

## **ESTUDO DA REDUÇÃO DO “NPS” ATRAVÉS DA INTRODUÇÃO DE ABSORVENTES ACÚSTICOS EM AMBIENTE DE FACHADA EXPOSTA À POLUIÇÃO SONORA EXTERNA**

**Giuliana dos Santos Paz (1); Marco Aurélio de Oliveira (2);  
Prof. Dr. Jorge Luiz Pizzutti dos Santos (3)**

(1) Autora - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Laboratório de Termo-Acústica, RS, Rua Carlos Brenner, 51 - Bairro N<sup>a</sup>. S<sup>a</sup>. de Lourdes, CEP 97050-100, Santa Maria, RS, Brasil - Fone: 0xx55 222 9776 ou 99559511, E-mail: [giulianapaz@bol.com.br](mailto:giulianapaz@bol.com.br)

(2) Colaborador - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Laboratório de Termo-Acústica, RS, Brasil - Fone: 0xx55 226 4329 ou 9956 8145, Email: [acoustics@uol.com.br](mailto:acoustics@uol.com.br)

(3) Orientador - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Laboratório de Termo-Acústica, RS, Brasil - Fone: 0xx55 226 8313 ou 9971 1561

### **RESUMO**

Quando um imóvel é agredido por uma poluição sonora externa inevitável, como o tráfego urbano, a solução mais corriqueira para amenizar o ruído interno dos ambientes, propiciando conforto acústico para seus ocupantes, é o isolamento acústico da(s) fachada(s). Este, geralmente, está associado à colocação de janelas de alta qualidade acústica e vedação de frestas. Porém, no Brasil, por motivos econômicos, arquitetônicos e culturais, de regra, o isolamento acústico não é realizado, gerando fachadas com valores de perda de transmissão (PT), muitas vezes, menores que 20 dB. Por essa razão, idealizou-se este trabalho que aborda a investigação da técnica de redução do “NPS” (Nível de Pressão Sonora) através da introdução de absorventes acústicos (painéis de lã de vidro, marca IsoSound®-Isover) em ambiente de fachada exposta a ruído externo. Os ensaios acústicos foram realizados em câmara reverberante do Laboratório de Termo-Acústica da Universidade Federal de Santa Maria, segundo a norma ISO 140. Em relação aos resultados, pôde-se constatar reduções do “NPS” de 3 dB até 12 dB (mínimo e máximo de painéis) para 1000Hz. Assim, o estudo é apropriado, pois expõe uma alternativa para o problema da poluição sonora externa em ambientes com fachadas fracas.

### **ABSTRACT**

When a real state building property is affected by inevitable external noise pollution, such as that generated by urban traffic, the most current solution to reduce inside noise within a building, providing acoustic comfort for its owners, is the acoustic insulation of the façades. This is usually associated to the placement of windows with high acoustic quality and the sealing of openings. However, in Brazil, for economical, architectural and cultural reasons, acoustic insulation has not been put into practice, generating façades with values of transmission loss (TL) often smaller than 20 dB. In this sense, this study aims to investigate the technique of "SPL" (Sound Pressure Level) reduction through the introduction of acoustic absorbent (wool glass panels – IsoSound-Isover brand) in an environment whose façade is exposed to external noise. The acoustic rehearsals were carried out in the reverberant chamber of the Thermo-acoustic Laboratory of Federal University of Santa Maria according to the ISO 140 norm. The findings indicate "SPL" reductions from 3 dB up to 12 dB (minimum and maximum of panels) for 1000Hz. This study is appropriate because it addresses an alternative for the problem of external noise pollution in environment, with weak façades.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da revolução industrial, as pessoas passaram a conviver em ambientes extremamente ruidosos. É, de certo modo, estranho afirmar que a geradora deste estrago ambiental foi a própria sociedade, induzida pela cultura do progresso por meio das máquinas. Nos centros urbanos, as máquinas do transporte rodoviário são as grandes causadoras da poluição sonora e, conseqüentemente, do desconforto acústico coletivo. Em meados de 1950, G. L. Bonvallet, pesquisador do Instituto de Tecnologia de Illinois, Chicago, já afirmava que o ruído do tráfego de veículos é o mais importante dos nossos ruídos correntes, devido ao seu predomínio e a sua intensidade. (BERLNAD, 1973).

