

ATENUAÇÃO ACÚSTICA DE UM SISTEMA DE VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

PACS: 43.50.GF

L. Bragança; J. Matos
Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho
Campus de Azurém 4800-058, Guimarães, Portugal
Tel.: +351 253 510 200
FAX: +351 253 510 217
E-mail: braganca@civil.uminho.pt; jorgem@portugalmail.com

ABSTRACT

This paper reports an industrial acoustical treatment experience based in the principle of a plenum chamber lined with sound absorbing materials and its dissipative and reactive effect on sound waves absorption. Photographs and schematic drawings of the existing construction are presented, as well as sound power levels that are established. A construction solution scheme is presented, as well as the materials used in the acoustical treatment and the sound attenuation values achieved with the proposed solution. After the acoustical construction works have been completed, experimental measurements were carried out and the results are discussed.

RESUMO:

Neste artigo apresenta-se um caso prático em que foi realizada uma experiência de acondicionamento acústico industrial com base no princípio de uma câmara de absorção sonora e do seu efeito dissipante e reactivo na absorção das ondas sonoras. A situação existente inicialmente é caracterizada em termos geométricos, construtivos e acústicos, especialmente no que se refere aos níveis de potência sonora instalados.

De seguida aplica-se o princípio da câmara sonora absorvente, apresentando-se um esquema da solução construtiva assim como dos materiais empregues no acondicionamento acústico e os valores de atenuação sonora calculados para essa solução. Finalmente apresentam-se os resultados das medições efectuadas após a realização da obra de acondicionamento e faz-se a análise e comparação dos resultados obtidos.

1. INTRODUÇÃO

No âmbito da prestação de serviços especializados à comunidade no domínio da acústica, realizados pelo Laboratório de Física e Tecnologia das Construções do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, destaca-se um estudo da atenuação acústica de um sistema de ventilação industrial pelas suas características de inovação e grau de dificuldade. Este estudo foi solicitado por uma empresa têxtil da região do Minho e tinha por objectivo a resolução de um problema de ruído excessivo causado pelas tomadas e saídas de ar do seu sistema de acondicionamento de ar e de ventilação.

Durante os meses de Fevereiro e Março de 2004 foram realizadas diversas campanhas de medição dentro da fábrica, nos seus espaços exteriores imediatos e na sua vizinhança, de modo a poder-se fazer a caracterização acústica do problema e a poder-se estudar a melhor solução para o mesmo.

Na sequência da caracterização acústica do local, verificou-se que a causa do problema era o ruído produzido nas aberturas para o exterior das saídas e entradas de ar do sistema de ventilação e climatização da unidade de tecelagem. Nas Figuras 1 e 2 podem ver-se essas aberturas.



Figura 1 – Fotografia da parede traseira, onde se pode ver uma das entradas de ar



Figura 2 - Fotografia das saídas de ar posicionadas na cobertura

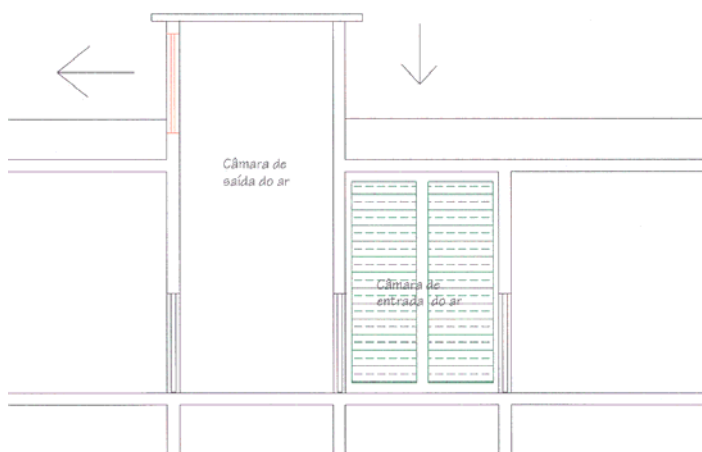


Figura. 3 – Corte vertical das câmaras de entrada e saída de ar

Na figura 3 apresenta-se um esquema das câmaras, em corte vertical, onde se posicionavam as entradas e saídas de ar.

