

### 6.2.2 Ruído e Vibração

A avaliação dos níveis de ruído e vibração se faz necessária considerando a necessidade de se identificar as atuais fontes emissoras de ruídos e vibração e os principais receptores localizados nas áreas de influência do empreendimento. De acordo com a avaliação prévia de impactos ambientais será possível antever uma interferência do empreendimento nesses parâmetros. O diagnóstico poderá, portanto, avaliar de forma mais adequada o grau de interferência, bem como identificar as medidas mitigadoras e compensatórias mais adequadas.

Para este diagnóstico foi realizada uma campanha de campo para as avaliações de ruído e vibração, no mês de outubro de 2013, nas áreas de influência do empreendimento.

Nesta campanha de campo foram identificadas as principais fontes de emissões sonoras e vibratórias nas áreas de influência direta do empreendimento.

As áreas de influência para ruído e vibração são as mesmas definidas para o meio físico, sendo:

- **Área de Influência Indireta (All):** Bacia Hidrográfica do Rio Imboassica, desde a cabeceira do rio Imboassica até a confluência com a Lagoa de Imboassica;
- **Área de Influência Direta (AID):** Compreende parte da Bacia Hidrográfica do Rio Imboassica, incluindo os afluentes de sua margem esquerda, sob influência do empreendimento até a referida lagoa.

Contudo, para uma melhor avaliação de ruído e vibração alguns pontos de monitoramento extrapolaram as áreas de influência, em virtude dos limites hidrográficos serem muito próximos ao empreendimento. De modo geral, a principal fonte de ruído e vibração na AID, assim como na All, é o tráfego de veículos gerado pelas estradas e vias, em menor escala encontra-se o gerado pelas indústrias instaladas na região ou em processo de instalação. Nas regiões distantes das indústrias ou vias de acesso há a predominância do ruído gerado pelas atividades rurais, pássaros e animais em geral.

Para a avaliação dos níveis de ruído e vibração na área de influência foram realizadas medições no período diurno em 12 pontos, conforme apresentado no **QUADRO 6.2.2-1**.

**QUADRO 6.2.2-1**  
**PONTOS DE MEDIÇÃO DE RUÍDO E VIBRAÇÃO**

PONTO DE MEDIÇÃO	LOCALIZAÇÃO	
1	203489m E	7521223 m S
2	204777 m E	7522113 m S
3	205266 m E	7520811 m S
4	205762 m E	7519831 m S
5	205040 m E	7519273 m S
6	204635 m E	7518764 m S
7	204025 m E	7518013 m S
8	202545 m E	7517440 m S
9	203848m E	7519240 m S
10	203770 m E	7519859 m S
11	203074 m E	7519802 m S
12	202536 m E	7519072 m S

Os pontos de medição foram escolhidos para caracterizar o padrão de ruído e vibração existente nos receptores mais próximos, pontos de 1 a 3, assim como para caracterizar os níveis existente na zona lindeira da ADA e AID, pontos de 4 a 12.

### 6.2.2.1 Ruído

#### 6.2.2.1.1 Procedimentos Metodológicos

A norma que regulamenta os procedimentos para avaliação do nível de pressão sonora é a Resolução nº1 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) de 08 de Março de 1990, ABNT NBR 10151 (2000), *Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimentos*. Essa norma estabelece a metodologia para obtenção do  $L_{Aeq}$  (nível de pressão sonora equivalente médio), que após as devidas correções torna-se o  $L_{ra}$  (nível de pressão sonora ambiente) que será comparado com o NCA (nível critério de avaliação) proposto pela referida norma. Como critério de análise futura toma-se o maior valor entre o NCA e o  $L_{ra}$ . A especificação dos valores de NCA para cada tipo de ocupação é reproduzida no **QUADRO 6.2.2.1.1-1**.

**QUADRO 6.2.2.1.1-1**  
**NÍVEL CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO (NCA) PARA AMBIENTES EXTERNOS LAEQ (A)**  
**NBR 10151/2000**

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de Sítios e Fazendas	40	35
Área estritamente Residencial/Urbana/ou de Escolas	50	45
Área Mista, predomínio Residencial	55	50
Área Mista, com Vocação Comercial/e Administrativa	60	55
Área Mista, com Vocação Recreacional	65	55
Área predominantemente Industrial	70	60

Para determinação do  $L_{Aeq}$  a norma não especifica o tempo de medição. Em locais onde o tráfego de veículos é uma fonte de ruído predominante trabalhos científicos consagrados na literatura sobre o assunto indicam um tempo de medição de pelo menos 5 minutos. Neste trabalho o  $L_{Aeq}$  foi determinado em um período de integração de 10 minutos.

As correções para determinação do  $L_{ra}$  não precisaram ser aplicadas, pois não foram identificados ruídos de impactos ou componentes tonais, necessários para tal. Desta maneira o  $L_{Aeq}$  e  $L_{ra}$  possuem o mesmo valor. Além do  $L_{Aeq}$  também foi determinado o índice estatístico  $L_{90}$  (valor superado por 90% dos valores instantâneos,  $L_i$ ) que representa o ruído de fundo da região e o  $L_{10}$  (valor superado por 10% dos valores instantâneos,  $L_i$ ) que representa os picos de energia sonora.

A NBR 10151 (2000) especifica que o  $L_{ra}$  do local de medição seja determinado para que possa ser comparado com o NCA sugerido para cada tipo de zona urbana, devendo prevalecer o maior valor. O NCA deve ser escolhido segundo a micro ocupação do local de medição. Os valores do NCA são propostos pela Tabela 1 da NBR 10151 (2000) e podem ser substituídos pelo  $L_{ra}$  se estes forem superiores.

O medidor de nível de pressão sonora utilizado foi um Larson Davis LXT série 0001990, laudo de calibração RBC 40.453 de 16/01/2012, calibrador acústico foi um CAL 3000, série N278168, laudo de calibração RBC 51730 de 24/07/2013, ambos emitidos por Chrompack Instrumentos Científicos Ltda. (**ANEXO D1-1**), de acordo com o que determina a NBR 10151 (2000). O aparelho foi calibrado antes das medidas e após as mesmas foi executada a nova verificação.

Durante as medições foi utilizado o protetor de vento no microfone e o aparelho foi posicionado a 1,20 metros do piso e 2 metros de superfícies reflexivas, e foi utilizada a escala de compensação "A". O medidor foi colocado no modo "pausa" quando da passagem de veículos defronte ao mesmo.

#### 6.2.2.1.2 Avaliação dos Níveis de Ruído

Na presente campanha foram efetuadas medições em 12 pontos nas áreas de influência direta e indireta do empreendimento, bem como no entorno da All, com medições sonoras para o período diurno, visto que para o período noturno não haverá movimentação de máquinas para a implantação do empreendimento.

Os pontos de medição foram selecionados visando caracterizar o ruído atualmente existente na região (pontos de medição 4 a 12) e, considerando as características do projeto, os locais e receptores passíveis de sofrer influência das obras do projeto de Expansão do Loteamento Industrial Bellavista (pontos 1 a 3). Neste ponto é importante informar que atualmente no entorno da ADA já é verificada a execução de obras de terraplenagem semelhantes a que ocorrerá para o presente objeto de licenciamento.

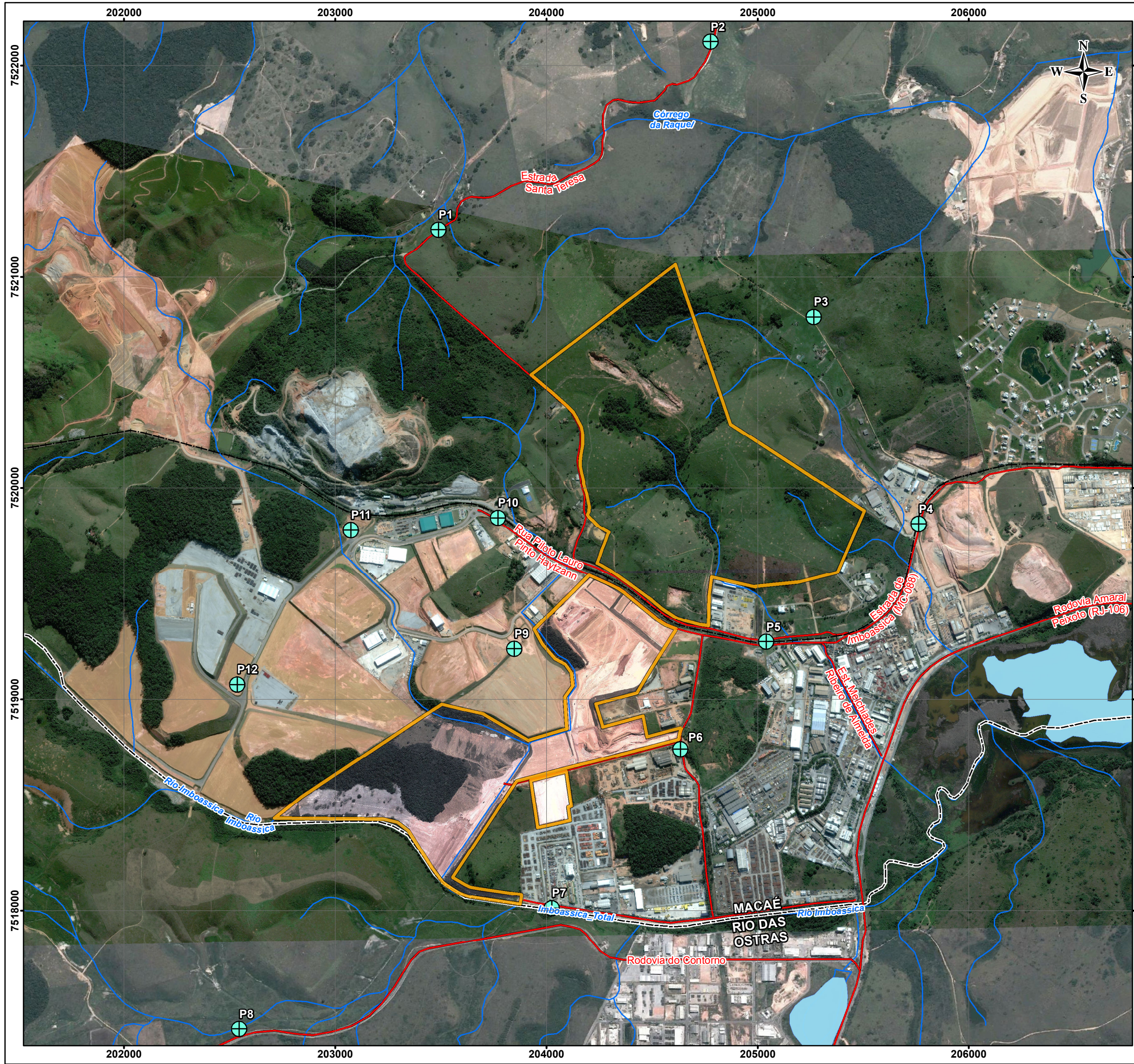
A principal fonte de ruído mapeada nas áreas de influência foi o tráfego de veículos, além do gerado pelas indústrias instaladas na região ou em processo de instalação com obras de terraplenagem e construção de edificações. Destaca-se nesta análise a pedreira localizada no limite norte da ADA que apresenta constante movimentação de veículos e maquinários (**FOTO 6.2.2.1.2-1**). Nas regiões distantes das indústrias ou vias de acesso há a predominância do ruído gerado pelas atividades rurais, pássaros e animais em geral.