No caso do Brasil, onde as cidades geralmente não obedecem à planejamentos urbanos, as vias de tráfego veicular são construídas em locais inadequados e de maneira imprópria, degradando a qualidade de vida da população vizinha. Segundo estudos, em diversas cidades brasileiras, em relação ao ruído do tráfego urbano, pode-se constatar valores de Níveis de Pressão Sonora considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público pela norma 10151-"Avaliação do ruído em áreas habitadas visando ao conforto da comunidade" (ABNT, 2000). Norma essa que admite, entre outras questões, valores máximos de ruído externo para áreas urbanas mistas, no período diurno, de até 60 dB (A) quando com vocação comercial/administrativa, e de até 55 dB (A) quando predominantemente residencial.

Na cidade de Santa Maria - RS, foram avaliados Leq (1 hora) em torno de 71 a 77,6 dB (A) em alguns cruzamentos rodoviários movimentados (NUNES, 1998), sendo que, na mesma cidade, outra pesquisa constatou, em cruzamentos diferentes, valores máximos de Leq (2 horas) de até 94,5 dB (A), para período diurno (GUIMARÃES, 2002). Outras medições do ruído urbano foram realizadas nas cidades de São Paulo - SP (MOURA-DE-SOUZA & CARDOSO, 2002) e de Curitiba - PR (CALIXTO & ZANNIN & DINIZ, 2002) e também os valores dos Níveis de Pressão Sonora foram abusivos à legislação.

Está claro que a poluição sonora urbana é fruto do uso de veículos muito ruidosos e da falta de planejamento urbano das vias de tráfego, entre outros fatores que envolvem o universo coletivo. Entretanto, a intervenção na propriedade privada é uma das saídas para atenuar o problema, além de estar mais ao alcance dos cidadãos.

O isolamento acústico é o artifício mais indicado para que o ruído interno dos ambientes de fachadas submetidas à poluição sonora externa não ultrapasse limites de desconforto para os usuários dos imóveis. Esse isolamento pode consistir no reforço da parede (aumento da massa ou aplicação de painéis ou paredes duplas) e, principalmente, colocação de janelas de alta qualidade acústica, com vidro duplo (no mínimo) e com caixilho bem ajustado que promova estanqueidade sonora.

Sabe-se que, no Brasil, o mercado de janela acústica é escasso, induzindo o arquiteto e o engenheiro a buscar marcas importadas, de melhor qualidade. Em várias situações, as construtoras de edifícios optam pela não utilização de tais janelas devido ao custo inicial das mesmas, produzindo prédios sem isolamento acústico apropriado – muitas vezes, menores que 20 dB.

As intervenções para promover o conforto acústico no Brasil, em geral, são raras e, por isso possuem um custo mais elevado. Talvez porque a preocupação com o conforto auditivo é entendida como um requinte, próprio de edifícios ou residências de luxo (BÁRING, 1988), mas grande parte dessa realidade é devido a vícios culturais que se confundem a obstáculos econômicos e arquitetônicos, que aos poucos estão se extinguindo, dando lugar a uma mentalidade mais consciente, na qual custos e benefícios devem ser ajustados.

Por essas razões, o isolamento acústico de fachadas, em geral, não é executado em uma edificação e, dentro destas circunstâncias, idealizou-se a investigação da técnica de redução do "NPS" (ou ruído interno) através da introdução de absorventes acústicos em ambiente com fachada exposta à poluição sonora externa.

A técnica de introdução de absorventes acústicos em ambientes, usualmente, é dirigida a tratamentos acústicos de ambientes cuja fonte sonora, localizada no seu interior, é o objeto para o tratamento acústico do campo sonoro (harmonia do NPS e do TR – Tempo de Reverberação). O tipo de recinto

que necessita desse tipo de tratamento varia segundo a função. Geralmente, são locais de performances, como por exemplo: palestras, teatros e musicais. Porém, no presente estudo, o emprego de tal técnica tem um outro fim: reduzir o NPS de ambientes ruidosos, cujas fachadas possuem janelas que permitem a passagem de grande parte da poluição sonora externa para dentro dos ambientes.