Contrariamente ao que os responsáveis da unidade industrial pensavam, o ruído nefasto para a vizinhança não era apenas causado pelas “janelas traseiras” posicionadas na parede vertical, que apresentavam um L_{Aeq} de 96,1 dB(A) medido a 2 metros da superfície exterior da “janela”, mas era também causado pelas saídas de ar pela cobertura (ver Figura 2) que apresentavam um L_{Aeq} de 96,8 dB(A), a 2 metros da janela. Era portanto necessário formular uma solução que abrangesse ambas as fontes sonoras.

Entre as várias soluções apresentadas, complementares entre si, estava a de se fazer um tratamento acústico a estas câmaras de entrada e saída de ar forçado, de modo a transformá-las em câmaras sonoras absorventes, técnica frequentemente utilizada para atenuar o ruído produzido em condutas de ventilação.

2. PRINCÍPIO DA CÂMARA SONORA ABSORVENTE

Trata-se, como o nome indica, de uma câmara com um volume bastante grande quando comparado com a secção da conduta cujo ruído se pretende atenuar. Na figura 4 apresenta-se um esquema típico de uma câmara absorvente simples.

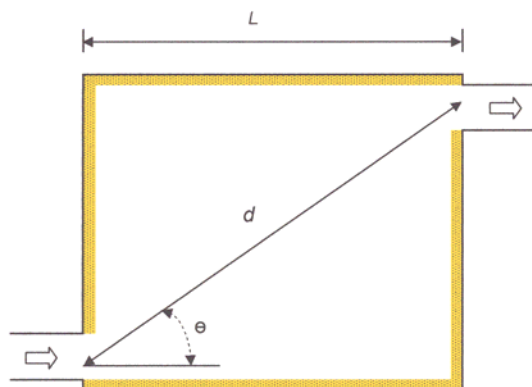


Figura. 4 – Esquema de uma câmara absorvente simples

Devido ao facto destas câmaras funcionarem segundo os princípios da absorção e da reacção, pelo aumento súbito da secção, o modelo matemático descritivo do seu comportamento torna-se demasiado complexo. No entanto, numa primeira abordagem, pode-se utilizar a expressão empírica de Wells [1] para calcular o valor da atenuação sonora proporcionado por estas câmaras:

$$(1) \Delta L = -10 \cdot \log \left[S_e \cdot \left(\frac{\cos \theta}{2\pi \cdot d^2} + \frac{1-\alpha}{\alpha \cdot S_w} \right) \right] \text{ (dB)}$$

em que:

S_e - área da saída (m^2)

S_w - área de todas as paredes forradas da câmara (m^2)

d - distância directa entre a entrada e a saída (m)

θ - ângulo entre a direcção do fluxo de entrada e a recta que une a entrada à saída.

$\cos \theta$ - cosseno do ângulo $\theta = L/d$

α - coeficiente de absorção sonora do material que forra a câmara

A maior parte dos autores [2,4] considera que para frequências altas, que tenham um comprimento de onda inferior às dimensões da câmara, esta expressão tem resultados bastante acertados, mas para as baixas frequências o resultado é bastante conservador e o verdadeiro valor da atenuação excede frequentemente o valor calculado. De acordo com Bell [4], se numa câmara for introduzida uma barreira de modo a tapar a linha de vista entre a entrada e a saída do fluxo de ar, os valores de atenuação previstos pela expressão (1) podem ser aumentados até 10 dB.

O cálculo com a expressão de Wells deve ser repetido para todos os valores conhecidos de α , de modo a obter-se a atenuação para todas as frequências centrais de banda de oitava ou de terços de oitava, conseguindo-se assim estimar a atenuação da câmara em estudo no domínio da frequência.

3. SOLUÇÃO PROPOSTA E ATENUAÇÃO PREVISTA

Neste caso particular propôs-se ao cliente tapar as “janelas” de admissão de ar do sistema, situadas na parede vertical traseira, com uma parede de betão armado com 25 cm de espessura e construir uma outra estrutura na cobertura, em tudo semelhante à já existente para a saída do ar. Na Figura 5 apresenta-se um corte construtivo da solução proposta.

