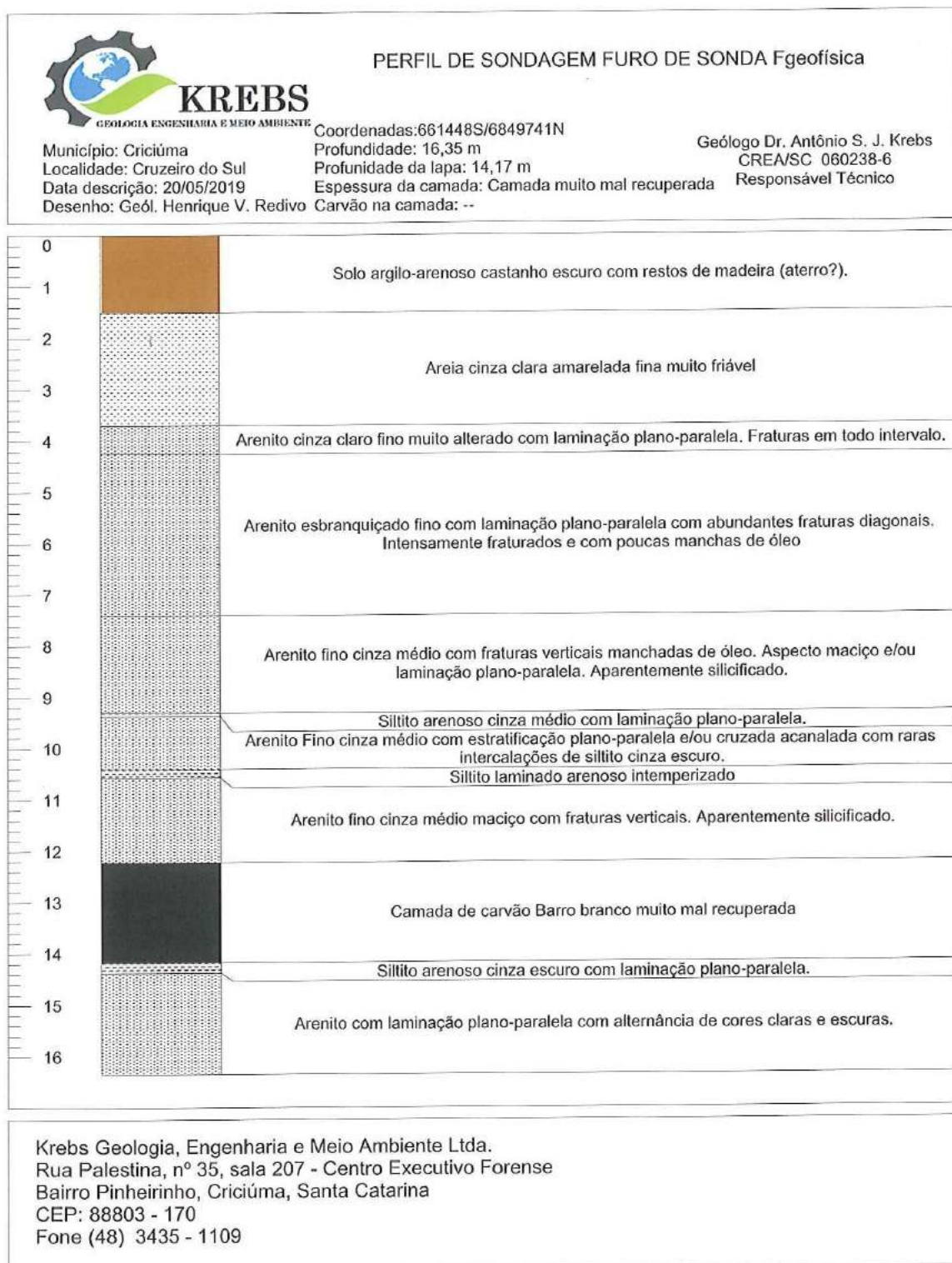


Figura 12: Perfil do furo 1 executado junto ao setor “frente nova”.

Desta forma podemos concluir que existe sim similitude geológica entre as duas áreas e o uso da equação de atenuação desenvolvida, na atual área de lavra, (frentes G, e H) pode ser utilizada para se fazer previsões sísmicas na área “frente nova”. O “pacote” arenítico detonado na área atual, como o que será, na “frente nova” permite afirmar que na área futura, de lavra, teremos as mesmas características sísmicas. Porções superficiais mais alteradas, e a presença de uma maior densidade de fraturas relatadas na descrição do furo 1 não alteram essa situação. Maciços densos, isotrópicos, e não fraturados conduzem melhor a energia sísmica dos que maciços mais alterados. Nesse caso estaríamos a favor da segurança na condução futura, dos desmontes.

6. Planos de Fogo aplicados

Em termos de planos de fogo (PF) aplicados na condução dos trabalhos de monitoramento não houve sugestão específica para alterá-los. O carregamento dos furos, e as ligações de superfície se mantiveram conforme já são utilizados, normalmente, na condução dos desmontes de produção. Houve apenas o posicionamento dos sismógrafos, na “linha de atenuação”, a diferentes distâncias ao longo dos quatro (4) fogos analisados. O anexo 2 contém os planos de fogo aplicados nessas quatro (4) datas em que se realizou este estudo. Acompanham os respectivos sismogramas para cada aparelho utilizado.

O explosivo utilizado, emulsão encartuchada Ibegel AD 2 ¼” x 24” foi utilizado como carga integral, em furos perfurados no diâmetro de 3”, e em malhas de 2,5 m (A) x 5,5 m (E). Foi utilizada perfuração com inclinação média de 5° em alturas de bancadas de 10 m, em média, que corresponderam a espessura de arenito anteriormente comentado posicionado acima da camada barro branco. O comprimento de tampão dimensionado pouco oscilou entre o valor de 1,3 m sendo utilizado brita (3/4”) como material de preenchimento.

Como acessórios foram utilizados tubos de choque de 6,0 m com espera de 250 ms, na coluna (com utilização de cordel NP-10 completando o comprimento do furo) e nas ligações de superfície tubos de choque de 6,0 m com esperas 25 ms, (com “início” no canto da bancada) e 42 ms entre furos (com “início” no meio bancada) da mesma carreira,

e de 84 ms entre carreiras. A tabela 4, a seguir, resume os principais parâmetros dos planos de fogo executados, para os dias monitorados.

Parâmetro	Unidade	08/02/19	19/02/19	13/03/19	22/03/19
Diâmetro Furo (Φ)	(mm)	76,2	76,2	76,2	76,2
Afastamento (A)	(m)	2,5	2,5	2,5	2,5
Espaçamento (E)	(m)	5,5	5,5	5,5	5,5
Tampão (T)	(m)	1,3	1,3	1,3	1,3
Inclinação Furo	($^{\circ}$)	5	5	5	5
Comprimento Furo (L)	(m)	10,2	11,4	8,0	9,7
Carga Máxima por Furo (CMF)	(kg)	37,7	44,2	27,9	33,7
Número Furos por Espera (F/E)	(un.)	2	3	3	2
Carga Máxima por Espera (CME)	(kg)	79,8	132,7	83,7	67,3
Razão Linear Carga (RLC)	(kg/m)	4,23	4,38	4,25	4,01
Número Total de Furos	(un.)	131	195	174	158
Razão de Carga (RC)	(kg/m ³)	0,269	0,282	0,253	0,252

Tabela 4: Principais parâmetros dos planos de fogo executados.

A seguir temos uma visualização das ligações de superfície realizadas nos dias de monitoramento com a indicação no número de furos por espera. Considerou-se que diferenças **menores que 8 ms** entre furos (para retardos de mistos químicos) não são considerados como tempos efetivos de retardamento entre eles, e desta forma diferenças menores que 8 ms indicaram que houve detonação simultânea para esse grupo de furos.

Desmonte 1 – 08/02/19

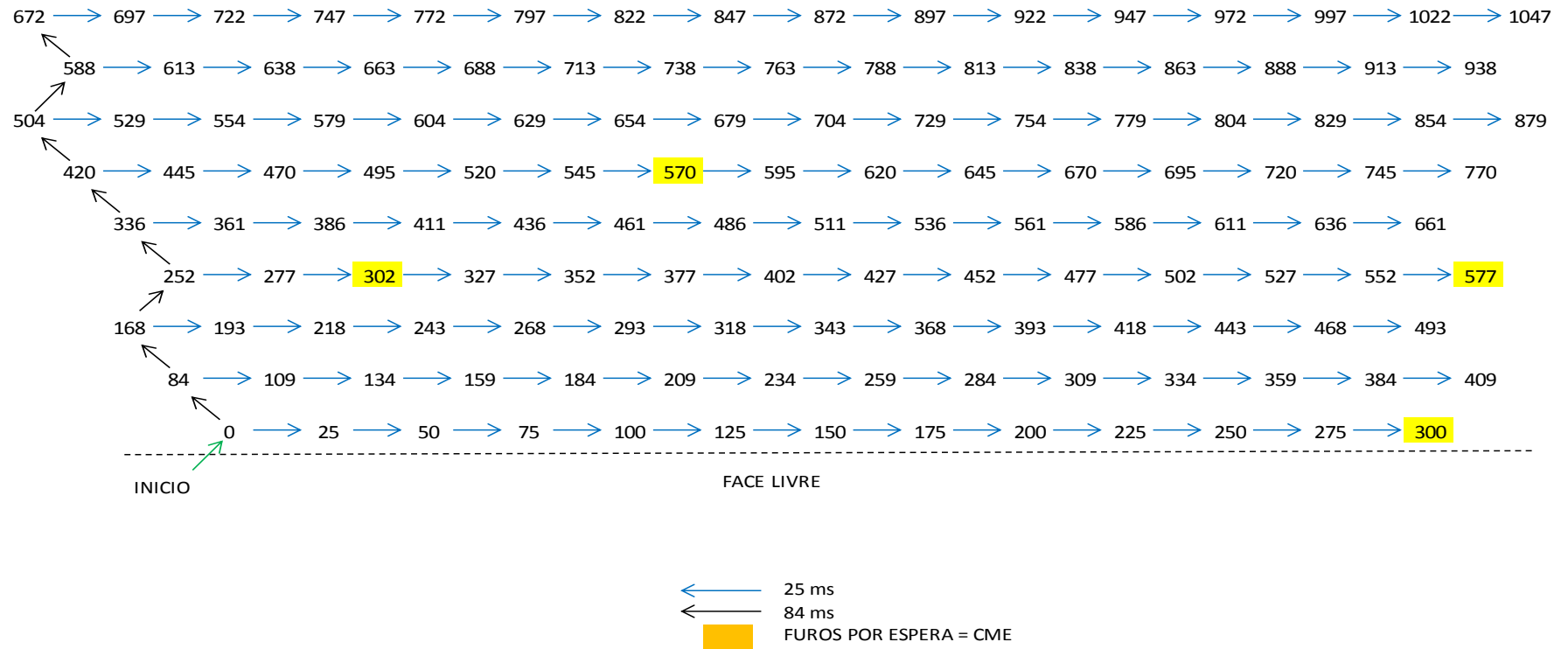


Figura 13: Ligações de superfície aplicadas no desmonte do dia 08/02/19.

Desmonte 2 – 19/02/19

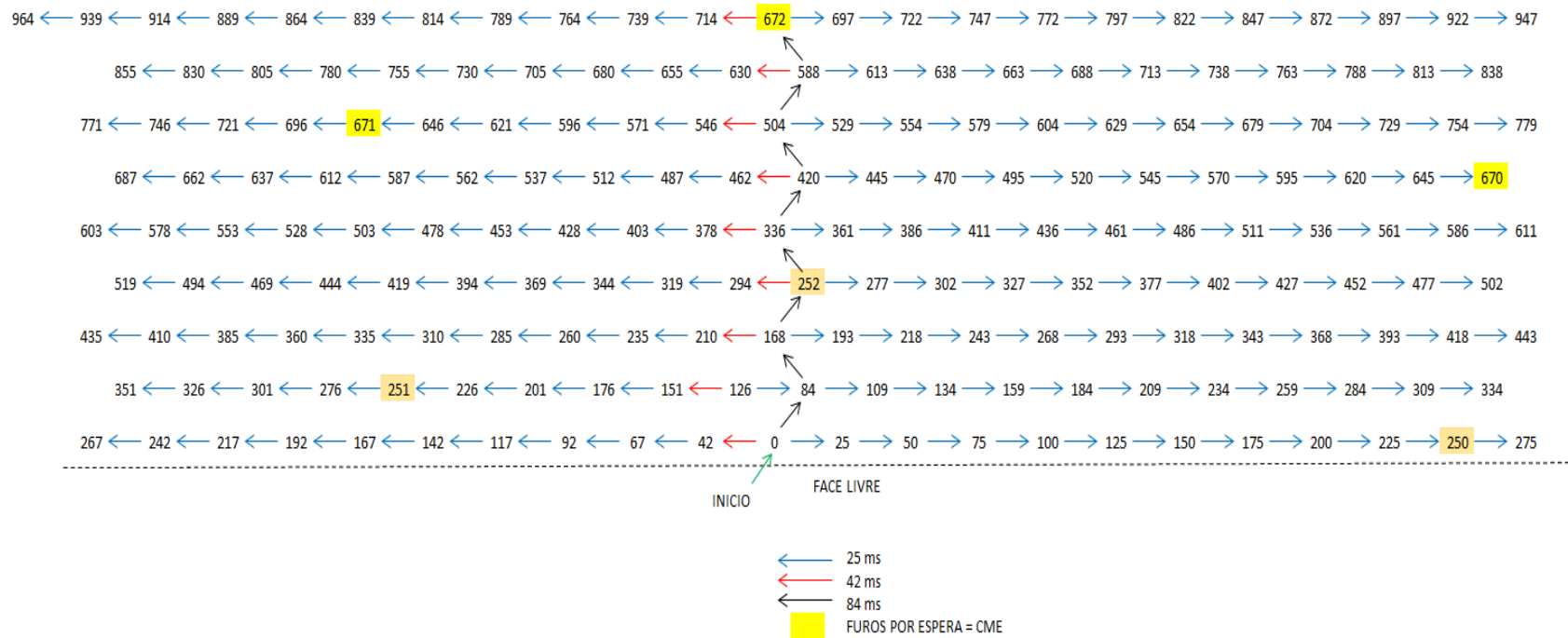


Figura 14: Ligações de superfície aplicadas no desmonte do dia 19/02/19.

Desmonte 3 – 13/03/19

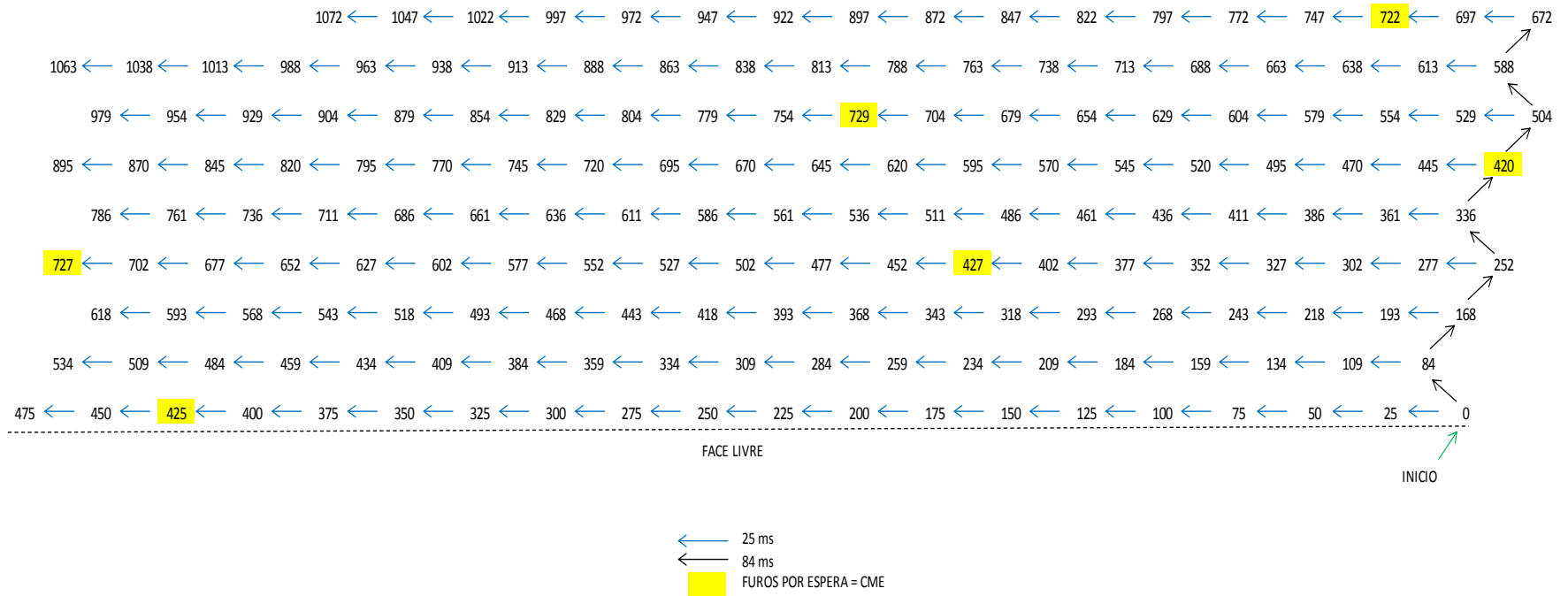


Figura 15: Ligações de superfície aplicadas no desmonte do dia 13/03/19.

Desmonte 4 – 22/03/19

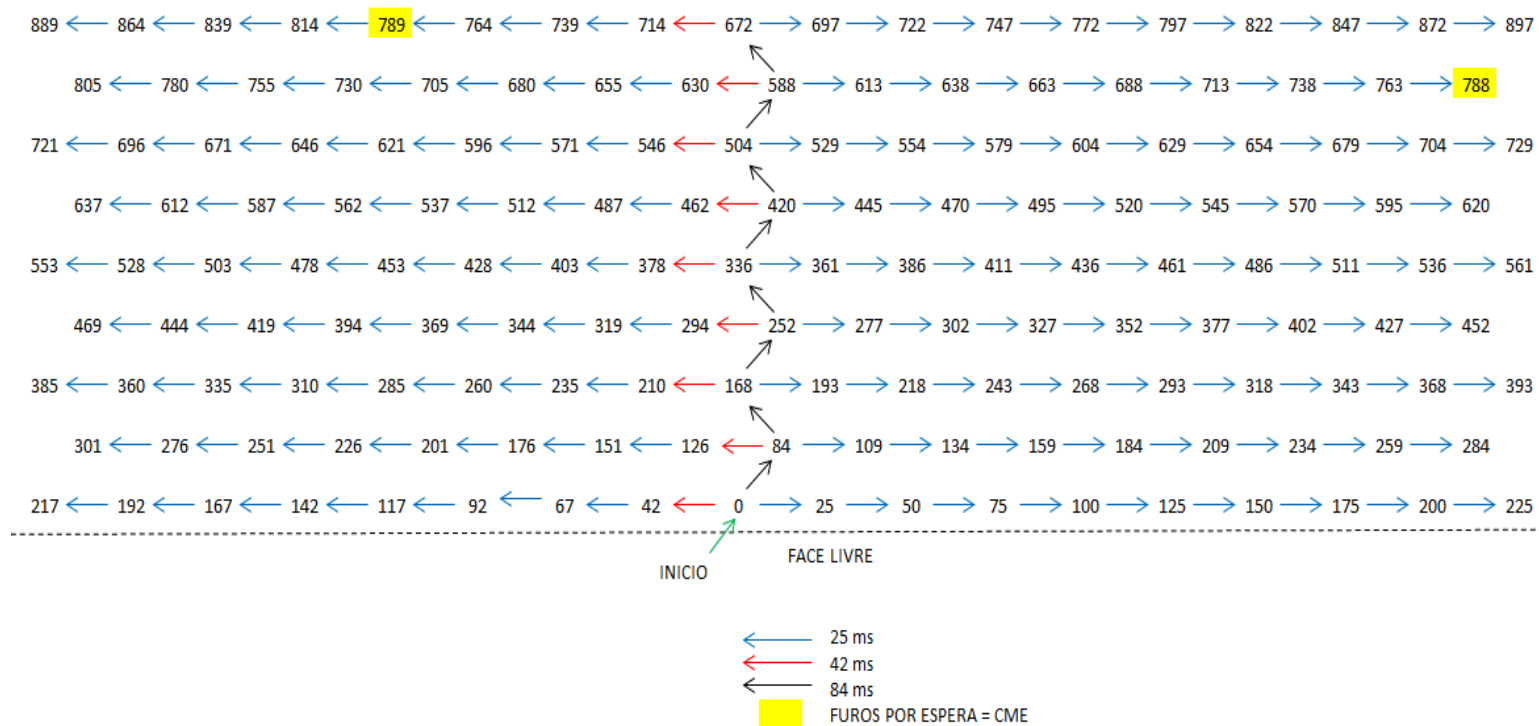


Figura 16: Ligações de superfície aplicadas no desmonte do dia 22/03/19.

7. Resultados obtidos

Conforme metodologias discutidas no item 4, e analisados os parâmetros dos desmontes monitorados, conforme item 6 obteve-se os seguintes resultados que estão sistematizados nas tabelas 5, e 6 a partir da emissão dos respectivos sismogramas para cada aparelho utilizado:

Data	Ponto	NS sismógrafo	Distância (m)	Coordenadas (UTM) Longitude Latitude	
08/02/19	Fogo 1			662139	6850805
	P1	1989	50	662172	6850842
	P2	5697	85	662197	6850866
	P3	5696	107	662197	6850894
	P4	8707	129	662192	6850922
19/02/19	Fogo 2			661588	6851023
	P1	1989	61	661530	6851045
	P2	5696	116	661478	6851061
	P3	5697	212	661384	6851081
13/03/19	Fogo 3			661956	6850901
	P1	1989	102	661959	6850799
	P2	5696	211	661996	6850694
	P3	5697	401	661933	6850501
	P4	5680	468	661933	6850433
	P5	8655	546	662353	6850526
	P6	8707	670	662350	6850359
22/03/19	Fogo 4			662029	6851082
	P1	1989	286	662196	6850851
	P2	5696	544	662404	6850688
	P3	8707	580	662483	6850721

Tabela 5: Informações de localização dos pontos de monitoramento e das detonações. “NS” se refere ao número de série dos sismógrafos utilizados. As coordenadas referidas ao “fogo” representam as coordenadas do centroide da área de detonação.

Data	Hora	Ponto	NS	D (m)	CME (kg)	DE (m/kg ^{1/2})	DEC (m/kg ^{1/3})	VPP (mm/s)	FP (Hz)	PA (dB)	PA (Pa)	DPP (mm)
08/02/19	14:28	P1	1989	50	79,8	5,6	11,6	132,00	15	129	56	1,52
		P2	5697	85	79,8	9,5	19,7	54,40	18,9	123	28	0,63

	P3	5696	107	79,8	12,0	24,9	39,10	15,5	120	20	0,37
	P4	8707	129	79,8	14,4	30,0	24,89	15,2	118	-	0,21
19/02/19 16:39	P1	1989	61	132,7	5,3	12,0	97,50	23,2	130	60	0,91
	P2	5696	116	132,7	10,1	22,7	48,80	12,4	128	48	0,41
	P3	5697	212	132,7	18,4	41,6	15,70	19,6	124	32	0,14
13/03/19 14:35	P1	1989	102	83,7	11,2	23,3	32,50	11,3	127	44	0,46
	P2	5696	211	83,7	23,1	48,2	9,65	18,9	122	24	0,10
	P3	5697	401	83,7	43,8	91,7	5,08	4,7	116	12	0,11
	P4	5680	468	83,7	51,2	107,0	2,92	5,7	110	6	0,09
	P5	8655	546	83,7	59,7	124,8	1,40	6,7	108		0,03
	P6	8707	670	83,7	73,3	153,2	<0,51				0,03
22/03/19 14:08	P1	1989	286	67,3	34,9	70,3	6,99	10	116	12	0,09
	P2	5696	544	67,3	66,3	133,7	1,02	7,7	112	8	0,03
	P3	8707	580	67,3	70,7	142,6	<0,51				

Tabela 6: Resumo dos resultados obtidos, por dia de monitoramento. Os “pontos” representam a posição do sismógrafo, e o seu número de série, SN. A distância (D) informada representa a distância do sismógrafo até o centróide da área detonada. A CME representa a carga máxima por espera considerada para cada desmonte, e a DE a distância escalonada (D/VQ). A DEC a distância escalonada cúbica, VPP a velocidade de partícula de pico, e a sua frequência, FP. PA representa a pressão acústica em decibéis (dB), e em pascais (Pa). Por fim temos o deslocamento de partícula de pico, DPP.

Os valores iniciais, da tabela 6 estão relacionados com a posição dos aparelhos em relação a área de desmonte, (D), e ao desmonte propriamente dito, (CME), (DE), e (DEC), já os valores finais com o resultado do monitoramento sísmico a partir dos respectivos sismogramas emitidos, por aparelho: (VPP), (FP), (PA), e (DPP).

A partir da plotagem (em gráfico log-log) das velocidades de partícula de pico, VPP X DE (DE = distância escalonada, = D/VQ definida pelo critério de Devine conforme prevê a norma ABNT NBR 9653) obteve-se o gráfico da figura 17 abaixo:

GRÁFICO DE ATENUAÇÃO DE ONDAS SÍSMICAS

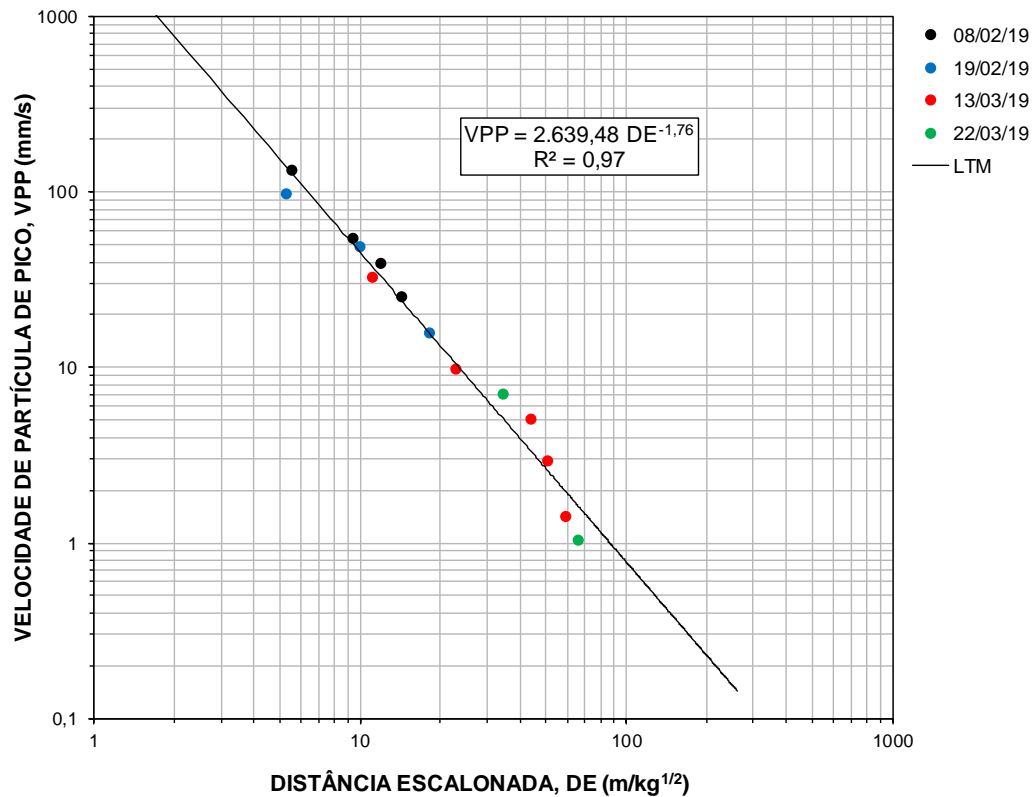


Figura 17: Gráfico da curva de atenuação de ondas gerada a partir da plotagem dos pontos VPP x DE para os dias de monitoramento.

As distâncias informadas na tabela 5 entre os sismógrafos, e o centróide da área de detonação são distâncias planimétricas. Considerou-se que as diferenças altimétricas entre as cotas de posição dos sismógrafos e as cotas das áreas de detonação comparadas com essas distâncias planimétricas não foram significativas.

Da mesma forma que gerada a figura 17, a partir da plotagem (em gráfico log-log) das pressões acústicas, em decibéis, dB x DEc (DEc = distância escalonada cúbica, = $D/(Q)^{1/3}$) obteve-se o gráfico da figura 18 conforme segue:

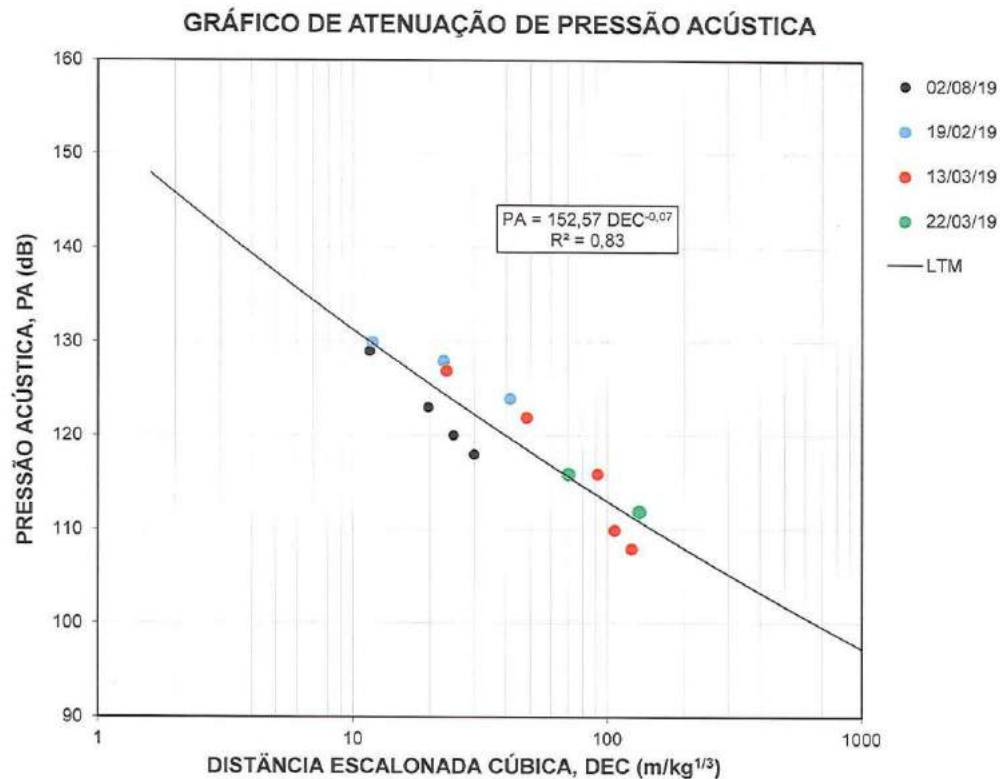


Figura 18: Gráfico da curva de atenuação da pressão sonora a partir da plotagem dos pontos PA x DEC para os dias de monitoramento.