**FOTO 6.2.2.1.2-1:** Pedreira localizada no limite norte da ADA

A **FIGURA 6.2.2.1.2-1** ilustra os pontos de medição de ruído.





LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Copyright:© 2013 Esri

Copyright:© 2013 Esri

LEGENDA

- Curso d'água
- Corpo d'água
- Vias de Acesso
- Ferrovia
- Limite Municipal
- ADA - Área Diretamente Afetada
- Pontos de Medição de Ruído

0 200 400 600 800 m

REFERÊNCIA

1 - BASE CARTOGRÁFICA: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2013.

2 - PLANTA DE REFERÊNCIA: BELLAVISTA EXPANSÃO ÁREAS COM FP30M (04/11/2013).

3 - IMAGEM WORLDVIEW-02 - 23/07/2012.

4 - IMAGEM GOOGLE EARTH PRO, DE 16/09/2012 (ACESSO EM 04/04/2013).

NOTAS

1 - BASE CARTOGRÁFICA NA PROJEÇÃO UNIVERSAL DE TRANSVERSA DE MERCATOR. DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000. ZONA DE REFERÊNCIA 24S.

2 - ARQUIVOS FORMATO SHAPEFILE - ARCGIS 10.1.

3 - MAPA PARA IMPRESSÃO EM FORMATO A3.

APROV.	GABRIEL DE BARROS MENDES - CRBio 32.065/02	10/2013	
ELAB.	JOSEANE URGNANI - CREA: PR-117196/D	10/2013	J.U.

PILO INDUSTRIAL DE MACAÉ

TETRA TECH

EIA EXPANSÃO DO LOTEAMENTO INDUSTRIAL BELLAVISTA

TÍTULO:

MAPA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE RUÍDO

PROJ. N.º	PROJ.:	APROV.:	DATA:	ESCALA:	REV.:
50033	B.C	J.P.	10/2013	1:17.500	RA

FIGURA 6.2.2.1.2-1



Os pontos de medição 1 a 3 estão localizados a norte e nordeste da ADA e possuem a característica de ocupação rural não havendo fontes de ruído significativas no local. O NCA considerado para o local é de 40 dB(A). O  $L_{Aeq}$  obtido nas medições foram de 62,3, 49,4 e 39,2 dB(A) sendo que nos dois primeiros a passagem de veículos pelas estradas próximas elevou o nível de ruído para valores superiores ao NCA. No ponto de medição 3 não houve passagem de veículos durante a medição sendo que este ficou abaixo do NCA.

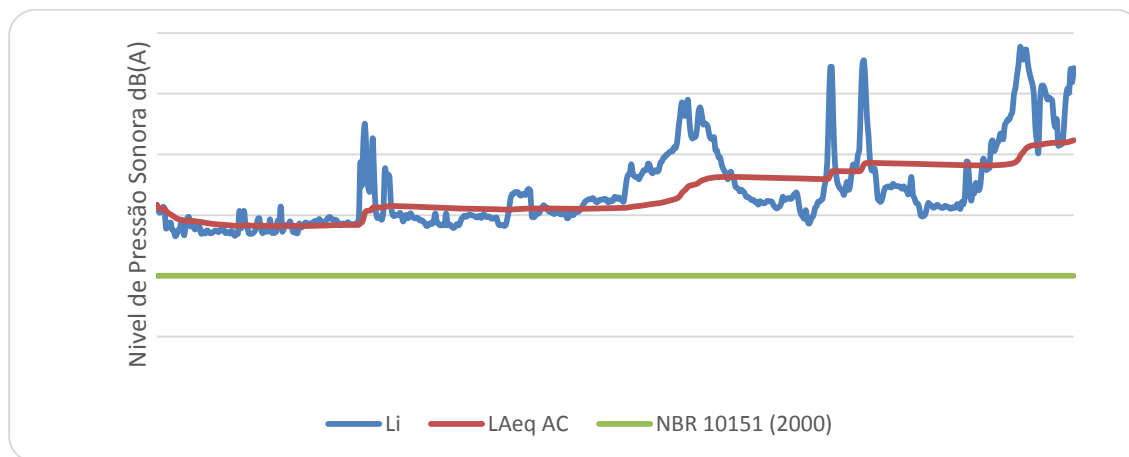
O ponto de medição 4 a 7 estão a leste e sul da ADA onde há uma grande concentração de empresas em operação e vias de acesso com constante movimentação de caminhões, sendo estas as fontes de ruído da região. O NCA para zonas industriais é de 70 dB(A) para o período diurno. O  $L_{Aeq}$  obtido nas medições foram de 58,9, 67,2, 65,9 e 60,8 dB(A) para os pontos de 4 a 7 respectivamente, todos abaixo do NCA considerado.

O ponto de medição 8 está localizado a sudoeste da AID próximo a uma via pavimentada. Neste local não há fontes de ruído apenas a passagem de veículos pela via. O  $L_{Aeq}$  obtido foi de 67,6 e o NCA do local é 40 dB(A).

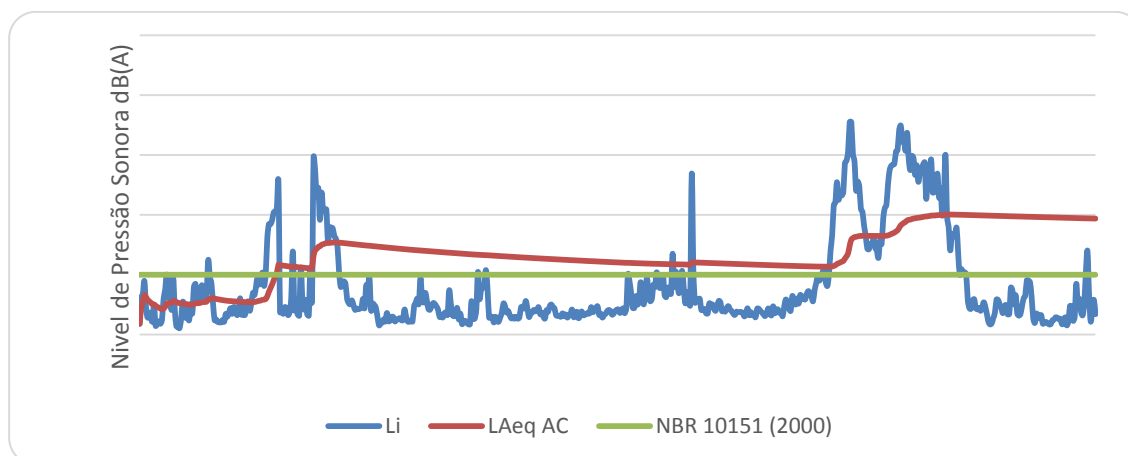
O ponto de medição 9 a 12 estão a oeste e noroeste da ADA sendo que as fontes de ruído são as ligadas às indústrias em operação, pedreira e a movimentação de caminhões e maquinários como tratores e bate estacas por exemplo (em operação nas obras de terraplanagem da AID), e o tráfego de veículos pesados ligados ao transporte de pessoal e insumos. O  $L_{Aeq}$  obtido nas medições foi de 63,3; 63,6; 66,5 e 63,3 dB(A) sendo o NCA do local de 70 dB(A). O nível de ruído obtido em todos os pontos de medição está abaixo do critério adotado.

As **FIGURAS 6.2.2.1.2-2 a 6.2.2.1.2-4** ilustram os resultados obtidos com as medidas instantâneas,  $L_i$ , o NCA da NBR 10151 (2000) e o  $L_{Aeq}$  acumulado no período para os pontos de medição 1 a 3 respectivamente. Notar que nos pontos 1 e 2 a passagem de veículos pelas estradas próximas elevou o nível de ruído para valores superiores ao NCA.

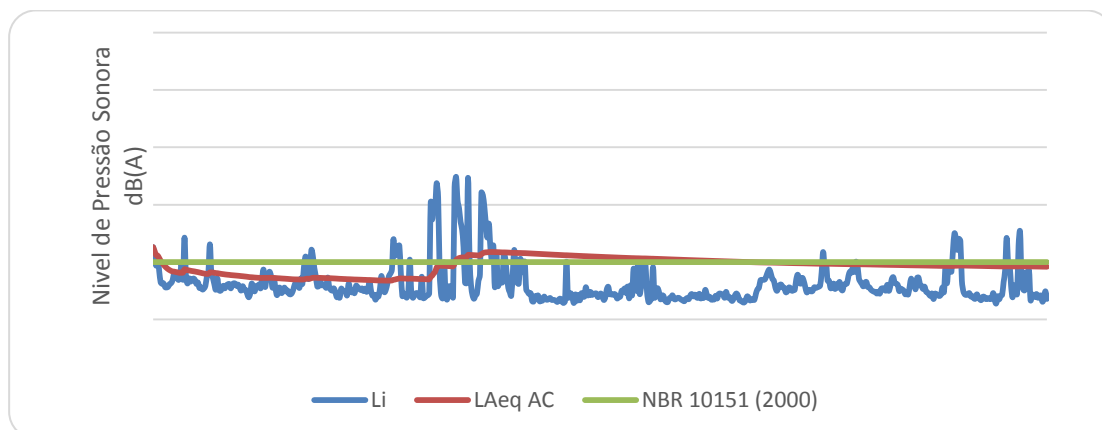
**FIGURA 6.2.2.1.2-2**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 1**



**FIGURA 6.2.2.1.2-3**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 2**



**FIGURA 6.2.2.1.2-4**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 3**



As **FOTOS 6.2.2.1.2-2 a 6.2.2.1.2-4** ilustram os locais das medições dos Pontos 1 a 3.