Então, partindo-se do pressuposto de que é essencial que os profissionais arquitetos e engenheiros cada vez mais se atualizem nas técnicas e desenvolvam novos estudos, esta proposta tem como objetivo principal o enriquecimento do conhecimento sobre a acústica aplicada à construção civil. Em termos específicos, o estudo procurar-se-á mostrar a possibilidade da redução do NPS em ambientes expostos à poluição sonora externa, sem que haja a intervenção direta em suas fachadas, ou seja, sem reforçar o isolamento acústico, e também, sem interceder na fonte externa.

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A teoria bibliográfica que fundamentou este trabalho aborda os estudos sobre isolamento acústico de fachadas (devido ao tipo de ensaio acústico) e, principalmente, sobre tratamento de ambientes fechados, ao qual pode-se considerar a Eq. 01 (GERGES, 2000):

$$NPS = NWS + 10 \log \left( \frac{Q_o}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right) \quad [\text{Eq. 01}]$$

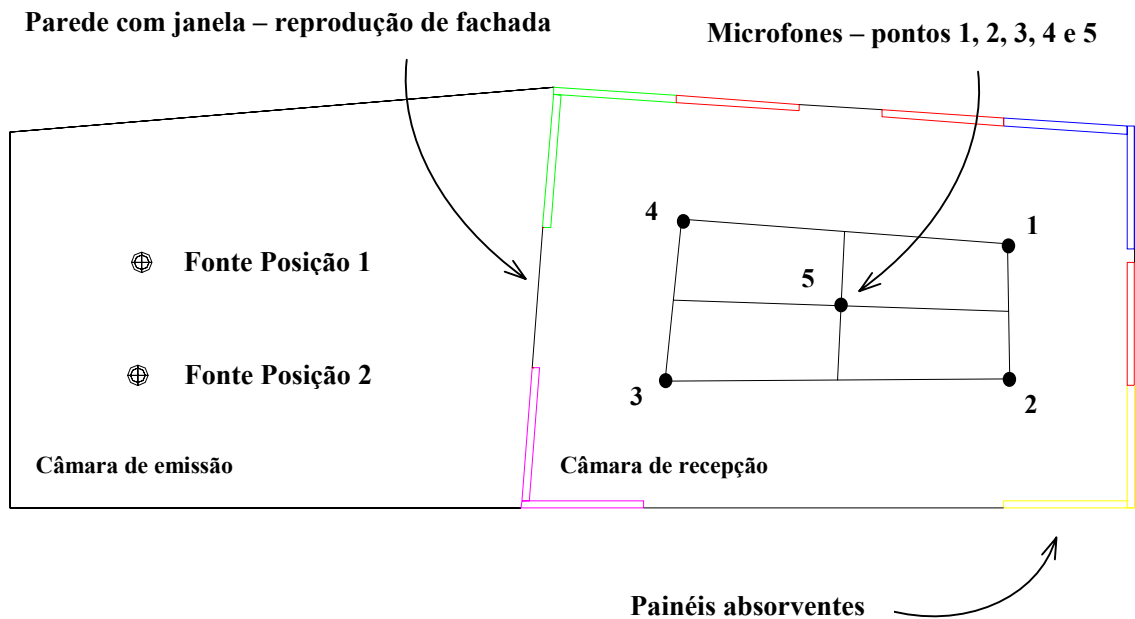
Onde:

- NPS é o nível de pressão sonora;
- NWS é o nível de potência sonora;
- Q<sub>o</sub> é o fator de diretividade;
- r é a distância da fonte ao ponto de observação;
- A é a absorção total câmara ( $A = \sum S \alpha$ );
- S é a área total da superfície;
- α é o coeficiente de absorção

No presente estudo, trabalhou-se com câmara reverberante e, portanto, com ambiente sonoramente difuso, ao qual a diretividade **Q<sub>o</sub>** e a distância **r** são fatores desprezíveis. Na medida em que se aumenta a área absorvente no interior da câmara, a mesma aproxima-se do comportamento de ambiente semi-difuso e as variáveis acima citadas passam a ter significância nos resultados de NPS. A Eq. 01 é importante no sentido de mostrar que quanto maior a área de absorção em um ambiente, mais dispersões de valores podem ocorrer entre pontos localizados em diferentes posições.