8. Análise e discussão dos resultados

8.1. Vibrações

A modelagem sísmica realizada foi executada através do posicionamento dos sismógrafos preferencialmente “atrás” do desmonte, na direção oposta (ou perpendicular a face da bancada) ao lançamento da rocha detonada. A esse procedimento chamamos de: “Linha de Atenuação”. Para a geração de uma equação de atenuação de onda sísmica com alto nível de correlação, é necessário o monitoramento de diversas detonações (entre 4 e 5 detonações, e que possamos ter em torno de 14 a 20 pontos de monitoramento), obtendo-se, desta forma, uma grande variabilidade estatística de dados, resultando em uma equação com poder preditivo elevado, próximo do real.

A equação de atenuação de onda sísmica é gerada a partir do gráfico de atenuação, onde as velocidades de partícula de pico (VPP), eixo-y, são correlacionadas com as respectivas distâncias escalonadas (DE), eixo-x. A Figura 17, anterior, mostra o gráfico de atenuação de onda sísmica, gerado, no estudo realizado.

A distância escalonada estabelece a correlação entre a carga máxima por espera (CME), definida pelo sequenciamento da detonação (soma das cargas detonadas instantaneamente e/ou dentro de um intervalo de 8 milissegundos), e a distância (D) entre o ponto de monitoramento e a detonação. A utilização da distância escalonada na avaliação dos níveis de vibração permite que detonações de diferentes tamanhos e/ou planos de fogo diferenciados sejam comparadas. A equação utilizada na determinação da distância escalonada tem a forma:

$$DE = \frac{D}{(CME)^{1/2}} \quad (1)$$

E a equação de atenuação é obtida a partir do gráfico de atenuação, através de regressão na função potência, e tem a seguinte forma:

$$VPP = k * DE^{-b} \quad (2)$$

Onde, VPP é a velocidade de partícula de pico, DE a distância escalonada. O fator “k”, representa o valor no qual a reta (linha de tendência) intercepta o eixo-y, quando DE = 1. Já o fator “b” representa a inclinação ou declividade da reta. O fator “k” é uma medida de intensidade da energia sísmica que é transferida para o terreno, e propagada para longe da detonação, estando relacionada ao grau de confinamento da detonação, densidade e energia do explosivo. A inclinação da reta, fator “b”, está associada às variações litológicas e estruturais da geologia local por onde passam as ondas sísmicas e é uma medida de redução das intensidades de vibração com a distância.

O coeficiente de determinação (R^2 , ou coeficiente de correlação linear), apresentado no gráfico da figura 17 representa o quadrado da correlação (r), sendo uma medida do sucesso da estimativa, e indica o grau de proximidade entre os valores estimados pela equação de atenuação, e os registrados, para a variável dependente (VPP). Ou seja, expressa o poder preditivo da equação a qual está associado e é indicativo do “espalhamento dos dados” na “nuvem” de pontos. O coeficiente de correlação (r) determina a relação entre as duas variáveis, sendo uma medida da “força de associação” entre elas. Para equações de atenuação de onda sísmica, o valor do coeficiente de

correlação é “negativo” indicando que, à medida que a distância escalonada aumenta, a velocidade de partícula diminui.

Considera-se que um valor adequado para o coeficiente de determinação (R^2) é que o mesmo esteja acima de 0,75 sendo um indicativo de que os dados apresentam boa correlação e a equação resulta em estimativas de velocidade de partícula de pico próximas dos valores reais observados, em campo. Valores acima de 0,60 são aceitáveis, porém, sendo desejável um maior “refinamento” da equação pela incorporação de novos pontos ou eliminação de pontos divergentes (“outliers”). Valores acima de 0,90 são considerados ótimos, e indicam que os valores estimados pela equação são muito próximos dos valores medidos em campo. No presente estudo, para os 14 pontos considerados, nesta análise, **obtivemos um coeficiente de correlação linear de 0,97** o que nos permitiu considerar que para os 14 pontos considerados (VPP v DE), obtidos em 4 desmontes analisados, a modelagem sísmica poderia ser considerada finalizada.

A equação de atenuação de onda sísmica – linha de tendência mediana, LTM – é utilizada no planejamento das detonações, visto que, a partir dela é possível calcular a carga máxima por espera a ser utilizada em uma detonação, para uma determinada velocidade de vibração de partícula, a qualquer distância da detonação. Esta equação define os valores que representam a linha de tendência mediana, ou o centro da distribuição de dados, dividindo-os ao meio, sendo que 50% dos pontos estão localizados acima da linha de tendência e os demais 50%, abaixo. Estatisticamente, os níveis de vibração resultantes de detonações planejadas a partir dos valores de carga máxima, por espera, (CME) calculados, por esta equação, têm 50% de chance de estar acima ou abaixo da linha de tendência mediana.

Da equação (2) obtivemos, para esse estudo, a equação de atenuação – a qual chamamos de equação “Urussanga” com a seguinte expressão:

$$VPP = 2.639,48 * DE^{-1,76} \quad (3)$$

Com VPP, em mm/s, (milímetros por segundo) e $DE = D/VQ$, em m/kg com D em metros, (m) e Q, em kilos (Kg) a onde D é a distância entre a detonação e o ponto considerado, e Q a carga máxima por espera. A equação (3), também, pode ser escrita na forma:

$$VPP = 2639,48 \times Q^{0,88} \times D^{-1,76} \quad (4)$$

Desta forma pode ser utilizada mais facilmente para o cálculo da velocidade de partícula.

Se a explicitarmos em termos da carga por espera teremos:

$$Q = 0,0001296 \times VPP^{1,1364} \times D^2 \quad (5)$$

Escrita, desta forma, pode ser utilizada mais facilmente para o cálculo da carga máxima por espera para um determinado valor de Velocidade de Partícula, e para uma dada distância considerada.

Por fim se quisermos explicitar a equação (3) em termos da distância teremos:

$$D = 88 \times Q^{0,5} \times VPP^{-0,5682} \quad (6)$$

As equações (4), (5), e (6) representam as opções de estimativas para a velocidade de partícula de pico, VPP, em mm/s; para a carga máxima por espera, Q, em kg; e para a distância D, em metros.

8.2. Pressão acústica

Da mesma forma discutida no item 8.1, anterior, podemos, a partir da equação (2) abaixo:

$$VPP = k * DE^{-b} \quad (2)$$

Determinar, conforme gráfico da figura 18, a curva de atenuação da pressão sonora. O coeficiente de determinação (R^2 ou coeficiente de correlação linear) **obtido foi de 0,83**. A maior dispersão dos pontos, em relação a curva de atenuação sísmica (0,83 x 0,97) está relacionada com as variações das condições de temperatura, umidade do ar, direção, e velocidade dos ventos entre os quatro dias de monitoramento. No dia 19/02/19, no segundo desmonte tivemos, na hora da detonação, forte precipitação. Por outro lado essas condições exprimem as variações climáticas que ocorrem no dia a dia. De qualquer forma a previsibilidade da equação de atenuação da pressão sonora é muito boa e permite, se necessário, calcular-se a pressão sonora como fator resultante da distância, e da carga máxima por espera aplicada, no desmonte.

Da equação (2) obtivemos, para esse estudo, a equação de atenuação da pressão sonora, a qual já chamamos de equação “Urussanga” agora explicitada com a seguinte expressão:

$$PA = 152,57 * DEC^{-0,07} \quad (7)$$

Com PA, em decibéis (dB) e $DEC = D/Q^{1/3}$, com D em metros,(m) e Q em Kilos (kg) a onde D é a distância entre a detonação e o ponto considerado, e Q a carga máxima por espera. A equação (7), também, pode ser escrita na forma:

$$PA = 152,57 \times Q^{0,02333} \times D^{-0,07} \quad (8)$$

A opção pelo uso da distância escalonada cúbica, DEC foi realizada em função da melhor correlação (R^2) obtida.

8.3. Uso das equações

A previsibilidade para os fatores: Velocidade de partícula de pico, (VPP) carga máxima por espera (Q), e distância, (D) pode ser feita pelas equações (4), (5), e (6). Uma aplicação prática do seu uso é representada pela tabela 7, a seguir, que indica a carga por espera que se deve aplicar, em um determinado desmonte, para vários valores de velocidade de partícula, e vários valores de distâncias decorrentes do estudo sísmico realizado.

D (m)	VPP (mm/s)						
	5	7,5	10	15	20	25	50
50	2,0	3,2	4,4	7,0	9,8	12,6	27,6
100	8,1	12,8	17,8	28,1	39,0	50,3	110,6
150	18,2	28,8	39,9	63,3	87,8	113,2	248,8
200	32,3	51,2	71,0	112,6	156,1	201,2	442,2
250	50,5	80,0	111,0	175,9	243,9	314,3	691,0
300	72,7	115,2	159,8	253,3	351,3	452,7	995,0
350	98,9	156,8	217,5	344,8	478,1	616,1	1354,4
400	129,2	204,9	284,1	450,3	624,5	804,7	1769,0
500	201,9	320,1	443,9	703,7	975,7	1257,4	2764,0

Tabela 7: Valores de carga máxima por espera para vários valores de velocidade de partícula, VPP, distâncias, D. conforme modelagem sísmica realizada.

9. Considerações finais

A equação de atenuação de onda sísmica local – Equação “Urussanga” – apresentada neste estudo deve ser considerada com ferramenta importante para se desenvolver o planejamento dos desmontes futuros principalmente quando os mesmos forem conduzidos em zonas próximas a edificações de terceiros como no caso do avanço de lavra próximo a vila Santana, no setor “Frente Nova”.

Sugerimos, no futuro, a incorporação de novos pontos de dados (VPP x DE) aos já coletados, neste estudo, de maneira a aumentar-se a variabilidade estatística e poder preditivo, desta equação.



Marcelo Bento Kops

Eng. Minas
CREA RS 70.841 / ISEE 201300122
Setemi Ltda



Dr. Vitor Luconi Rosenhaim

Eng. Minas
CREA RS 130897 / ISEE 200501576
Sísmica Engenharia Ltda

10. Bibliografia consultada

- **Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.** NBR 9653 Revisão ABNT 2018,— Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. 3º Edição, 16 pg.
- **Geosonics Inc.** SSU 2000/3000 DK Micro-Seismograph Analysis Software. Manual de Operação.
- **White Industrial Seismology.** Seismograph Data Analysis Software, version 12.0.0.108
- **Krebs, A.S.J ; Redivo, H.V. 2019.** Caracterização geológica do maciço de cobertura da camada Barro Branco nas frentes de lavra localidade de Santana – Urussanga Minérios. 17 pg.

11. Anexos



A N E X O 1

Mapas de Modelagem Sísmica

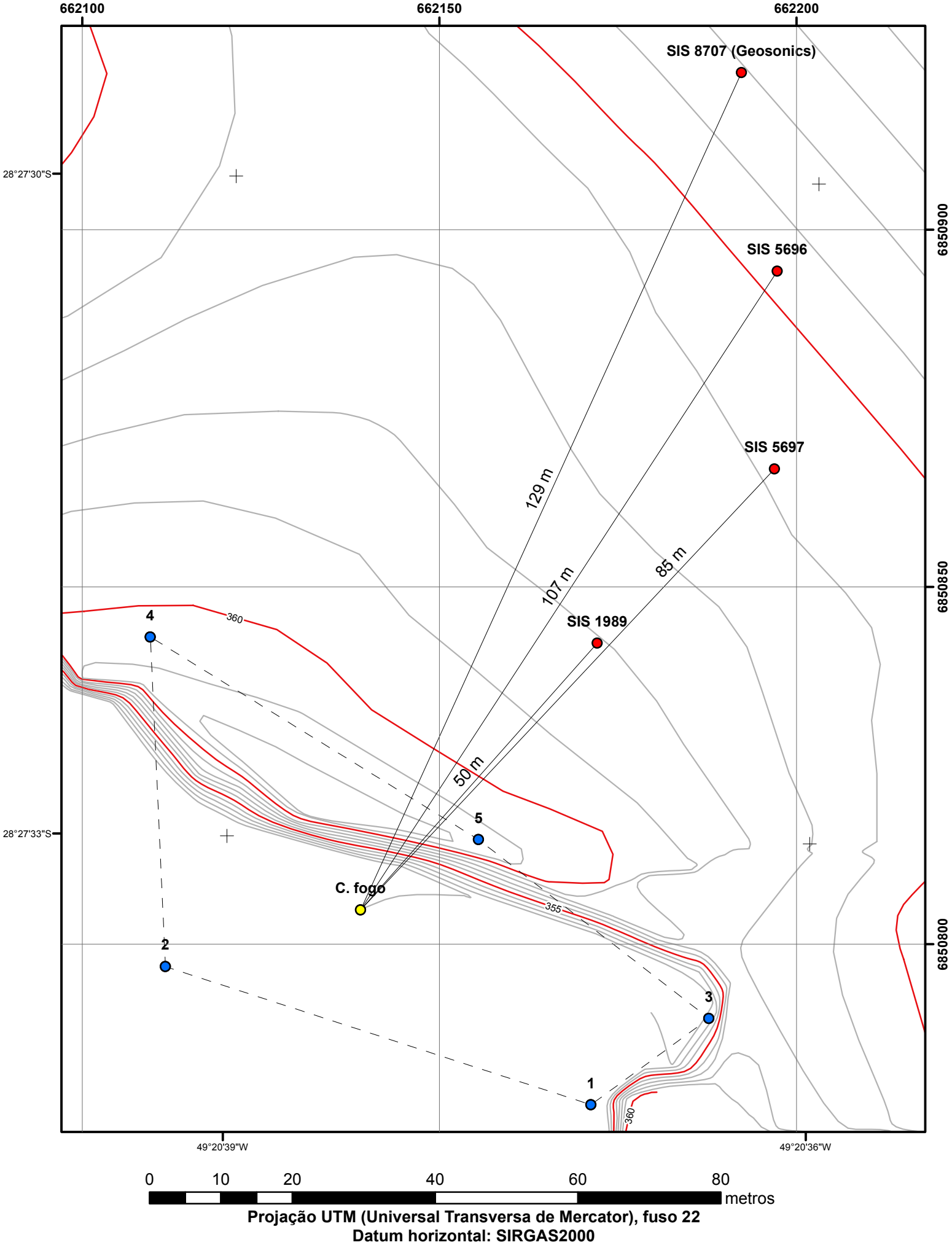
Desmonte 1 – 08/02/2019, planta 1/5

Desmonte 2 – 19/02/2019, planta 2/5

Desmonte 3 – 13/03/2019, planta 3/5

Desmonte 4 – 22/03/2019, planta 4/5

Mapa de localização da Modelagem Sísmica e futura
área de Lavra, planta 5/5



Ident.	Latitude	Longitude	Norte UTM22S	Leste UTM22S
1	-28,459500	-49,343667	6850777,520	662171,217
2	-28,459333	-49,344278	6850796,849	662111,640
3	-28,459389	-49,343500	6850789,594	662187,740
4	-28,458917	-49,344306	6850842,983	662109,533
5	-28,459167	-49,343833	6850814,643	662155,470
C. fogo	-28,459258	-49,344000	6850804,785	662138,978
SIS 1989	-28,458917	-49,343667	6850842,121	662172,108
SIS 5697	-28,458694	-49,343417	6850866,494	662196,929
SIS 5696	-28,458444	-49,343417	6850894,196	662197,311
SIS 8707 (Geosonics)	-28,458194	-49,343472	6850921,972	662192,307
Sistema de Referência		Datum horizontal SIRGAS 2000 Projeção UTM 22 Sul		

LEGENDA

- Centróide - área do desmonte
- Pontos de monitoramento
- Vértices - área do desmonte
- Área do desmonte
- Curvas intermediárias
- Curvas mestras



Serviços Técnicos para
Mineração e Engenharia

Av. Cavallhada Nº 2776 Conj 9002 - Bairro Cavallhada
Fone/Fax: (51) 3241-5079 - CEP 917400-000 - Porto Alegre - RS
email: marcelo@setemi.com.br

Projeto

Modelagem Sísmica

Assunto

Planta da Área de Desmonte e Pontos de Monitiramento
Data do Fogo 08/02/2019 - Frente H

Responsável Técnico

Marcelo Bento Kops
CREA / RS 70841

Interessado

Urussanga Minérios Ltda

Prancha

01

Total

05

Local

Urussanga/SC

Escala

1:650

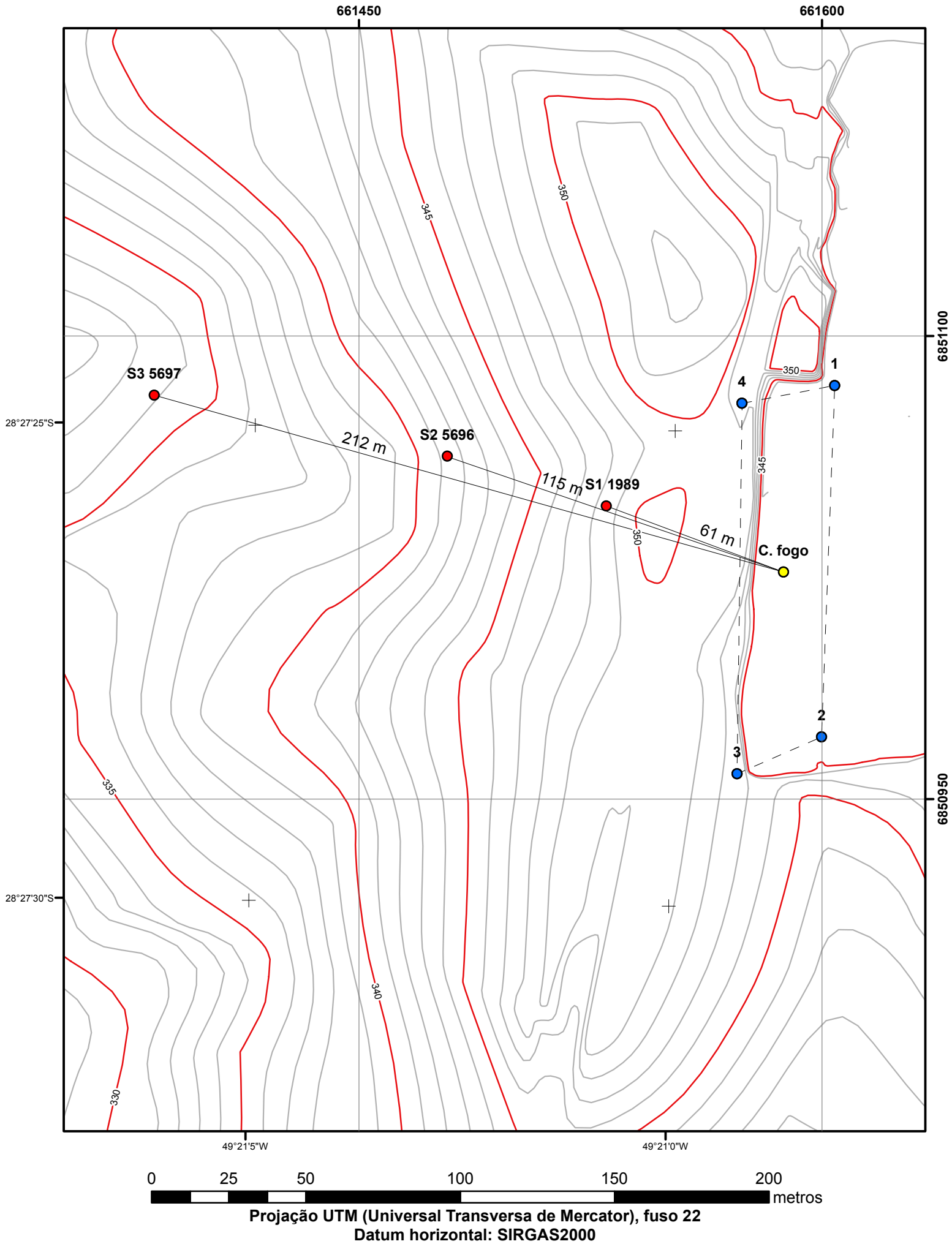
Data

21/03/2019

Desenho

Guilherme

Visto



Ident.	Latitude	Longitude	Norte UTM22S	Leste UTM22S
1	-28,456806	-49,349500	6851083,942	661604,122
2	-28,457833	-49,349528	6850970,094	661599,838
3	-28,457944	-49,349806	6850958,155	661572,467
4	-28,456861	-49,349806	6851078,197	661574,115
C. fogo	-28,457353	-49,349661	6851023,498	661587,523
S1 1989	-28,457167	-49,350250	6851044,937	661530,128
S2 5696	-28,457028	-49,350778	6851061,036	661478,655
S3 5697	-28,456861	-49,351750	6851080,810	661383,702
Sistema de Referência		Datum horizontal SIRGAS 2000		
		Projeção UTM 22 Sul		

LEGENDA

- Centróide - área do desmonte
- Vértices - área do desmonte
- Pontos de monitoramento
- Área do desmonte
- Curvas intermediárias
- Curvas mestras



Serviços Técnicos para
Mineração e Engenharia

Av. Cavallhada Nº 2776 Conj 9002 - Bairro Cavallhada
Fone/Fax: (51) 3241-5079 - CEP 917400-000 - Porto Alegre - RS
email: marcelo@setemi.com.br

Prancha

02

Total

05

Projeto

Modelagem Sísmica

Assunto

Planta da Área de Desmonte e Pontos de Monitiramento
Data do Fogo 19/02/2019 - Frente G

Responsável Técnico

Marcelo Bento Kops
CREA / RS 70841

Interessado

Urussanga Minérios Ltda

Local

Urussanga/SC

Escala

1:1.500

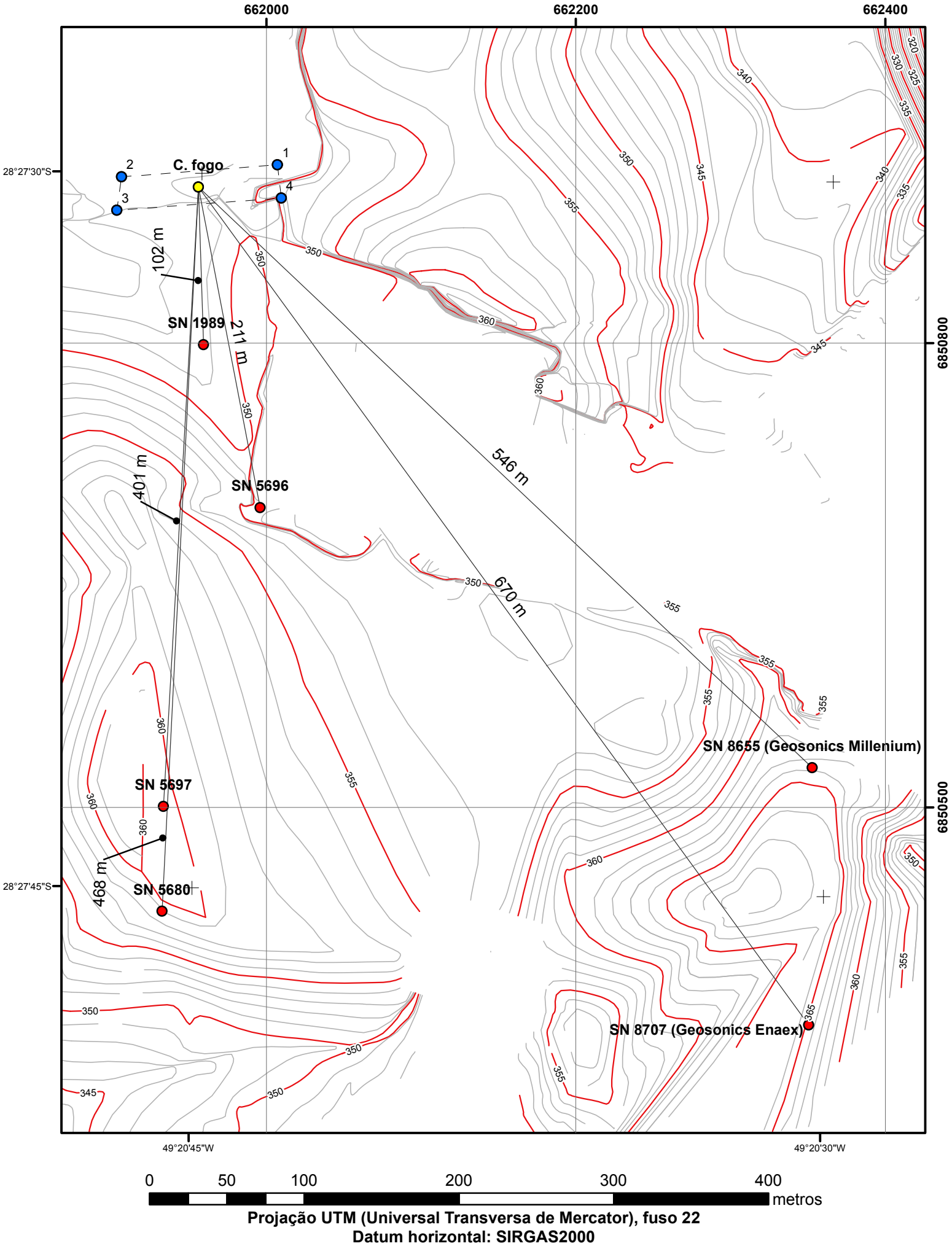
Data

21/03/2019

Desenho

Guilherme

Visto



Ident.	Latitude	Longitude	Norte UTM22S	Leste UTM22S
1	-28,458278	-49,345361	6850915,237	662007,186
2	-28,458361	-49,346389	6850907,388	661906,413
3	-28,458556	-49,346417	6850885,879	661903,397
4	-28,458472	-49,345333	6850893,653	662009,610
C. fogo	-28,458415	-49,345881	6850900,779	661956,072
SN 1989	-28,459333	-49,345833	6850798,909	661959,334
SN 5696	-28,460278	-49,345444	6850693,733	661995,975
SN 5697	-28,462028	-49,346056	6850500,643	661933,464
SN 5680	-28,462639	-49,346056	6850432,927	661932,533
SN 8655 (Geosonics Millenium)	-28,461750	-49,341778	6850525,651	662352,780
SN 8707 (Geosonics Enaex)	-28,463250	-49,341778	6850359,439	662350,486
Sistema de Referência		Datum horizontal SIRGAS 2000		
		Projeção UTM 22 Sul		

LEGENDA

- Centróide - área do desmonte
- Vértices - área do desmonte
- Pontos de monitoramento
- Área do desmonte
- Curvas intermediárias
- Curvas mestras

Serviços Técnicos para
Mineração e Engenharia

Av. Cavallhada Nº 2776 Conj 9002 - Bairro Cavallhada
Fone/Fax: (51) 3241-5079 - CEP 917400-000 - Porto Alegre - RS
email: marcelo@setemi.com.br

Prancha

03

Total

05

Projeto

Modelagem Sísmica

Local

Urussanga/SC

Assunto

Planta da Área de Desmonte e Pontos de Monitiramento
Data do Fogo 13/03/2019 - Frente G

Escala

1:3.000

Data

21/03/2019

Responsável Técnico

Marcelo Bento Kops
CREA / RS 70841

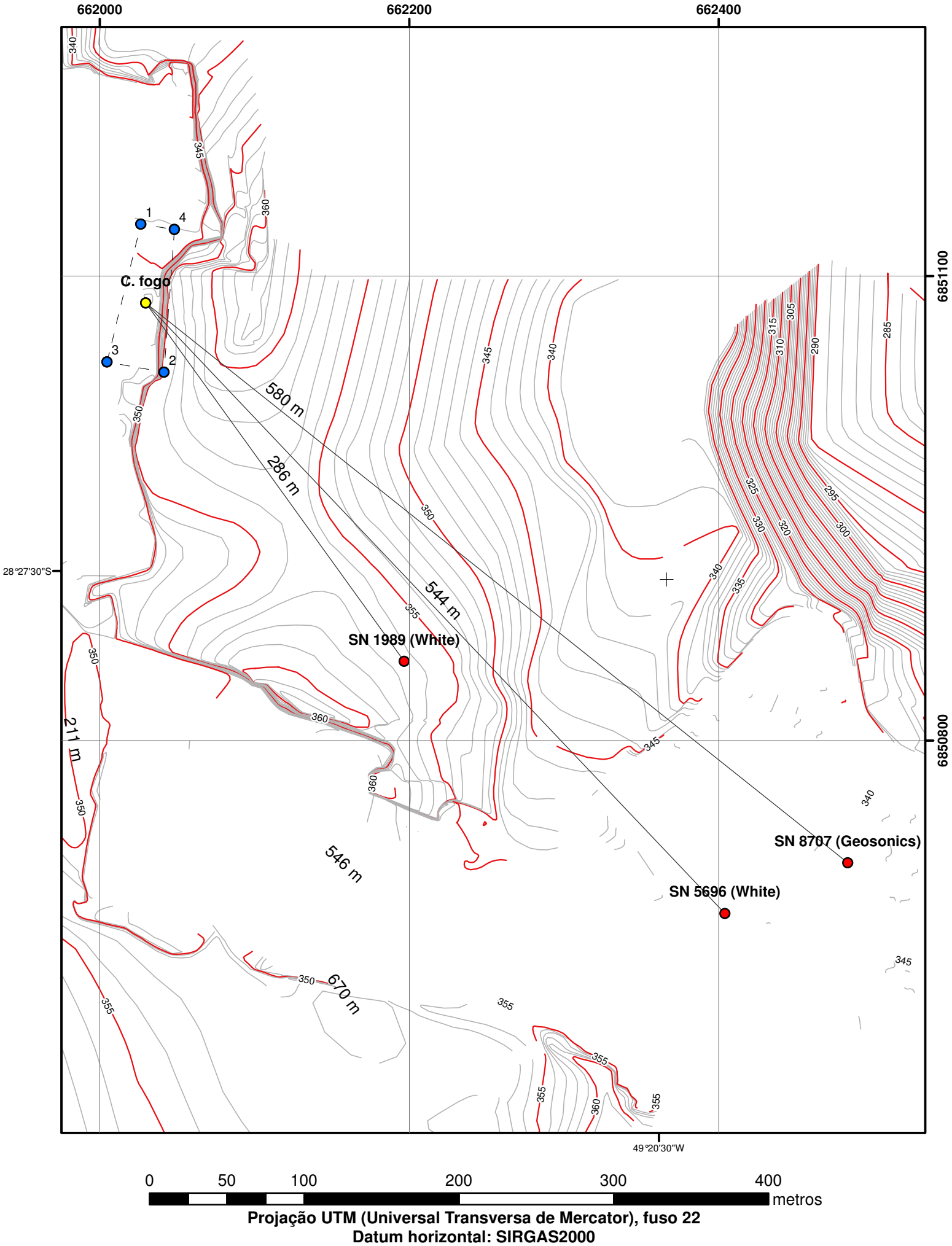
Interessado

Urussanga Minérios Ltda

Desenho

Visto

Guilherme



Ident.	Latitude	Longitude	Norte UTM22S	Leste UTM22S
1	-28,456306	-49,345194	6851133,550	662026,516
2	-28,457167	-49,345028	6851037,907	662041,523
3	-28,457111	-49,345405	6851044,572	662004,668
4	-28,456333	-49,344972	6851130,172	662048,235
C. fogo	-28,456765	-49,345155	6851082,586	662029,678
SN 1989 (White)	-28,458833	-49,343417	6850851,054	662196,749
SN 5696 (White)	-28,460278	-49,341278	6850688,109	662403,992
SN 8707 (Geosonics)	-28,459972	-49,340472	6850720,879	662483,343
Sistema de Referência			Datum horizontal SIRGAS 2000	
			Projeção UTM 22 Sul	