As paredes e tectos destas duas câmaras, uma existente e outra a criar, foram depois revestidas com um material absorvente sonoro, mais concretamente com placas de lã de rocha, com 50 mm de espessura, revestidas na face exposta com uma tela de fibra de vidro de cor negra. Estas placas foram fixadas às paredes de betão com dispositivos mecânicos.

Estas torres funcionam como condutas verticais que, além de direccionarem o ruído para o sentido oposto ao que ele tinha inicialmente, têm ainda um funcionamento como câmaras absorventes que são também atenuadoras de som, pelo seu efeito dissipador e reactivo.

Neste artigo, apenas se considerarão os valores de níveis sonoros medidos na câmara de exaustão, uma vez que como esta câmara já existia foi possível fazer as medições antes e depois do tratamento acústico. Em termos geométricos a câmara de exaustão é semelhante à da figura 4 estando, no entanto, a saída do fluxo situada do mesmo lado da entrada, o que faz com que o ângulo θ seja de 90° . Logo, a expressão (1) vem simplificada para:

$$(2) \Delta L = -10 \cdot \log \left[S_e \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha \cdot S_w} \right) \right] \text{ (dB)}$$

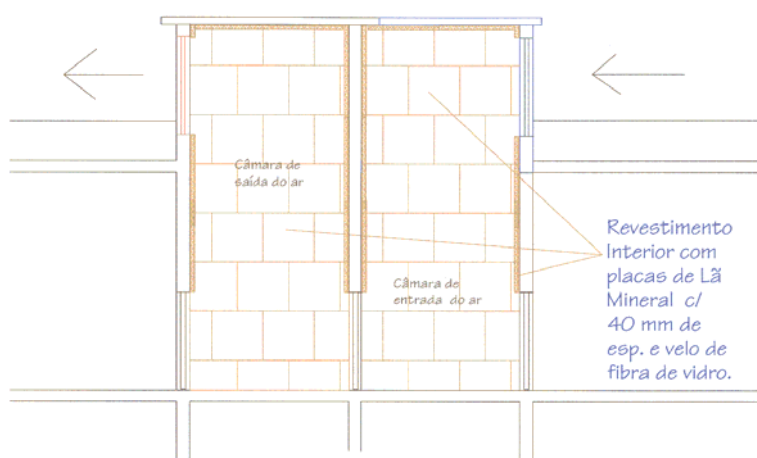


Figura. 5 – Esquema construtivo da solução proposta

Quanto às dimensões, a câmara tem uma zona inferior com dimensões $6,0 \times 2,5 \times 4,5$ m, e uma zona superior com dimensões $4,75 \times 2,8 \times 2,95$ m, o que, reduzidas as áreas de entrada e saída do fluxo, dá uma área total de absorção em paredes e tectos de $96,92 \text{ m}^2$. A área de saída S_e é de $2,0 \times 2,0 \times 2,0$, ou seja 8 m^2 .

Logo, teoricamente, a redução sonora da câmara de exaustão será dada por:

$$(3) \Delta L = -10 \cdot \log \left[8,0 \cdot \left(\frac{1-\alpha}{\alpha \cdot 153,24} \right) \right] \text{ (dB)}$$

Como é sabido, o valor do coeficiente de absorção, α , dos materiais de revestimento absorventes não é, normalmente, constante para toda a gama de frequências. O material usado neste caso foram placas de lâminas de rocha com uma densidade de 40 kg/m^3 , de dimensões $1200 \times 600 \times 50$ mm, e com uma tela de protecção em fibra de vidro, de cor negra, na sua face à vista, que apresenta no seu catálogo comercial os valores do coeficiente de absorção que se encontram na Tabela I. Na Tabela I encontram-se, também, listados os valores da atenuação prevista para as diversas frequências.