## 3. METODOLOGIA

Os subsídios deste trabalho estão firmados em ensaios acústicos realizados em câmara reverberante do Laboratório de Termo-Acústica (LaTA) do Centro de Tecnologia da UFSM - RS, segundo a norma internacional ISO 140 (ISO, 1978). A câmara reverberante mencionada foi dividida em duas outras câmaras através de uma parede de alvenaria de 13,12 m<sup>2</sup> com janela centralizada de 1,68 m<sup>2</sup>. A câmara de emissão reproduzia um ambiente externo ruidoso (onde se locou uma fonte sonora) e a câmara de recepção reproduzia um ambiente fechado com fachada exposta à poluição sonora. Os equipamentos utilizados nas medições acústicas foram: **a)** Fonte sonora, modelo 4224 – B&K, **b)** Analisador acústico, modelo 4418 – B&K e **c)** Microfone com tripé, modelo 4165 – B&K (BRÜEL & KJÆR, 1989).



**Figura 1 - Esquema da câmara reverberante dividida em câmara de emissão e câmara de recepção, com painéis absorventes**

Realizou-se 6 ensaios acústicos, todos medidos com 3 repetições para cada banda de oitavas entre 125 a 4000Hz, com ruído rosa. Foram eles (ver cores dos painéis da **Figura 1**): **a**) com a câmara de recepção vazia, ou seja, sem painel absorvente; **b**) com 2 painéis (cor amarela); **c**) com 4 painéis (cores amarela e verde); **d**) com 6 painéis (cores amarela, verde e azul); **e**) com 8 painéis (cores amarela, verde, azul e rosa); **f**) com 11 painéis (todas as cores). Em cada ensaio, mediu-se o NPS em 5 pontos diferentes, assim como o TR da câmara de recepção, com a fonte sonora em duas posições. Depois se obteve a média dos NPS para cada ponto.



**Figura 2 - Foto do interior da câmara de recepção com os painéis absorventes**

Os painéis absorventes de lã de vidro utilizados, marca IsoSound®-Isover, têm dimensões de 1,20 x 2,40m com espessura de 75mm, e seus coeficientes de absorção (**Tabela 1**) foram obtidos mediante

ensaios em outra câmara reverberante do LaTA (com volume de 200 m<sup>3</sup>), conforme ISO 354 (ISO, 1985).

**Tabela 1 - Coeficientes de absorção acústica de painel absorvente marca IsoSound®-Isover**

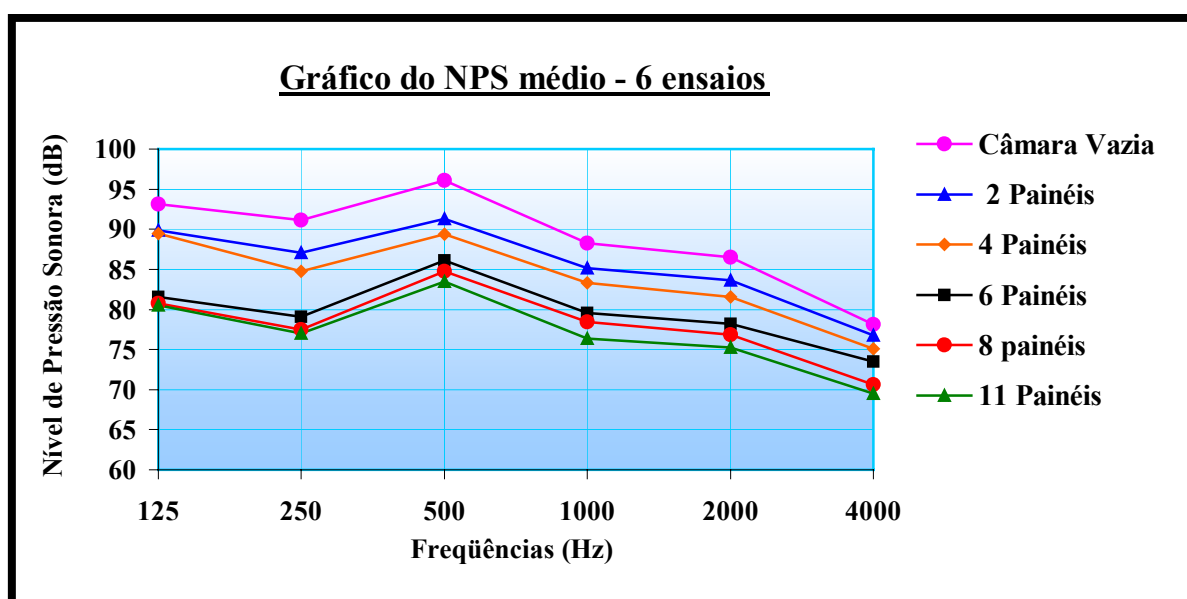
Freq	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0.45	0.81	0.79	0.92	0.85	0.83

#### 4. RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Os resultados das medições acústicas foram resumidos para melhor entendimento do estudo, como se percebe na **Tabela 2** e na **Figura 3** que abordam o NPS médio. Entretanto, os resultados por ponto (de 1 a 5) encontram-se nos Anexos deste trabalho.