LEGENDA

- Centróide - área do desmonte
- Vértices - área do desmonte
- Pontos de monitoramento
- Área do desmonte
- Curvas intermediárias
- Curvas mestras



Serviços Técnicos para
Mineração e Engenharia

Av. Cavallhada Nº 2776 Conj 9002 - Bairro Cavallhada
Fone/Fax: (51) 3241-5079 - CEP 917400-000 - Porto Alegre - RS
email: marcelo@setemi.com.br

Projeto	Modelagem Sísmica
---------	-------------------

Assunto	Planta da Área de Desmonte e Pontos de Monitiramento Data do Fogo 22/03/2019 - Frente G
---------	--

Responsável Técnico	Marcelo Bento Kops CREA / RS 70841
---------------------	---------------------------------------

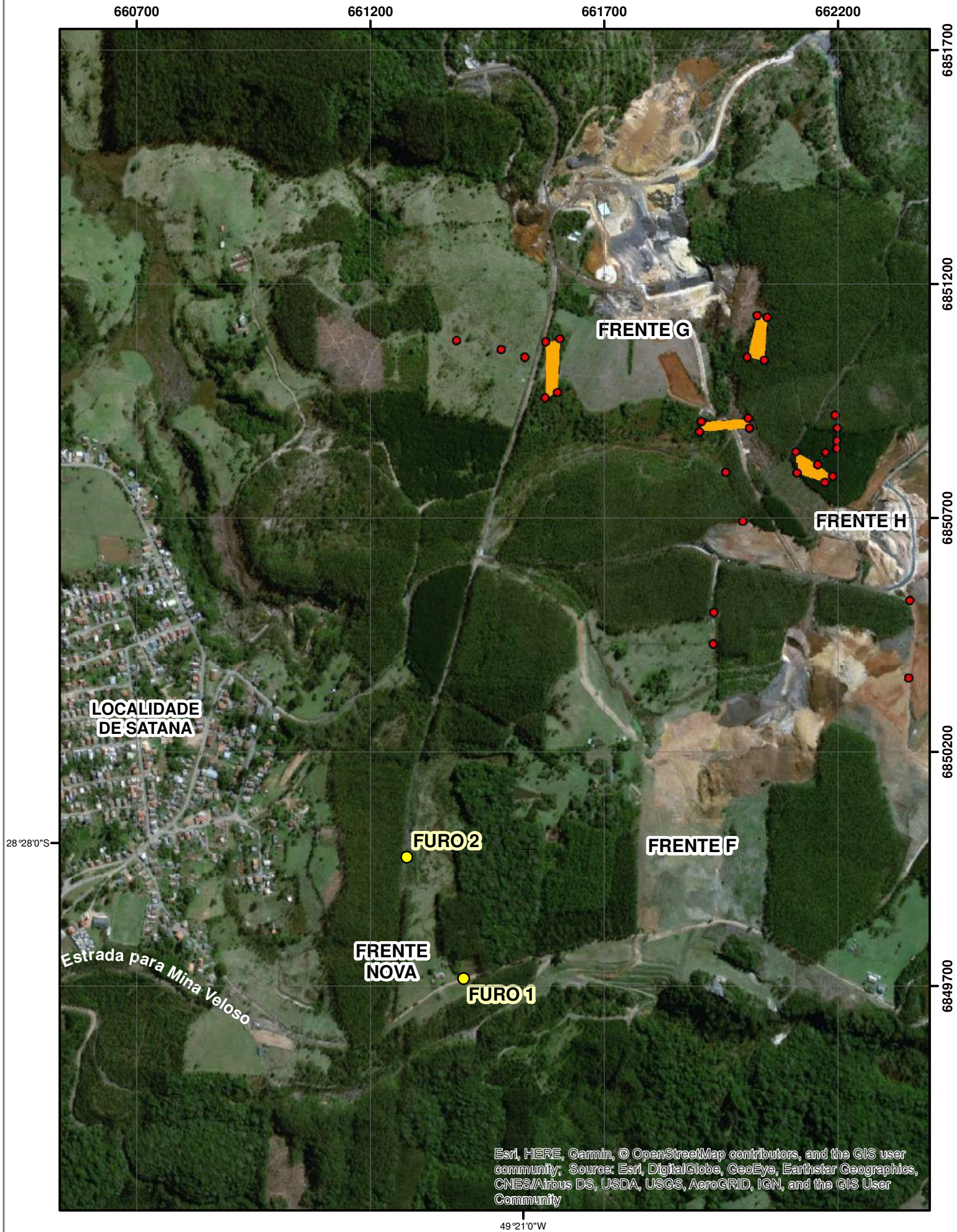
Interessado	Urussanga Minérios Ltda
-------------	-------------------------

Prancha	04
Total	05

Local	Urussanga/SC
-------	--------------

Escala	Data
1:3.000	26/03/2019

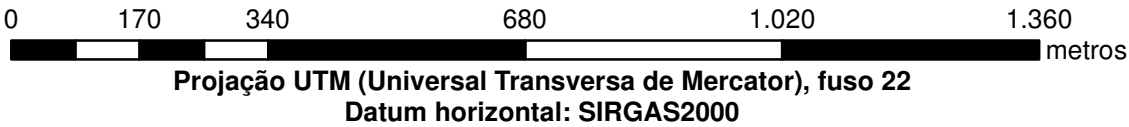
Desenho	Visto
Guilherme	



LEGENDA

- pontos de monitoramento sísmico
- ponto perfil estatigráfico
- Área do desmonte

* Planta adaptada de - Krebs GEOLOGIA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE
Resp. Técnico: Geólogo Antônio S. J. Krebs



<div><div>Serviços Técnicos para Mineração e Engenharia</div></div> <div>Av. Cavallhada Nº 2776 Conj 9002 - Bairro Cavallhada Fone/Fax: (51) 3241-5079 - CEP 917400-000 - Porto Alegre - RS email: marcelo@setemi.com.br</div>		Prancha	
		05	
Projeto		Total	
		05	
Assunto		Local	
		Urussanga/SC	
Mapa de Localização da Modelagem Sísmica e Futura Área de Lavra		Escala	Data
		1:10.000	04/07/2019
Responsável Técnico		Desenho	Visto
Marcelo Bento Kops CREA / RS 70841		Guilherme Torres	
Interessado		Urussanga Minérios Ltda	



A N E X O 2

Sismogramas e Planos de Fogo



Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: s1989001.dtb
Number: 001
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 08/02/2019 02:28:00
SN: 1989
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 126,0 dB
Voltage: 6,5

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 65,0 mm/s

R: 65,0 mm/s @ 15,0 Hz (0,611 s)

V: 59,9 mm/s @ 28,4 Hz (0,765 s)

T: 65,0 mm/s @ 15,5 Hz (0,504 s)

A: 128,9 dB @ 34,1 Hz (0,513 s)

Last Calibration Date: 04/12/2003

Graph Information

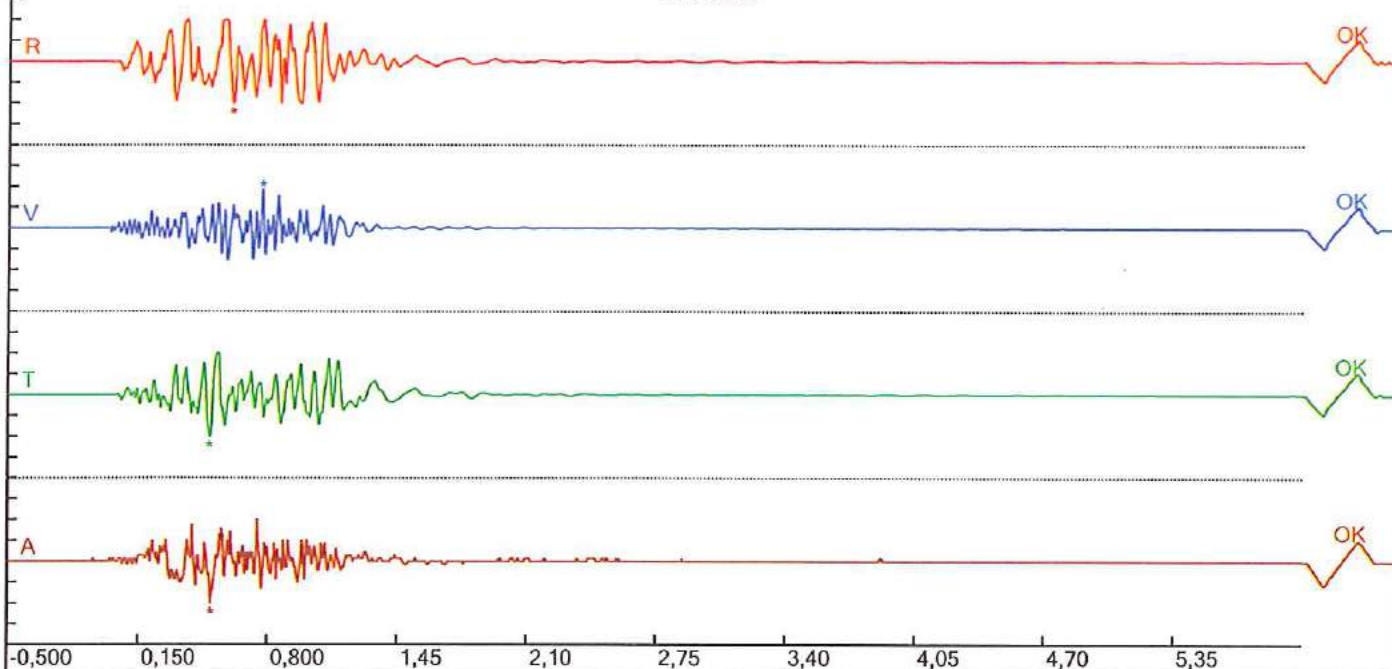
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,278 Mb/div

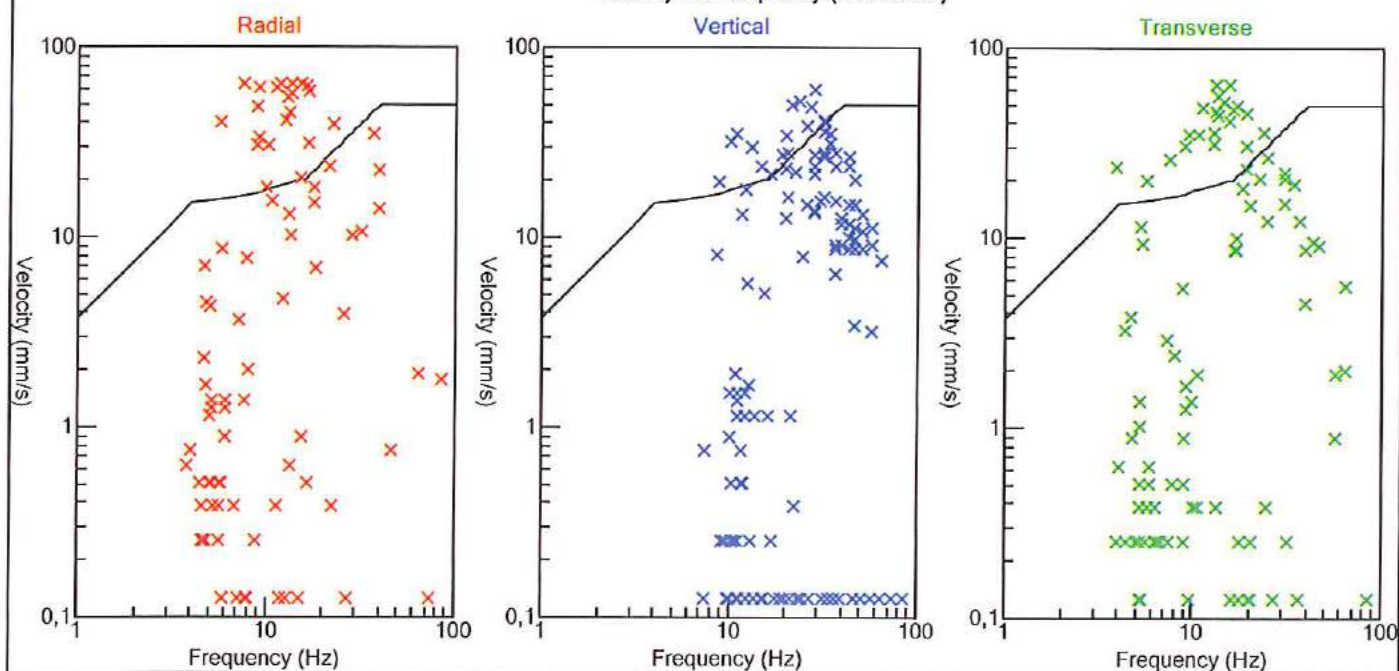
Seismic Scale: 32,5 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)



Cliente: URUSSANGA MINÉRIOS
Bancada:
Coordenadas (UTM): 662155 6850817
Local Sismógrafo: P1 - LINHA DE ATENUAÇÃO
Coordenadas (UTM): 662172 6850842
Distância (m): 30
CME (kg): 80

Obs: geofone saturou devido ao nível de vibração ser superior a escala máxima definida para a medição.
Valor de VPP estimada em 132 mm/s para a componente Longitudinal

Data Calibração: 19/10/2018
Certificado No.: 1810-092 (REMESP)

File: s1989001.dtb
Number: 001
Date and Time: 08/02/2019 14:28:00
SN: 1989
Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
Air Trigger: 126 dBL
Sample Rate: 1024
Duration: 6 Seconds
Pre-Trigger: 0,5 Second
Seismic Range: 63,5 ir/s
Acoustic Range: 148 dBL
Gain: 2,0x
Voltage: 6,50

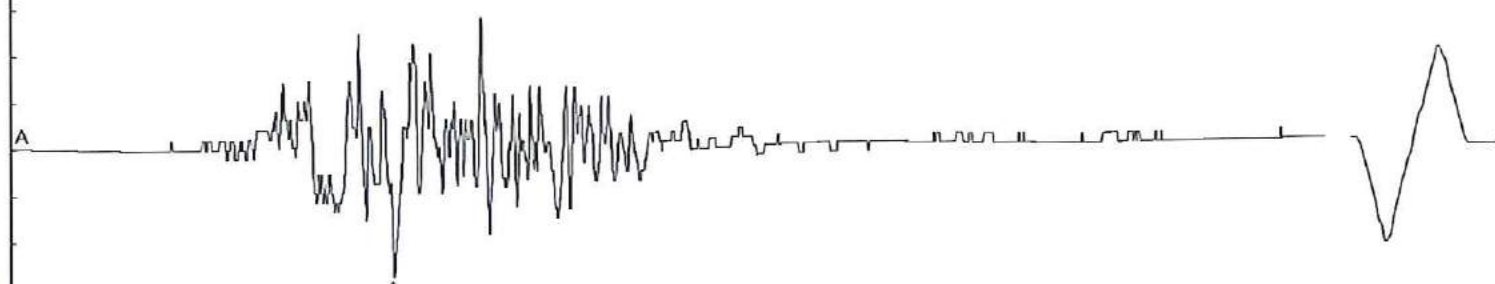
Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 65,0 mm/sec (0,6113 sec)
Acoustic: 129 dBL 0,560 Mb 56,0 Pa @ 34,1 Hz (0,5127 sec)
Radial: 65,0 mm/sec @ 15,0 Hz (0,6113 sec)
Vertical: 59,9 mm/sec @ 28,4 Hz (0,7646 sec)
Transverse: 65,0 mm/sec @ 15,5 Hz (0,5039 sec)
Displacement: 1,52 mm
Acceleration: 1,51 g's

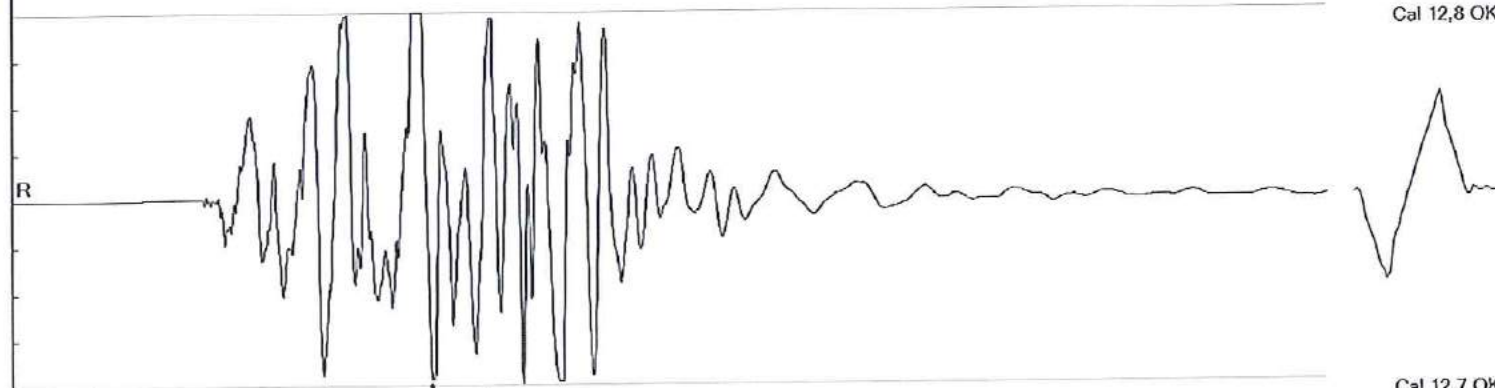
Graph Information

Duration: -0,500 s To: 3,000 s
Acoustic Scale: 132 dBL
Seismic Scale: 66,0 mm/sec (16,5 mm/sec/div)
Time Intervals: 0,50 sec

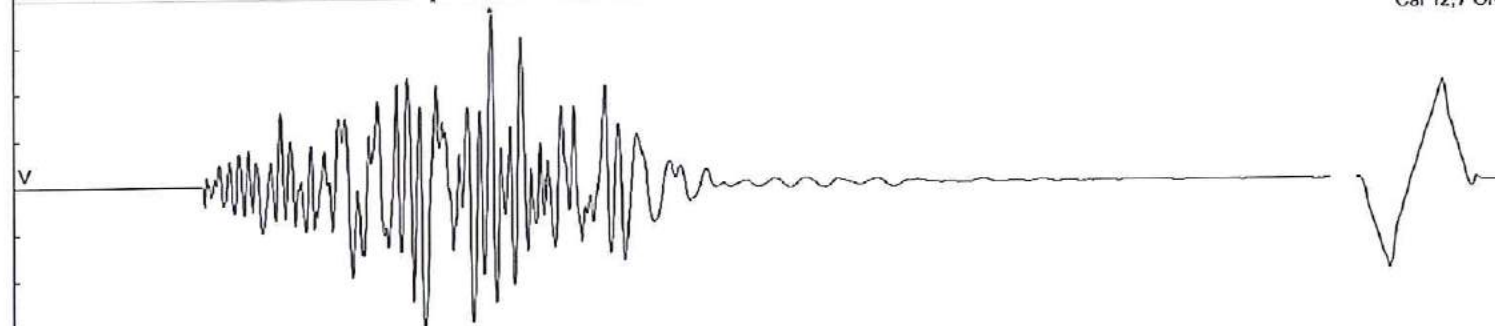
Cal 1,04 OK



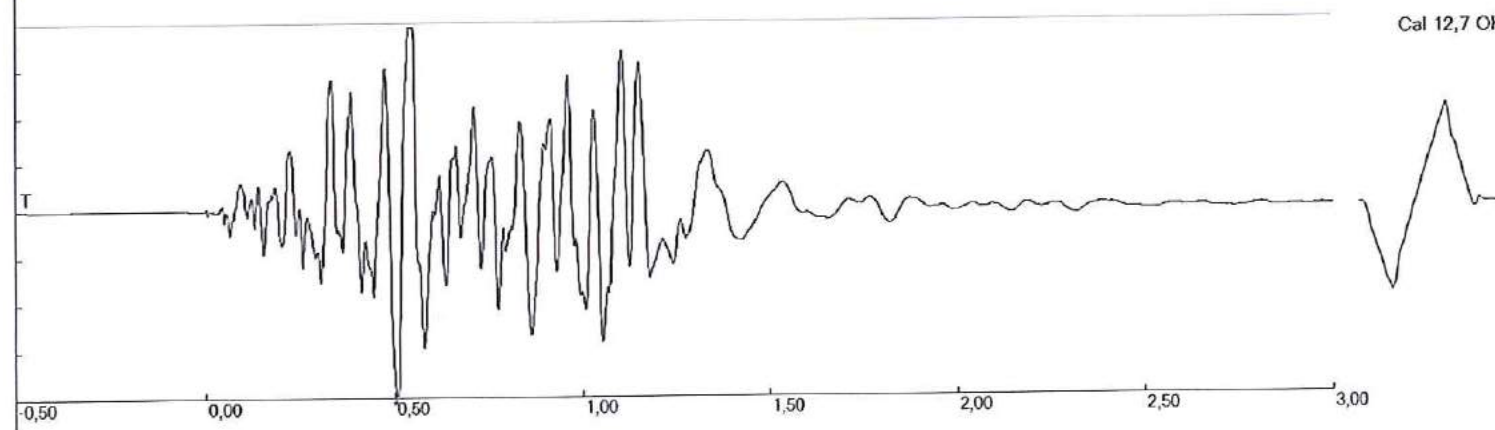
Cal 12,8 OK



Cal 12,7 OK



Cal 12,7 OK





Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: s5696002.dtb
Number: 002
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 08/02/2019 02:28:00
SN: 5696
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 120,0 dB
Voltage: 6,4

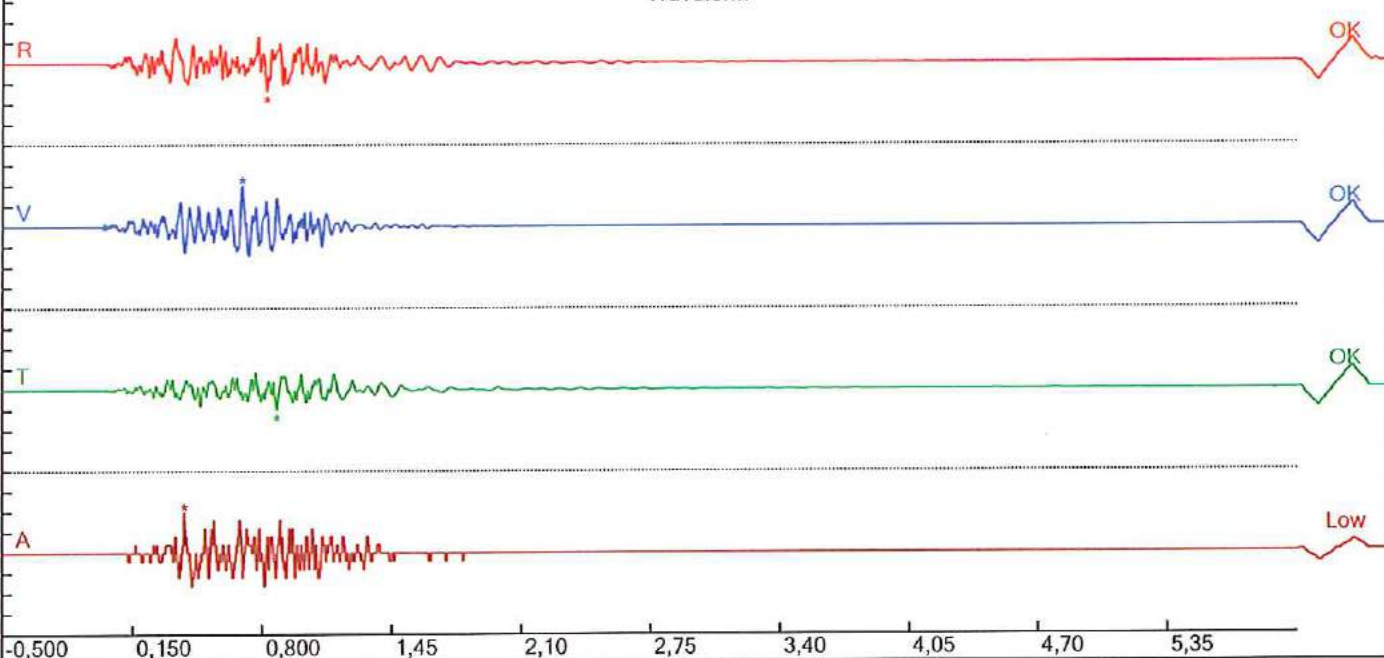
Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 39,1 mm/s
R: 26,9 mm/s @ 17,0 Hz (0,822 s)
V: 39,1 mm/s @ 15,5 Hz (0,698 s)
T: 18,8 mm/s @ 19,6 Hz (0,872 s)
A: 114,0 dB @ 25,6 Hz (0,408 s)
Last Calibration Date: 21/11/2018

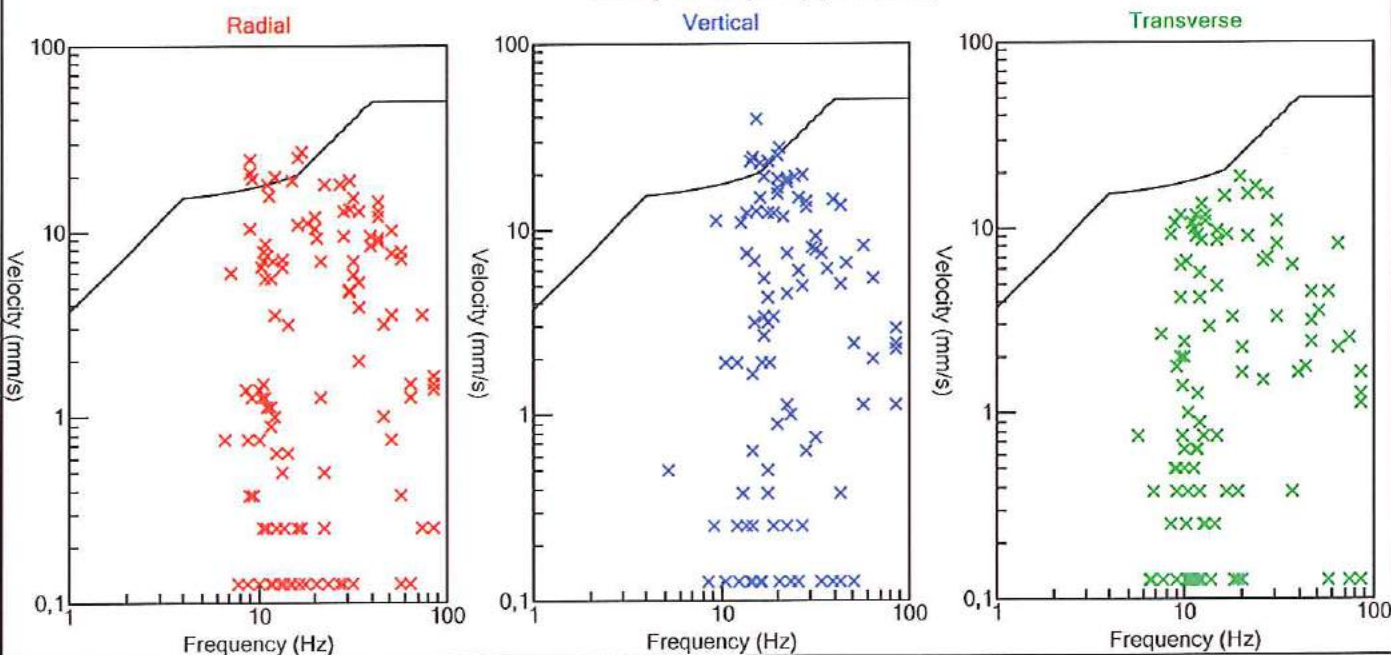
Graph Information

Time Range: -0,500 s to 6,00 s
Acoustic Scale: 0,0500 Mb/div
Seismic Scale: 19,6 mm/s/div
Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)





Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: s5697002.dtb
Number: 002
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 08/02/2019 02:28:00
SN: 5697
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 122,9 dB
Voltage: 6,3

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 54,4 mm/s

R: 54,4 mm/s @ 18,9 Hz (0,559 s)

V: 37,1 mm/s @ 14,6 Hz (0,699 s)

T: 35,6 mm/s @ 17,0 Hz (0,535 s)

A: 122,9 dB @ 16,5 Hz (0,375 s)

Last Calibration Date: 13/09/2013

Graph Information

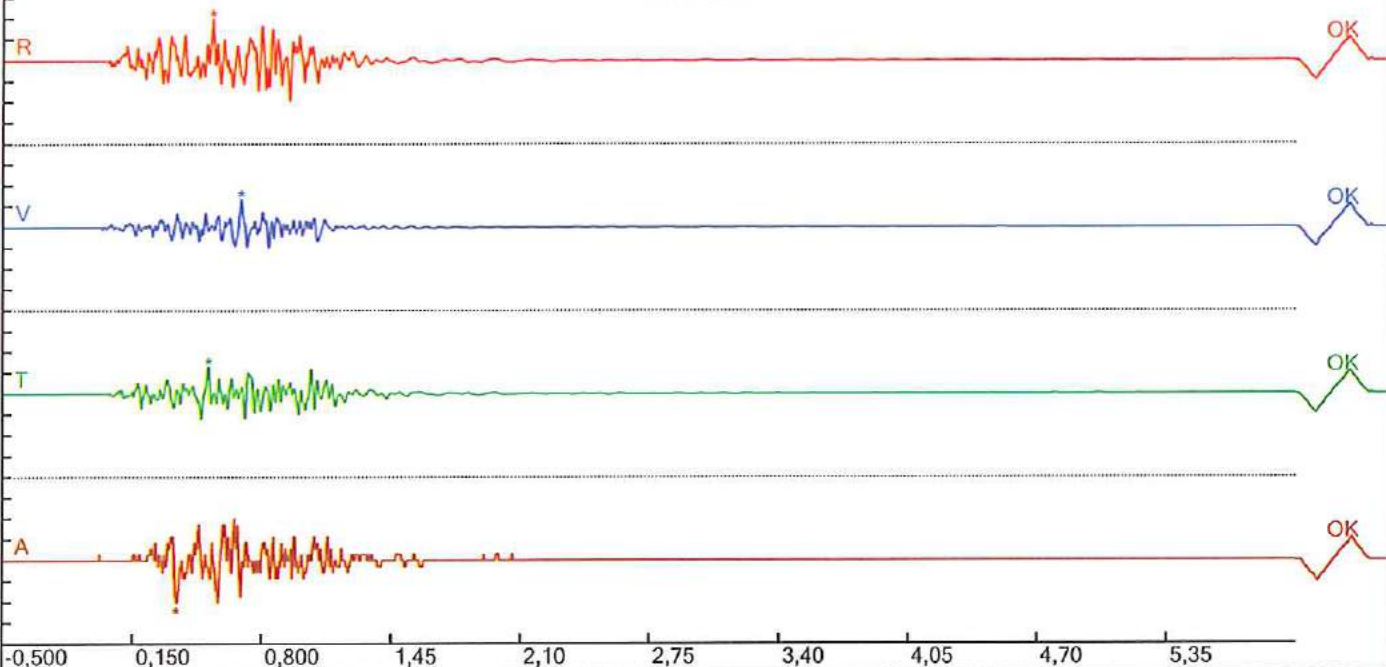
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,139 Mb/div

