

# FÓRMULAS SIMPLIFICADAS PARA O CÁLCULO DE PERDAS DE TRANSMISSÃO SONORA DE PAREDES E DIVISÓRIAS SIMPLES

Eng. Nara Medina Schmitt, Mestranda em Eng. Civil  
Prof. Alberto Tamagna, Doutor, Prof. Depto. Engenharia Mecânica  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS - Pós- Graduação em Engenharia Civil  
Av. Osvaldo Aranha, 99 - CEP 90035-190 - Porto Alegre, RS  
Tel. (051) 316 3486 - Fax (051) 2271807 - E-mail: nara@vortex.ufrgs.br

## RESUMO

A isolamento sonora de componentes construtivos é freqüentemente difícil de prever, sendo necessário tomar precauções de projeto e construção para evitar prejuízos no desempenho acústico, em casos práticos. Este trabalho apresenta resultados parciais de um projeto que visa a elaboração de sistema integrado de rotinas e bancos de dados para apoio às atividades de projeto de controle e conforto sonoro, a partir da obtenção de fórmulas simplificadas para o cálculo de perdas de transmissão sonora de paredes e divisórias, usuais em edificações. São apresentadas as fórmulas de cálculo da curva típica de comportamento para paredes simples. Estas fórmulas, baseadas inicialmente no modelo teórico clássico, após inúmeras simulações computacionais, foram ajustadas a resultados de ensaios de isolamento de painéis realizados em laboratórios e disponíveis em publicações. Alguns gráficos comparativos entre os valores calculados desta forma e resultados de ensaios de laboratórios ilustram este trabalho.

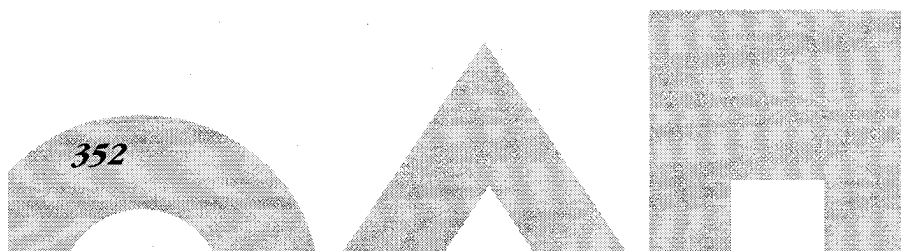
## ABSTRACT

The Sound Transmission Loss (STL) of building materials is always difficult to predict, and precautions must be taken for avoiding damage's acoustical performance in practical cases. This paper presents some of the results of a project in which aims were to obtain simple formulae for the sound transmission loss of walls, being constituent of a system for predicting the performance of enclosure's walls. Its presents formulae which have been developed for predicting the sound transmission loss of walls. It has been theoretically based on classical model and adjusted to the available measured values of laboratory and published international STL compilations. The simulation comparisons of published international STL compilations are also presented.

## APRESENTAÇÃO DAS FÓRMULAS PROPOSTAS PARA PAREDES SIMPLES

Os métodos de cálculo abrangem os principais princípios físicos envolvidos no modelo fonte-meio-receptor, no qual é avaliado o painel divisório entre duas câmaras reverberantes. A transmissão direta do som em um painel finito simples e homogêneo tem sido bastante investigada e diversos estudos e publicações apresentam expressões de previsão de desempenho acústico de materiais componentes de painéis, nestas condições (Cremer,1983)(Beranek,1991) (Crocker&Price,1969) (Gerges,1992).

