

---

## Relatório 2

# **Coeficiente de Absorção Sonora**

## **Técnicas Experimentais em Acústica e Vibrações**

Aluno:

**José Pedro de Santana Neto - 201505394**

Professor: **Arcanjo Lenzi, PhD.**

6 de novembro de 2015

# 1 Introdução

Várias técnicas de controle de ruído foram desenvolvidas nesses últimos tempos visando oferecer ao ouvido humano um ambiente agradável, principalmente em ambientes de salas nas quais aspecto reverberante é bastante evidente.

Com esse determinado fim, o uso de materiais de absorção de ondas sonoras é amplamente utilizado. Esses materiais, normalmente porosos, ficam nas extremidades de uma sala reverberante amortecendo e dissipando em forma de energia térmica o som. Em vista desse aspecto todo material que visa esse objetivo possui um coeficiente de absorção sonora e o mesmo é levado em consideração para o controle de ruído numa sala por exemplo.

Em vista do que foi exposto, esse trabalho tem como objetivo analisar o coeficiente de absorção sonora de uma amostra de um material poroso através da câmara de reverberação. Para isso, utilizou-se como base a norma ISO 354:2003, que estabelece os procedimentos que devem ser feitos para determinar tal parâmetro em uma câmara reverberante

## 2 Fundamentação Teórica

Em vista do que se expõe em (BISTAFA, 2011), o som é a aceleração de partículas de ar que se chocam, transformando a pressão estática do ar numa pressão oscilatória. Essa pressão oscilatória entre em contato com os ouvidos do ouvinte fazendo com que essa variação de pressão seja percebida e escutada. Essa variação de pressão que oscila é escutada pelo ser humano a partir da magnitude de pressão de  $2 \cdot 10^{-5} Pa$ . Qualquer perturbação de pressão que se encaixa nessas condições é denominada som e as perturbações indesejáveis são denominadas de ruído sonoro.

Para se mensurar o nível de pressão sonora deve-se comparar o valor *rms* da pressão coletada pela pressão de referência ( $2 \cdot 10^{-5} Pa$ ), usando a operação de divisão. Como a magnitude dessa divisão é muita alta, a variação das pressões audíveis é de ordem muito alta fazendo assim que se transforme esse valor numa medida logarítmica e multiplicado por 10. A expressão matemática resultante desse processo é

$$NPS = 10 \cdot \log_{10}(p_{rms}^2 / (2 \cdot 10^{-5})^2). \quad (2.1)$$

Tal que *NPS* é o nível de pressão sonora e  $p_{rms}$  é o *rms* da pressão coletada.

De acordo com (GAN, 1999), a potência sonora é uma grandeza física que diz respeito à energia acústica total emitida por uma determinada fonte sonora. Dessa forma, a potência sonora depende apenas da própria fonte e independe das características do meio, fazendo com que esse tipo de grandeza física se qualifique como satisfatório para caracterizar uma fonte sonora. Em vista disso a potência sonora é dada pela equação

$$W = I_{max}S. \quad (2.2)$$

Tal que *W* é a potência sonora,  $I_{max}$  intensidade sonora máxima e *S* é a área. Como a intensidade sonora máxima ( $I_{max}$ ) se relaciona com a impedância característica do meio ( $\rho \cdot c$ ) de tal forma que a expressão matemática de denota como

$$I_{max} = \frac{p_{rms}^2}{\rho_0 \cdot c}. \quad (2.3)$$

Dessa forma, dividindo por uma potência de referência  $W_o = \frac{p_o^2}{\rho c} S$  a equação da potência pode ser caracterizada por

$$\frac{W}{W_o} = \frac{p_{rms}^2}{p_o^2} \frac{S}{S_o}. \quad (2.4)$$

Aplicando a operação logarítmica na equação 2.7 o resultado final do cálculo da potência é

$$NWS = NPS + 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{S}{S_o} \right). \quad (2.5)$$

Para se medir a potência sonora há ambientes apropriados que são as câmaras anecóicas e câmaras reverberantes. As câmaras anecóicas, são construídas com superfícies configuradas para absorver toda a energia sonora incidente, simulando um campo livre com reflexões anuladas nas paredes. No extremo oposto, as câmaras reverberantes são construídas de tal forma a maximizar o som refletido pelas paredes, no sentido de gerar campo difuso.