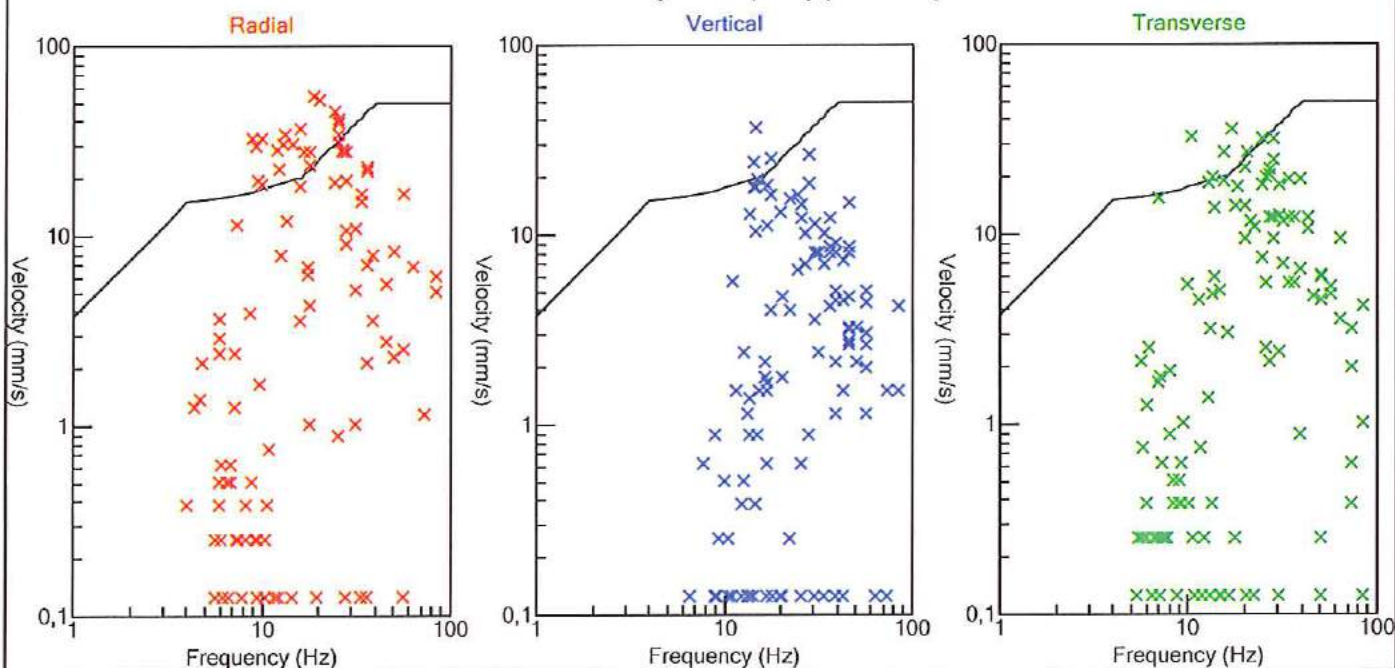
Seismic Scale: 27,2 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)



SN: 8707 Firmware: v2.74
 Date: 08.02.2019 Time: 14:30:16
 Event: 6 Record Time: 5,0 s
 Client: CARB SIDEROPOLIS
 Operation: MINA FRENTE H
 Location: INF. ADICIONAL
 Distance: 0,
 Operator: MARCELO KOPS
 Comment:
 Trigger Level: 1,27 mm/s

SN: 8707 v2.74 Event: 6
 OSM/USBM Safe Blasting Levels

Velocity Waveform Graph Scale:

Time = 0,100 s
 Seismic = +/- 1,28 mm/s
 Sound = +/- 0,0045 psi

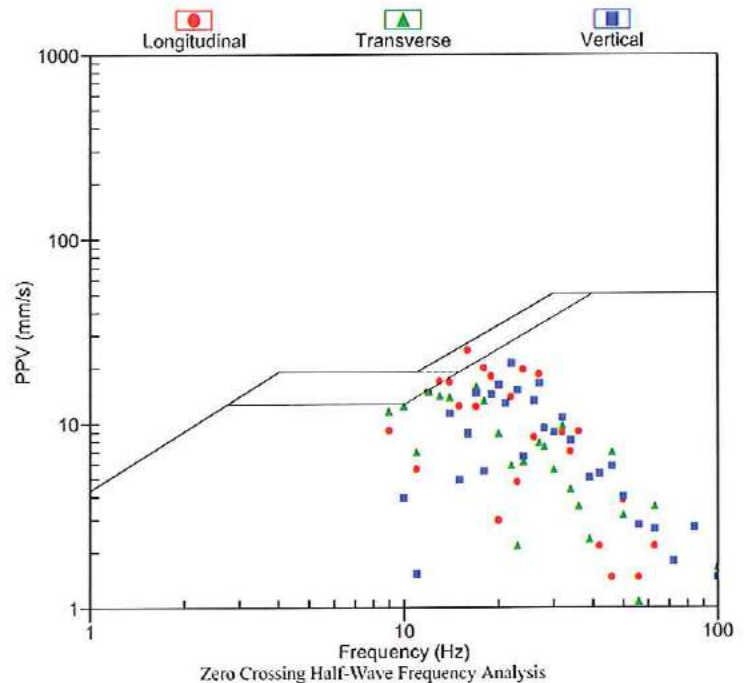
Summary Data

	L	T	V
PPV (mm/s)	24,89	15,88	21,21
PD (.01mm)	20,53	20,31	16,22
PPA (g)	0,384	0,254	0,293
FREQ (Hz)	15,2	16,1	21,7
Resultant PPV:	26,61 (mm/s)		
Peak Air Pressure:	118 db		
	0,0 psi		

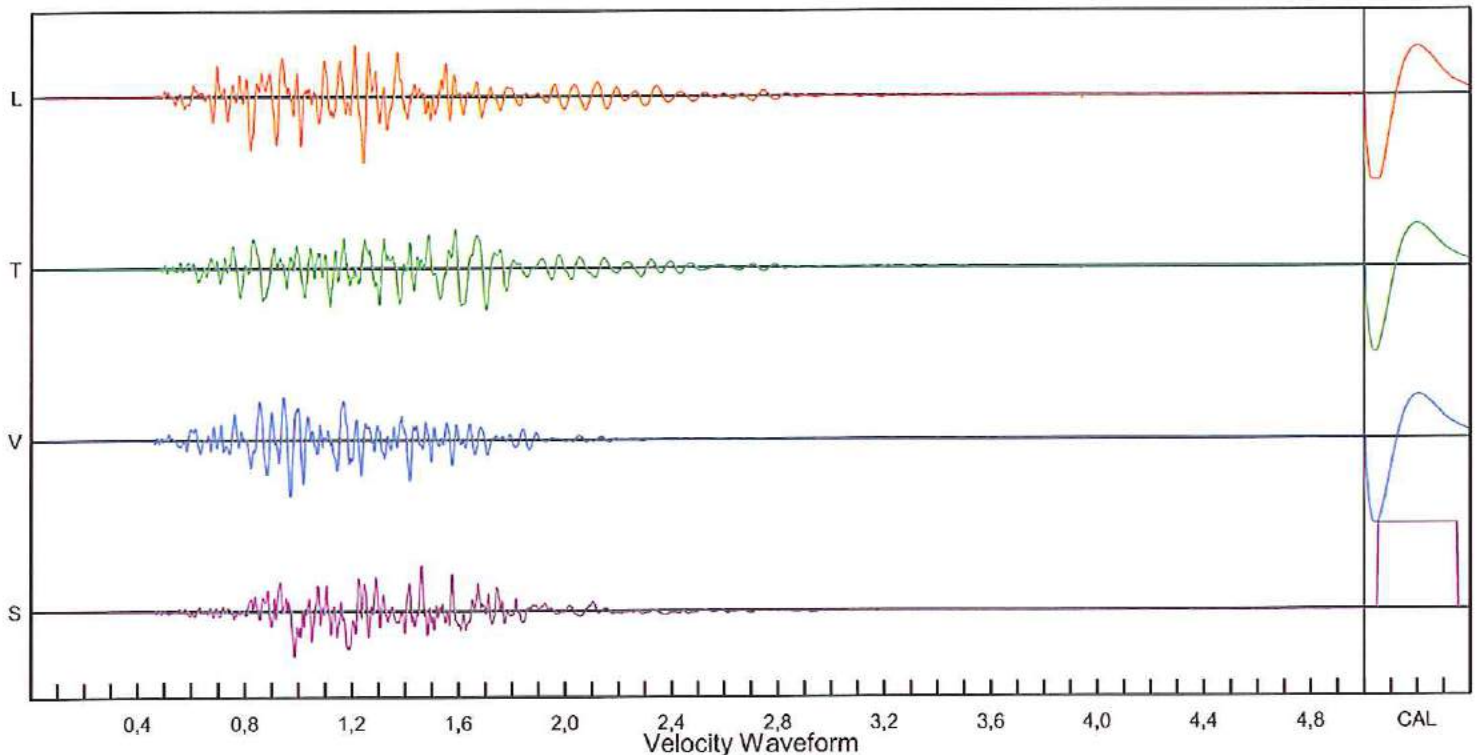
Additional Info:

Shaketable Calibrated: 07.11.2018

By: GeoSonics Inc.
 359 Northgate Drive
 Warrendale, PA 15086 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999



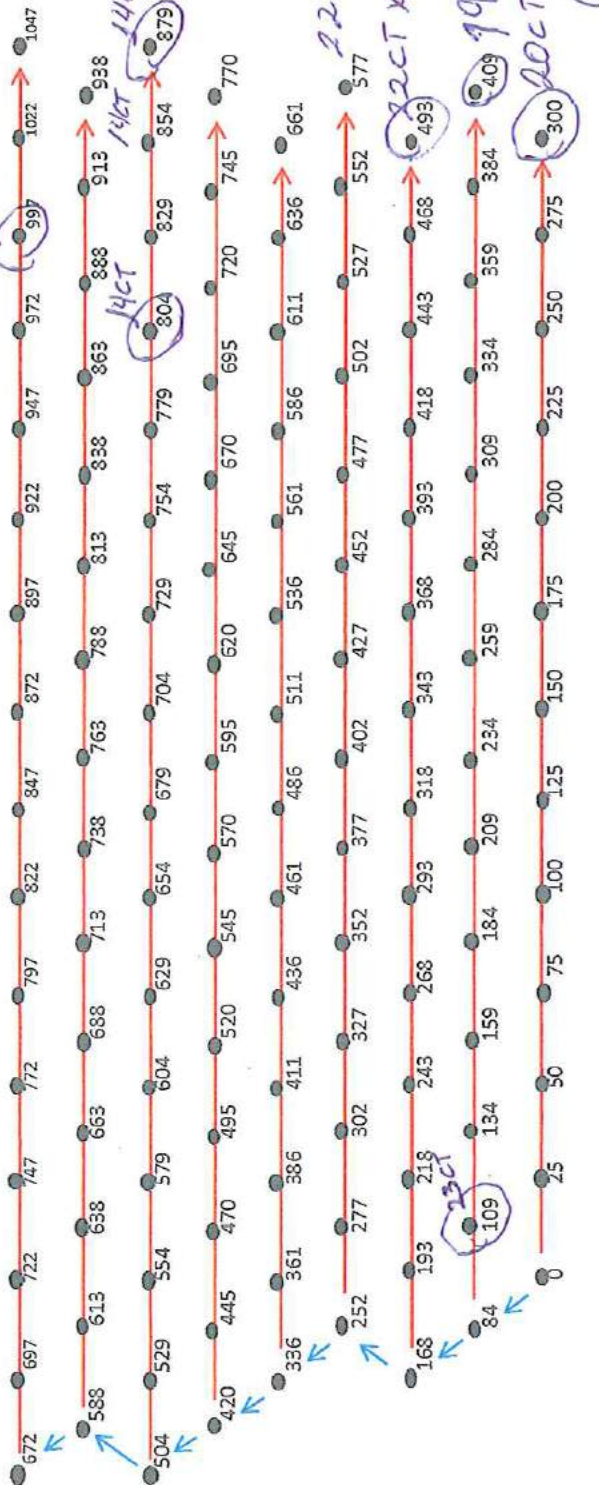
SN: 8707 v2.74 Event: 6



DETONAÇÃO 14/19 DO DIA 08/02/2019 - MINA FRENTE **H**

18,5 col x
padrão

125 x 1,923 kg



Brinel L 25ms - 6,00m
Brinel L 84ms - 6,00m
Brinel C 250ms - 6,00m

Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: s1989001.dtb
Number: 001
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 19/02/2019 04:39:00
SN: 1989
Duration: 4,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 1,02 mm/s
Acoustic Trigger: 126,8 dB
Voltage: 6,3

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 97,5 mm/s

R: 72,1 mm/s @ 15,0 Hz (0,708 s)

V: 64,0 mm/s @ 32,0 Hz (0,712 s)

T: 97,5 mm/s @ 23,2 Hz (0,735 s)

A: 129,5 dB @ 6,4 Hz (0,633 s)

Last Calibration Date: 04/12/2003

Graph Information

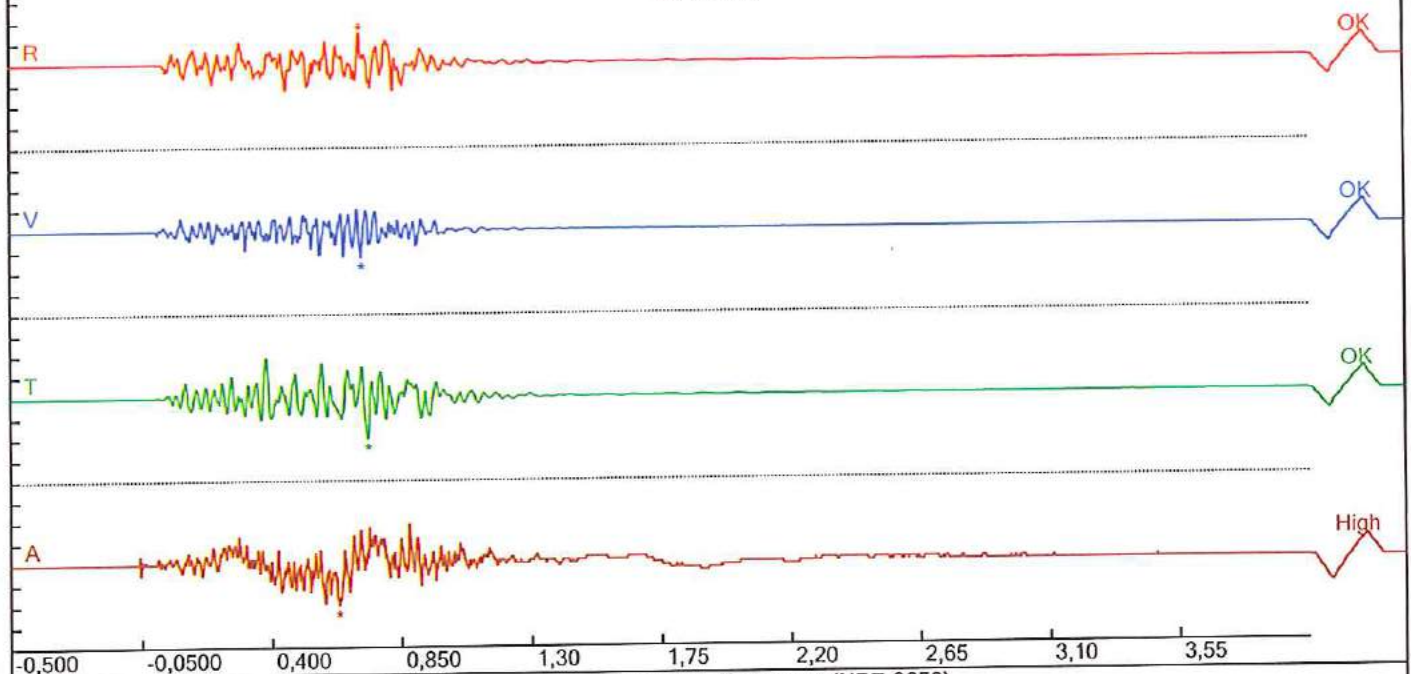
Time Range: -0,500 s to 4,00 s

Acoustic Scale: 0,298 Mb/div

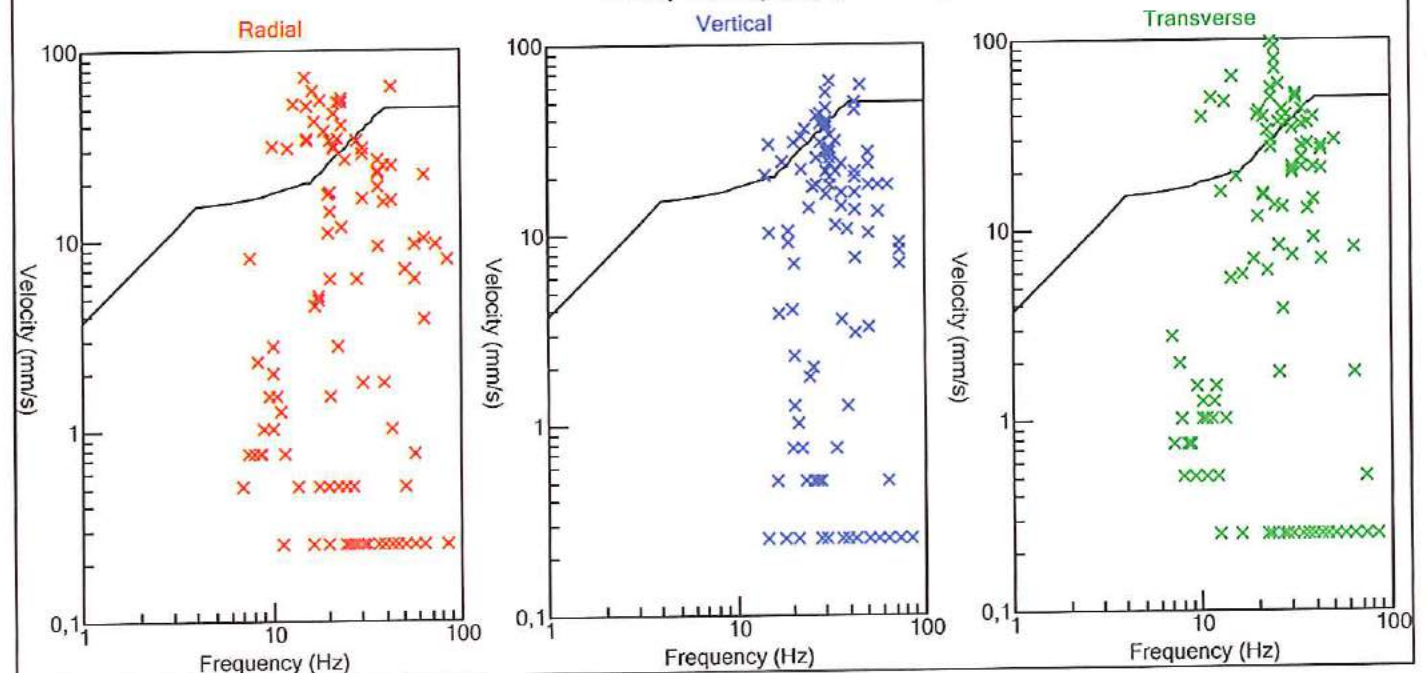
Seismic Scale: 48,8 mm/s/div

Time Intervals: 0,450 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)





Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: 5696201902191640001.dtb

Number: 001

Seismograph: Mini-Seis

Type of Record: Waveform

Date: 19/02/2019 04:40:00

SN: 5696

Duration: 6,50 Seconds

Sample Rate: 1024

Pre-Trigger: 0,5 Seconds

Seismic Trigger: 1,02 mm/s

Acoustic Trigger: 120,0 dB

Voltage: 6,4

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 48,8 mm/s

R: 48,8 mm/s @ 12,4 Hz (0,792 s)

V: 29,2 mm/s @ 46,5 Hz (0,425 s)

T: 33,5 mm/s @ 25,6 Hz (0,733 s)

A: 121,6 dB @ 5,5 Hz (0,867 s)

Last Calibration Date: 21/11/2018

Graph Information

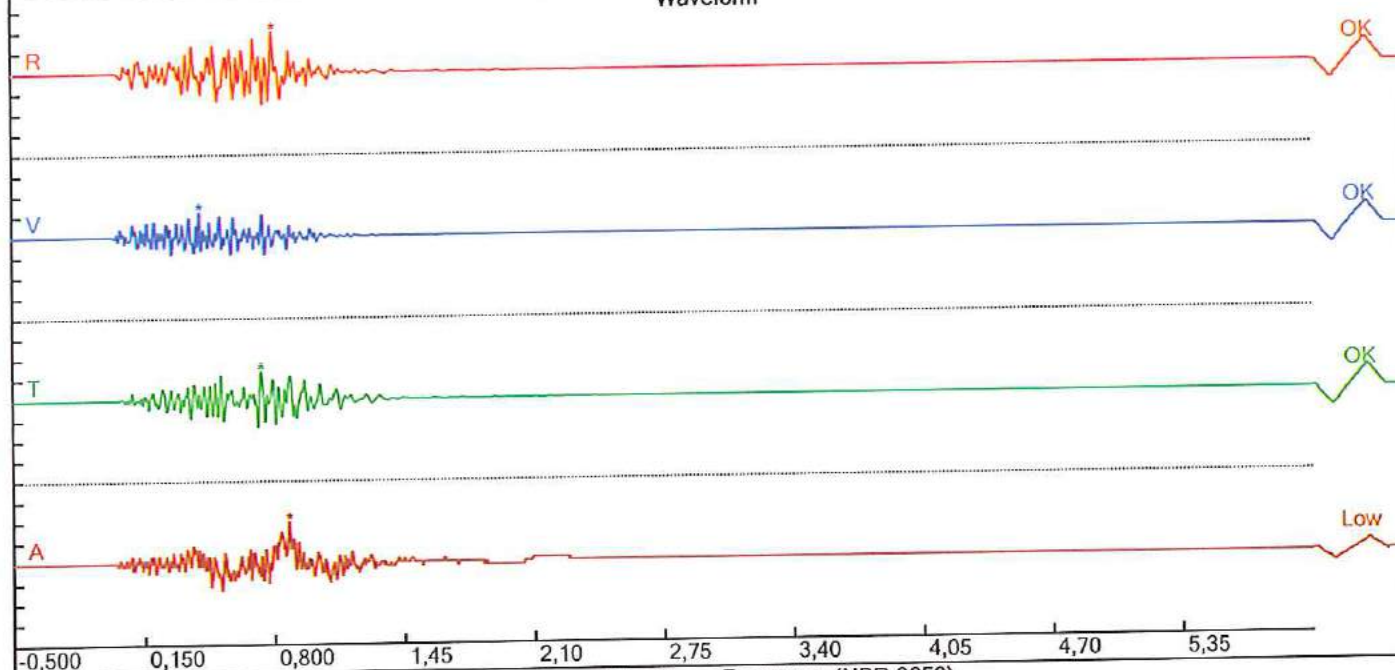
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,120 Mb/div

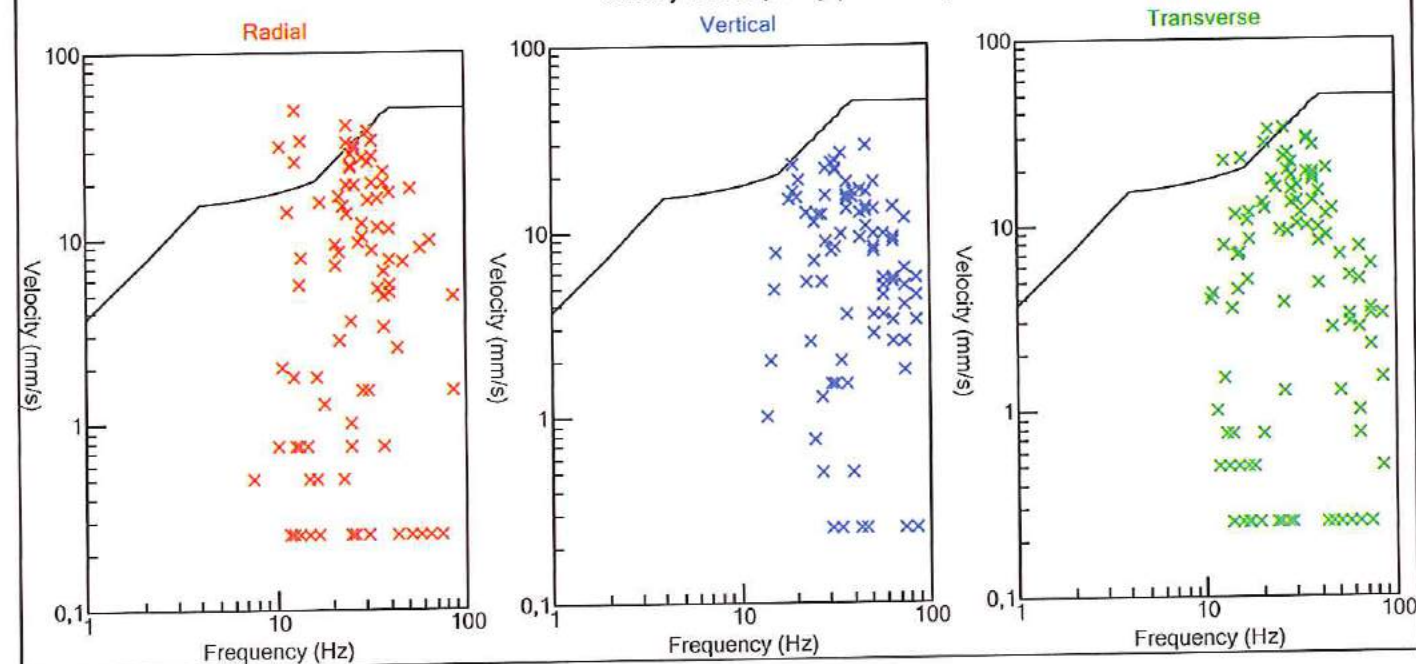
Seismic Scale: 24,4 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)

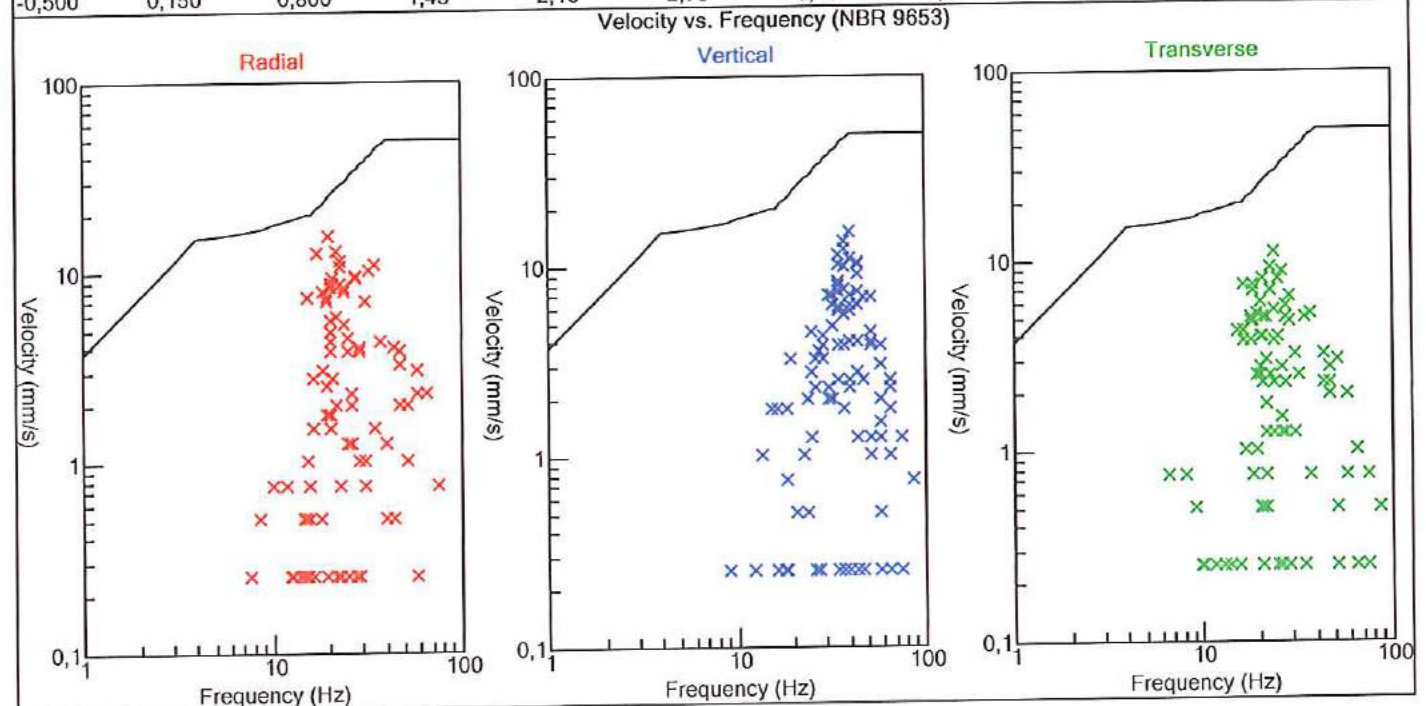
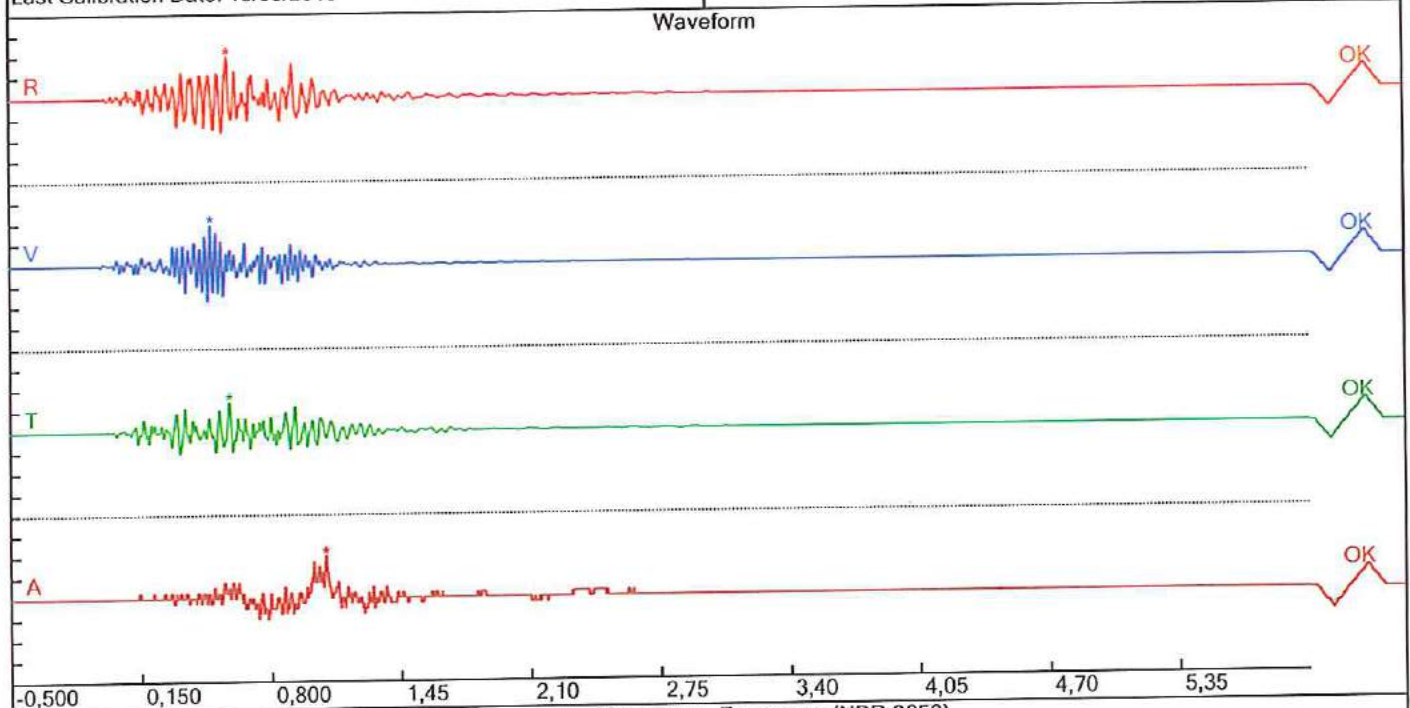