O esquema da Figura 1 resume o comportamento real deste tipo de parede, com variação da perda de transmissão em função da frequência, em três regiões distintas, posicionadas acima da frequência de ressonância do painel. Na primeira região, observa-se o aumento progressivo da isolamento com o aumento da frequência e a expressão para a perda de transmissão corresponde a conhecida *Lei de Massa* (região 1). Nesta região, uma maior quantidade de energia sonora é transmitida por vibração forçada do painel do que por vibração ressonante. Na sequência, observa-se uma descontinuidade nas propriedades de isolamento do material, que costuma aparecer em forma de um "V" raso ou profundo, decorrente do *efeito de coincidência* - onde os termos de impedância que representam a massa do painel e a rigidez a flexão tem a mesma magnitude e fase oposta (região 2). A menor frequência em que este fenômeno aparece é denominada frequência crítica, abreviada  $f_c$ , que é inversamente proporcional a espessura da parede. Nas frequências superiores a frequência crítica, a transmissão depende das perdas internas do material do painel e, entre os valores correspondentes a  $\frac{1}{2} f_c$  e  $f_c$ , a transmissão ressonante assume maior importância na determinação da perda de transmissão. Acima da região de coincidência, a expressão é considerada como uma extensão da Lei de Massa (região 3).



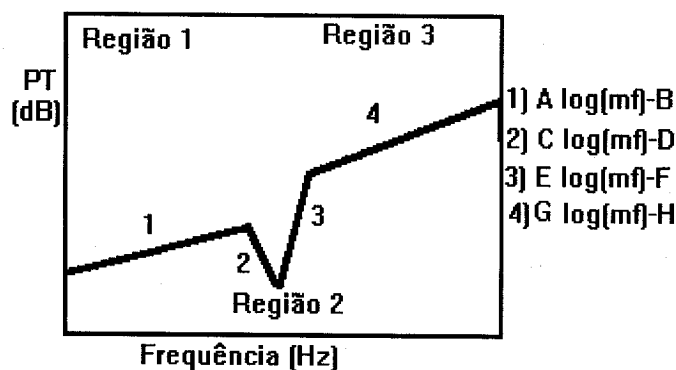


Fig. 1 - Perda de Transmissão de parede simples em função da frequência

Por meio da comparação entre resultados teóricos obtidos pelas equações clássicas nas regiões de desempenho da Figura 1 e medições de isolamento de paredes e divisórias simples foram observadas discrepâncias, notadamente em baixas frequências e em torno da frequência crítica. Estas diferenças, como sugerem alguns autores (Cremer,1983) (Crocker&Price, 1969) podem ser explicadas, devido a abordagem de que as dimensões do painel são infinitas, o que não acontece na prática e ainda, da existência de resistência de radiação na região de coincidência. Desta forma, examinou-se exaustivamente o desempenho de materiais construtivos através de simulações computacionais com dimensões usuais em edificações, buscando adequar a teoria e, conseqüentemente, melhorar a acuracidade do método de predição. Assim, a partir da definição da frequência crítica do painel pela equação 1 (Beranek,1991), foram deduzidas fórmulas de linhas retas em função da massa e frequência para o gráfico da Figura 1, ajustando os coeficientes para as três distintas regiões (A,B,C,D,E,F,G,H) em função dos valores experimentais. Como resultado deste estudo, são propostos os coeficientes da Tabela 1, para paredes de diferentes materiais e massas superficiais, classificadas como leves (abaixo de 200 kg/m<sup>2</sup>) e pesadas (acima de 200 kg/m<sup>2</sup>).

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{m}{B}\right)} \quad (1)$$

onde  $m$  é a massa superficial do painel (kg/m<sup>2</sup>);  
 $B$  é a rigidez a flexão;  
 $c$  é a velocidade do som no material (m/s);

Nota-se que os materiais estudados apresentam variações inferiores às previstas pela teoria, principalmente na zona rígida pela Lei de Massa (região 1), mais precisamente em painéis considerados leves ( massa superficial inferior a 200 kg/m<sup>2</sup>), que chegam a 4 dB/oitava, enquanto que esta lei prediz 6 dB/oitava. A maioria dos painéis leves analisados, apresentam maior descontinuidade na zona de coincidência, com a incidência de um "V" mais profundo, o que se explica pela influência dos baixos valores de perdas internas destes materiais. Exemplos desses comportamentos podem ser observados no item a seguir.