**FOTO 6.2.2.1.2-2:** Vista de uma residência a partir do ponto de medição 1



**FOTO 6.2.2.1.2-3:** Vista na direção da ADA a partir do ponto de medição 2

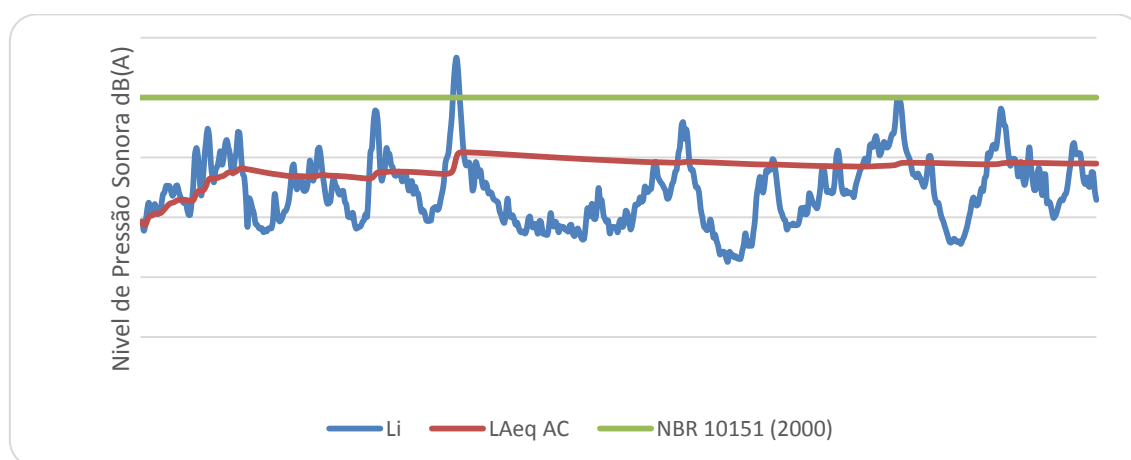


**FOTO 6.2.2.1.2-4:** Vista na direção da ADA a partir do ponto de medição 3

As **FIGURAS 6.2.2.1.2-5 a 6.2.2.1.2-8** apresentam as medidas instantâneas,  $L_i$ , obtidas durante o período de medição, o NCA da NBR 10151 (2000) e o  $L_{Aeq}$  acumulado no período das medições dos pontos 4 a 7. A característica dos valores  $L_i$ , com picos e vales, indica que a energia sonora predominante na região analisada é a gerada pelo tráfego de veículos, em especial os pesados, sendo que o ruído gerado pelas empresas não é preponderante na paisagem sonora local.

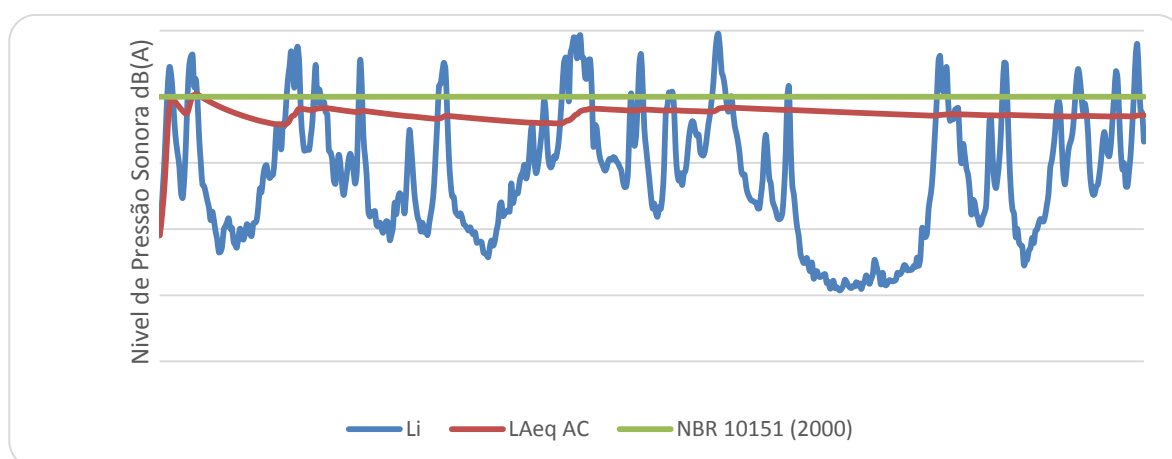
**FIGURAS 6.2.2.1.2-5**

**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 4**

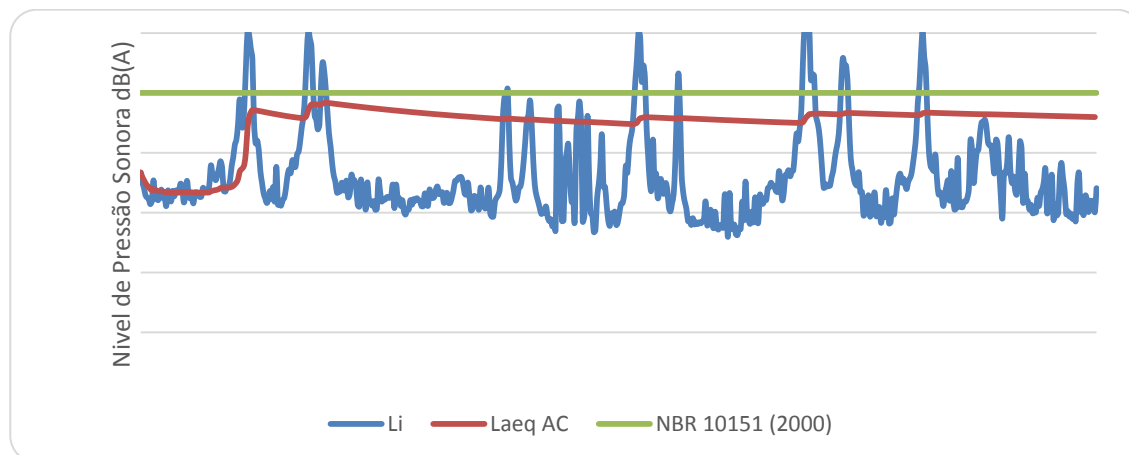


**FIGURAS 6.2.2.1.2-6**

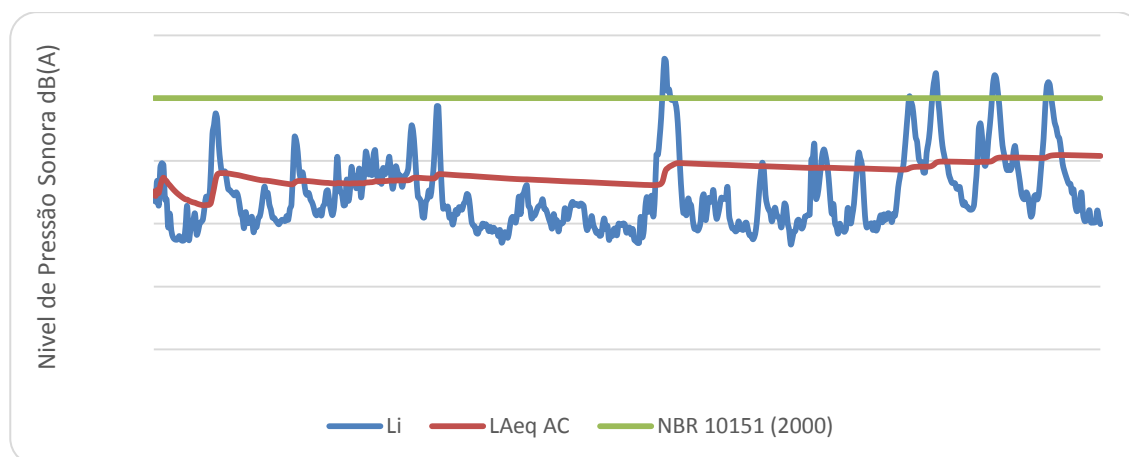
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 5**



**FIGURAS6.2.2.1.2-7**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 6**



**FIGURAS6.2.2.1.2-8**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 7**



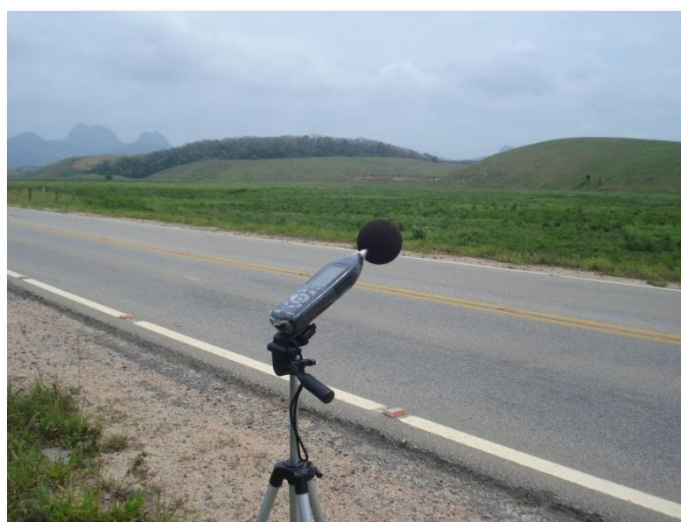
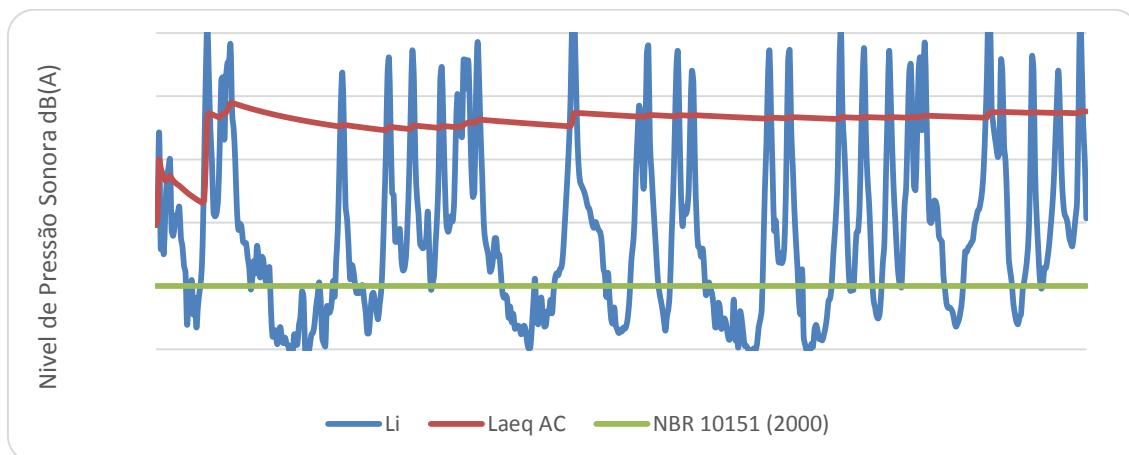
As **FOTOS 6.2.2.1.2-5 a 6.2.2.2.1.2-8** ilustram os locais das medições dos pontos 4 a 7.