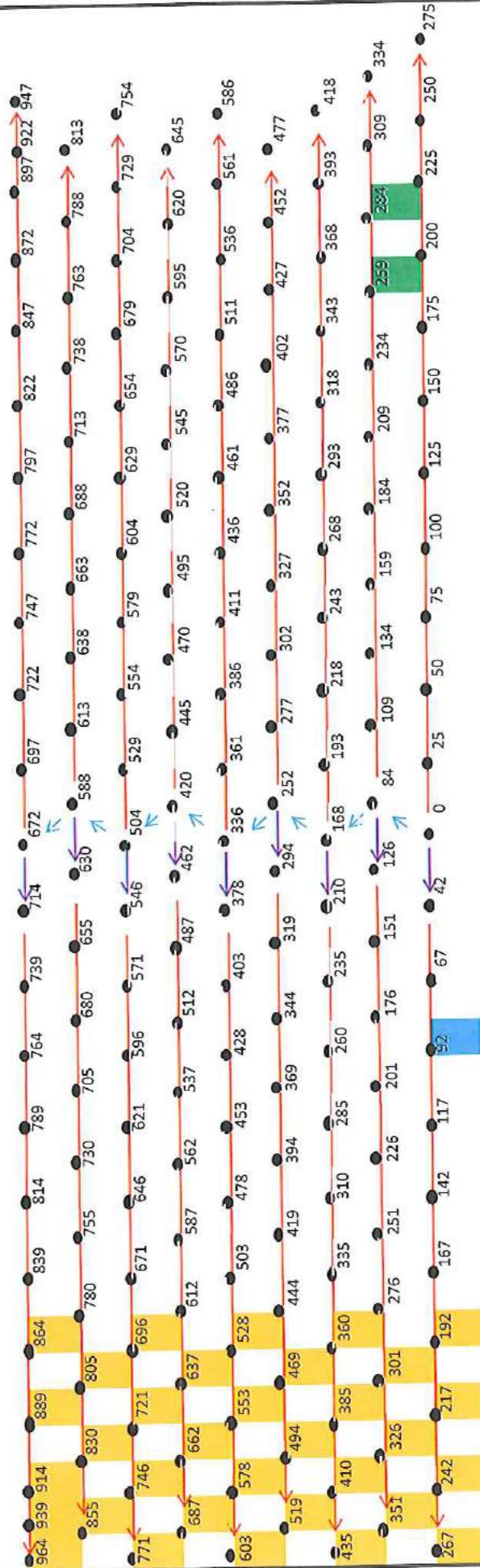
Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: 5697201902191640001.dtb
Number: 001
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 19/02/2019 04:40:00
SN: 5697
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 1,02 mm/s
Acoustic Trigger: 126,0 dB
Voltage: 6,3

Peaks and Frequencies	Graph Information
PPV Maximum: 15,7 mm/s R: 15,7 mm/s @ 19,6 Hz (0,578 s) V: 15,2 mm/s @ 39,3 Hz (0,496 s) T: 11,2 mm/s @ 23,2 Hz (0,587 s) A: 124,1 dB @ 4,6 Hz (1,06 s) Last Calibration Date: 13/09/2013	Time Range: -0,500 s to 6,00 s Acoustic Scale: 0,160 Mb/div Seismic Scale: 7,85 mm/s/div Time Intervals: 0,650 Seconds



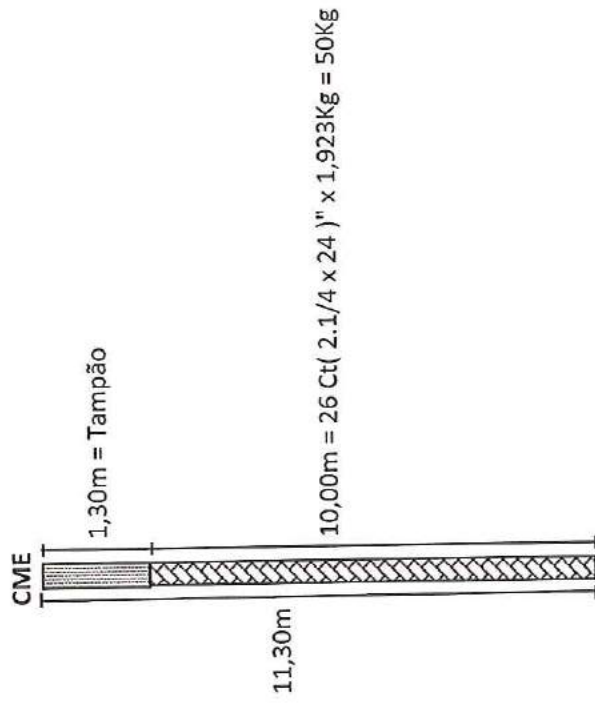
CROQUI DE AMARRAÇÃO REFERENTE A O AVISO DE DETONAÇÃO 15/19 DO DIA 19/02/2019 - MINA FRENTE G



Brinel Lig.25ms 6,00m	Furo carregado com 19 cartuchos
Brinel Lig.42ms 6,00m	Furos carregados com 21 a 23 cartuchos
Brinel Lig.84ms 6,00m	Furos carregados com 24 a 25 cartuchos
Brinel C 250ms 6,00m	Furos carregados com 26 cartuchos

CROQUI DE CARREGAMENTO DE FOGO REFERENTE A O AVISO DE
DETONAÇÃO 15/2019 DO DIA 19/02/2019 - MINA FRENTE G

Pág.02/02



Total de furos: 189f
Malha : 2,50m x 5,50m
Prof. média : 11,30m

- * Rocha: Arenito
- * ϕ dos Furos : 3"
- * Volume : 2,50m x 5,50m x 11,30m x 189f = 29.365m³
- * Emulsão Encartuchada: 8.225Kg
- * RC: 280g/m³
- * Inic. Piropim : 02Pç
- * Exel CA 250ms : 189Pç
- * Exel HTD 6,00m : 189Pç
- * Cordel NP10 : 1.200m

Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: 1989201903131435007.dtb
Number: 007
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 13/03/2019 02:35:00
SN: 1989
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 1,02 mm/s
Acoustic Trigger: 126,8 dB
Voltage: 6,4

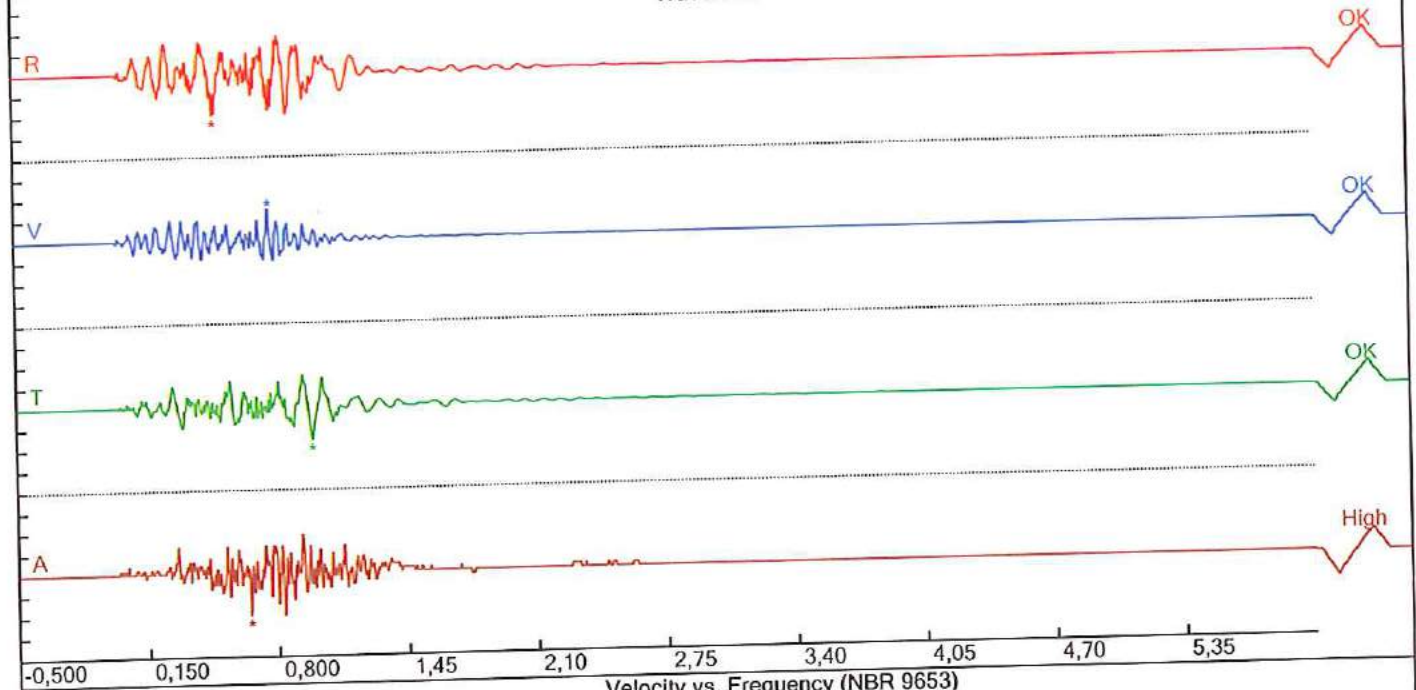
Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 32,5 mm/s
R: 32,5 mm/s @ 11,3 Hz (0,496 s)
V: 24,1 mm/s @ 18,2 Hz (0,767 s)
T: 26,2 mm/s @ 10,2 Hz (0,977 s)
A: 126,8 dB @ 36,5 Hz (0,660 s)
Last Calibration Date: 04/12/2003

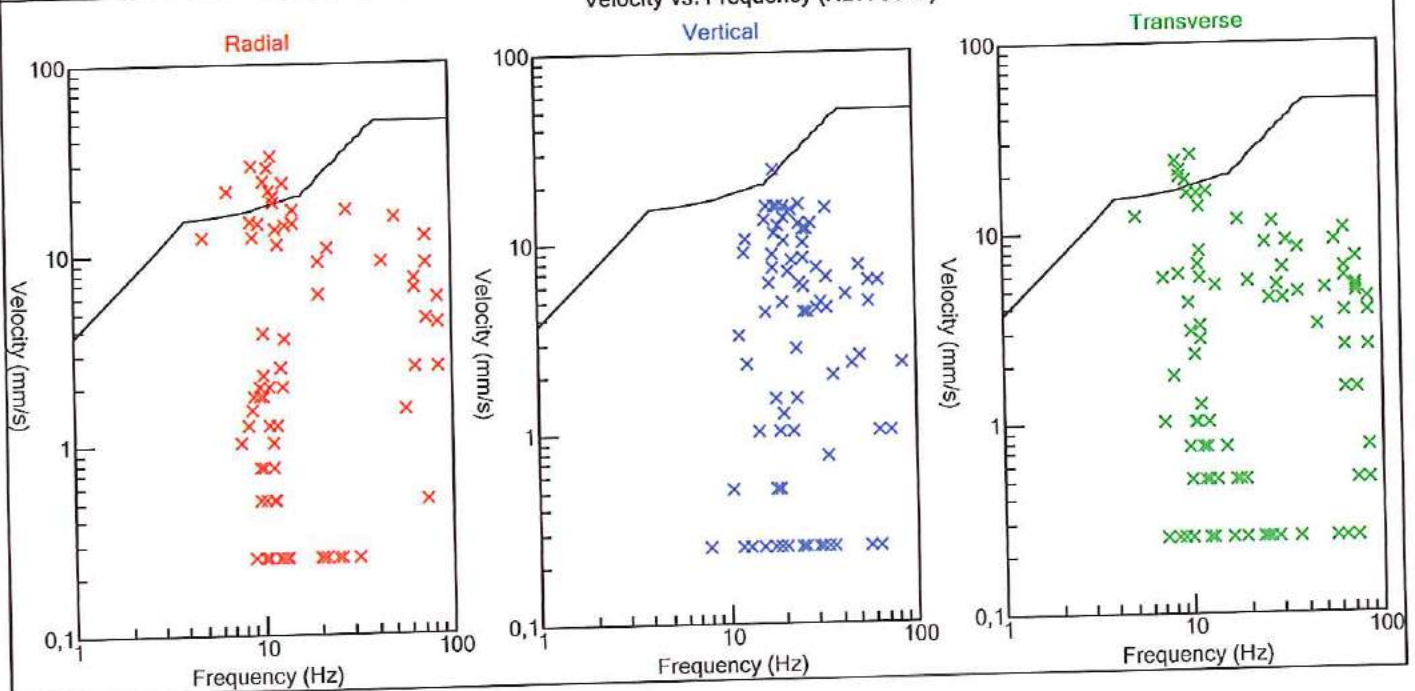
Graph Information

Time Range: -0,500 s to 6,00 s
Acoustic Scale: 0,218 Mb/div
Seismic Scale: 16,3 mm/s/div
Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)





Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: 5680201903131436206.dtb
Number: 206
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 13/03/2019 02:36:00
SN: 5680
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 123,5 dB
Voltage: 6,4

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 2,92 mm/s

R: 2,92 mm/s @ 5,7 Hz (2,13 s)

V: 2,54 mm/s @ 28,4 Hz (0,831 s)

T: 1,78 mm/s @ 8,6 Hz (1,31 s)

A: 109,5 dB @ 42,6 Hz (1,68 s)

Last Calibration Date: 07/01/2014

Graph Information

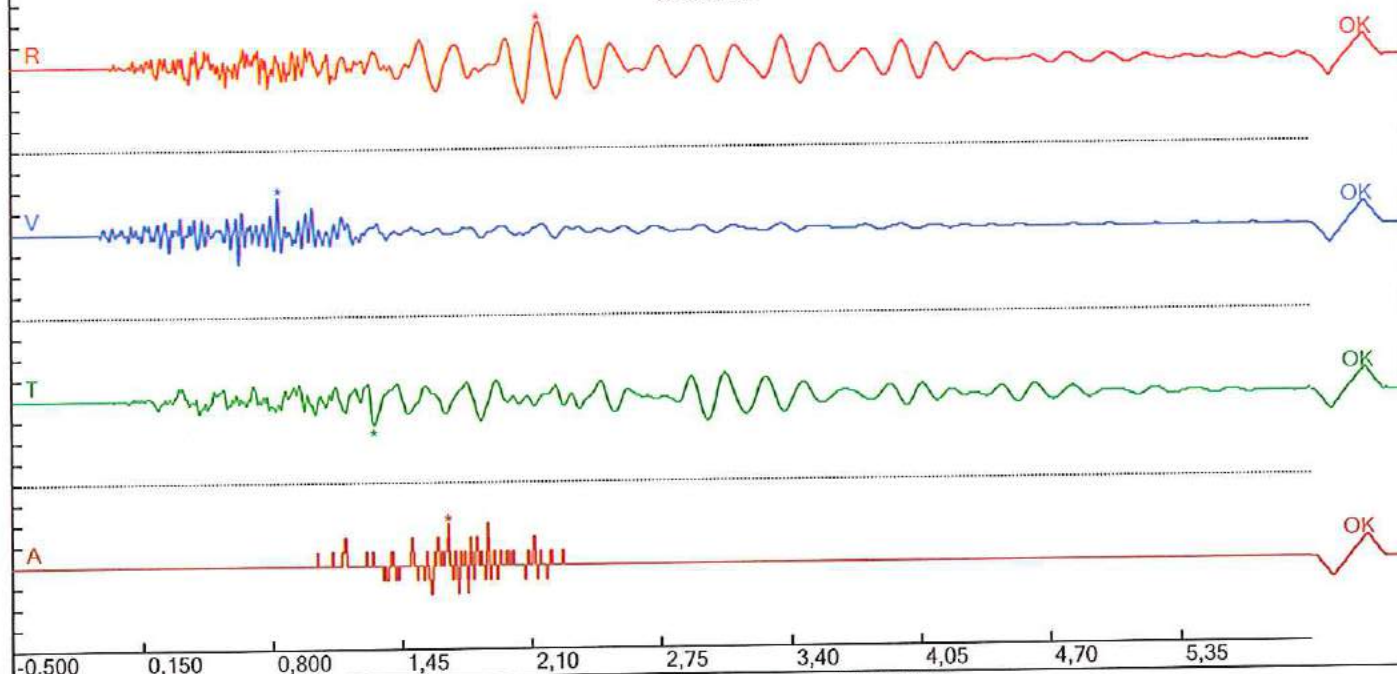
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,0298 Mb/div

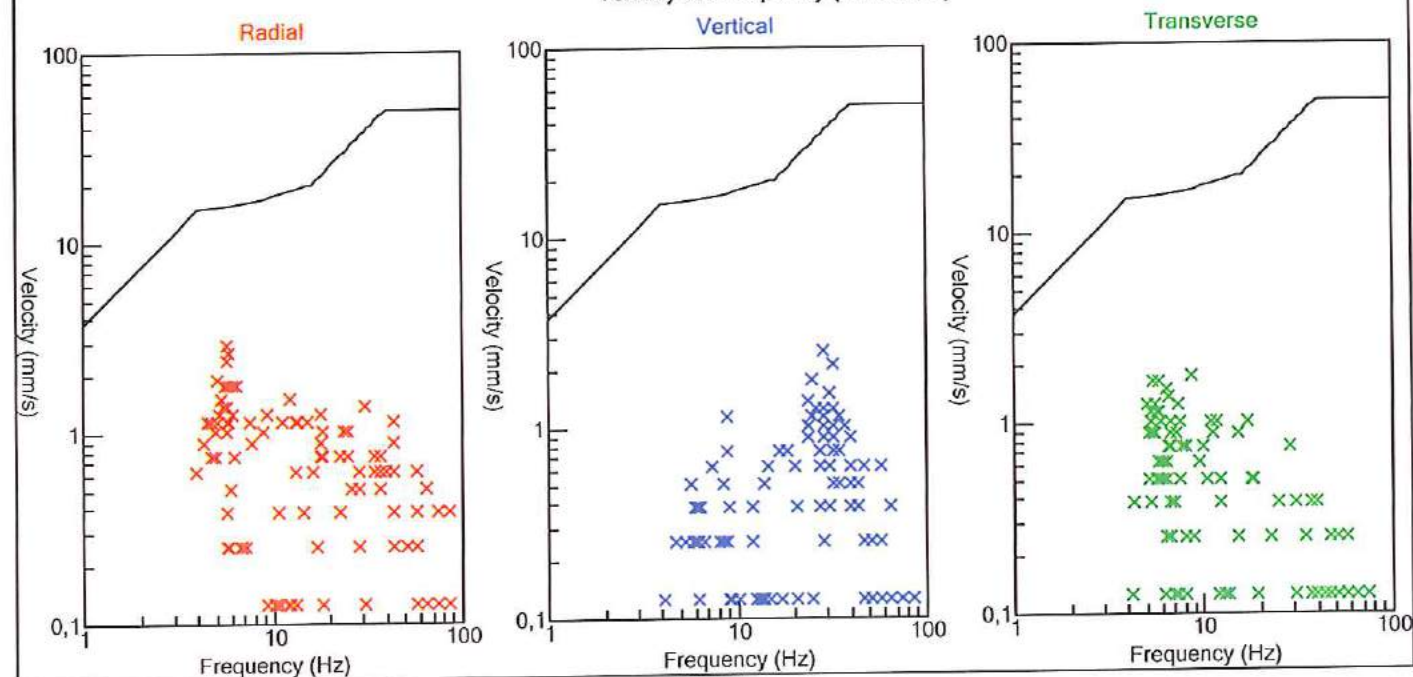
Seismic Scale: 1,46 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)





Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: 5696201903131435038.dtb
Number: 038
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 13/03/2019 02:35:00
SN: 5696
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 1,02 mm/s
Acoustic Trigger: 120,0 dB
Voltage: 6,4

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 9,65 mm/s

R: 9,65 mm/s @ 18,9 Hz (0,947 s)

V: 7,87 mm/s @ 24,3 Hz (0,956 s)

T: 8,38 mm/s @ 18,9 Hz (0,806 s)

A: 115,6 dB @ 19,6 Hz (1,18 s)

Last Calibration Date: 21/11/2018

Graph Information

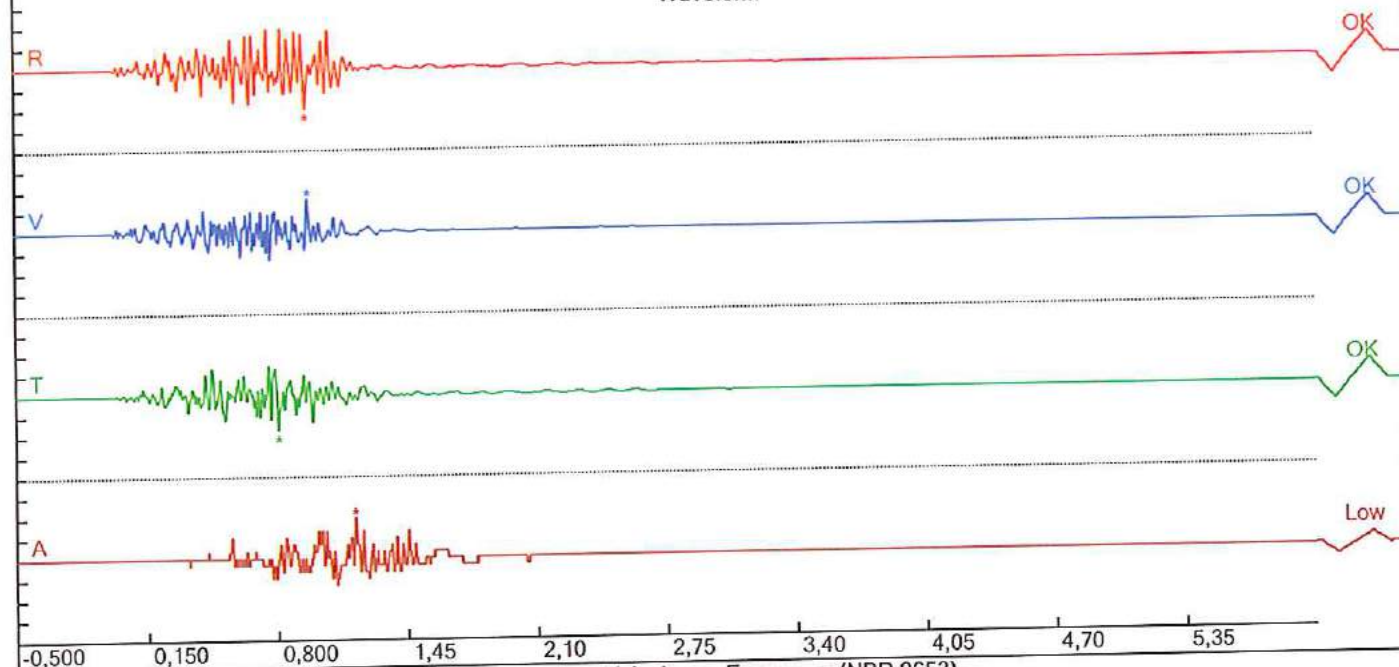
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,0601 Mb/div

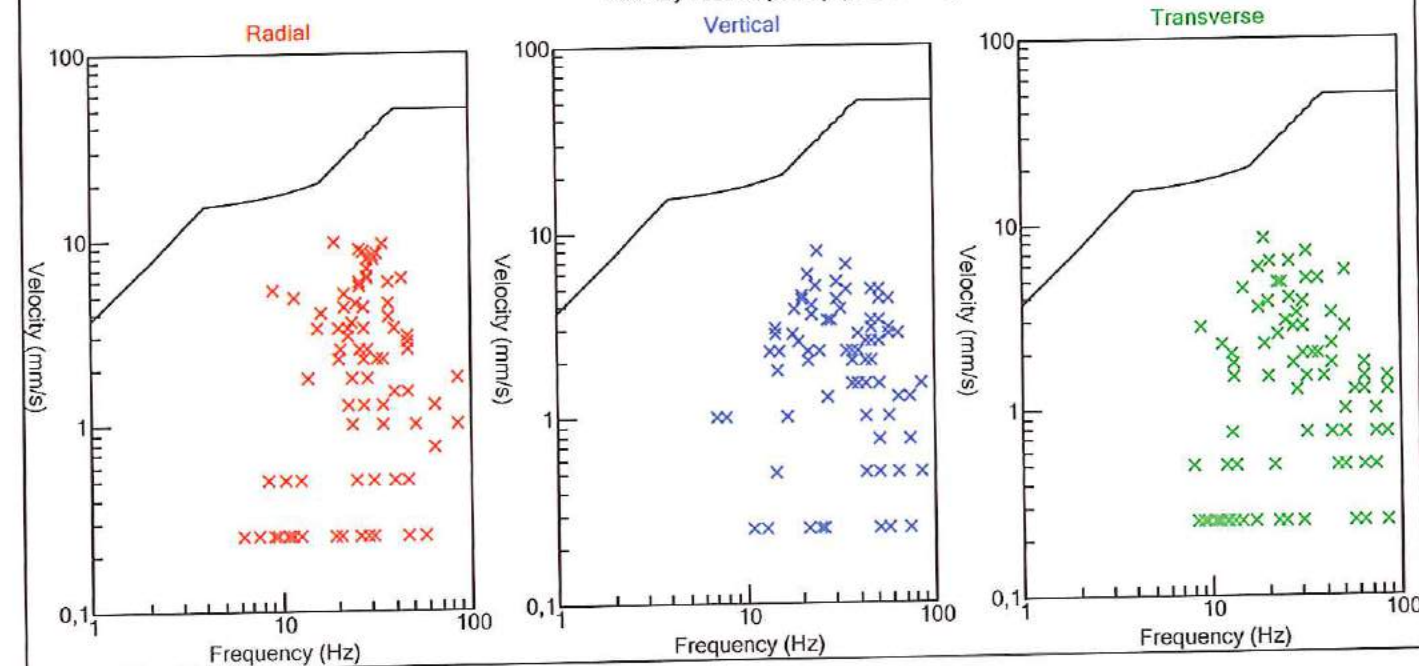
Seismic Scale: 4,83 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)



Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: 5697201903131434020.dtb
Number: 020
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 13/03/2019 02:34:00
SN: 5697
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 126,0 dB
Voltage: 6,3

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 5,08 mm/s

R: 5,08 mm/s @ 4,7 Hz (0,979 s)

V: 1,78 mm/s @ 22,2 Hz (0,895 s)

T: 2,67 mm/s @ 5,8 Hz (0,925 s)

A: 115,6 dB @ 42,6 Hz (1,49 s)

Last Calibration Date: 13/09/2013

Graph Information

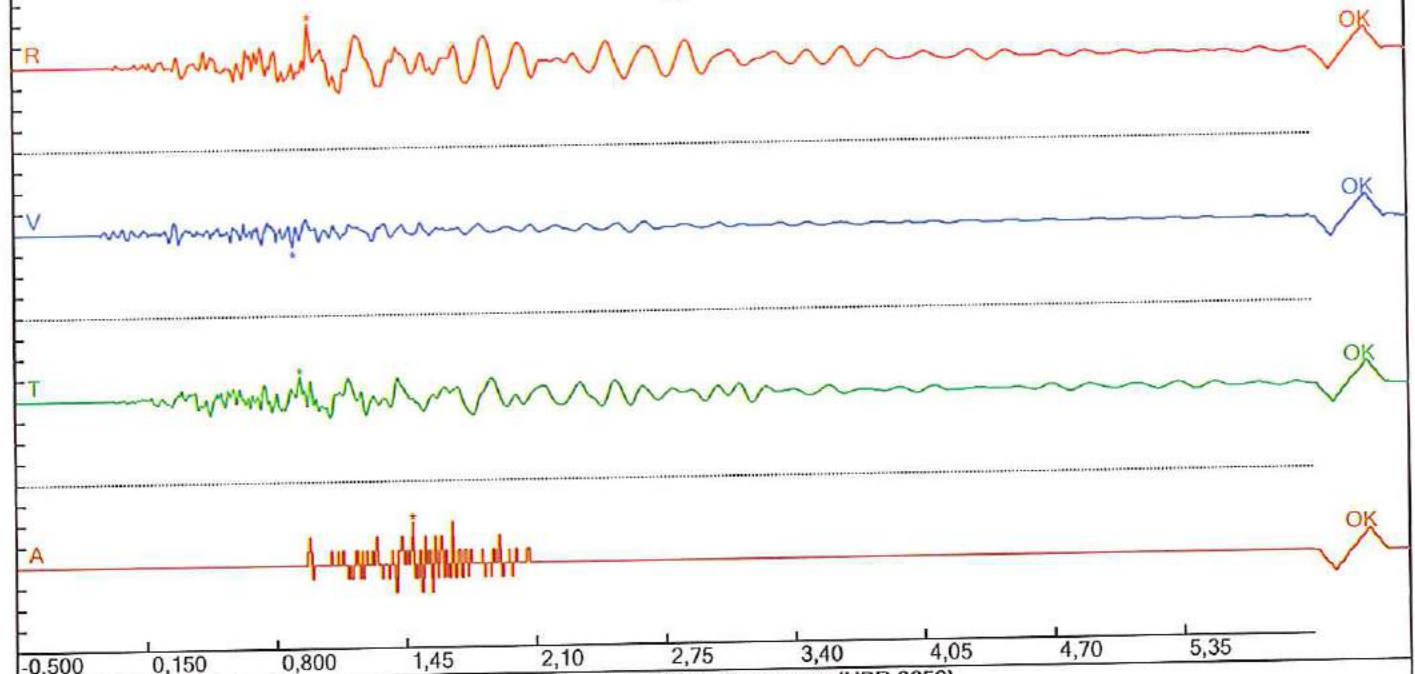
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,0601 Mb/div