**Tabela 2 - Resultado do NPS (dB) médio entre os pontos 1, 2, 3, 4 e 5, nos 6 ensaios**

Freq.	Câmara	2 Painéis	4 Painéis	6 Painéis	8 painéis	11 Painéis
125	93,2	89,9	89,4	81,5	80,8	80,5
250	91,1	87,0	84,7	79,1	77,4	77,0
500	96,1	91,3	89,4	86,1	84,8	83,5
1000	88,2	85,2	83,3	79,5	78,4	76,4
2000	86,5	83,6	81,6	78,2	76,8	75,2
4000	78,1	76,7	75,1	73,5	70,6	69,5



**Figura 3 - Comparação dos NPS médios, nos 6 ensaios**

Comparando-se os resultados em forma de gráfico (**Figura 3**), observa-se que há uma redução relativamente gradual do NPS na medida em que são introduzidos os painéis absorventes na câmara. Verifica-se que o acréscimo da área absorvente da câmara de apenas 6,13% (equivalente a 2 painéis) promove uma boa redução média entre as frequências, obtendo-se até **4,8 dB** de redução em 500 Hz. Entretanto, a redução não acompanha uniformemente o aumento da área de absorção de 2 painéis a cada ensaio (com exceção do ensaio de 11 painéis). Como exemplos, citam-se a duplicação da área de absorção de 6,13% (2 painéis) para 12,25% (4 painéis) e a duplicação da área de absorção de 12,25% (4 painéis) para 24,50% (8 painéis). Esta comprovação pode ser observada na **Tabela 3**, nas colunas em vermelho e, segundo a bibliografia, não segue a teoria de que em um ambiente reverberante com

radiação sonora uniforme, o NPS reduz-se de 3 dB para cada duplicação da absorção (GERGES,2000).

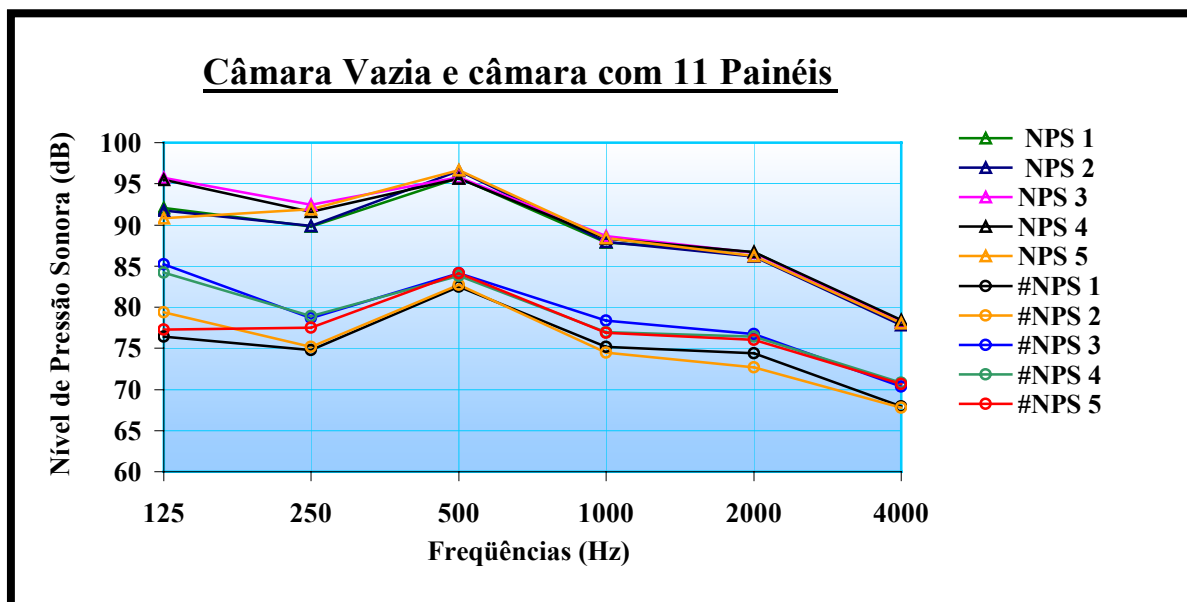
Nota-se, também, uma grande redução do NPS entre os ensaios com 4 painéis e 6 painéis, que chegou a até 7,9 dB em 125 HZ. Além disso, ressalta-se o ensaio com 11 painéis, no qual constatou-se reduções do NPS importantes, como a redução de 14,1 dB em 250 Hz.