	
<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-5:</b> Vista de uma via de acesso a ADA a partir do ponto de medição 4</p>	<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-6:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 5</p>
	
<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-7:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 6</p>	<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-8:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 7</p>

A **FIGURA 6.2.2.1.2-9** apresenta as medidas instantâneas,  $L_i$ , obtidas no Ponto 8 durante o período de medição, o NCA da NBR 10151 (2000) e o  $L_{Aeq}$  acumulado no período. As características desse local são semelhantes às dos pontos 1 a 3, sendo diferente apenas a via pavimentada com tráfego de veículos. Apesar da área ser considerada como área de sítios e fazendas, com NCA da NBR 10151 de 40 dB(A), a passagem constante de veículos eleva consideravelmente os níveis de ruído no local. A **FOTO 6.2.2.1.2-9** ilustra o local da medição.



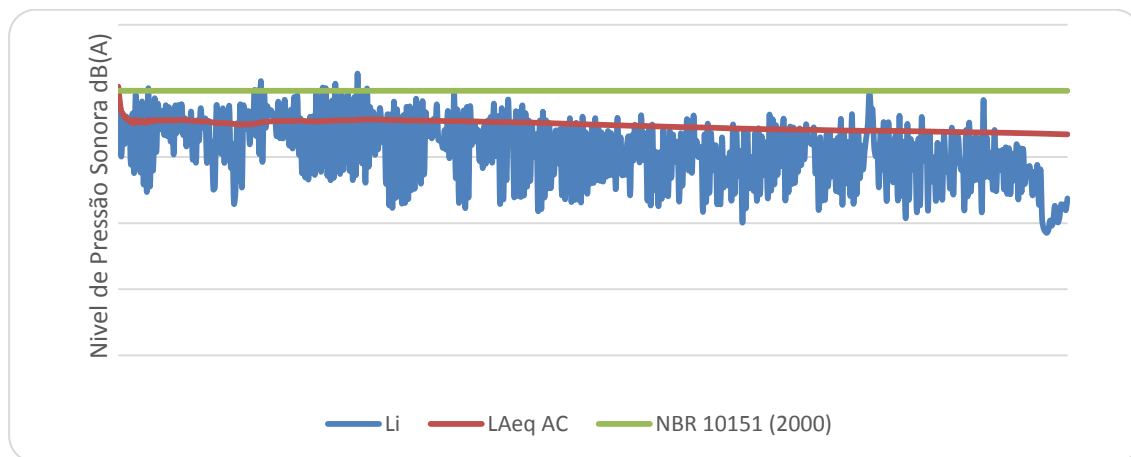
**FIGURA 6.2.2.1.2-9**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , o  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 8**



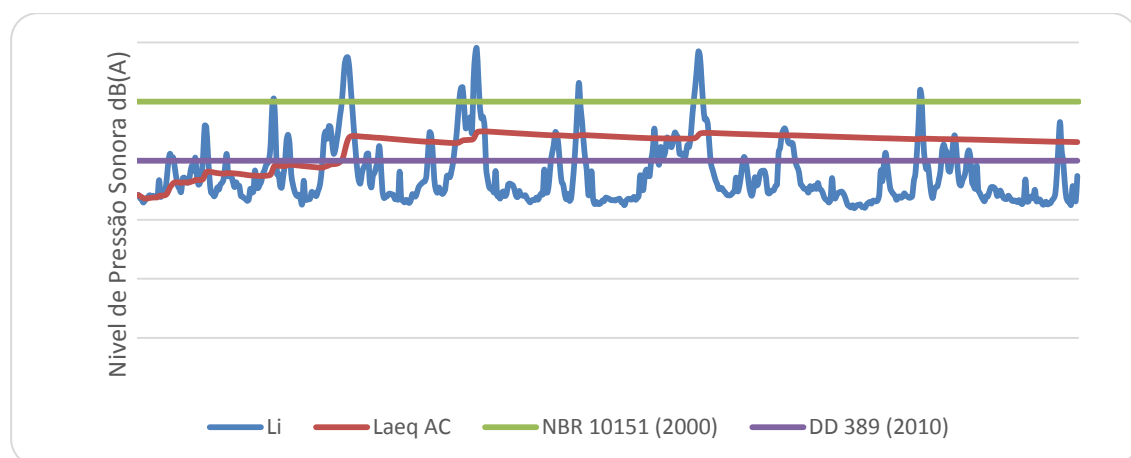
**FOTO 6.2.2.1.2-9:** Vista na direção da ADA a partir do ponto de medição 8

As **FIGURAS 6.2.2.1.2-10 a 6.2.2.2-13** apresentam as medidas instantâneas,  $L_i$ , obtidas durante o período de medição, o NCA da NBR 10151 (2000) e o  $L_{Aeq}$  acumulado no período para os Pontos 9 a 12. Na **FIGURA 6.2.2.1.2-10** os valores alternados do  $L_i$  representam a operação de uma bate estacas, nas **FIGURA 6.2.2.1.2-11 e 6.2.2.1-2-13** os picos e vales indicam que a principal fonte de ruído é a passagem de veículos, principalmente os pesados. Na **FIGURA 6.2.2.1.2-12** o  $L_i$  apresenta uma condição constante, não sendo preponderante o ruído gerado pela passagem de veículos e sim o gerado pela operação de equipamentos de uma pedreira lindeira à ADA, neste caso britadores para moagem de rocha.

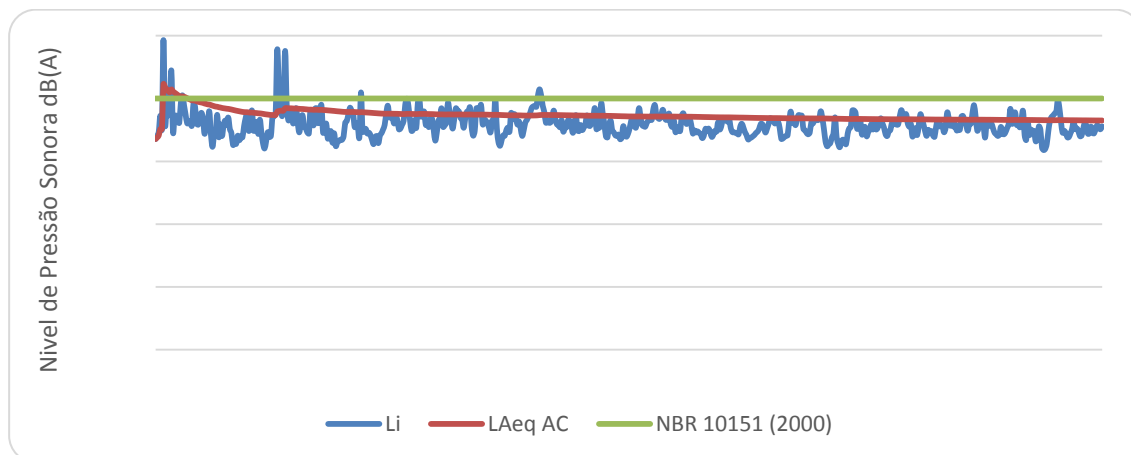
**FIGURA 6.2.2.1.2-10**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 9**



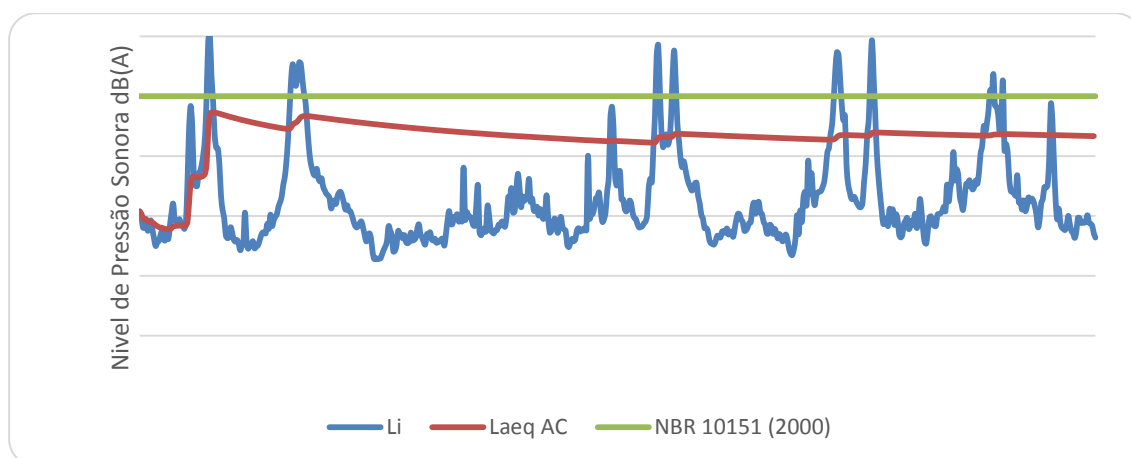
**FIGURA 6.2.2.1.2-11**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 10**



**FIGURA 6.2.2.1.2-12**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 11**



**FIGURA 6.2.2.1.2-13**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS,  $L_i$ , O  $L_{Aeq}$  ACUMULADO NO PERÍODO E O**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) DO PONTO DE MEDIÇÃO 12**



As **FOTOS 6.2.2.1.2-10 a 6.2.2.1.2-13** ilustram o local da medição dos pontos 9 a 12.

	
<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-10:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 9</p>	<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-11:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 10</p>
	
<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-12:</b> Vista da pedreira próxima a ADA a partir do ponto de medição 11</p>	<p><b>FOTO 6.2.2.1.2-13:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 12</p>

### 6.2.2.1.3 Conclusão

O **QUADRO 6.2.2.1.3-1** apresenta uma síntese das características de cada local de medição, o  $L_{Aeq}$  obtido durante as medições e o NCA da NBR 10151 (2000), o NCA adotado para futuras análises do local e os índices estatísticos  $L_{10}$  e  $L_{90}$ .

Pode-se observar que nos locais analisados onde não há influência direta e constante das atividades urbanas, pontos de medição 1 a 3 e 8, o nível de ruído é próximo ou superior ao NCA da NBR 10151 (2000) para zona rural principalmente devido a passagem de veículos, sejam elas vias pavimentadas ou não. Nos demais pontos de medição o NCA para zonas industriais não é superado.

O  $L_{Aeq}$  obtido é compatível com as fontes de ruído existentes na AID sendo que o tráfego de veículos é a principal fonte de ruído, além daquele gerado pelas indústrias ou pela operação de equipamentos ligados a sua instalação.