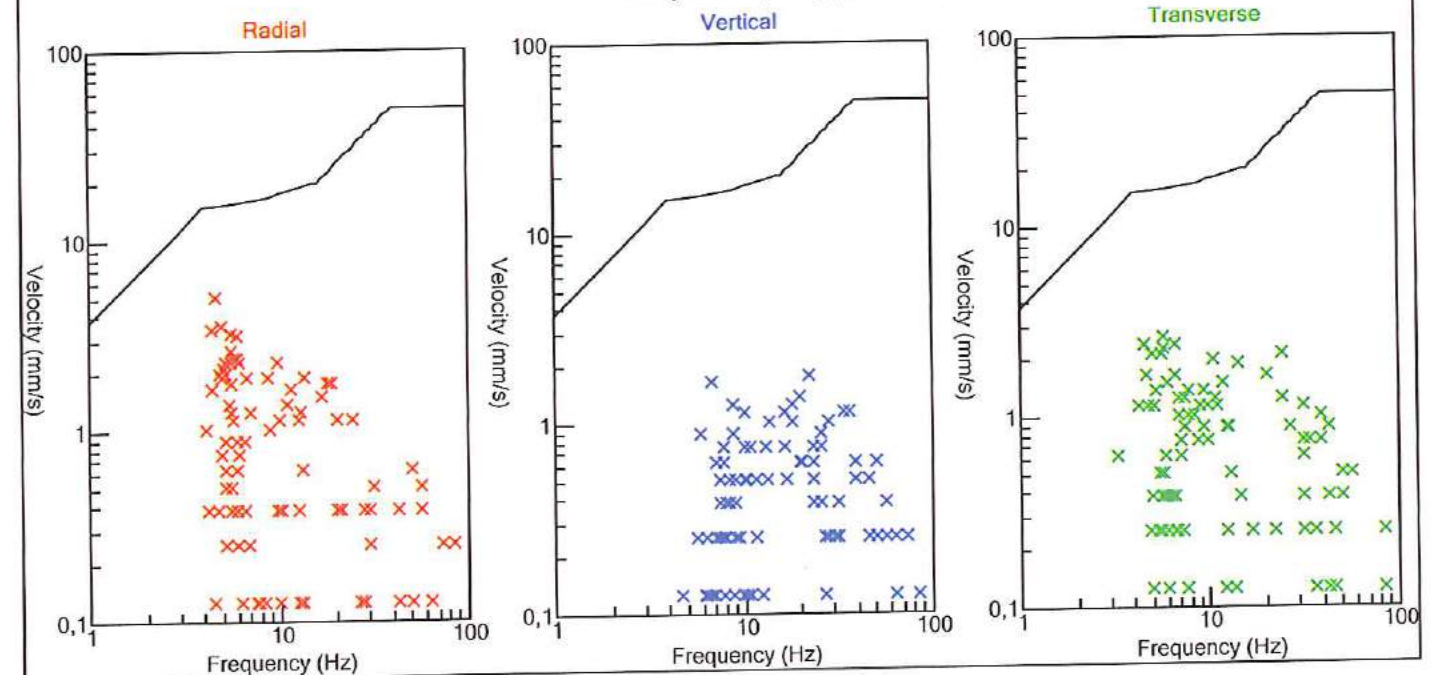
Seismic Scale: 2,54 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)



GeoSonics Inc. Seismic Analysis

Velocity Waveform Analysis

Serial No: 8655 v2.72
 Date: 03/13/2019 14:38:53
 Event No: 6
 Record Time: 5.0 s
 Client: CARB SIDEROPOLIS
 Operation: MINA FRENTE G
 Location: INFOR.ADICIONAL
 Distance:
 Operator: MARCELO KOPS
 Comment:
 Seismic Trigger: 0.51 mm/s
 Sound Trigger: 130 db

Brasil ABNT-NBR 9653:2005

SN: 8655 Event: 6

	Summary Data		
	L	T	V
PPV (mm/s)	1.21	1.40	0.83
FREQ (Hz)	8.8	6.7	31.3
PD (.01mm)	2.26	2.83	1.05
PPA (g)	0.020	0.026	0.020
Peak Vector Sum :	1.46 mm/s		
Peak Air Pressure:	108 db		
	0.00080 PSI @ 5.6 Hz		

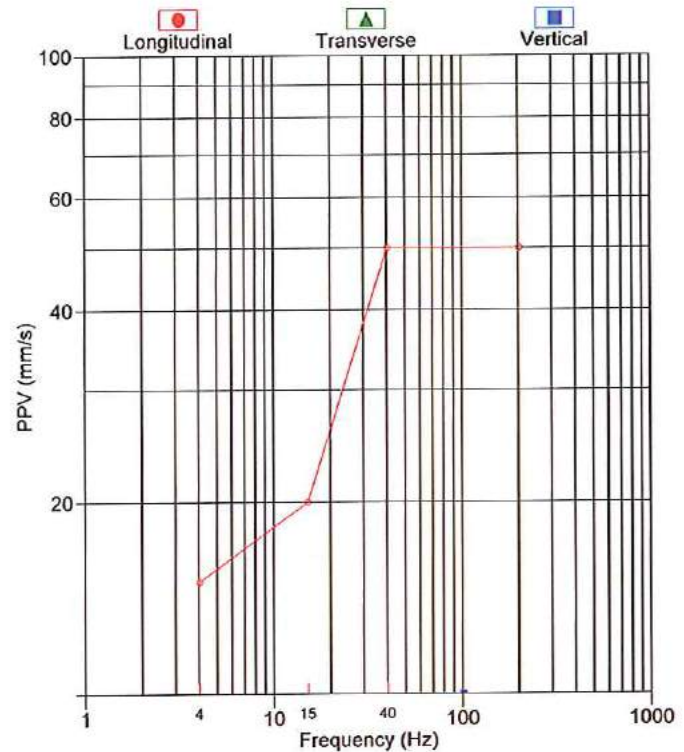
Additional Info:

Shaketable Calibrated: 02/20/2019

By: GeoSonics Inc.
 359 Northgate Drive
 Warrendale, PA 15086 U.S.A.
 TEL: 724.934.2900 FAX: 724.934.2999

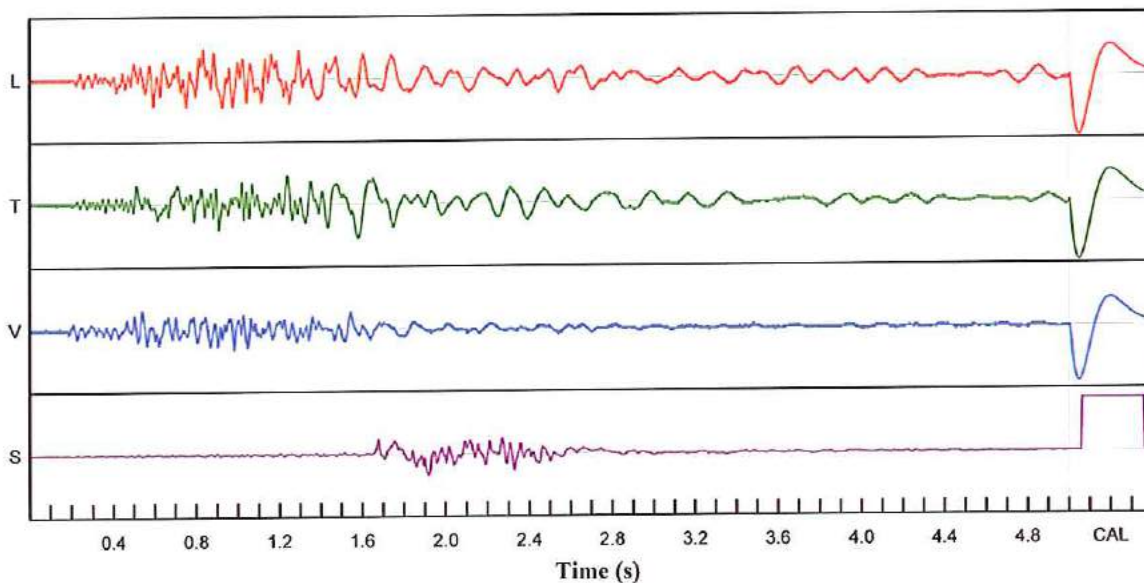
Velocity Waveform Graph Scale

Time Scale: 0.100 s
 Seismic Scale: +/- 2.56 mm/s
 Sound Scale: +/- 0.0023 PSI



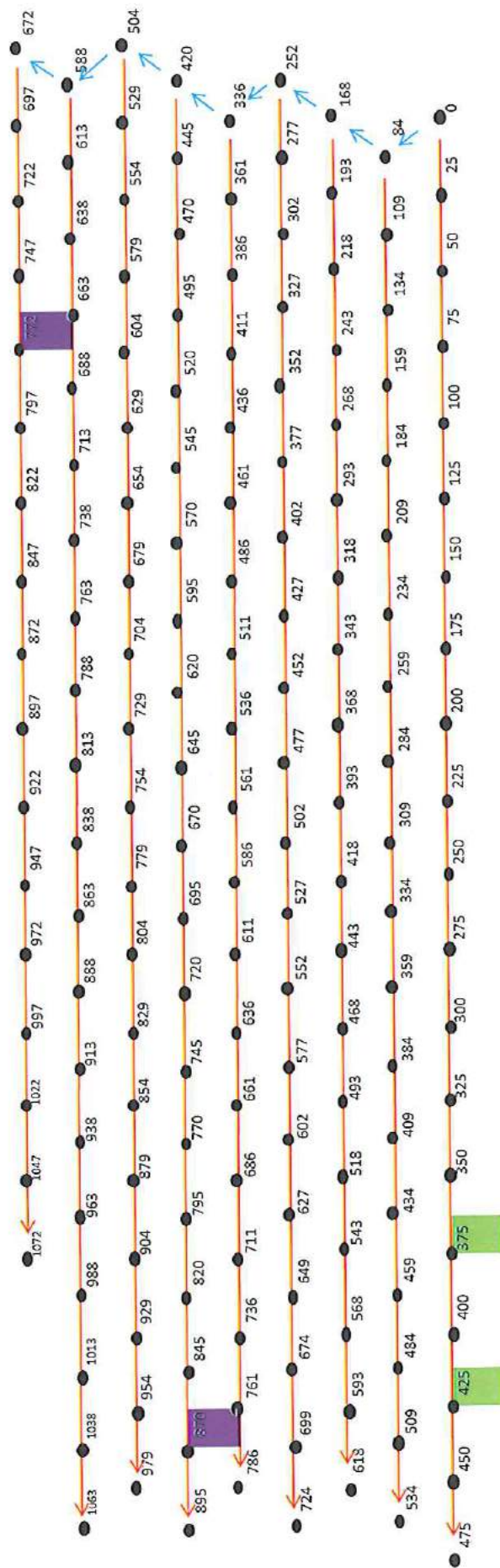
Velocity Waveform

SN: 8655 Event: 6



CROQUI DE AMARRAÇÃO REFERENTE A O AVISO DE DETONAÇÃO 17/19 DO DIA 13/03/2019 - MINA FRENTE G

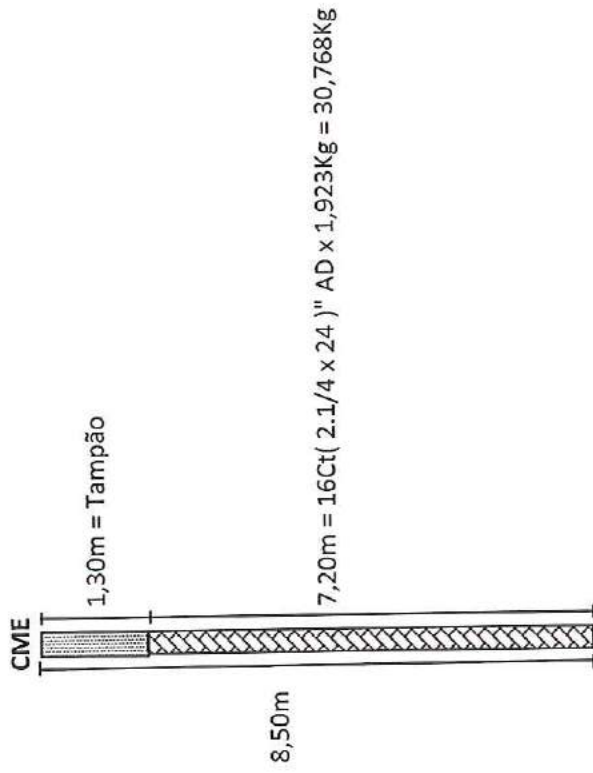
Pág.1/2



Brinel L 25ms - 6,00m	Furos carregados com 09 Cart.
Brinel L 84ms - 6,00m	Furos carregados com 16 Cart.
Brinel C 250ms - 6,00m	Furos carregados em média com 14,50 Cart.

CROQUI DE CARREGAMENTO DE FOGO REFERENTE A O AVISO DE
DETONAÇÃO 17/19 DO DIA 13/03/2019 - MINA FRENTE G

Pág.02/02



Total de furos: 174f
Malha : 2,50m x 5,50m
Pranf. média : 8,50m

- * Rocha: Arenito
- * ϕ dos Furos : 3"
- * Volume : 2,50m x 5,50m x 8,50m x 174f = 20.336,25m³
- * Emulsão Encartuchada: 4.950Kg
- * RC: 243g/m³
- * Inic. Piropim : 02Pç
- * Brinel C 250ms : 174Pç
- * Brinel Lig.6,00m : 174Pç
- * Cordel NP10 : 550m



Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: um028.dtb
Number: 028
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 22/03/2019 02:10:00
SN: 5696
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 112,0 dB
Voltage: 6,4

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 1,02 mm/s

R: 0,889 mm/s @ 32,0 Hz (0,175 s)

V: 1,02 mm/s @ 7,7 Hz (0,724 s)

T: 1,02 mm/s @ 8,2 Hz (0,977 s)

A: 106,0 dB @ 0,0 Hz (1,21 s)

Last Calibration Date: 21/11/2018

Graph Information

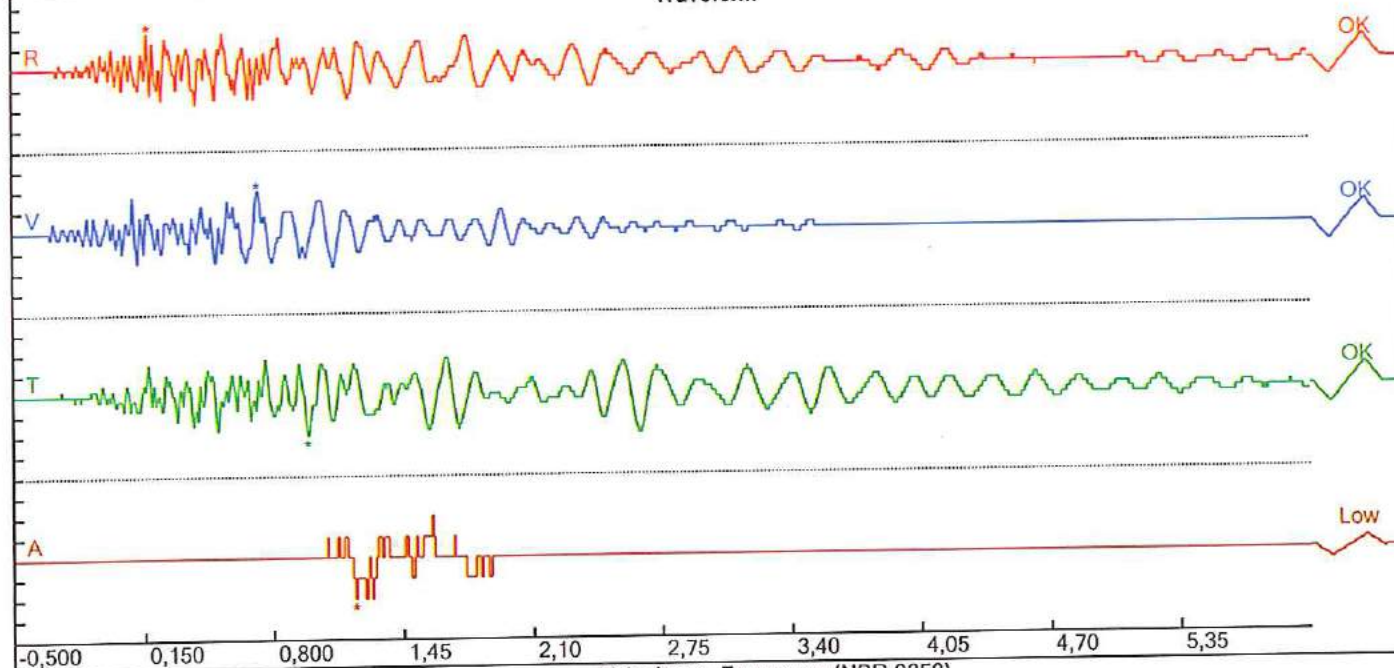
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,0199 Mb/div

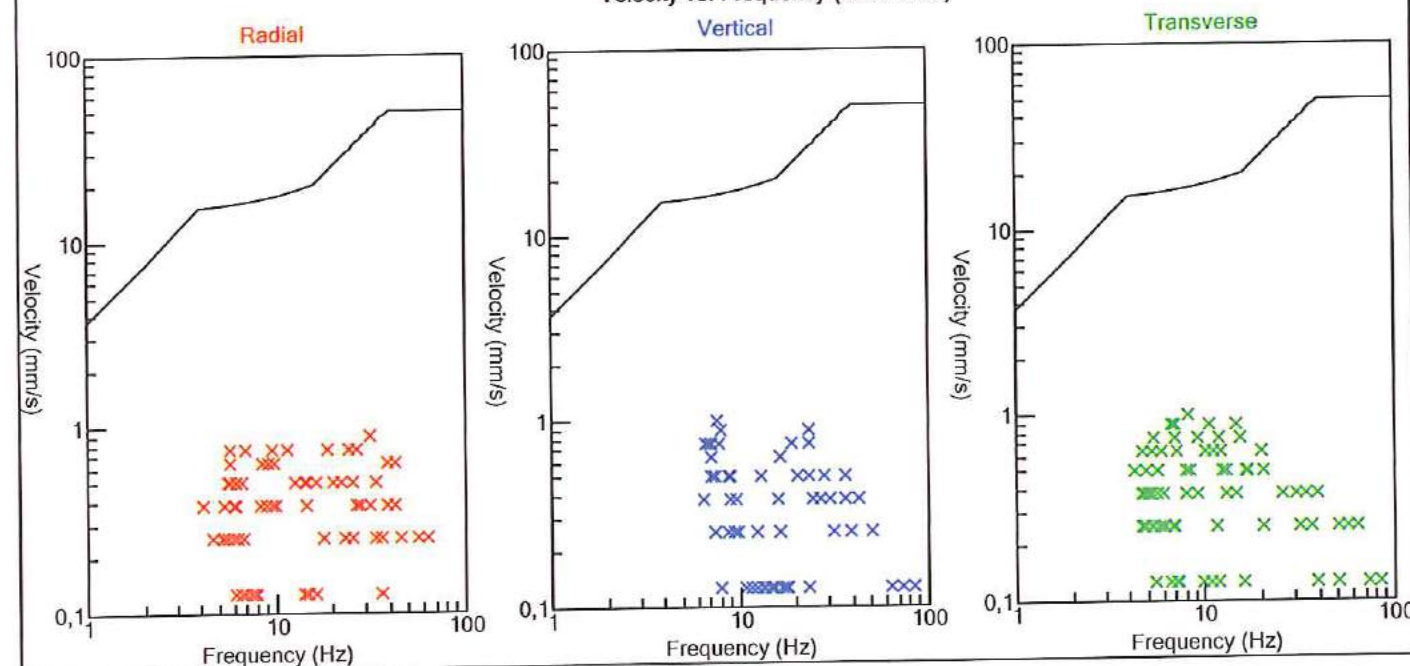
Seismic Scale: 0,510 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)





Modelagem Sísmica
Urussanga Minérios
Mina Santana, Urussanga - SC

Record: um027.dtb
Number: 027
Seismograph: Mini-Seis
Type of Record: Waveform
Date: 22/03/2019 02:08:00
SN: 1989
Duration: 6,50 Seconds
Sample Rate: 1024
Pre-Trigger: 0,5 Seconds
Seismic Trigger: 0,508 mm/s
Acoustic Trigger: 120,0 dB
Voltage: 6,5

Peaks and Frequencies

PPV Maximum: 6,99 mm/s

R: 6,99 mm/s @ 10,0 Hz (0,886 s)

V: 4,32 mm/s @ 21,3 Hz (0,463 s)

T: 4,45 mm/s @ 22,2 Hz (0,786 s)

A: 115,6 dB @ 6,4 Hz (0,796 s)

Last Calibration Date: 04/12/2003

Graph Information

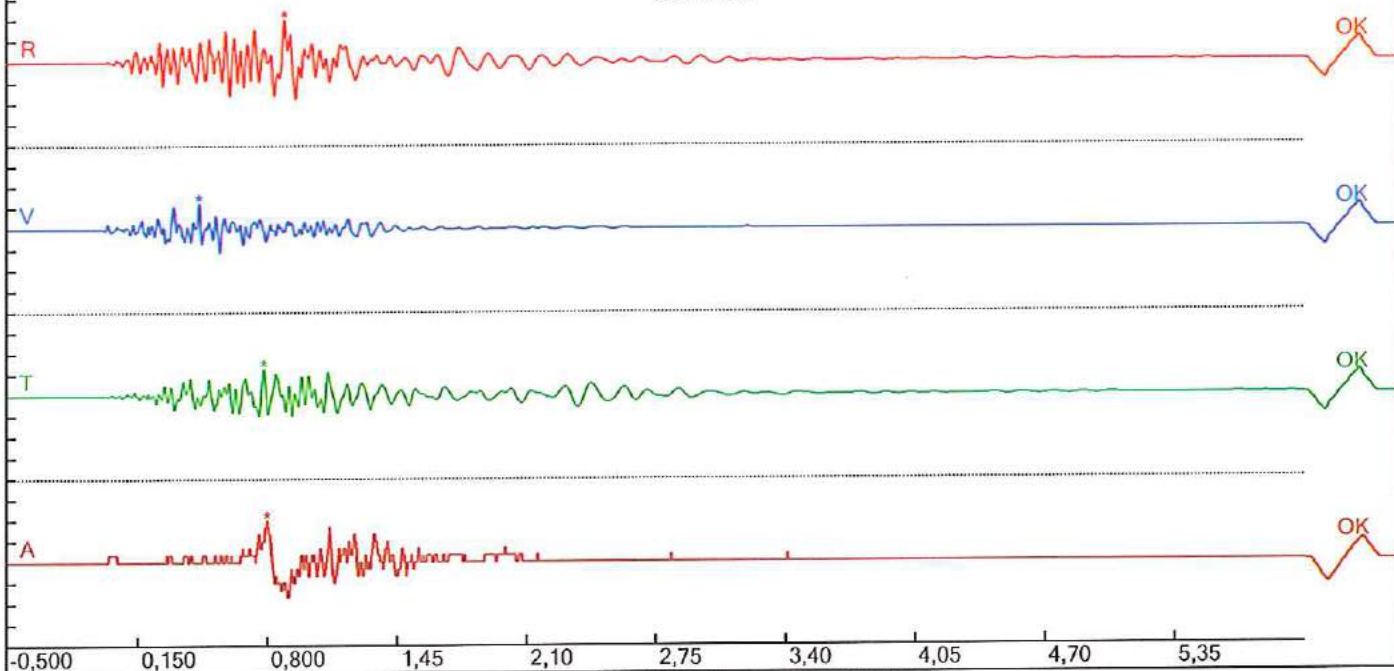
Time Range: -0,500 s to 6,00 s

Acoustic Scale: 0,0601 Mb/div

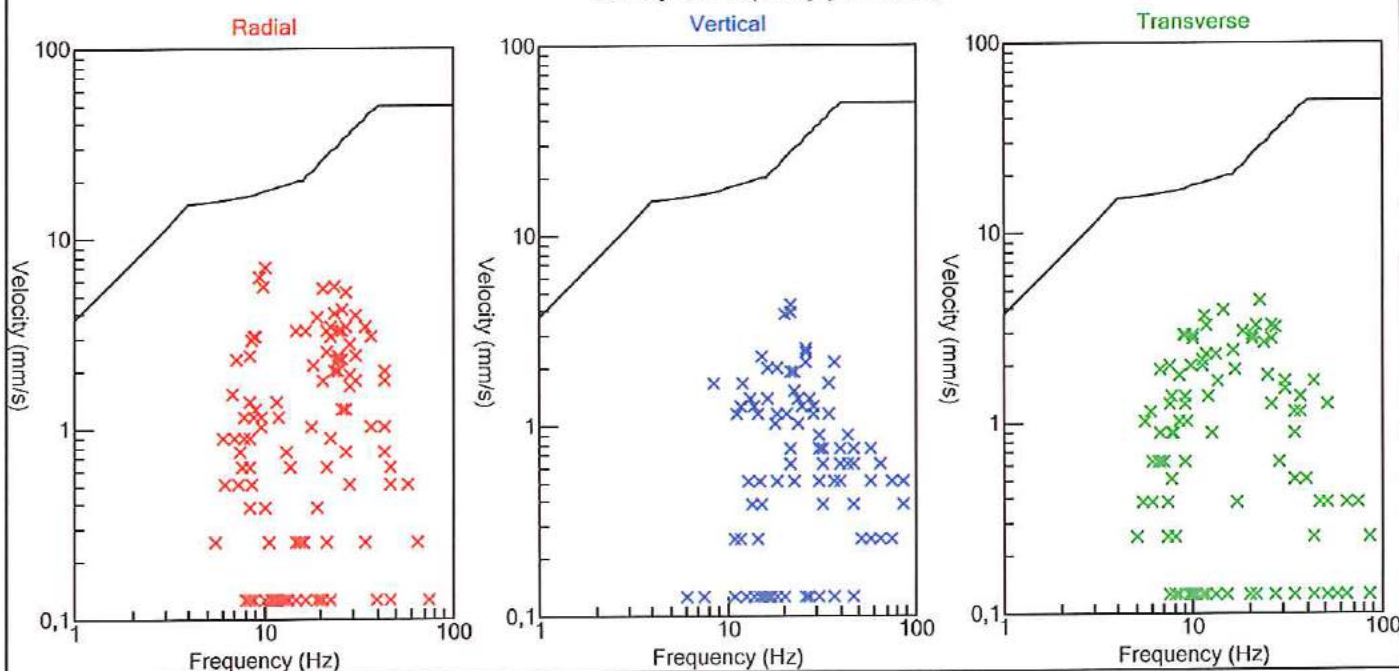
Seismic Scale: 3,50 mm/s/div

Time Intervals: 0,650 Seconds

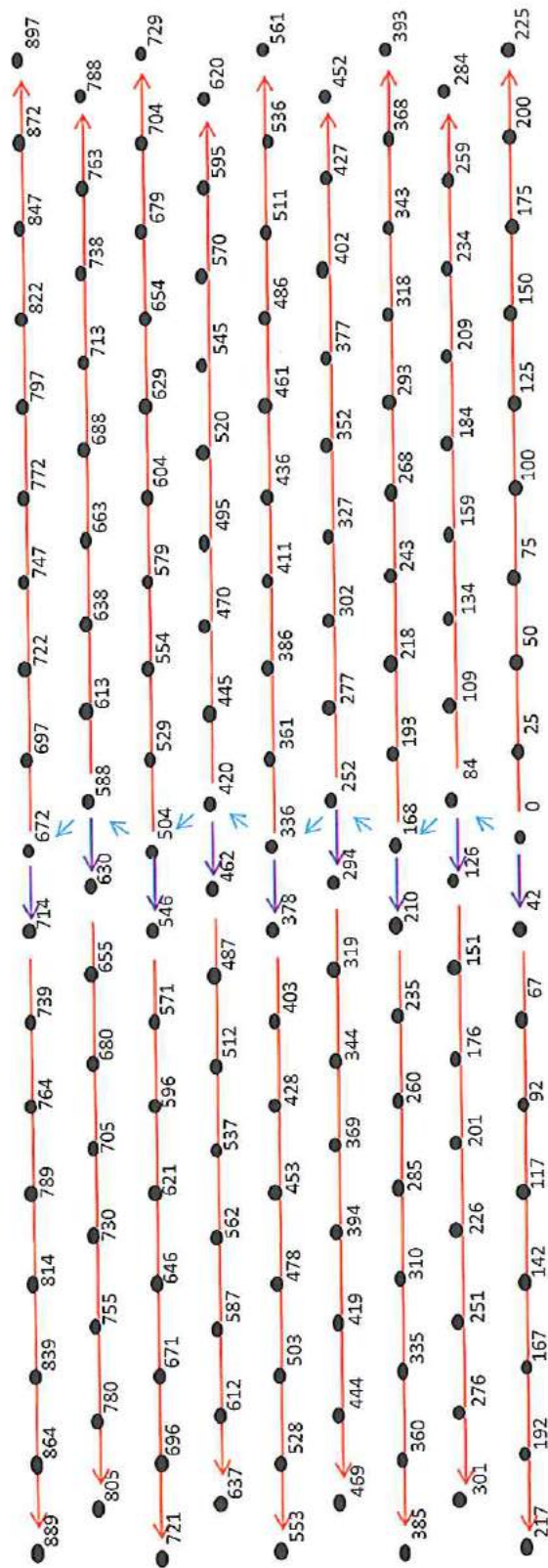
Waveform



Velocity vs. Frequency (NBR 9653)



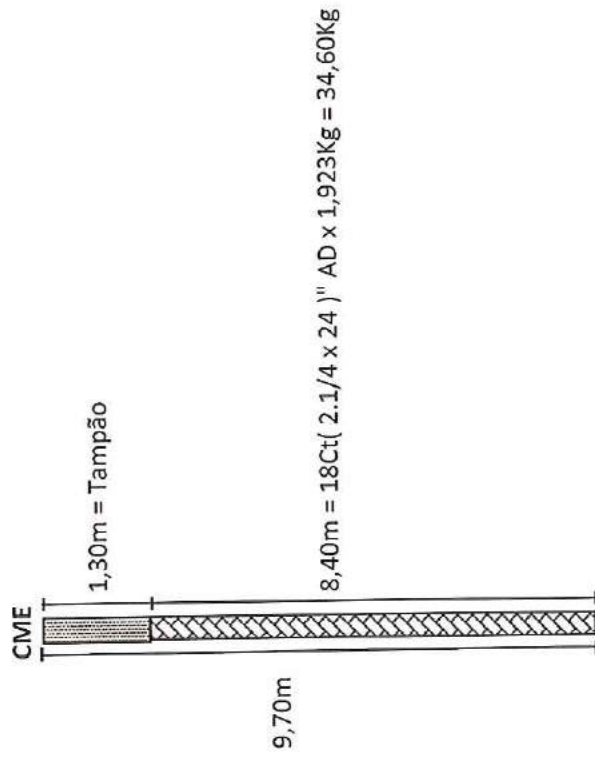
CROQUI DE AMARRAÇÃO REFERENTE A O AVISO DE DETONAÇÃO 19/19 DO DIA 22/03/2019 - MINA FRENTE G



●	Brinel Lig.25ms 6,00m
●	Brinel Lig.42ms 6,00m
●	Brinel Lig.84ms 6,00m
●	Brinel C 250ms 6,00m

CROQUI DE CARREGAMENTO DE FOGO REFERENTE A O AVISO DE
DETONAÇÃO 19/19 DO DIA 22/03/2019 - MINA FRENTE G

Pág.02/02



Total de furos: 158f
Malha : 2,50m x 5,50m
Prof. média : 9,70m

- * Rocha: Arenito
- * ϕ dos Furos : 3"
- * Volume : 2,50m x 5,50m x 9,70m x 158f = 21.073m³
- * Emulsão Encartuchada: 5.250Kg
- * RC: 249g/m³
- * Inic. Piropim : 02Pç
- * Brinel C 250ms : 158Pç
- * Brinel Lig.6,00m : 158Pç
- * Cordel NP10 : 750m



A N E X O 3

Certificados de Calibração

White, SN 1989

White, SN 5680

White, SN 5696

White, SN 5697

Geosonics, SN 8655

Geosonics, SN 8707



Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob número CAL 0318

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

CLIENTE

Nome: Setemi Ltda - Serviços Técnicos para Mineração e Engenharia
Endereço: Avenida da Cavallhada, 2776 - Conjunto 9002 - Porto Alegre / RS
CEP: 91740-000

IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

Nome: Sismógrafo
Fabricante: White
Modelo: MS II - 2G

Nº de série: 1989

Microfone Linear: 1989
Geofone externo: 1989

PROCEDIMENTO UTILIZADO

PC-014 Rev.05 Procedimento de Calibração de Sismógrafos

A calibração é realizada por comparação com os padrões utilizados.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

INFORMAÇÕES

Ordem de serviço: 27003
Data da calibração: 19/10/2018
Data de recebimento: 02/10/2018

Condições ambientais de calibração:

Temperatura ambiente: $(23,8 \pm 3) ^\circ\text{C}$
Pressão atmosférica: $(93,1 \pm 1) \text{ kPa}$
Umidade relativa do Ar: $(71 \pm 10) \%$

Condições ambientais de referência:

Temperatura ambiente: 23 °C
Pressão atmosférica: 101,325 kPa
Umidade relativa do Ar: 50%

A Incerteza expandida de medição (I.M.) é declarada como incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência k=2, o qual corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %. A incerteza expandida de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 e norma ISO 16063-21:2003.