**Tabela 3 - Diferenças de NPS entre ensaios**

Freq.	CV-2P	2P-4P	4P-6P	6P-8P	8P-11P	4P-8P	CV-11P
125	3,3	0,4	7,9	0,8	0,3	8,7	12,7
250	4,1	2,3	5,7	1,6	0,4	7,3	14,1
500	4,8	1,8	3,3	1,4	1,3	4,6	12,6
1000	3,1	1,9	3,7	1,1	2,0	4,9	11,9
2000	2,8	2,1	3,4	1,4	1,6	4,7	11,2
4000	1,4	1,7	1,6	2,8	1,1	4,4	8,6

Obs: CV é câmara vazia e P é painel absorvente

Em relação aos resultados do NPS nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5, que podem ser analisados no Anexo deste trabalho, verifica-se, para cada ensaio, que não houve muita variação do NPS de ponto para ponto já que a câmara produz um campo sonoro uniformemente difuso. À medida que se introduziram os painéis absorventes e, conseqüentemente, modificaram-se as características do campo difuso, ocorreram algumas dispersões de resultados de NPS entre os pontos, como pode ser visto na Figura 4 que ilustra o ensaio com câmara vazia e com 11 painéis, ou seja, os ensaios mais extremos para melhor compreensão do comentário. Percebe-se que no ensaio da câmara vazia, as dispersões aconteceram com maior assiduidade nas frequências de 125 e 250 Hz, enquanto que no ensaio com 11 painéis as dispersões aparecem nas 6 frequências.



**Figura 4 - Comparação dos NPS nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 nos ensaios com câmara vazia (NPS) e com câmara com 11 painéis (#NPS)**

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou que a técnica de redução do NPS através da introdução de absorventes acústicos é uma alternativa válida para atenuar o ruído interno em ambientes expostos à poluição sonora externa. Pôde-se ter uma noção de que absorventes acústicos, ao mesmo tempo, podem ser

utilizados não só para tratamentos da qualidade acústica de ambientes, como para amenizar problemas de falta de isolamento de fachadas. A técnica é importante, também, por não interferir diretamente nas fachadas dos ambientes, pois se sabe que, algumas vezes, é complicada a intervenção de imóveis em prédios que possuam vários ocupantes. Além disso, a técnica é propícia para centros urbanos, onde a fonte externa, configurada principalmente pelo tráfego de veículos, é inevitável.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2000) Acústica – Avaliação do Ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade – procedimento: NBR 10151, Rio de Janeiro, Brasil.
- BÁRING, J. G. A. (1988) Desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações. Tecnologia das Edificações, Pini, São Paulo, Brasil. p. 415-424.
- BERLNAD, T. (1973) *Ecologia y ruido*, Ed.Marymar, Buenos Aires, Argentina. p.76.
- BRÜEL & KJAER (1989) Master Catalogue – Eletronic instruments, K. Larsen & Son A/S, Denmark. 904p.
- CALIXTO, A., ZANNIN, P. H. T., DINIZ, F.B. (2002) Análise do ruído de tráfego de veículos em rodovias situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, Rio de Janeiro, Brasil. *Anais SOBRAC*
- GERGES, S.N.Y. (2000) *Ruído - Fundamentos e controle*, NR Editoras, Florianópolis, Brasil. 675p.
- GUIMARÃES, L. G. (2002) Níveis de pressão sonora associados as vias de fluxo veicular. Santa Maria, 50p. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Federal de Santa Maria
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (1995) Acoustics – Measurements of sound insulation in buildings and of buildings elements: ISO 140
- \_\_\_\_\_. (1985) Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room: ISO 354
- MOURA-DE-SOUZA, C., CARDOSO, M. R. A. (2002) Ruído urbano na cidade de São Paulo, Brasil. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, Rio de Janeiro, Brasil. *Anais SOBRAC*
- NUNES, M.F. de O. (1998) Estudo do ruído de tráfego veicular urbano em intersecções semaforizadas no centro de Santa Maria/RS. Santa Maria, 75p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Universidade Federal de Santa Maria.