**QUADRO 6.2.2.1.3-1**  
**SÍNTESE DO  $L_{Aeq}$  OBTIDO, DOS NÍVEIS ESTATÍSTICOS  $L_{10}$  E  $L_{90}$ , DO**  
**NCA DA NBR 10151 (2000) E DO NCA ADOTADO**

Ponto de medição	$L_{Aeq}$ (dB(A))	$L_{10}$ (dB(A))	$L_{90}$ (dB(A))	NCA - NBR 10151 (dB(A))	NCA Adotado (dB(A))
1	62,3	66,7	47,1	40	62,3
2	49,4	55	32,1	40	49,4
3	39,2	38,9	33,4	40	40
4	58,9	61,5	47,5	70	70
5	67,2	71,9	44,2	70	70
6	65,9	66	48,8	70	70
7	60,8	63,2	48,8	70	70
8	67,6	68,4	32,6	40	67,6
9	63,3	67,8	51,2	70	70
10	63,6	64,7	53,1	70	70
11	66,5	68,1	63,6	70	70
12	63,3	63,9	45,8	70	70

### 6.2.2.2 Vibração

A vibração emitida por equipamentos industriais e tráfego de veículos pesados podem gerar deslocamentos capazes de se propagar pelo solo, afetando as fundações de edificações próximas por induzir vibração estrutural causando incômodo às pessoas e até danos estruturais, caso não sejam adotadas medidas para o isolamento da energia vibratória nas situações mais agudas. Este efeito pode variar em função da distância entre a fonte e o receptor, em função da capacidade de amortecimento do solo, em função da forma como as ondas vibratórias são geradas, por exemplo, de modo contínuo (máquinas industriais), instantâneo (detonações) e intermitente (ruído de tráfego) e em função do tipo de estrutura da edificação. Em geral estas vibrações ocorrem entre as frequências de 1 a 150 Hz.

O acoplamento entre o efeito dinâmico do solo e a estrutura pode acarretar a excitação da sua frequência de natural, e seus harmônicos, reduzindo drasticamente o amortecimento podendo levar até a ruína da edificação. Construções de alvenaria, como as encontradas na AID, possuem frequências naturais de vibração maiores que as encontradas em estruturas leves de concreto armado. Quanto menor for a frequência natural da estrutura menor a chance de acoplamento com a vibração induzida pelo solo. No caso da estrutura ser rígida e apoiada em um solo de baixo amortecimento o deslocamento nas paredes da edificação é praticamente nulo devido à resposta estrutural de corpo rígido em frequências mais baixas. Para estruturas flexíveis apoiadas em solos rígidos os deslocamentos na interface entre solo e estrutura, as fundações, são desprezíveis, mas as

paredes deformam de uma maneira quaseestática acompanhando o movimento da estrutura (FRANÇOIS, 2007) em frequências mais altas. Adicionalmente, a presença de fundações pesadas previne a deformação das paredes de maneira que as trincas são mais comuns em edificações de estruturas leves. Outro efeito importante gerado pela vibração é o adensamento do solo, principalmente os arenosos, que podem gerar recalques diferenciais que mesmo as estruturas e fundações mais sólidas não são capazes de resistir podendo haver o rompimento. Apenas em condições muito severas, como em solos não coesivos ou arenosos e siltosos de baixa resistência, é possível que haja o acoplamento das ondas vibratórias com as fundações de uma edificação, o que neste caso não causará danos a estrutura, mesmo que este efeito perdure de maneira contínua.

Os danos gerados pela vibração em edificações, são abordados pela norma DIN 4150-3 (1999) *Vibration in buildings, effect in structures* que classifica as edificações em 3 categorias diferentes. A Categoria 1, que abrange as edificações de concreto armado e de madeira em boas condições, a Categoria 2, que abrange edificações de alvenaria em boas condições e Categoria 3, as edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico. A velocidade de deslocamento máximo (*peakparticlevelocity*, Pico de Velocidade da Partícula PVP) para cada uma destas classificações é de 40, 16 e 8 mm/s respectivamente, **QUADRO 6.2.2.2-1**. Não são consideradas estruturas metálicas nesta parte da norma, pois estas são poucos vulneráveis a problemas vibratórios.

#### QUADRO 6.2.2.2-1

##### LIMITES DE VELOCIDADE DE VIBRAÇÃO DA PARTÍCULA EM PICO PVP EM (MM/S) SEGUNDO A NORMA DIN 4150-3 (1999) PARA INTEGRIDADE ESTRUTURAL

TIPOS DE EDIFICAÇÃO	PVP (MM/S)
<b>Categoria 1</b> , edificações de concreto armado e de madeira em boas condições	40
<b>Categoria 2</b> , edificações de alvenaria em boas condições	16
<b>Categoria 3</b> , edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico	8

Outro efeito da vibração induzida pelo solo é o da incomodidade ao usuário da edificação. Conforme estabelece ISO 2631-2 (2003) “*Mechanicalvibrationandshock -- Evaluationofhumanexposuretowhole-bodyvibration -- Part2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*”, as vibrações transmitidas ao corpo humano devido à exposição são significativas somente nas proximidades do maquinário de trabalho. As vibrações geradas por atividades industriais em estruturas e transmitidas aos seus ocupantes, em geral, é um problema de incômodo e não de saúde ou segurança. Estas últimas são ocasionadas apenas por contato direto com equipamentos vibratórios no seu manuseio como serras circulares, rompedores, maquinário pneumático, gerando doenças ocupacionais. A vibração pode ser intolerável para os ocupantes de uma edificação devido à sensação física de movimento que interfere em algumas atividades como o sono, conversação devido à vibração de janelas e movimentação de objetos, além do receio de danos à edificação. Os limites de



incomodidade para os ocupantes de uma edificação não são dados na versão de 2003 da referida norma, sendo portanto, considerado o da versão de 1997. Para as residências os limites (NCA) de velocidade de deslocamento de pico, PVP, é de 0,40 mm/s para o período diurno e 0,14 mm/s no horário noturno, **QUADRO 6.2.2.2-2**.

**QUADRO 6.2.2.2-2**  
**LIMITES (NCA) DE VELOCIDADE DE VIBRAÇÃO DA PARTÍCULA EM PICO, PVP EM (MM/S) SEGUNDO A NORMA ISO 2631-2 (1997) PARA LIMITES DE INCOMODIDADE**

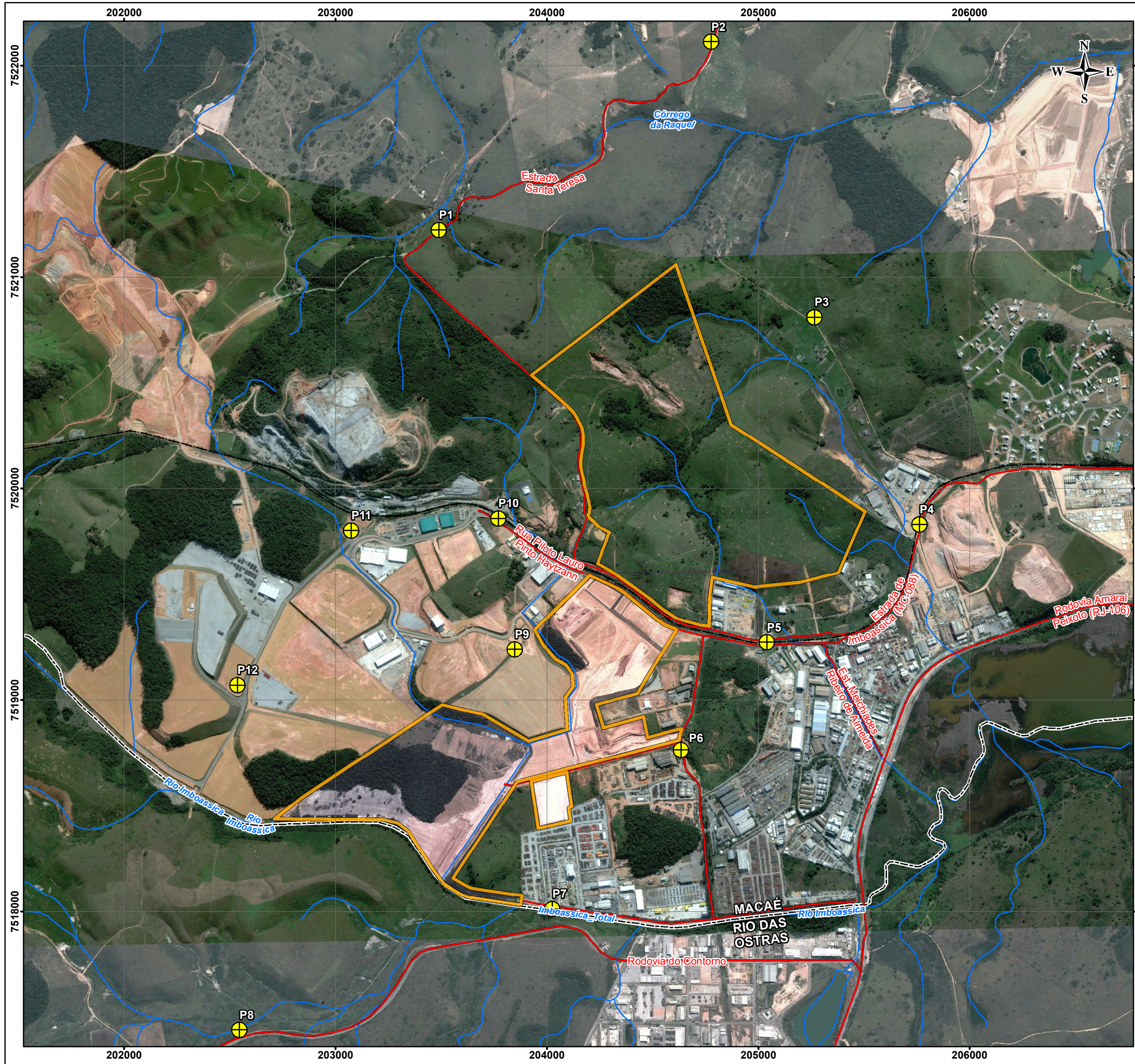
TIPOS DE EDIFICAÇÃO	DIURNO PVP (MM/S)	NOTURNO PVP (MM/S)
Hospitais	0,10	0,10
Residências	0,40	0,14
Escritórios	0,40	0,40
Oficinas	0,80	0,80

A vibração induzida pelo tráfego está ligada aos veículos pesados como caminhões e ônibus e aos leves como carros e pequenos utilitários. Mesmo caminhões e ônibus se diferenciam na geração de vibração devido a diferenças no seu sistema de amortecimento sendo que os ônibus apesar de serem mais leves são mais problemáticos (HUNAIADI, 2000). Este fato é agravado quando acontece o impacto com irregularidades na via. Estas cargas geram ondas vibratórias que se propagam na frequência natural do solo até atingir as fundações de residências muito próximas. A tendência da vibração oriunda de veículos pesados é a geração de ondas no solo entre 1 e 80 Hz com uma velocidade de deslocamento de 0,2 a 50 mm/s (ISO 4866, 2010), dependendo do tipo e condições da estrada, peso e velocidade do veículo, seu sistema de amortecimento, sendo todos estes fatores independentes e difíceis de serem relacionados. Assim como na vibração induzida por equipamentos, os solos de baixo amortecimento tendem a transmitir com mais facilidade as ondas vibratórias. Deve-se considerar neste caso que a atenuação das ondas vibratórias pelo solo se dá rapidamente, de forma que pequenas distâncias entre a fonte e o receptor são suficientes para que as mesmas se tornem imperceptíveis.