Para medir a pressão sonora nas câmaras anecóicas deve-se usar os microfones de campo livre nos quais são projetados de forma direcional para a fonte sonora. Essa característica faz a onda incidir de forma longitudinal no microfone. Para se medir a pressão sonora nas câmaras reverberantes deve-se usar os microfones de campo difuso nos quais são projetados de forma que as ondas se incidem em todos os lados desse tipo de microfone.

O tempo de reverberação é postulado o intervalo de tempo em segundos que a densidade de energia sonora demora para decair numa escala de 60 dB. Quando uma fonte gera som dentro de uma sala, a intensidade sonora cresce rapidamente com a chegada do som direto e continuará crescendo com as reflexões indiretas que começam a contribuir para o nível sonoro total. Se uma fonte sonora é repentinamente desligada, a intensidade sonora não desaparecerá de repente, mas vai enfraquecendo gradualmente. Este decaimento de energia sonora ocorre em função da forma da sala e a quantidade e localização dos materiais absorventes, e é conhecido como reverberação.

Há duas formas de se determinar o tempo de reverberação que são a forma de Sabine e a forma de Eyring. A forma de Sabine é definida como:

$$T_r = 0,161 \cdot \frac{V}{S \cdot \alpha}. \quad (2.6)$$

Já a forma de Eyring é definida como:

$$T_r = 0,161 \cdot \frac{V}{S \cdot \ln(1 - \alpha)}. \quad (2.7)$$

Tais quais  $T_r$  é o tempo de reverberação em segundos,  $\alpha$  é o coeficiente de absorção,  $V$  é o volume do ambiente em metros cúbicos e  $S$  é a área total superficial da sala.

### 3 Experimento e Equipamentos

Para realizar as medições tais instrumentos foram utilizados:

- Microfone capacitivo de campo livre:
  - Tipo número 4189-A-021;
  - Sensibilidade -26.7 dB re 1V/Pa;
  - Incerteza, 95% de nível de confiança de 0.2 dB.
- Microfone capacitivo de campo difuso:
  - Tipo número 4942-A-021;
  - Sensibilidade -26.3 dB re 1V/Pa;
  - Incerteza, 95% de nível de confiança de 0.2 dB.
- Calibrador de microfone tipo CAL 200, da Larson Davis. Nível de calibração 94/114 dB;
- Fonte sonora tipo 4204:
  - Cumpre ISO 3741 , ISO 3747 e ISO 6926 para calibrar fontes de potência sonora;
  - Gama de frequências de 100 Hz a 20 kHz;
  - Saída de potência sonora 91 dB re 1 pW (peso A, frequência de linha de 50 Hz) e 95 dB re 1 pW (Aweighted , frequência de linha de 60 Hz);
  - Gama de temperaturas de -10°C a + 50°C;
  - Operação 50 e 60 Hz.
- Tripé e Cabos;
- Analisador de sinais modelo SCADAS da LMS:

- módulo de condicionamento e aquisição (com 4 ou 8 canais dinâmicos) com frequência de amostragem de 102,4 KHz e 24 bits de resolução;
  - duas entradas para tacômetro com taxas de amostragem de até 6,5 MHz;
  - dois geradores de função.
- Rotating boom tipo 3923:
    - Cumpre ISO 3741;
    - Comprimento da lança ajustável entre 50 cm e 200 cm;
    - Operação com bateria com células NiCd ou operação de linha embutidos;
    - Três vezes rotação do interruptor selecionável;
    - Plano de rotação ajustável em passos de 10 graus;
    - E poder de sinal do microfone via anéis deslizantes;
    - Potência sonora emitida típico igual a 26 dB re 1 pW (peso A).
  - Material de absorção do tipo Espuma Sonex:
    - Os painéis Sonex ValueLine oferecem excelente controle acústico em todas as frequências com coeficientes de redução (NRC), variando de 0,75 a 1,05;
    - Eles são especialmente eficazes em absorção excessiva nas frequências médias (500 e 1.000 Hz);
    - Neste ensaio foi utilizada uma amostra de material de absorção com  $8,64 m^2$ .

Para medição do tempo de reverberação na câmara reverberante foram seguidos os procedimentos descritos na ISO 354 Measurement of sound absorption in a reverberation room. Foram feitas medições com e sem o material de absorção analisado, sendo utilizados 3 microfones para as medições, variando 3 posições de fonte sonora.

Foi analisada a faixa de frequência de 63 Hz a 10000 Hz. Para determinar o tempo de reverberação foi utilizada a equação 06 descrita na ISO 354. A técnica de medição utilizada foi a do ruído interrompido, onde foram feitas 3 médias para cada tomada de dados de tempo de reverberação, sendo enviado um sinal de ruído branco na sala. Para se determinar o coeficiente de absorção utilizou-se a fórmula  $\alpha = A_t/S$ , tal qual  $\alpha$  é o coeficiente de absorção,  $A_t$  é a área de absorção equivalente e  $S$  é a área da amostra.



## 4 Resultados

### 4.1 Tempo de Reverberação

É possível observar a nítida influência do material de absorção principalmente a partir da faixa de frequência de 400 Hz sendo possível verificar uma diferença de 2 segundos em relação aos resultados obtidos com a sala vazia, como é mostrado no gráfico 1.

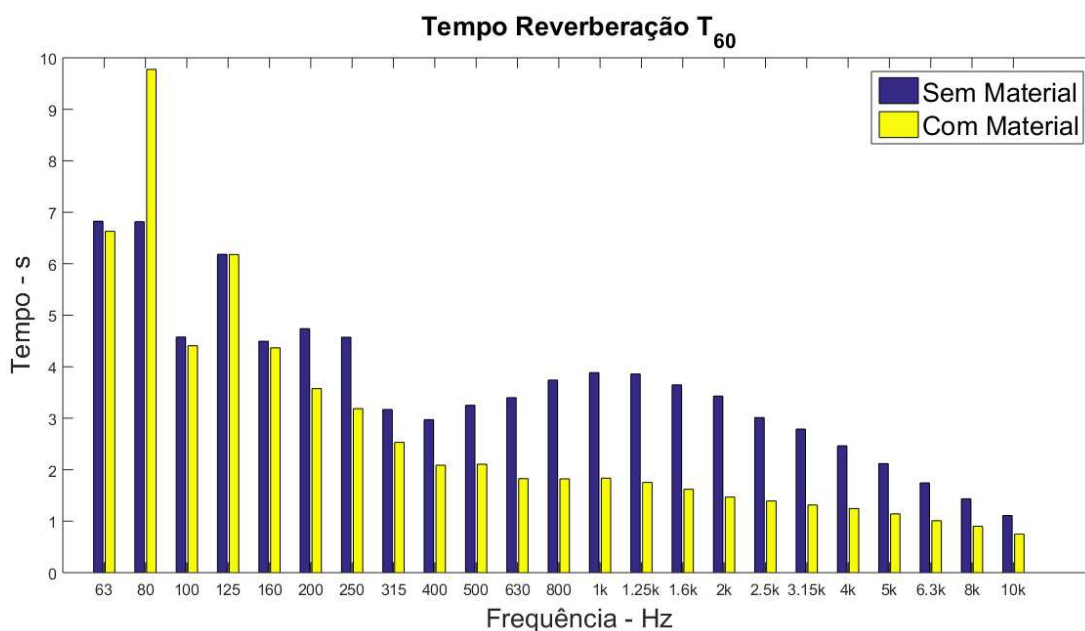


Figura 1: Tempo de reverberação na sala. Fonte: autoria própria.