Tabela 1 - Coeficientes das expressões para cálculo da curva típica de paredes simples

Materiais de Construção	Coeficientes das expressões							
	Região 1		Região 2				Região 3	
	Controle Massa		Antes de $f_c$	Depois de $f_c$		Acima Coincidência		
	A	B	C	D	E	F	G	H
< 200 Kg/m <sup>2</sup>								
Aço	13	21	-55	-300	30	120	20	62
Alumínio	13	21	-49	-246	30	111	20	58
Vidro	13	21	-37	-194	30	108	20	57
Gesso	13	21	-46	-233	30	111	20	58
Madeira dura	13	21	-46	-197	30	103	20	57
Chumbo	13	21	-6	-85	30	122	20	63
≥ 200 Kg/m <sup>2</sup>								
Bloco Concreto	15	31	12	22	30	90	20	51
Bloco Cerâmico	15	31	-7	-57	30	90	20	54
Tijolo Maciço	15	31	-14	-97	30	106	20	56
Concreto	15	31	-14	-97	30	106	20	56
Concreto leve	15	31	-30	-132	30	99	20	54

## RESULTADOS E COMPARAÇÕES

As Figuras 2 e 3 apresentam alguns gráficos comparativos entre valores obtidos pela simulação com as expressões propostas neste trabalho e os resultados de ensaios de isolamento de paredes e divisórias simples. Os resultados experimentais em terços de oitava, foram pesquisados em publicações (Davy,1990) (Parkins&Humphres,1969) (Meisser,1973) (Némerlin (1988) (Elmallawany,1978).

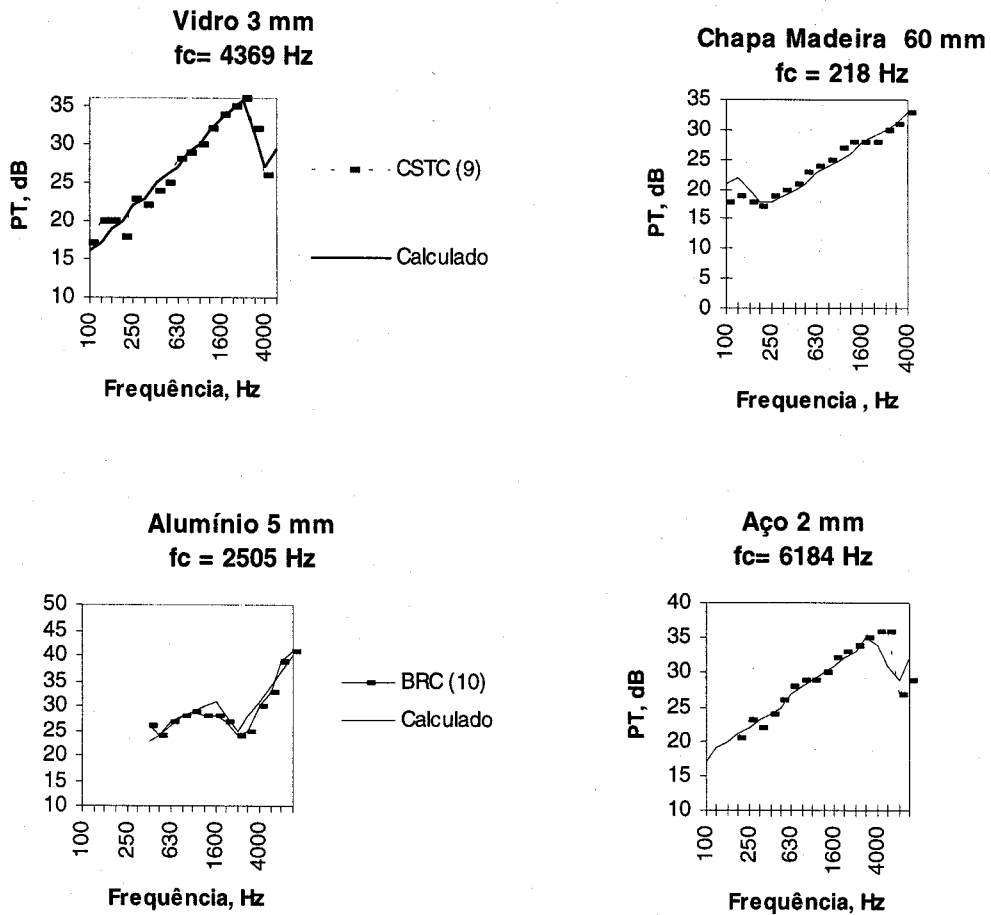


Figura 2 - Valores medidos e calculados para PT (divisórias em vidro, madeira, alumínio e aço).