#### 6.2.2.2.1 Procedimentos Metodológicos

Para o diagnóstico do parâmetro vibração foram realizadas medições da velocidade de deslocamento de pico, PVP, em pontos selecionados de maneira que pudesse caracterizar a região conforme ilustrado na **FIGURA 6.2.2.2.1-1**. Os pontos de medição foram selecionados para caracterizarem o padrão existente nos receptores mais próximos, pontos de 1 a 3, e para caracterizar a vibração existente na zona lindeira da ADA, pontos de 4 a 12.





LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

LEGENDA

- Curso d'água
- Vias de Acesso
- Ferrovia
- Limite Municipal
- ADA - Área Diretamente Afetada
- Pontos de Medição de Vibração

0 200 400 600 800 m

REFERÊNCIA

1 - BASE CARTOGRÁFICA: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2013.

2 - PLANTA DE REFERÊNCIA: BELLAVISTA EXPANSÃO ÁREAS COM FP30M (04/11/2013).

3 - IMAGEM WORLDVIEW-02 - 23/07/2012.

4 - IMAGEM GOOGLE EARTH PRO, DE 16/09/2012 (ACESSO EM 04/04/2013).

NOTAS

1 - BASE CARTOGRÁFICA NA PROJEÇÃO UNIVERSAL DE TRANSVERSA DE MERCATOR. DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000. ZONA DE REFERÊNCIA 24S.

2 - ARQUIVOS FORMATO SHAPEFILE - ARCGIS 10.1.

3 - MAPA PARA IMPRESSÃO EM FORMATO A3.

APROV.	GABRIEL DE BARROS MENDES - CRBio 32.065/02	10/2013	
ELAB.	JOSEANE URGNANI - CREA: PR-117196/D	10/2013	J.U.

Bellavista

PILO INDUSTRIAL DE MACAÉ

TETRA TECH

EIA EXPANSÃO DO LOTEAMENTO INDUSTRIAL BELLAVISTA

TÍTULO:

MAPA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO DE VIBRAÇÃO

PROJ. N.º	PROJ.:	APROV.:	DATA:	ESCALA:	REV.:
50033	B.C	J.P.	10/2013	1:17.500	RA

FIGURA 6.2.2.2.1-1



As normas aplicadas neste procedimento foram ISO 2631-2 (1997), ISO 4866, (2010) e DIN 4150-3 (1999). O tempo de medição foi de 10 minutos onde o aparelho registrou a PVP neste período.

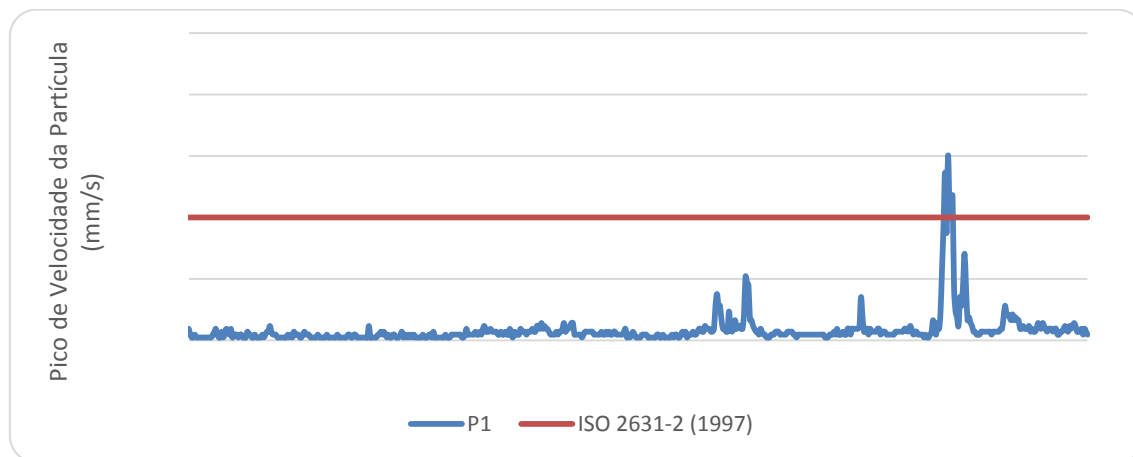
O medidor de velocidade e acelerômetro utilizado foi um HVM100, marca Larson Davis, um acelerômetro triaxial (capaz de fazer a leitura nos 3 eixos simultaneamente) DITRAM modelo 3233AT e o *software* BLAZE para tratamento dos dados. Os certificados de calibração são apresentados no **ANEXO D1-1**. Para coleta de dados o acelerômetro foi acoplado em um *POD* metálico de modo que este transmitisse os deslocamentos ao equipamento. Os dados foram obtidos nos eixos X, Y e Z e calculado o valor resultante final pelo *software*.

#### 6.2.2.2.2 Avaliação dos Níveis de Vibração

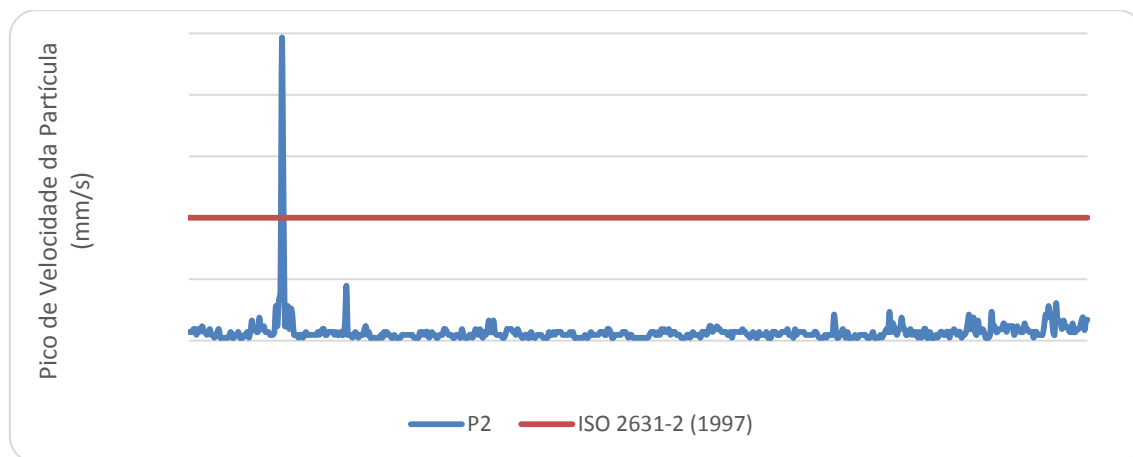
A principal fonte de vibração na AID, assim como na AII, é o tráfego de veículos além do gerado pelas indústrias instaladas ou em processo de instalação. Nas regiões distantes das indústrias ou vias de acesso não há geração de energia vibratória.

O ponto de medição 1 a 3 estão localizados a norte e nordeste da ADA e possuem a característica de ocupação rural não havendo fontes de vibração significativas no local. A PVP considerada como critério é de 0,40 mm/s. A PVP obtida nas medições foram de 0,602, 0,978 e 0,170 mm/s sendo que nos dois primeiros a passagem de veículos pelas estradas próximas elevou velocidade da partícula, como é possível verificar nas **FIGURAS 6.2.2.2.2-1 e 6.2.2.2.2-2**, ultrapassando o critério adotado. No ponto de medição 3 não houve passagem de veículos durante a medição de forma que a PVP obtida ficou abaixo do critério. As **FIGURAS 6.2.2.2.2-1 a 6.2.2.2.2-3** ilustram os resultados obtidos com as medidas instantâneas da PVP e o critério da ISO 2631-2 (1987) para os pontos de medição 1 a 3 respectivamente. As **FOTOS 6.2.2.2.2-1 a 6.2.2.2.2-3** ilustram o momento das medições.

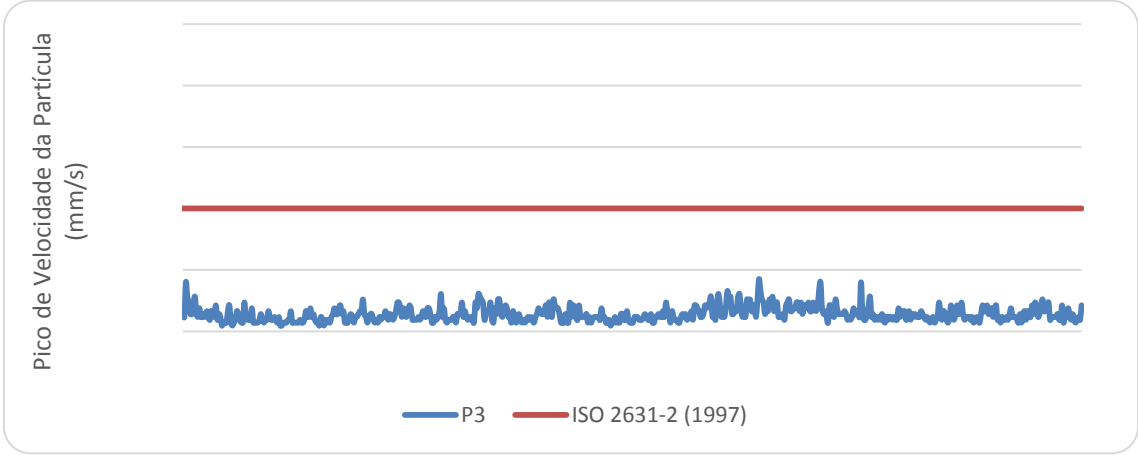
**FIGURA 6.2.2.2.2-1**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 1**