Imp-041 Rev.03

Estes resultados referem-se exclusivamente ao objeto acima mencionado, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento deve ser feita por completo, sua reprodução parcial dependerá da autorização formal do laboratório emissor.





Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob número CAL 0318

Página 2 de 3

Continuação do Certificado de Calibração nº 1810-092

PADRÕES UTILIZADOS

VB-22 Acelerômetro Kistler modelo 8076K + VB-36 Amplificador Kistler modelo 5004

Certificado: Inmetro nº DIMCI 0650/2018

Validade: 15/05/2020

Microfone Capacitivo 4189 + pré-amplificador - Bruel & Kjaer 2671 + Condicionador B&K 1704-A-100124

Certificado No : CBR1800398

Validade: 06/06/2020

Multímetro digital 6 ½ dígitos Hewlett Packard modelo 34401A / - EL-21

Certificado: IPT/RBC nº 160368-01

Validade: 25/08/2019

Barômetro Aneróide Compensiert modelo Aneróide / 670 a 770 mmHg - PR-12

Certificado: ABSI/RBC nº CAL-161820/18

Validade: 06/07/2020

Termômetro Infravermelho modelo / -50 °C à 330 °C - TP-48

Certificado: ABSI/RBC nº CAL-161821/18

Validade: 04/07/2020

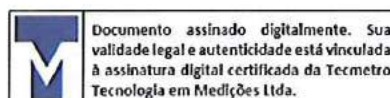
RESULTADOS OBTIDOS

<i>Eixo</i>	<i>I.M. (%)</i>
<i>Vertical</i>	1,30
<i>Transversal</i>	1,30
<i>Longitudinal</i>	1,30

	<i>I.M. (dB)</i>
<i>Microfone</i>	0,54

São Bernardo do Campo, 19 de outubro de 2018

Heitor Presser
Técnico Executante



Ivo Sebode
Responsável do Laboratório

Imp-041 Rev.03

Estes resultados referem-se exclusivamente ao objeto acima mencionado, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento deve ser feita por completo, sua reprodução parcial dependerá da autorização formal do laboratório emissor.



Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob número CAL 0318

Página 3 de 3

Continuação do Certificado de Calibração nº 1810-092

Convenções:

V.C.: Valor Convencional - Média de 3 medições

V.I.: Valor Indicado - Média de 3 medições

Erro: V.I. - V.C.

Velocidade indicada: mm/s (pico)

Nível sonoro indicado: (dBL)

I.M.: Incerteza de Medição Expandida

Geofone

<i>Eixo Vertical</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	16,1	24,77	0,94	0,32	1,30

<i>Eixo Transversal</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	16,1	25,18	-0,72	1,37	1,30

<i>Eixo Longitudinal</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	16,1	24,91	0,36	0,04	1,30

<i>Microfone - Nível Sonoro</i>				
V.C. (dBL)	V.C. (Hz)	V.I. (dBL)	Erro (dBL)	I.M. (dB)
127,9	31,6	129,0	1,05	0,60

Imp-041 Rev.03

Estes resultados referem-se exclusivamente ao objeto acima mencionado, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento deve ser feita por completo, sua reprodução parcial dependerá da autorização formal do laboratório emissor.

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: Sísmica Engenharia
Endereço: Rua Mário Quintana, nº 369 - Ivoti/RS
Solicitante: O mesmo
Contato: Vitor Luconi Rosenhaim - (51) 99540-0693 - vitor@sismica.eng.br

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
MODELO: MINI-SEIS
SENSOR: Geofone - SN: 5680
FABRICANTE: White
SERIAL: 5680
PATRIMÔNIO: Não Consta

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
ACE-001	Acelerômetro Padrão	26/06/2017	INMETRO	DIMCI 0664/2017	jun/19
		26/06/2017	INMETRO	DIMCI 0663/2017	jun/19
MULP-001	Multímetro Padrão	09/10/2017	KEYSIGHT	1-9199831076-1	out/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: O geofone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST **PT-01**, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do sismógrafo e com a norma **NBR 9653:2018**.

Resumo: O geofone foi fixado em um conjunto vibratório (Shake Table System). Os pontos de calibração foram ajustados no conjunto vibratório e foram comparados os resultados lidos no sismógrafo com os resultados de um acelerômetro padrão.

Características: O geofone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (*como recebido*), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.

Observações 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos

Gerais: 2-Cada incerteza expandida de medição (**U**) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência **k = 2,00**, o qual para uma distribuição *t* com *vf* (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o **geofone** do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.

4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.

6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.

7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 20,7 °C Umidade relativa 56 %

Data da calibração: 27/03/2019 **Técnico executante:** Luciano Russi Pucca

4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 0,5 - 3	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	+ 0,5 - 3

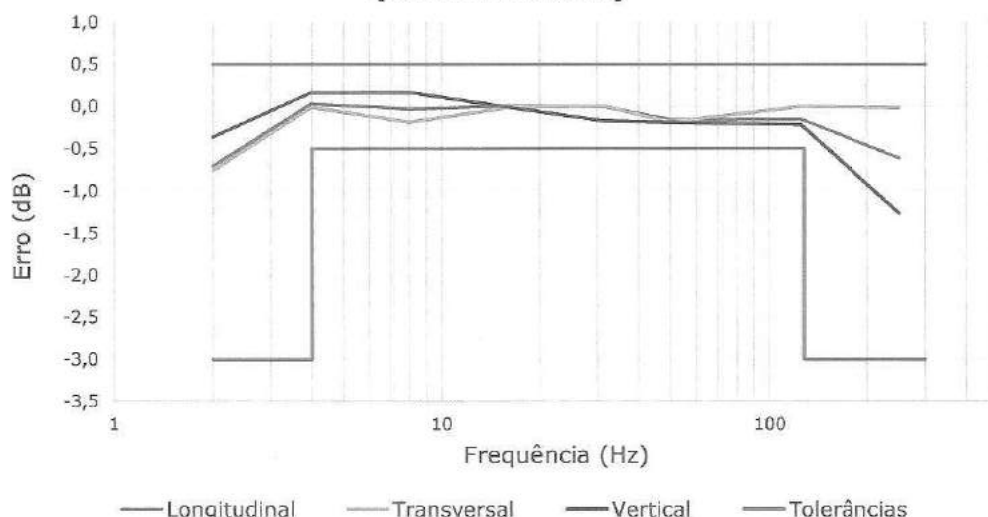
4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Geofone standard - 130 mm/s

Freq. Referência (Hz)	CANAL LONGITUDINAL				CANAL TRANSVERSAL				CANAL VERTICAL			
	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste
	(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)	
2,0	12,406	11,43	-0,71	PASS	12,482	11,43	-0,77	PASS	12,439	11,93	-0,36	PASS
4,0	12,658	12,70	0,03	PASS	12,718	12,70	-0,01	PASS	12,712	12,95	0,16	PASS
8,0	12,749	12,70	-0,03	PASS	12,711	12,44	-0,19	PASS	12,708	12,95	0,16	PASS
16,0	12,698	12,70	0,00	PASS	12,719	12,70	-0,01	PASS	12,715	12,70	-0,01	PASS
31,5	12,708	12,70	-0,01	PASS	12,695	12,70	0,00	PASS	12,692	12,44	-0,17	PASS
50,0	12,714	12,49	-0,15	PASS	12,705	12,44	-0,18	PASS	12,710	12,44	-0,19	PASS
125,0	6,349	6,24	-0,15	PASS	6,350	6,35	0,00	PASS	6,350	6,19	-0,22	PASS
250,0	3,809	3,55	-0,61	PASS	3,807	3,80	-0,02	PASS	3,819	3,30	-1,27	PASS

O geofone não necessitou de ajuste em nenhum de seus três canais de medição

VERIFICAÇÃO DO SISMÓGRAFO
(Como recebido)



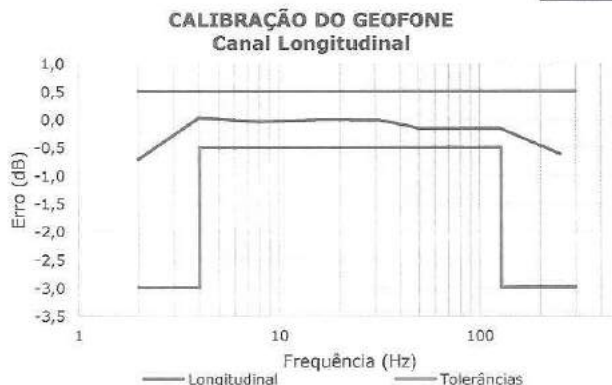
Legenda: $ERRO = 20 \cdot \log(V.I. / V.C.)$ V.I. = Valor Indicado V.C. = Valor Convencional

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL LONGITUDINAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,406	11,43	-0,7
4,0	12,658	12,70	0,0
8,0	12,749	12,70	0,0
16,0	12,699	12,70	0,0
31,5	12,709	12,70	0,0
50,0	12,715	12,49	-0,2
125,0	6,350	6,24	-0,2
250,0	3,809	3,55	-0,6

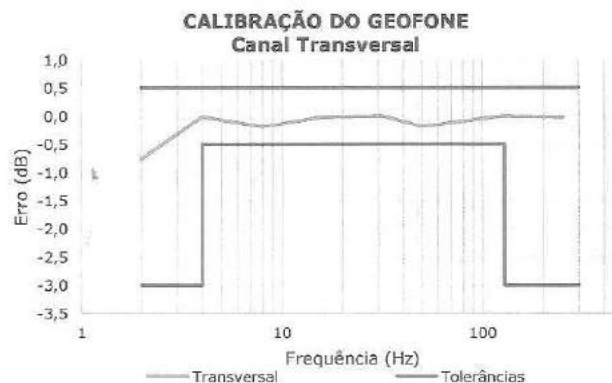


Incerteza U (%) = 1,5 (0,13 dB)

CANAL TRANSVERSAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,483	11,43	-0,8
4,0	12,718	12,70	0,0
8,0	12,711	12,44	-0,2
16,0	12,719	12,70	0,0
31,5	12,696	12,70	0,0
50,0	12,705	12,44	-0,2
125,0	6,350	6,35	0,0
250,0	3,808	3,80	0,0

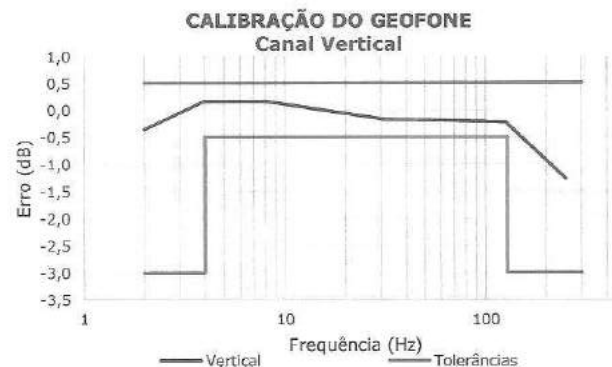


Incerteza U (%) = 1,5 (0,13 dB)

CANAL VERTICAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,439	11,93	-0,4
4,0	12,713	12,95	0,2
8,0	12,708	12,95	0,2
16,0	12,715	12,70	0,0
31,5	12,692	12,44	-0,2
50,0	12,711	12,44	-0,2
125,0	6,350	6,19	-0,2
250,0	3,820	3,30	-1,3



Incerteza U (%) = 1,5 (0,13 dB)

Legenda: **ERRO** = 20*LOG(V.I. / V.C.) V.I. = Valor Indicado V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 27/03/2019

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: *Sísmica Engenharia*
Endereço: Rua Mário Quintana, nº 369 - Ivoti/RS
Solicitante: *O mesmo*
Contato: *Vitor Luconi Rosenhaim - (51) 99540-0693 - vitor@sismica.eng.br*

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia **FABRICANTE:** White
MODELO: MINI-SEIS **SERIAL:** 5680 **PATRIMÔNIO:** Não Consta
SENSOR: Microfone - SN: 5680

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
MIC-002	Microfone Padrão	13/11/2017	Brüel&Kjaer	CBR1700942	nov/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: O microfone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST **PT-02**, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do Sismógrafo e com a **NBR 9653:2018**.

Resumo: O microfone foi fixado em uma câmara geradora de pressão acústica, juntamente com um microfone padrão. Foi gerada uma pressão de 1 mbar (134 dBL), variando a frequência e as leituras do microfone do sismógrafo foram comparadas com as do microfone padrão.

Características: O microfone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (como recebido), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.

Observações 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos

Gerais: 2-Cada incerteza expandida de medição (**U**) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para uma distribuição t com νf (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o **microfone** do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.

4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP, a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.

6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.

7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 20,7 °C Umidade relativa 56 %

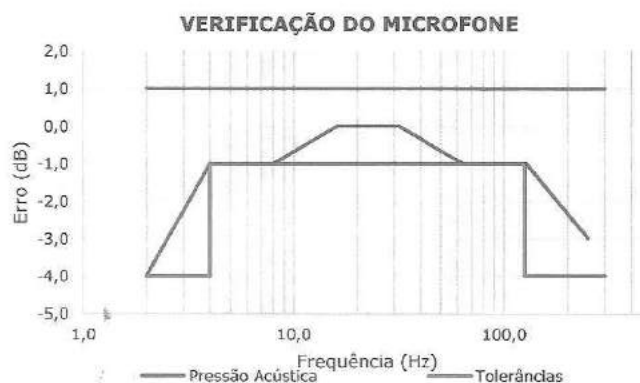
Data da calibração: 27/03/2019 **Técnico executante da calibração:** Luciano Russi Pucca

4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)**4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018**

Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 1 - 4	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	+ 1 - 4

4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Freq. Referência	V.C.	V.I.	Erro	Teste
(Hz)	(dB)	(dB)	(dB)	
2,0	134	130	-4,0	PASS
4,0	134	133	-1,0	PASS
8,0	134	133	-1,0	PASS
16,0	134	134	0,0	PASS
31,5	134	134	0,0	PASS
64,0	134	133	-1,0	PASS
128,0	134	133	-1,0	PASS
250,0	134	131	-3,0	PASS

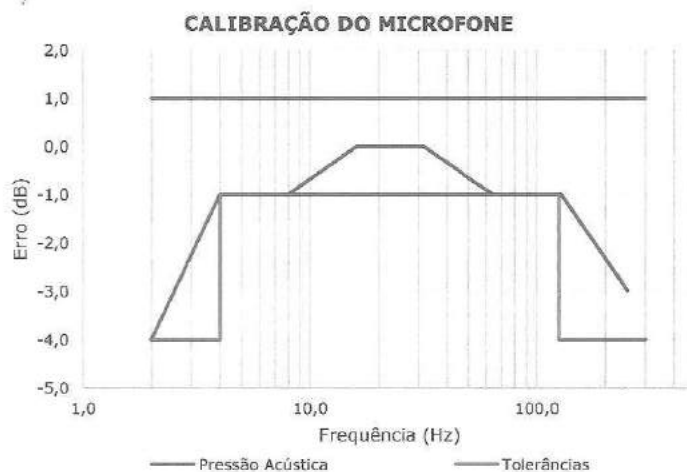


O MICROFONE NÃO NECESSITOU DE AJUSTE.

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO**CANAL ACÚSTICO**

Frequências de Referência	V.C.	V.I.	Erro
(Hz)	(mm/s)	(mm/s)	(dB)
2,0	134	130	-4,0
4,0	134	133	-1,0
8,0	134	133	-1,0
16,0	134	134	0,0
31,5	134	134	0,0
64,0	134	133	-1,0
128,0	134	133	-1,0
250,0	134	131	-3,0

Incerteza U (dB) = 0,5



Legenda: ERRO = V.I. - V.C.

V.I. = Valor Indicado

V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 27/03/2019


Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: Sísmica Engenharia
Endereço: Rua Mário Quintana, nº 369 - Ivoti/RS
Solicitante: O mesmo

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
SENSOR: Geofone - SN 5696
SERIAL: 5696

FABRICANTE: White
MODELO: Mini-Sels
PATRIMÔNIO: Não Consta

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
ACE-001	Acelerômetro Padrão	26/06/2017	INMETRO	DIMCI 0664/2017	Jun/19
		26/06/2017	INMETRO	DIMCI 0663/2017	Jun/19
MULP-001	Multímetro Padrão	09/10/2017	KEYSIGHT	1-9199831076-1	out/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: O geofone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST PT-01, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do sismógrafo e com a norma NBR 9653:2018.

Resumo: O geofone foi fixado em um conjunto vibratório (Shake Table System). Os pontos de calibração foram ajustados no conjunto vibratório e foram comparados os resultados lidos no sismógrafo e comparados com os resultados de um acelerômetro padrão.

Características: O geofone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (como recebido), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.

Observações Gerais:
1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos
2-Cada incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para uma distribuição t com ν (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o geofone do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.

4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.

6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.

7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 22,0 °C Umidade relativa 59,5 %

Data da calibração: 21/11/2018 **Técnico executante:** Luciano Russi Pucca

4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

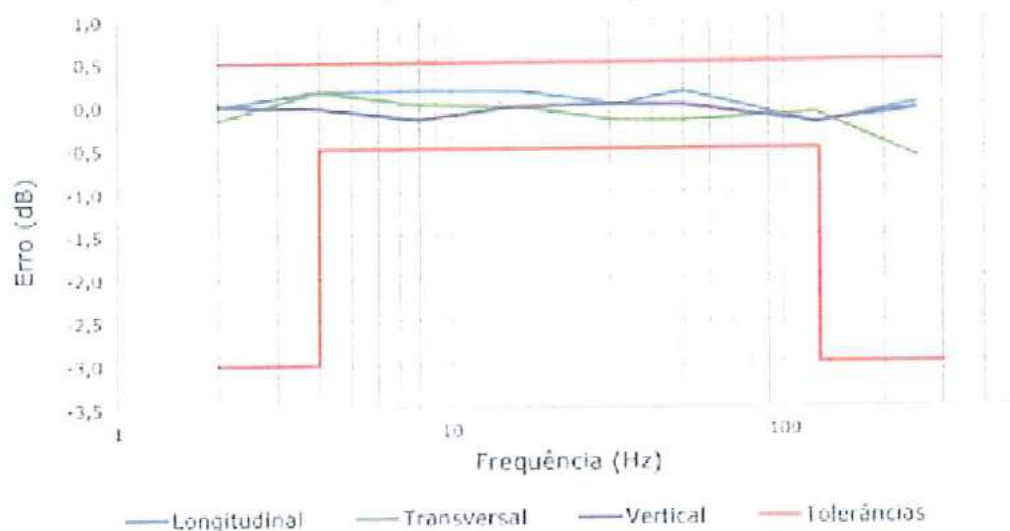
Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 0,5 - 3	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	+ 0,5 - 3

4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Geofone standard - 130 mm/s

Freq. Referência (Hz)	CANAL LONGITUDINAL				CANAL TRANSVERSAL				CANAL VERTICAL			
	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste
	(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)	
2,0	12,450	12,44	-0,01	PASS	12,406	12,19	-0,15	PASS	12,428	12,44	0,01	PASS
4,0	12,696	12,95	0,17	PASS	12,707	12,95	0,16	PASS	12,745	12,70	-0,03	PASS
8,0	12,697	12,95	0,17	PASS	12,692	12,70	0,01	PASS	12,678	12,44	-0,16	PASS
16,0	12,704	12,95	0,17	PASS	12,727	12,70	-0,02	PASS	12,720	12,70	-0,01	PASS
31,5	12,689	12,70	0,01	PASS	12,695	12,44	-0,18	PASS	12,697	12,70	0,00	PASS
50,0	12,713	12,95	0,16	PASS	12,704	12,44	-0,18	PASS	12,706	12,70	0,00	PASS
125,0	6,339	6,18	-0,22	PASS	6,350	6,26	-0,10	PASS	6,352	6,20	-0,21	PASS
250,0	3,608	3,81	0,00	PASS	3,807	3,55	-0,61	PASS	3,807	3,78	-0,06	PASS

VERIFICAÇÃO DO SISMÓGRAFO
(Como recebido)



Nenhum canal necessitou de ajuste e está em linha com os limites preconizados pela norma NBR 9653:2018

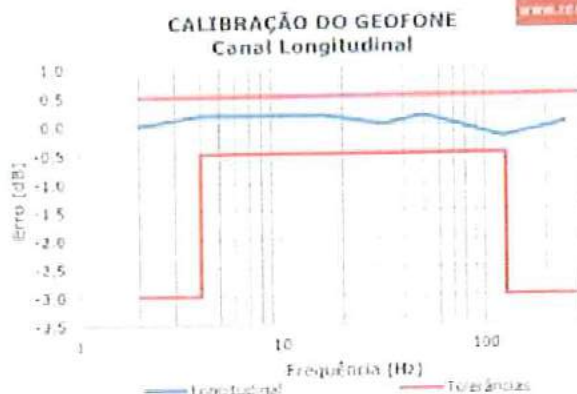
Legenda: $ERRO = 20 \cdot \log(V.I. / V.C.)$ V.I. = Valor Indicado V.C. = Valor Convencional

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL LONGITUDINAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência (Hz)	Velocidade		Erro (dB)
	V.C.	V.I.	
	(mm/s)		
2,0	12,450	12,44	0,0
4,0	12,696	12,95	0,2
8,0	12,698	12,95	0,2
16,0	12,704	12,95	0,2
31,5	12,689	12,70	0,0
50,0	12,714	12,95	0,2
125,0	6,340	6,18	-0,2
250,0	3,808	3,81	0,0

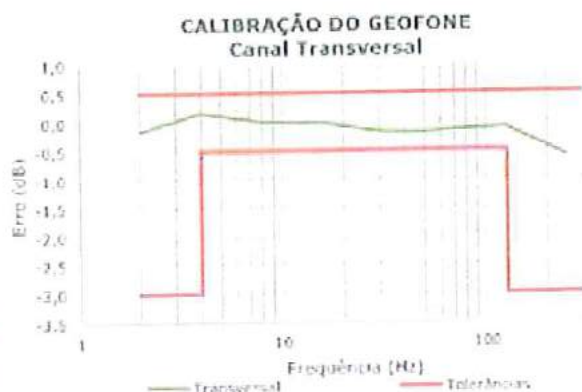


Incerteza U (dB) = 0,5

CANAL TRANSVERSAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência (Hz)	Velocidade		Erro (dB)
	V.C.	V.I.	
	(mm/s)		
2,0	12,406	12,19	-0,2
4,0	12,707	12,95	0,2
8,0	12,692	12,70	0,0
16,0	12,727	12,70	0,0
31,5	12,696	12,44	-0,2
50,0	12,704	12,44	-0,2
125,0	6,351	6,28	-0,1
250,0	3,808	3,55	-0,6

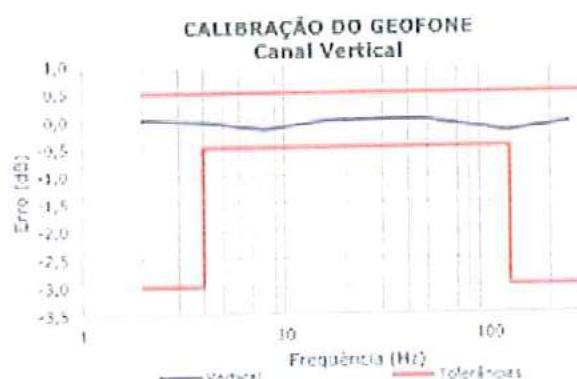


Incerteza U (dB) = 0,5

CANAL VERTICAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência (Hz)	Velocidade		Erro (dB)
	V.C.	V.I.	
	(mm/s)		
2,0	12,428	12,44	0,0
4,0	12,745	12,70	0,0
8,0	12,679	12,44	-0,2
16,0	12,721	12,70	0,0
31,5	12,698	12,70	0,0
50,0	12,706	12,70	0,0
125,0	6,352	6,20	-0,2
250,0	3,807	3,78	-0,1



Incerteza U (dB) = 0,5

Legenda: $ERRO = 20 \cdot \log(V.I / V.C.)$ V.I. = Valor Indicado V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 21/11/2018

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: Sísmica Engenharia
Endereço: Rua Mário Quintana, nº 369 - Ivoti/RS
Solicitante: O mesmo

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
SENSOR: Microfone - SN 5696
SERIAL: 5696

FABRICANTE: White
MODELO: Mini-Seis
PATRIMÔNIO: Não Consta

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
MIC-002	Microfone Padrão	13/11/2017	Bruel&Kjaer	CBR1700942	nov/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: O microfone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST PT-02, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do Sismógrafo e com a NBR 9653:2018.

Resumo: O microfone foi fixado em uma câmara geradora de pressão acústica, juntamente com um microfone padrão. Foi aplicada uma pressão de 1 mbar (134 dBL), a frequência foi variada e as leituras do microfone do sismógrafo foram comparadas com as do microfone padrão.

Características: O microfone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (como recebido), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.

Observações 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos

Gerais: 2-Cada Incerteza expandida de medição (*U*) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para uma distribuição *t* com *vf* (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o microfone do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.

4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP, a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.

6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.

7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 22,0 °C Umidade relativa 59,5 %

Data da calibração: 21/11/2018 **Técnico executante da calibração:** Luciano Russi Pucca

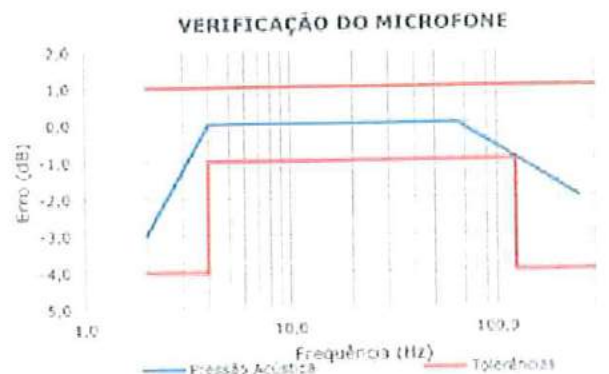
4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 1 - 4	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	+ 1 - 4

4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Freq. Referência (Hz)	V.C. (dB)	V.I. (dB)	Erro (dB)	Teste
2,0	134	131	-3,0	PASS
4,0	134	134	0,0	PASS
8,0	134	134	0,0	PASS
16,0	134	134	0,0	PASS
31,5	134	134	0,0	PASS
64,0	134	134	0,0	PASS
128,0	134	133	-1,0	PASS
250,0	134	132	-2,0	PASS



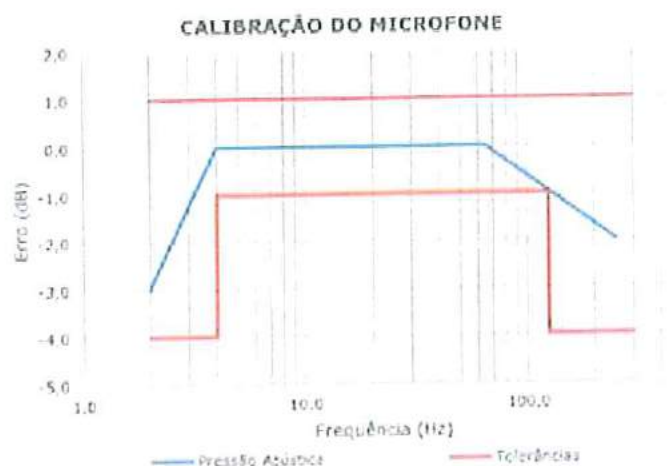
O MICROFONE NÃO NECESSITOU DE AJUSTE.

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL ACÚSTICO

Frequências de Referência (Hz)	V.C. (dB)	V.I. (dB)	Erro (dB)
2,0	134	131	-3,0
4,0	134	134	0,0
8,0	134	134	0,0
16,0	134	134	0,0
31,5	134	134	0,0
64,0	134	134	0,0
128,0	134	133	-1,0
250,0	134	132	-2,0

Incerteza U (dB) = 0,5



Legenda: ERRO = V.I. - V.C.

V.I. = Valor Indicado

V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 21/11/2018

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração



Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob número CAL 0318

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

CLIENTE

Nome: Sismica Engenharia e Mineração Ltda
Endereço: Rua Mario Quintana, 369 - Ivoti / RS
CEP: 93900-000

IDENTIFICAÇÃO DO ITEM

Nome: Sismógrafo
Fabricante: White
Modelo: MS II - 2G

N° de série: 5697

Microfone Linear: 5697
Geofone externo: 5697

PROCEDIMENTO UTILIZADO

PC-014 Rev.05 Procedimento de Calibração de Sismógrafos

A calibração é realizada por comparação com os padrões utilizados.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

INFORMAÇÕES

Ordem de serviço: 27006
Data da calibração: 19/10/2018
Data de recebimento: 05/10/2018

Condições ambientais de calibração:

Temperatura ambiente: $(22,2 \pm 3) ^\circ\text{C}$
Pressão atmosférica: $(93,1 \pm 1) \text{ kPa}$
Umidade relativa do Ar: $(69,9 \pm 10) \%$

Condições ambientais de referência:

Temperatura ambiente: 23 °C
Pressão atmosférica: 101,325 kPa
Umidade relativa do Ar: 50%

A Incerteza expandida de medição (I.M.) é declarada como incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência $k=2$, o qual corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %. A incerteza expandida de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 e norma ISO 16063-21:2003.

Imp-041 Rev.03

Estes resultados referem-se exclusivamente ao objeto acima mencionado, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento deve ser feita por completo, sua reprodução parcial dependerá da autorização formal do laboratório emissor.





Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob número CAL 0318

Página 2 de 3

Continuação do Certificado de Calibração nº 1810-095

PADRÕES UTILIZADOS

VB-22 Acelerômetro Kistler modelo 8076K + VB-36 Amplificador Kistler modelo 5004

Certificado: Inmetro nº DIMCI 0650/2018

Validade: 15/05/2020

Microfone Capacitivo 4189 + pré-amplificador - Bruel & Kjaer 2671 + Condicionador B&K 1704-A-100124

Certificado No : CBR1800398

Validade: 06/06/2020

Multímetro digital 6 ½ dígitos Hewlett Packard modelo 34401A / - EL-21

Certificado: IPT/RBC nº 160368-01

Validade: 25/08/2019

Barômetro Aneróide Compensiert modelo Aneróide / 670 a 770 mmHg - PR-12

Certificado: ABSI/RBC nº CAL-161820/18

Validade: 06/07/2020

Termômetro Infravermelho modelo / -50 °C à 330 °C - TP-48

Certificado: ABSI/RBC nº CAL-161821/18

Validade: 04/07/2020

RESULTADOS OBTIDOS

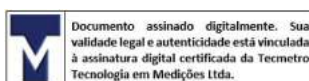
<i>Eixo</i>	<i>I.M. (%)</i>
<i>Vertical</i>	1,30
<i>Transversal</i>	1,30
<i>Longitudinal</i>	1,30

	<i>I.M. (dB)</i>
<i>Microfone</i>	0,54

São Bernardo do Campo, 19 de outubro de 2018

Heitor Presser

Técnico Executante



Ivo Sebode

Responsável do Laboratório

Imp-041 Rev.03

Estes resultados referem-se exclusivamente ao objeto acima mencionado, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. A reprodução deste documento deve ser feita por completo, sua reprodução parcial dependerá da autorização formal do laboratório emissor.



Laboratório de Medição de Vibração (LMV)

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob número CAL 0318

Página 3 de 3

Continuação do Certificado de Calibração nº 1810-095

Convenções:

V.C.: Valor Convencional - Média de 3 medições

V.I.: Valor Indicado - Média de 3 medições

Erro: V.I. - V.C.

Velocidade indicada: mm/s (pico)

Nível sonoro indicado: (dBL)

I.M.: Incerteza de Medição Expandida

Geofone

<i>Eixo Vertical</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	16,1	24,54	1,86	0,04	1,30

<i>Eixo Transversal</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	16,1	24,66	1,37	0,31	1,30

<i>Eixo Longitudinal</i>					
V.I. (mm/s) pico	V.I. (Hz)	V.C. (mm/s) Média	Erro (%)	Repetibilidade (%)	I.M. (%)
25	16,1	24,55	1,83	0,62	1,30

<i>Microfone - Nível Sonoro</i>				
V.C. (dBL)	V.C. (Hz)	V.I. (dBL)	Erro (dBL)	I.M. (dB)
128,0	31,6	130,0	1,97	0,60

Imp-041 Rev.03

Estes resultados referem-se exclusivamente ao objeto acima mencionado, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
A reprodução deste documento deve ser feita por completo, sua reprodução parcial dependerá da autorização formal do laboratório emissor.

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: Tec Power - Desmorte de Rocha LTDA - EPP
Endereço: R. Rod. Padre Herval Fontanella, 1701 - Siderópolis/SC
Solicitante: O mesmo
Contato: Patrícia - (48) 3433 0755 - empresa@tecpowerbr.com

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
MODELO: SSU 3000 EZ+
SERIAL: 8655
FABRICANTE: Geosonics
PATRIMÔNIO: Não Consta
SENSOR: Geofone - SN: 8655

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
ACE-001	Acelerômetro Padrão	26/06/2017	INMETRO	DIMCI 0664/2017	jun/19
		26/06/2017	INMETRO	DIMCI 0663/2017	jun/19
MULP-001	Multímetro Padrão	09/10/2017	KEYSIGHT	1-9199831076-1	out/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: O geofone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST **PT-01**, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do sismógrafo e com a norma **NBR 9653:2018**.

Resumo: O geofone foi fixado em um conjunto vibratório (Shake Table System). Os pontos de calibração foram ajustados no conjunto vibratório e foram comparados os resultados lidos no sismógrafo com os resultados de um acelerômetro padrão.

Características: O geofone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (*como recebido*), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.

Observações Gerais:

- 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos
- 2-Cada incerteza expandida de medição (**U**) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência **k = 2,00**, o qual para uma distribuição *t* com *vf* (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- 3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o **geofone** do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.
- 4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.
- 5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.
- 6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.
- 7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 20,9 °C Umidade relativa 60 %

Data da calibração: 20/02/2019 **Técnico executante:** Luciano Russi Pucca

4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 0,5 - 3	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	+ 0,5 - 3

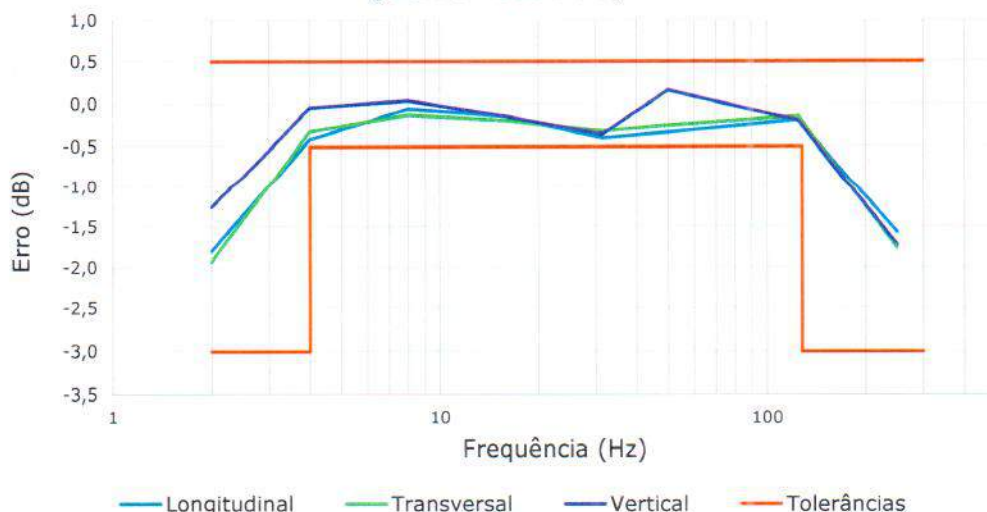
4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Geofone standard - 130 mm/s

Freq. Referência (Hz)	CANAL LONGITUDINAL				CANAL TRANSVERSAL				CANAL VERTICAL			
	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste
	(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)	
2,0	12,537	10,19	-1,80	PASS	12,625	10,11	-1,93	PASS	12,329	10,67	-1,26	PASS
4,0	12,783	12,19	-0,41	PASS	12,718	12,26	-0,32	PASS	12,701	12,64	-0,04	PASS
8,0	12,719	12,64	-0,05	PASS	12,757	12,57	-0,13	PASS	12,705	12,76	0,04	PASS
16,0	12,715	12,51	-0,14	PASS	12,731	12,45	-0,19	PASS	12,727	12,51	-0,15	PASS
31,5	12,692	12,13	-0,39	PASS	12,705	12,26	-0,31	PASS	12,693	12,19	-0,35	PASS
50,0	12,706	12,24	-0,32	PASS	12,705	12,35	-0,25	PASS	12,709	12,95	0,16	PASS
125,0	6,350	6,22	-0,18	PASS	6,350	6,25	-0,14	PASS	6,351	6,21	-0,19	PASS
250,0	3,808	3,18	-1,57	PASS	3,809	3,11	-1,76	PASS	4,071	3,34	-1,72	PASS

O geofone não necessitou de ajuste em nenhum de seus três canais de medição

VERIFICAÇÃO DO SISMÓGRAFO (Como recebido)



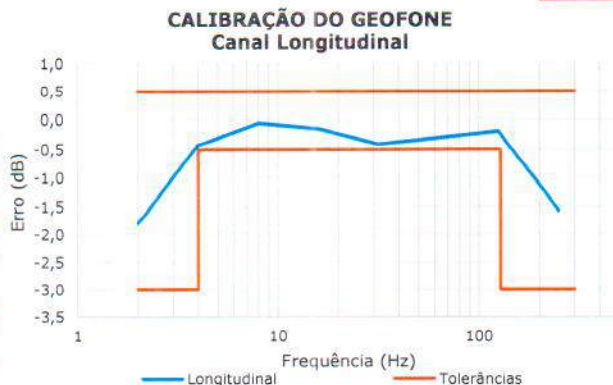
Legenda: $ERRO = 20 \cdot \log(V.I. / V.C.)$ **V.I.** = Valor Indicado **V.C.** = Valor Convencional

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL LONGITUDINAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,538	10,19	-1,8
4,0	12,783	12,19	-0,4
8,0	12,719	12,64	-0,1
16,0	12,715	12,51	-0,1
31,5	12,692	12,13	-0,4
50,0	12,707	12,24	-0,3
125,0	6,351	6,22	-0,2
250,0	3,809	3,18	-1,6

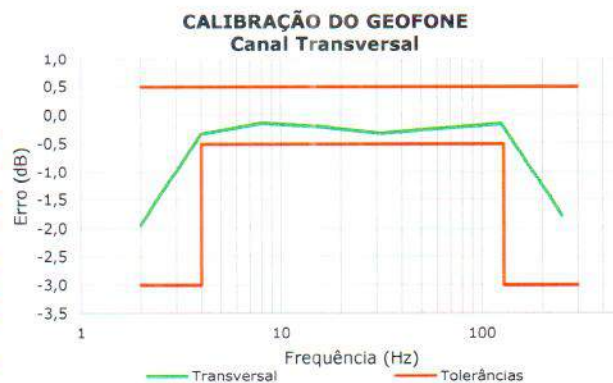


Incerteza U (%) = 1,5 (0,13 dB)

CANAL TRANSVERSAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,626	10,11	-1,9
4,0	12,718	12,26	-0,3
8,0	12,757	12,57	-0,1
16,0	12,731	12,45	-0,2
31,5	12,705	12,26	-0,3
50,0	12,705	12,35	-0,2
125,0	6,351	6,25	-0,1
250,0	3,809	3,11	-1,8

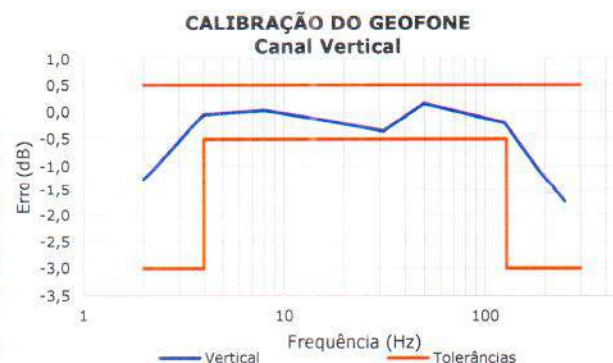


Incerteza U (%) = 1,5 (0,13 dB)

CANAL VERTICAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,329	10,67	-1,3
4,0	12,702	12,64	0,0
8,0	12,706	12,76	0,0
16,0	12,727	12,51	-0,1
31,5	12,693	12,19	-0,4
50,0	12,710	12,95	0,2
125,0	6,351	6,21	-0,2
250,0	4,072	3,34	-1,7



Incerteza U (%) = 1,5 (0,13 dB)

Legenda: **ERRO** = $20 \cdot \log(V.I. / V.C.)$

V.I. = Valor Indicado

V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 20/02/2019

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: Tec Power - Desmonte de Rocha LTDA - EPP
Endereço: R. Rod. Padre Herval Fontanella, 1701 - Siderópolis/SC
Solicitante: O mesmo
Contato: Patrícia - (48) 3433 0755 - empresa@tecpowerbr.com

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
MODELO: SSU 3000 EZ+
SERIAL: 8655
SENSOR: Microfone - SN: 8655
FABRICANTE: Geosonics
PATRIMÔNIO: Não Consta

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
MIC-002	Microfone Padrão	13/11/2017	Bruel&Kjaer	CBR1700942	nov/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Procedimento: O microfone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST **PT-02**, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do Sismógrafo e com a **NBR 9653:2018**.

Resumo: O microfone foi fixado em uma câmara geradora de pressão acústica, juntamente com um microfone padrão. Foi gerada uma pressão de 1 mbar (134 dBL), variando a frequência e as leituras do microfone do sismógrafo foram comparadas com as do microfone padrão.

Características: O microfone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (como recebido), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.

Observações 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos

Gerais: 2-Cada incerteza expandida de medição (**U**) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para uma distribuição t com νf (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o **microfone** do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.

4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP, a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.

6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.

7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 20,9 °C Umidade relativa 60 %

Data da calibração: 20/02/2019 **Técnico executante da calibração:** Luciano Russi Pucca

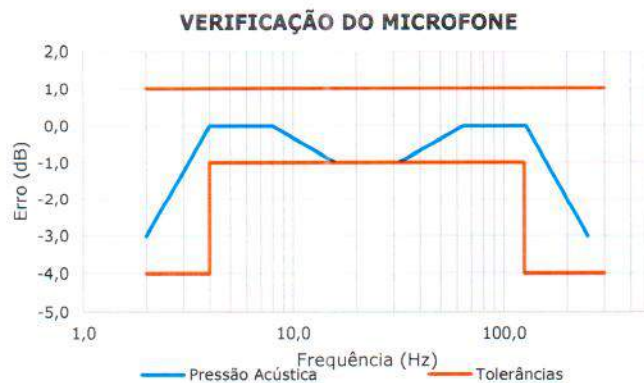
4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 1 - 4	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	+ 1 - 4

4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Freq. Referência (Hz)	V.C. (dBL)	V.I.	Erro (dB)	Teste
2,0	134	131	-3,0	PASS
4,0	134	134	0,0	PASS
8,0	134	134	0,0	PASS
16,0	134	133	-1,0	PASS
31,5	134	133	-1,0	PASS
64,0	134	134	0,0	PASS
128,0	134	134	0,0	PASS
250,0	134	131	-3,0	PASS



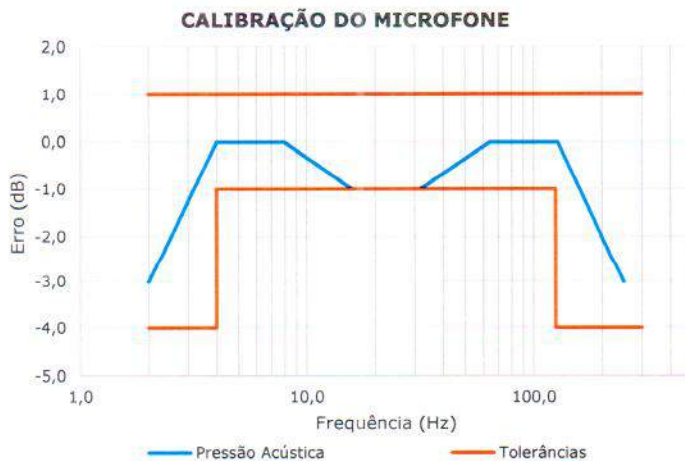
O MICROFONE NÃO NECESSITOU DE AJUSTE.

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL ACÚSTICO

Frequências de Referência (Hz)	V.C. (mm/s)	V.I.	Erro (dB)
2,0	134	131	-3,0
4,0	134	134	0,0
8,0	134	134	0,0
16,0	134	133	-1,0
31,5	134	133	-1,0
64,0	134	134	0,0
128,0	134	134	0,0
250,0	134	131	-3,0

Incerteza U (dB) = 0,5



Legenda: **ERRO** = V.I. - V.C.

V.I. = Valor Indicado

V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 20/02/2019

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: IBQ Indústrias Químicas S.A.
Endereço: Rodovia Regis Bittencourt BR 116, Km 71 - Quatro Barras/PR
Solicitante: O mesmo

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
SENSOR: Geofone
SERIAL: 8707

FABRICANTE: Geosonics
MODELO: ssu 3000 EZ+
PATRIMÔNIO: 1-01706

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
ACE-001	Acelerômetro Padrão	26/06/2017	INMETRO	DIMC1 0664/2017	jun/19
		26/06/2017	INMETRO	DIMC1 0663/2017	jun/19
MULP-001	Multímetro Padrão	09/10/2017	KEYSIGHT	1-9199831076-1	out/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

- Procedimento:** O geofone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST PT-01, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do sismógrafo e com a norma NBR 9653:2018.
- Resumo:** O geofone foi fixado em um conjunto vibratório (Shake Table System). Os pontos de calibração foram ajustados no conjunto vibratório e foram comparados os resultados lidos no sismógrafo e comparados com os resultados de um acelerômetro padrão.
- Características:** O geofone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (como recebido), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.
- Observações Gerais:**
- 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos.
 - 2-Cada incerteza expandida de medição (U) relatada e declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para uma distribuição t com ν (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
 - 3-A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
 - 3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o geofone do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.
 - 4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.
 - 5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.
 - 6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo do reconhecimento do laboratório.
 - 7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Technoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 23,6 °C Umidade relativa 67,5 %

Data da calibração: 07/11/2018 **Técnico executante:** Robson Teixeira de Carvalho

4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

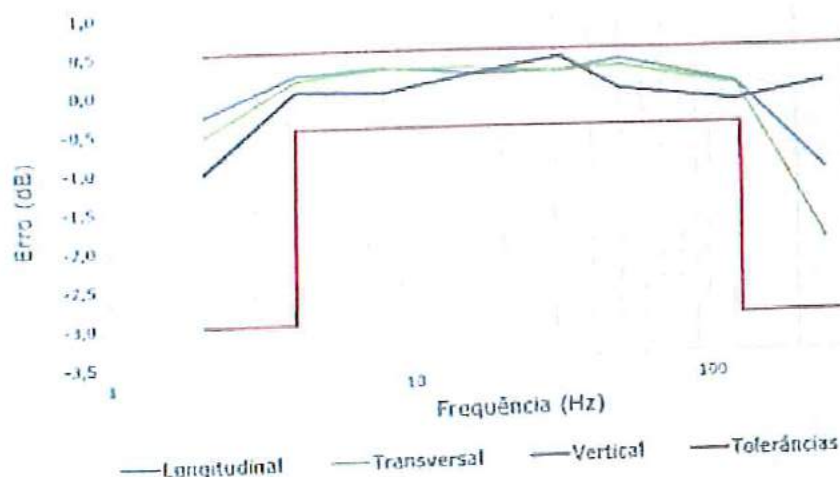
Frequência do pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 0,5 - 3	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,5	+ 0,5 - 3

4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Geofone standard - 130 mm/s

Freq. Referência (Hz)	CANAL LONGITUDINAL				CANAL TRANSVERSAL				CANAL VERTICAL			
	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste	V.C.	V.I.	Erro	Teste
	(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)		(mm/s)	(mm/s)	(dB)	
2,0	12,412	12,00	-0,30	PASS	12,450	11,63	-0,55	PASS	12,384	11,03	-1,03	PASS
4,0	12,707	13,00	0,20	PASS	12,707	12,89	0,12	PASS	12,696	12,67	-0,02	PASS
8,0	12,697	13,10	0,27	PASS	12,600	13,03	0,27	PASS	12,619	12,55	-0,05	PASS
16,0	12,713	12,99	0,10	PASS	12,709	13,11	0,27	PASS	12,713	12,99	0,19	PASS
31,5	12,695	13,00	0,21	PASS	12,696	12,99	0,20	PASS	12,695	13,29	0,40	PASS
50,0	12,704	13,24	0,36	PASS	12,703	13,10	0,27	PASS	12,709	12,65	-0,03	PASS
125,0	6,523	6,54	0,02	PASS	6,349	6,35	-0,01	PASS	6,349	6,20	-0,21	PASS
250,0	3,008	3,34	-1,14	PASS	3,009	3,60	-2,07	PASS	3,008	3,81	0,09	PASS

**VERIFICAÇÃO DO SISMÓGRAFO
(Como recebido)**



Nenhum canal necessitou de ajuste e está em linha com os limites preconizados pela norma NBR 9653:2018

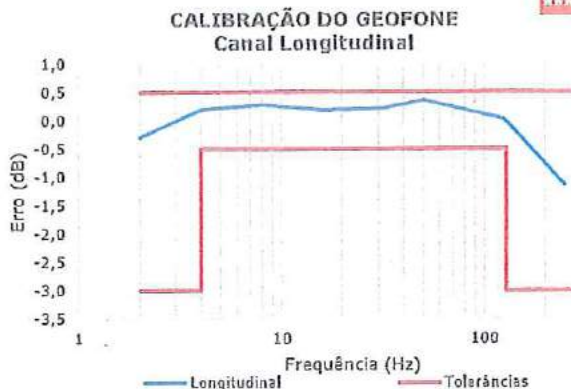
Legenda: $ERRO = 20 \cdot \log(V.I./V.C.)$ V.I. = Valor Indicado V.C. = Valor Convencional

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL LONGITUDINAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,417	12,00	-0,3
4,0	12,707	13,00	0,2
8,0	12,698	13,10	0,3
16,0	12,714	12,99	0,2
31,5	12,695	13,00	0,2
50,0	12,704	13,24	0,4
125,0	6,523	6,54	0,0
250,0	3,808	3,34	-1,1

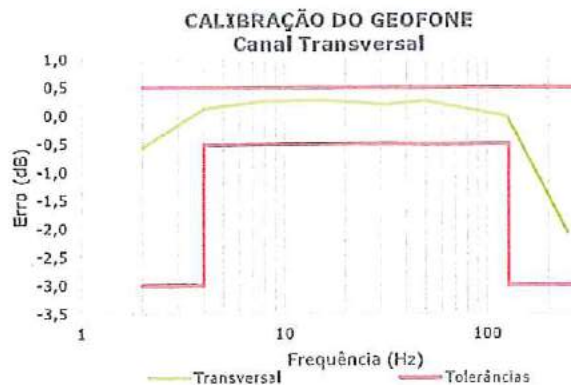


Incerteza U (dB) = 0,5

CANAL TRANSVERSAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,450	11,68	-0,6
4,0	12,707	12,89	0,1
8,0	12,608	13,00	0,3
16,0	12,710	13,11	0,3
31,5	12,697	12,99	0,2
50,0	12,704	13,10	0,3
125,0	6,350	6,35	0,0
250,0	3,809	3,00	-2,1

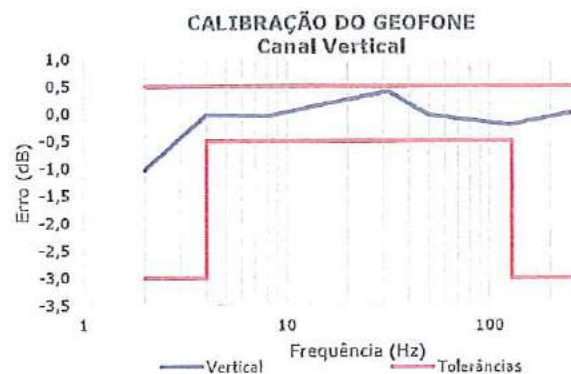


Incerteza U (dB) = 0,5

CANAL TRANSVERSAL

Geofone standard - 130 mm/s

Frequências de Referência	Velocidade		Erro
	V.C.	V.I.	
(Hz)	(mm/s)		(dB)
2,0	12,384	11,00	-1,0
4,0	12,696	12,67	0,0
8,0	12,619	12,55	0,0
16,0	12,714	12,99	0,2
31,5	12,695	13,29	0,4
50,0	12,700	12,65	0,0
125,0	6,350	6,20	-0,2
250,0	3,808	3,81	0,0



Incerteza U (dB) = 0,5

Legenda: $ERRO = 20 \cdot \log(V.I. / V.C.)$ V.I. = Valor Indicado V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 12/11/2018

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração

1 - CLIENTE / EQUIPAMENTO SOB CALIBRAÇÃO

CLIENTE: IBQ Indústrias Químicas S.A.
Endereço: Rodovia Regis Bittencourt BR 116, Km 71 - Quatro Barras/PR
Solicitante: O mesmo

EQUIPAMENTO: Sismógrafo de Engenharia
SENSOR: Microfone
SERIAL: 8707

FABRICANTE: Geosonics
MODELO: SSU 3000 EZ4
PATRIMÔNIO: 1-01706

2 - INSTRUMENTAÇÃO E PADRÕES UTILIZADOS

Código	Descrição	Calibrado em	Laboratório	Nº Certificado	Válido até
MIC-002	Microfone Padrão	13/11/2017	Brüel&Kjaer	CBR1700942	nov/19
VIB-003	Gerador de Frequências	08/10/2018	SIGTRON	RBC-18/0580	out/20
TH-002	Termohigrômetro	07/11/2017	SETTING	T01911-17	nov/19

3 - INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

- Procedimento:** O microfone foi calibrado de acordo com o procedimento técnico da TECHNOBLAST PT-02, em sua versão mais atual, em linha com as especificações do fabricante do Sismógrafo e com a NBR 9653:2018.
- Resumo:** O microfone foi fixado em uma câmara geradora de pressão acústica, juntamente com um microfone padrão. Foi aplicada uma pressão de 1 mbar (134 dB), a frequência foi variada e as leituras do microfone do sismógrafo foram comparadas com as do microfone padrão.
- Características:** O microfone foi submetido a um teste, antes de qualquer ajuste e/ou calibração (como recebido), a fim de se verificar seu correto funcionamento e sua precisão, atendendo à limites definidos, conforme tabela 4.1 "TOLERÂNCIAS", para fins de verificação da garantia da qualidade dos resultados.
- Observações Gerais:**
- 1-Os resultados apresentados referem-se à média dos resultados obtidos
 - 2-Cada incerteza expandida de medição (U) relatada é declarada como a incerteza padrão multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2,00$, o qual para uma distribuição t com v (graus de liberdade efetivos) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
 - 3-O presente certificado de calibração é válido apenas para o microfone do sismógrafo de engenharia acima descrito, não sendo extensivo a qualquer outro, mesmo que similar.
 - 4-Este certificado de calibração só poderá ser reproduzido por completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita da TECHNOBLAST. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.
 - 5-Este certificado de calibração atende aos requisitos de reconhecimento pela REMESP, a qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões de medida e/ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI.
 - 6-Qualquer tipo de manutenção e/ou ajuste não faz parte do escopo de reconhecimento do laboratório.
 - 7-Calibração realizada no laboratório de vibração e acústica da Tecnoblast, localizado na Avenida Santo Amaro, 4644 - Sala 220 - Brooklin - SP.

Condições Ambientais: Temperatura 23,6 °C Umidade relativa 67,5 %

Data da calibração: 07/11/2018 **Técnico executante da calibração:** Robson Teixeira de Carvalho

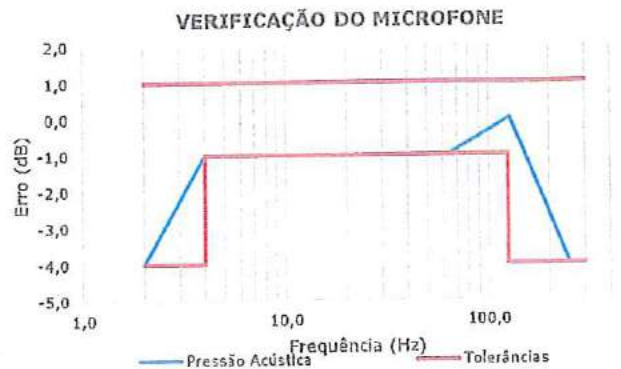
4 - TESTE PRÉ CALIBRAÇÃO (COMO RECEBIDO)

4.1 - TOLERÂNCIAS CONFORME NBR 9653:2018

Frequência de pico (Hz)	2	4	8	16	31,5	50	125	250
Tolerâncias (dB)	+ 1 - 4	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	± 1	+ 1 - 4

4.2 - RESULTADOS OBTIDOS (COMO RECEBIDO)

Freq. Referência (Hz)	V.C. (dB)	V.I.	Erro (dB)	Teste
2,0	134	130	-4,0	PASS
4,0	134	133	-1,0	PASS
8,0	134	133	-1,0	PASS
16,0	134	133	-1,0	PASS
31,5	134	133	-1,0	PASS
64,0	134	133	-1,0	PASS
128,0	134	134	0,0	PASS
250,0	134	130	-4,0	PASS



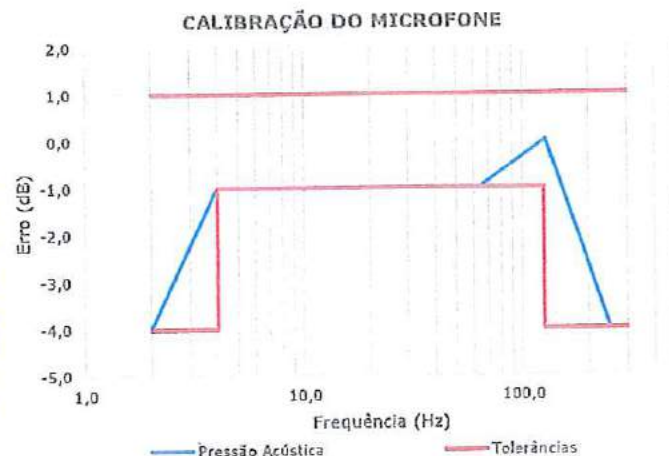
O MICROFONE NÃO NECESSITOU DE AJUSTE.

5 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

CANAL ACÚSTICO

Frequências de Referência (Hz)	V.C. (mm/s)	V.I.	Erro (dB)
2,0	134	130	-4,0
4,0	134	133	-1,0
8,0	134	133	-1,0
16,0	134	133	-1,0
31,5	134	133	-1,0
64,0	134	133	-1,0
128,0	134	134	0,0
250,0	134	130	-4,0

Incerteza U (dB) = 0,5



Legenda: ERRO = V.I - V.C.

V.I. = Valor Indicado

V.C. = Valor Convencional

Data de emissão: 12/11/2018

Luciano Russi Pucca
Signatário Autorizado

Fim do Certificado de Calibração



A N E X O 4

Anotação de Responsabilidade Técnica – ART
nº10036251



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



CREA-RS
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul

ART Número
10036251

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: SC006536 Profissional: MARCELO BENTO KOPS E-mail: marcelo@setemi.com.br
RNP: 2501997336 Título: Engenheiro de Minas
Empresa: SETEMI LTDA Nr.Reg.: 119476

Contratante

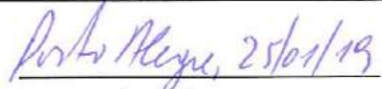
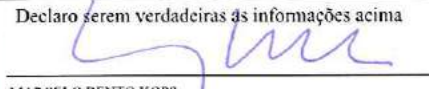
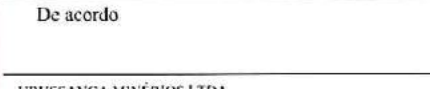
Nome: URUSSANGA MINÉRIOS LTDA E-mail: gerencia@um.eco.br
Endereço: ESTRADA ESTRADA GERAL S/N RIO CARVÃO 0 Telefone: 48 3403 7900 CPF/CNPJ: 19.331.679/0001-20
Cidade: URUSSANGA Bairro: RIO CARVÃO CEP: 88840000 UF: SC

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: URUSSANGA MINÉRIOS LTDA
Endereço da Obra/Serviço: ESTRADA ESTRADA GERAL S/N RIO CARVÃO 0 CPF/CNPJ: 19.331.679/0001-20
Cidade: URUSSANGA Bairro: RIO CARVÃO CEP: 88840000 UF: SC
Finalidade: MINERAÇÃO Vlr Contrato(R\$): 23.436,00 Honorários(R\$):
Data Início: 29/01/2019 Prev.Fim: 01/05/2019 Ent.Classe: AGEM

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Laudo Técnico	Uso de Explosivos em Mineração	1,00	UN
Laudo Técnico	Explosivos - Controle de Vibrações	1,00	UN

ART registrada (paga) no CREA-RS em 25/01/2019

 Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima  MARCELO BENTO KOPS Profissional	De acordo  URUSSANGA MINÉRIOS LTDA Contratante
---	--	--