Tabela I – Valores previstos de atenuação sonora

Frequências (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,16	0,50	0,86	0,90	0,93	0,95
ΔL (dB)	4	11	19	21	23	24

4. VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DE RESULTADOS

Feitas as obras necessárias nas condutas de ventilação com maiores níveis sonoros (Figuras 8 e 9), verificou-se novamente o nível de pressão sonora em dois locais. No interior da câmara, junto ao pavimento, e na cobertura, numa posição afastada 2 metros das “janelas” da saída do ar. Na Tabela II, apresentam-se os respectivos resultados:



Figura 8 – Alterações no exterior da conduta de ventilação



Figura 9 – Alterações no interior da conduta de ventilação

Tabela II – Diferenças de Nível Sonoro verificadas com o tratamento acústico

	L _{Aeq} dB(A)			ΔL (dB)					
	Antes	Depois	Difer.	125	250	500	1000	2000	4000
No Interior da Câmara	101,5	99,1	-2,4	3,0	5,9	6,5	7,3	8,0	6,0
No Exterior da Câmara	96,8	76,6	-20,2	12,1	20,2	26,2	27,3	25,3	20,8

Apresentam-se nas Figuras 6 e 7 os gráficos dos níveis sonoros para bandas de oitava nestas duas posições, antes e após a operação de acondicionamento.

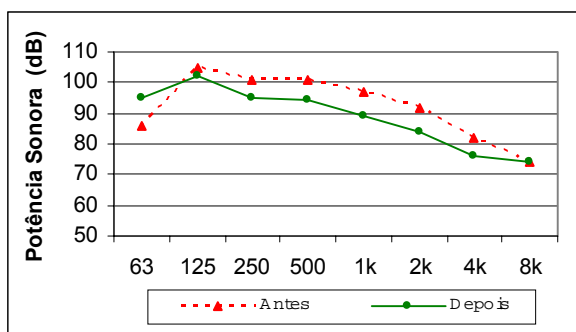


Figura 6 – Atenuação Sonora dentro da câmara

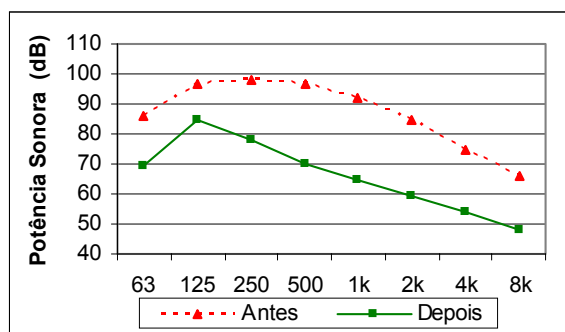


Figura 7 – Atenuação Sonora no exterior da câmara

5. CONCLUSÃO

Analisando os gráficos das Figuras 6 e 7, e as Tabelas I e II, parece claro que a solução proposta teve um êxito assinalável e que a hipótese formulada de modelar o

comportamento do espaço exaustão de ar como uma câmara de absorção, apesar das suas grandes dimensões, foi acertada.

De facto os resultados da atenuação sonora conseguida não só confirmaram as previsões como até, inclusivamente, foram superiores ao esperado para as bandas das frequências baixas e médias. Tal facto deve-se não só à relativa imprecisão do método empírico utilizado, mas também ao facto de o posicionamento das entradas e saídas de ar na mesma parede favorecerem a dissipação de energia no interior da câmara absorvente.

Neste caso particular é notório que o valor da atenuação sonora (ΔL) não aumenta com a frequência, como se previa pela utilização da expressão de Wells, mas verifica-se que as maiores atenuações são conseguidas para as bandas de 500, 1000 e 2000 Hz, começando depois a diminuir.

Por último, e como conclusão geral do trabalho, importa referir que a construção de câmaras absorventes pode ser uma solução muito eficaz para a resolução dos problemas de excesso de ruído provocado pelas tomadas e saídas de ar dos sistemas industriais de acondicionamento de ar e de ventilação.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Wells, R.J. - Acoustical plenum chambers, Noise Control 4 (July 1958)
- [2] Harris, Cyril M. - Hand Book of Noise Control, McGRAW-HILL B.CO. N.Y. (1979)
- [3] N.A.S.A. - Hand Book for Industrial Noise Control, Books for Business, N.Y. (2001)
- [4] Bell, L. H. and D.H. - Industrial Noise Control, Fundamentals and Applications, Marcel Dekker Inc. – New York (1994).