**FIGURA 6.2.2.2.2-2**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 2**



**FIGURA 6.2.2.2-3**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 3**



**FOTO 6.2.2.2.2-1:** Vista do equipamento de medição a partir do ponto de medição 1



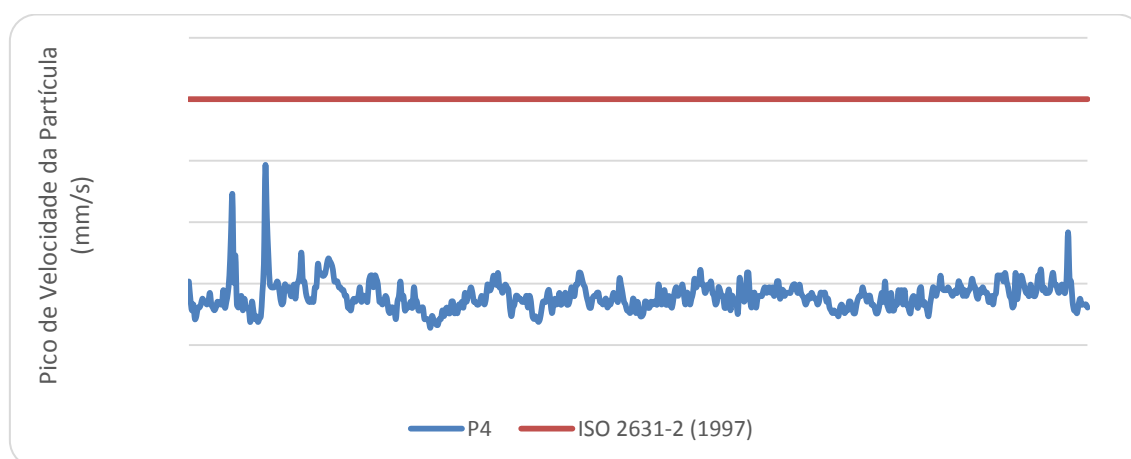
**FOTO 6.2.2.2.2-2:** Vista na direção da ADA a partir do ponto de medição 2



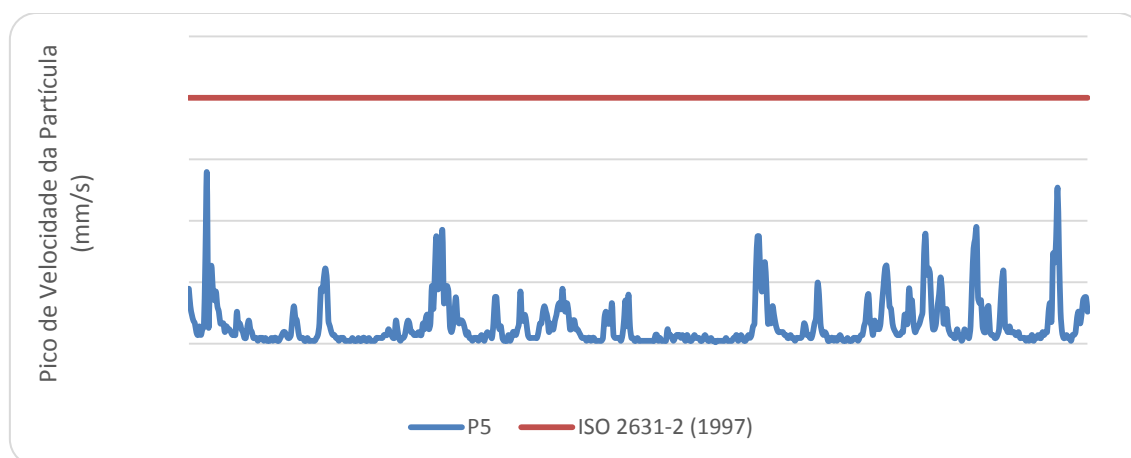
**FOTO 6.2.2.2.2-3:** Vista do equipamento de medição a partir do ponto de medição 3

O ponto de medição 4 a 7 estão a leste e sul da ADA onde há uma grande concentração de empresas em operação e várias vias de acesso, sendo estas as fontes de vibração da região. O critério adotado para zonas industriais é de 0,8 mm/s para o período diurno. A PVP obtida nas medições foram de 0,584, 0,555, 0,292, 0,197 mm/s para os pontos de 4 a 7 respectivamente, todos abaixo do critério considerado. As **FIGURAS 6.2.2.2.2-4 a 7** apresentam as medidas instantâneas da PVP obtidas durante o período de medição e o critério da ISO 2631-2 (1987). Nos pontos de medição 4 e 5 a passagem de veículos pesado gerou o pico de energia vibratória. Já nos pontos de medição 5 e 7 o veículos passaram em menor velocidade gerando desta forma menores PVPs.

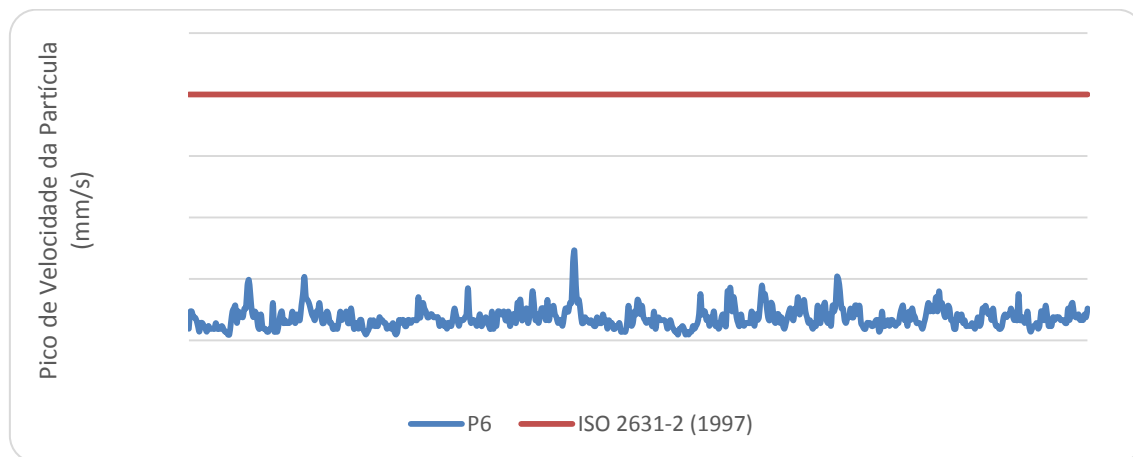
**FIGURA 6.2.2.2.2-4**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 4**



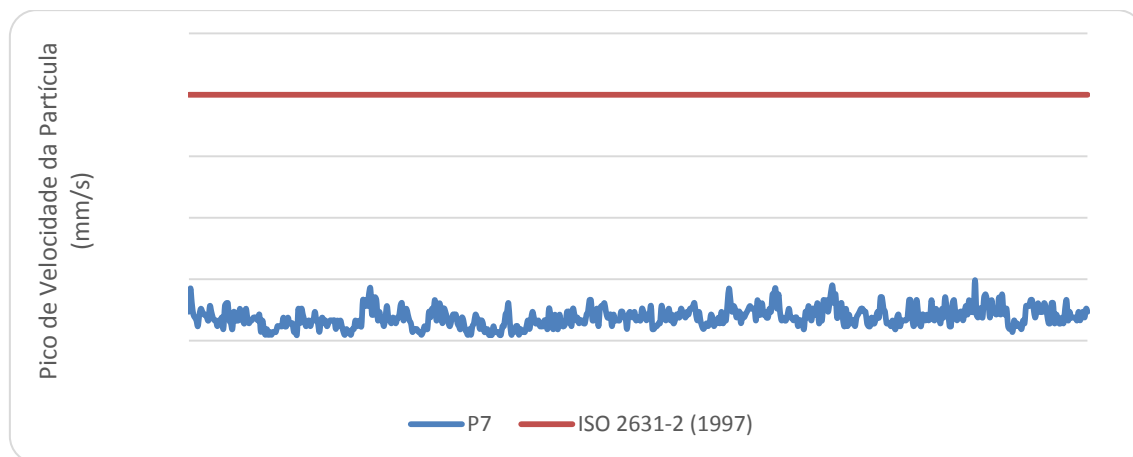
**FIGURA 6.2.2.2.2-5**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 5**



**FIGURA 6.2.2.2-6**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 6**



**FIGURA 6.2.2.2-7**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 7**



As **FOTOS 6.2.2.2-4 a 6.2.2.2-4-7** ilustram os locais das medições.





**FOTO 6.2.2.2-4:** Vista de uma via de acesso a ADA a partir do ponto de medição 4



**FOTO 6.2.2.2-5:** Vista de uma via de acesso a ADA a partir do ponto de medição 5



**FOTO 6.2.2.2-6:** Vista de uma via de acesso a ADA a partir do ponto de medição 6

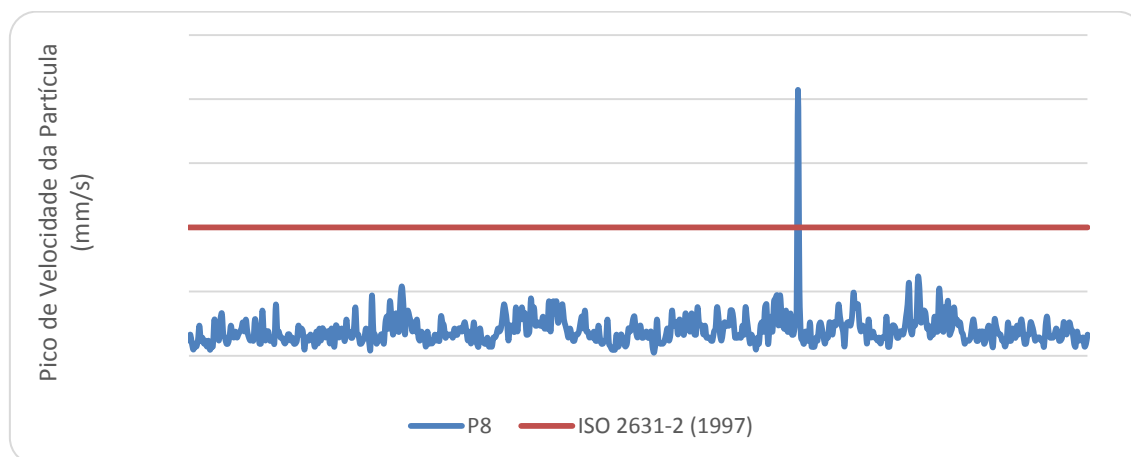


**FOTO 6.2.2.2-7:** Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 7

O ponto de medição 8 está localizado a Sudoeste da AID, próximo a uma via pavimentada. Neste local não há fontes de vibração, apenas a passagem de veículos pela via, sendo este o gerador do pico de velocidade. A PVP obtida foi de 0,829 mm/s e o critério do local é 0,4 mm/s, o qual foi superado devido a constante passagem de veículos. A **FIGURA 6.2.2.2-8** apresenta as medidas instantâneas da PVP obtidas durante o período de medição e o critério da ISO 2631-2 (1987). As características desse local são semelhantes às dos pontos 1 a 3, sendo diferente apenas a via pavimentada com tráfego de veículos. A **FOTO 6.2.2.2-8** ilustra o local da medição.