## 7. ANEXOS

**Tabela 4 – NPS do ponto 1**

<b>Freq.</b>	<b>Câmara</b>	<b>2 Painéis</b>	<b>4 Painéis</b>	<b>6 Painéis</b>	<b>8 painéis</b>	<b>11 Painéis</b>
<b>125</b>	92,0	84,4	85,1	77,3	77,4	76,4
<b>250</b>	89,8	86,0	83,0	78,5	77,1	74,7
<b>500</b>	95,7	90,9	87,9	85,4	85,5	82,5
<b>1000</b>	87,8	84,0	81,8	78,4	78,6	75,1
<b>2000</b>	86,7	83,2	80,4	77,2	77,3	74,4
<b>4000</b>	78,1	76,0	74,4	72,0	70,3	67,9

**Tabela 5 – NPS do ponto 2**

<b>Freq.</b>	<b>Câmara</b>	<b>2 Painéis</b>	<b>4 Painéis</b>	<b>6 Painéis</b>	<b>8 painéis</b>	<b>11 Painéis</b>
<b>125</b>	91,7	86,5	85,5	80,2	81,6	79,3
<b>250</b>	89,8	83,9	82,7	78,2	76,8	75,1
<b>500</b>	96,6	89,8	88,6	84,8	84,4	82,7
<b>1000</b>	87,9	83,9	83,1	78,3	78,6	74,5
<b>2000</b>	86,1	82,5	81,2	77,4	77,6	72,6
<b>4000</b>	77,8	75,7	74,8	73,3	71,2	67,7

**Tabela 6 – NPS do ponto 3**

<b>Freq.</b>	<b>Câmara</b>	<b>2 Painéis</b>	<b>4 Painéis</b>	<b>6 Painéis</b>	<b>8 painéis</b>	<b>11 Painéis</b>
<b>125</b>	95,7	93,3	91,8	84,2	84,4	85,2
<b>250</b>	92,4	90,7	85,9	80,7	77,9	78,7
<b>500</b>	95,8	91,7	89,6	86,4	84,7	84,1
<b>1000</b>	88,6	86,8	83,4	81,0	78,4	78,3
<b>2000</b>	86,6	84,5	81,9	79,4	76,6	76,7
<b>4000</b>	78,2	77,4	75,0	74,0	70,6	70,3

**Tabela 7 – NPS do ponto 4**

<b>Freq.</b>	<b>Câmara</b>	<b>2 Painéis</b>	<b>4 Painéis</b>	<b>6 Painéis</b>	<b>8 painéis</b>	<b>11 Painéis</b>
<b>125</b>	95,5	94,3	95,7	84,9	83,1	84,2
<b>250</b>	91,6	89,5	89,1	79,4	78,0	78,9
<b>500</b>	95,6	92,2	90,9	86,4	83,7	83,8
<b>1000</b>	88,3	85,6	84,6	79,8	77,8	76,9
<b>2000</b>	86,7	84,4	82,7	78,9	76,1	76,4
<b>4000</b>	78,4	77,6	75,8	74,1	70,1	70,8

**Tabela 8 – NPS do ponto 5**

<b>Freq.</b>	<b>Câmara</b>	<b>2 Painéis</b>	<b>4 Painéis</b>	<b>6 Painéis</b>	<b>8 painéis</b>	<b>11 Painéis</b>
<b>125</b>	90,8	90,6	88,9	80,9	77,3	77,3
<b>250</b>	91,9	85,0	82,7	78,5	77,3	77,5
<b>500</b>	96,6	91,5	90,0	87,5	85,5	84,1
<b>1000</b>	88,4	85,4	83,4	80,0	78,7	76,9
<b>2000</b>	86,2	83,6	81,6	78,0	76,4	76,0
<b>4000</b>	78,0	77,0	75,3	74,1	70,9	70,7