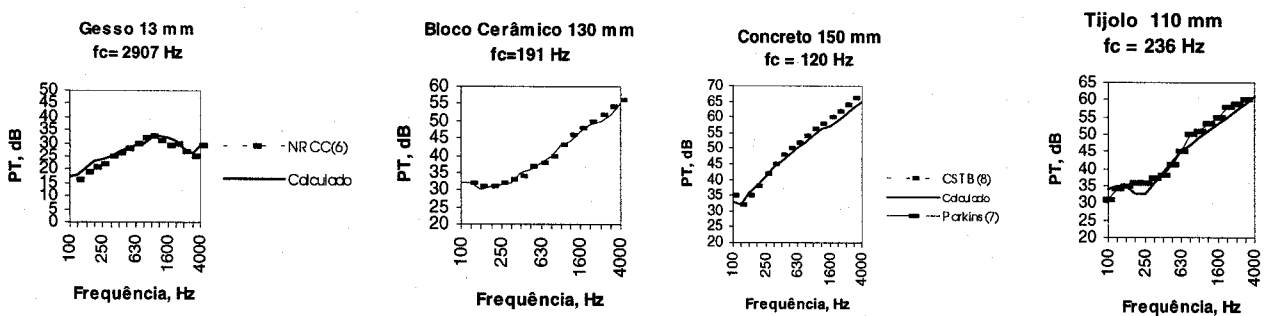
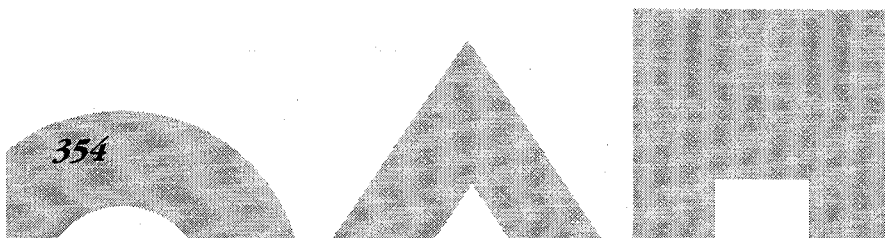


Figura 3 - Valores medidos e calculados para PT (aredes em gesso, bloco, concreto e tijolo).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A perda de transmissão aérea calculada pelas expressões propostas apresentam boa concordância com os dados de medições levantados na bibliografia, para os materiais estudados. A comparação dos valores calculados e os resultados em terços de oitava fornecem uma diferença menor que  $\pm 3$  dB. Pode-se verificar que, com o uso destas fórmulas simplificadas, define-se com segurança as faixas de melhor desempenho da parede, o que auxilia o trabalho do projetista na escolha do material, em função da necessidade do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- M. Cremer, Heckl and E.E. Ungar, *Structure-borne Sound* (Springer-Verlang, London, 1983)
- L.L.Beranek, *Noise Reduction* (Peninsula Publishing, Los Altos, 1991)
- M. J. Crocker and A.J. Price, *J. Sound and Vib.*, 9 (1969)
- S. Gerges, *Ruído: Fundamentos e Controle* (Imprensa Universitária UFSC, 1992)
- N. M. Schmitt, *Contribuição às atividades de projeto no contexto do controle e conforto acústico em edificações*, Dissertação de Mestrado em preparação
- Davy, J L, *Proceedings of the National Conference of Australian* , (1990)
- Parkins and H. Humphres, *Acoustics, Noise and Buildings* (Faber and Faber LTD,1969)
- M. Meisser, *Acústica de los Edificios* (Editores Técnicos Associados S.A., 1973)
- J. Némerlin, *Centre Scientifique et Technique de la Construction*, 4 (1988)
- A.Elmallawany, *Applied Acoustics*, 11(1978)