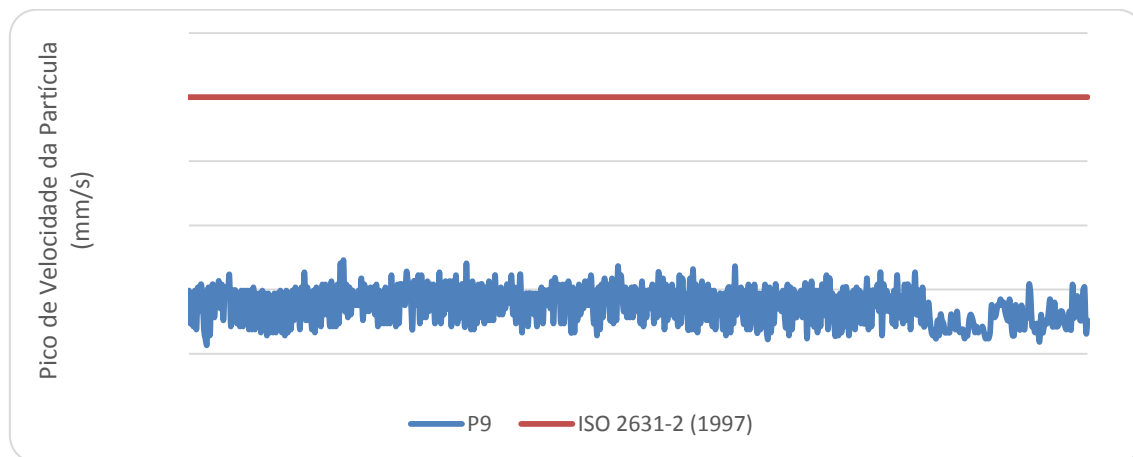
**FIGURA 6.2.2.2-8**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 8**



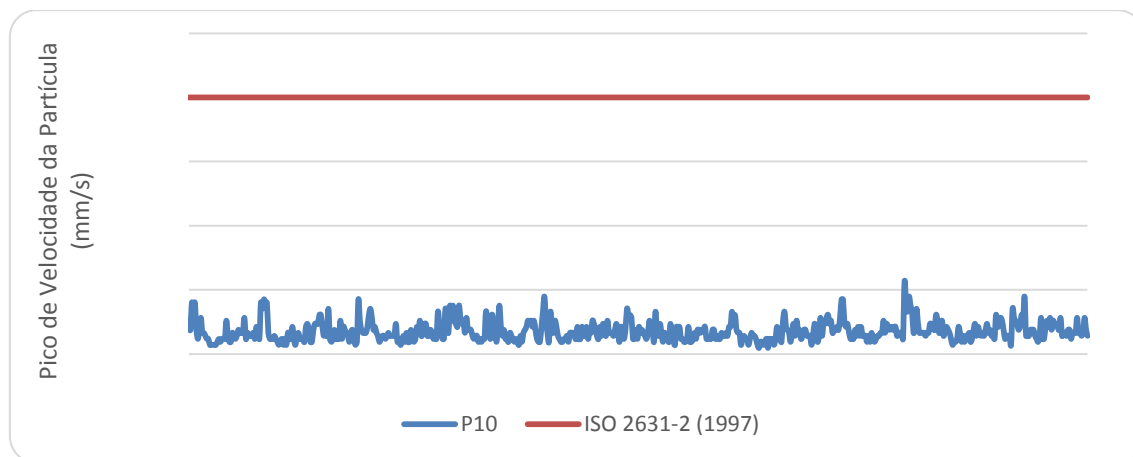
**FOTO 6.2.2.2-8:** Vista na direção da ADA a partir do ponto de medição 8

O ponto de medição 9 a 12 estão a oeste e noroeste da ADA sendo que as fontes de vibração são as ligada às indústrias em geral, ou a sua instalação como tratores e bate estacas, por exemplo, e o tráfego de veículos pesadas ligados ao transporte de pessoal e mercadorias. A PVP obtida nas medições foi de 0,273, 0,226, 0,245, 0,471 mm/s sendo o critério do local de 0,8 mm/s. As **FIGURAS 6.2.2.2-9 a 6.2.2.2-9-12** apresentam as medidas instantâneas da PVP e o critério da ISO 2631-2 (1987). No ponto 9 os valores alternados da PVP representam a operação de um bate estacas, nos pontos 10 a 12 apresentam a PVP de baixo valor, mesmo com a passagem de veículos pesados. Deve-se destacar que no ponto de medição 11 está localizado defronte aos equipamentos de moagem de uma pedreira mas mesmo assim a PVP ficou abaixo do critério adotado. As empresas próximas aos pontos de medição não geram energia vibratória capaz de gerar incomodidade na sua zona lindeira.

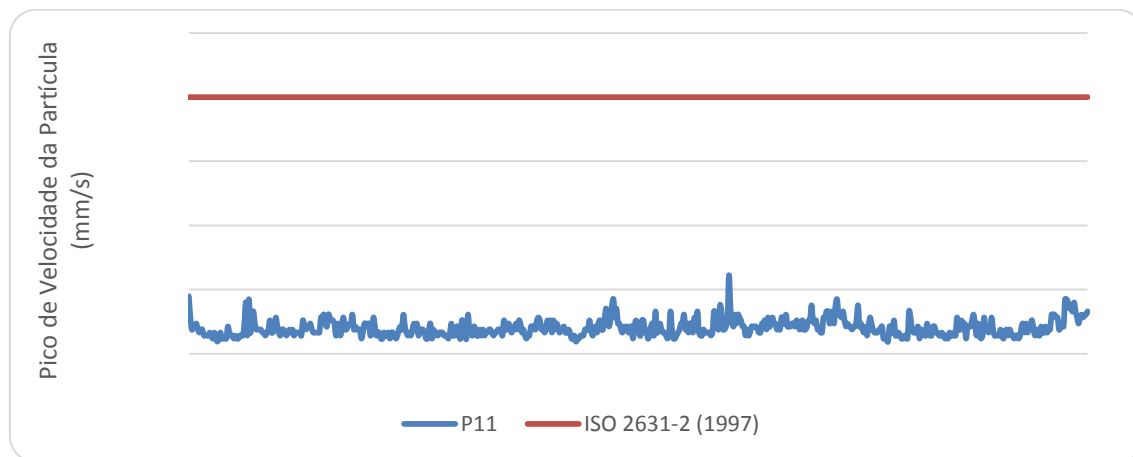
**FIGURA 6.2.2.2-9**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 9**



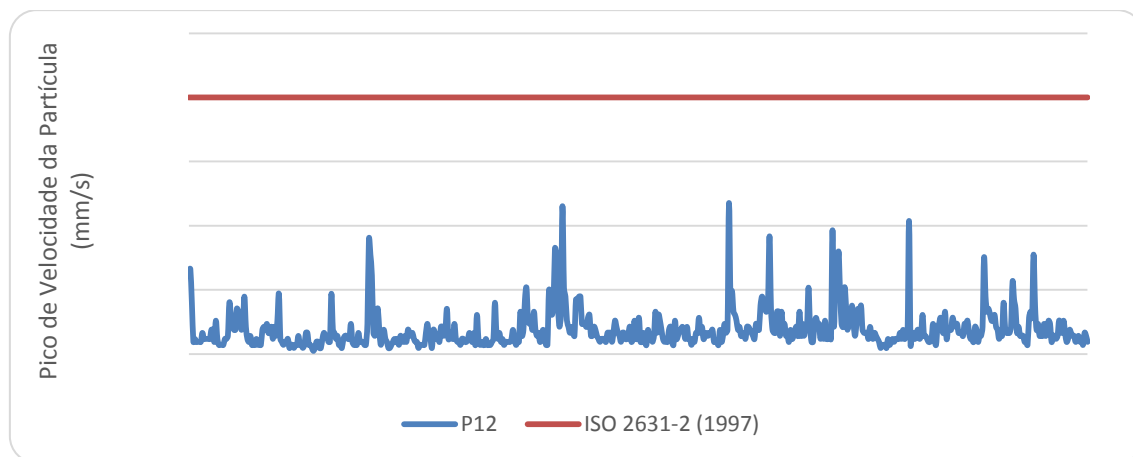
**FIGURA 6.2.2.2-10**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 10**



**FIGURA 6.2.2.2.2-11**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 11**



**FIGURA 6.2.2.2.2-12**  
**GRÁFICO DAS MEDIDAS INSTANTÂNEAS DA PVP E O CRITÉRIO DA ADOTADO DA**  
**ISO 2631-2 (1987) NO PONTO DE MEDIÇÃO 12**



As **FOTOS 6.2.2.2.2-9 a 6.2.2.2.2-12** ilustram o local da medição.

	
<p><b>FOTO 6.2.2.2.2-9:</b> Vista do equipamento de medição a partir do ponto de medição 9</p>	<p><b>FOTO 6.2.2.2.2-10:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 10</p>
	
<p><b>FOTO 6.2.2.2.2-11:</b> Vista de uma empresa próxima a ADA a partir do ponto de medição 11</p>	<p><b>FOTO 6.2.2.2.2-12:</b> Vista do ponto de medição a partir do ponto de medição 12</p>

#### 6.2.2.2.3 Conclusão

O **QUADRO 6.2.2.2.3-1** apresenta uma síntese das características de cada local de medição a PVP obtida durante as medições e o critério normalizado.

**QUADRO 6.2.2.2.3-1**  
**SÍNTESE DAS PVPS OBTIDAS NOS PONTOS DE MEDIÇÃO DA AID E**  
**O CRITÉRIO NORMALIZADO**

PONTO DE MEDIÇÃO	PVP (MM/S)	ISO 2631-2 (1987) (MM/S)
1	0,602	0,4
2	0,978	0,4
3	0,170	0,4
4	0,583	0,8
5	0,555	0,8
6	0,292	0,8
7	0,197	0,8
8	0,829	0,4
9	0,273	0,8
10	0,226	0,8
11	0,245	0,8
12	0,471	0,8

Pode-se observar que nos locais analisados as velocidades obtidas são baixas havendo o pico apenas no momento da passagem de um veículo pesado pela via, sendo esta a principal fonte de energia vibratória da AID, e mesmo assim, o critério foi superado em apenas 3 pontos analisados (Pontos 1, 2 e 8), nos demais pontos de medição a PVP obtida ficou abaixo do critério adotado. A operação dos equipamentos das indústrias e da pedreira lindeira a ADA não são capazes de gerar energia vibratória suficiente para ultrapassar o critério. Desta forma as fontes de vibração diagnosticadas durante esta etapa do estudo não causam incômodo a sua população lindeira. As PVPS obtidas são compatíveis com as fontes de vibração existentes na AID sendo que o tráfego de veículos é o principal gerador de energia vibratória.