Ao analisar o gráfico 2 é possível observar a variação coerente do coeficiente de absorção sonora, crescendo para as altas frequências e ficando abaixo do valor de 1, ou seja, 100% de absorção. É importante ressaltar que a faixa de interesse desta medição é acima da frequência de corte e abaixo do valor em alta frequência aonde a sala apresenta divergências.

## 4.2 Coeficiente de Absorção

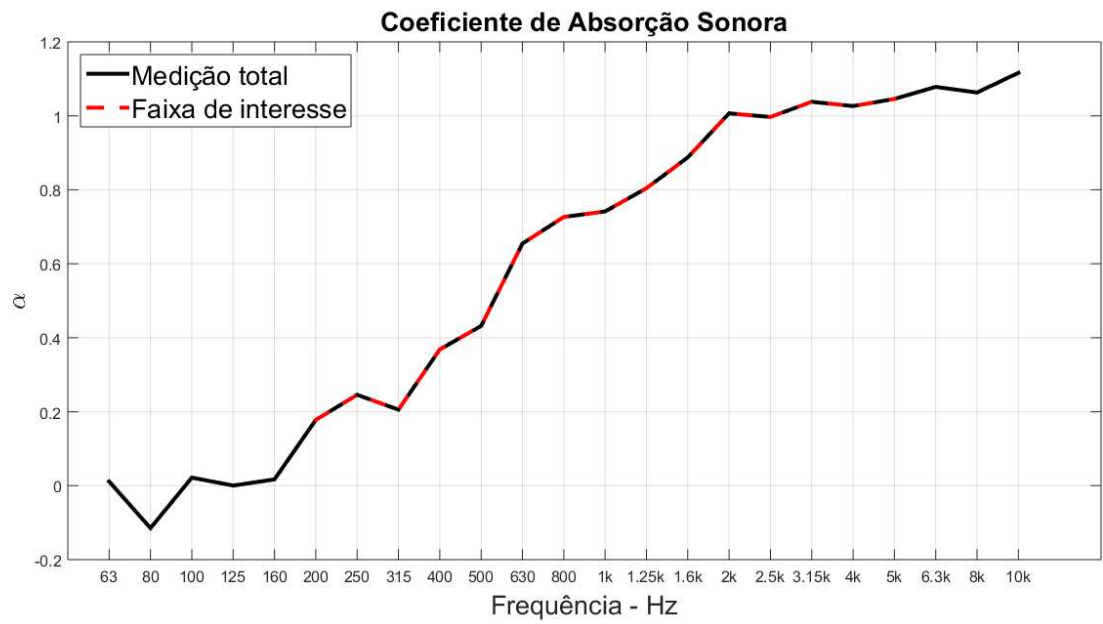


Figura 2: Coeficiente de absorção sonora do material. Fonte: autoria própria.

## 5 Conclusões

Em vista do que foi apresentado, a realização dos ensaios na câmara reverberante originou resultados que constam de acordo com a teoria vigente visto que o tempo de reverberação decai pela metade com a inserção do material poroso dentro do ambiente, e esse fato se intensifica quando a análise é feita nas altas frequências pois é nessa mesma faixa de frequência que as moléculas do ar se agitam rapidamente, aumentando, assim, a quantidade de colisões no material absorvente.

## Referências

BISTAFA, S. R. *Acústica aplicada ao controle de ruído*. [S.l.]: 2ª edição – São Paulo, 2011. Citado na página [2](#).

GAN, J. Scanning paths for estimating sound power of noise sources by sound intensity scanning method. *Chinese Journal of Acoustics*, v. 18, n. 4, p. 353–359, 1999. Citado na página [2](#).