



APRIMORAMENTO DE SISTEMA CONSTRUTIVO EM JANELAS DE ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO COM VIDRO SIMPLES PARA INCREMENTO DE ISOLAMENTO SONORO

M A M Vecci & V M Valadares

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Engenharia

Dept. de Engenharia de Estruturas

Laboratório de Dinâmica Estrutural

30.110.060 – Belo Horizonte/MG - Brasil

fax: 55(31)269-1973

e-mail: vecci@dedalus.lcc.ufmg.br

RESUMO: Neste trabalho foram desenvolvidos procedimentos de análise teórico e experimental para melhoria de desempenho de isolamento sonoro de esquadrias de janelas em edifícios residenciais expostos ao ruído de tráfego de vias arteriais em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Como resultados apresentam-se soluções econômicas e adequadas às exigências de conforto acústico.

ABSTRACT: In this work a theoretical and experimental analysis are developed to improve the sound insulation of windows in residential buildings exposed to traffic noise from arterial facilities in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Practical and economical sound insulation solutions in accordance with local acoustic comfort needs are presented.

1 Introdução

Este trabalho apresenta resultados de estudos teóricos e experimentais de controle de ruído em janelas dos edifícios residenciais produzidos pela Construtora Liderança Ltda, em empreendimento imobiliário localizado na confluência das Avenidas Prudente de Moraes e Guaicuí, na Vila Paris, regional Centro - Sul, em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Mais especificamente, tal controle de ruído envolveu uma investigação para

melhoria do isolamento sonoro em janelas de esquadrias de alumínio em vidro simples das fachadas expostas ao ruído de tráfego veicular urbano.

2 Metodologia

Para a realização deste estudo foi necessário, inicialmente, fazer uma caracterização do ruído de tráfego veicular incidente nos planos das fachadas acusticamente críticas do ponto de vista da exposição sonora em bandas de oitava nas frequências centrais do intervalo [63Hz; 8kHz], situada no item 3 deste trabalho. A partir daí, fez – se uma definição da perda por transmissão, PT, [dB], requisitada pelas janelas para que sejam atendidas as curvas de critério de ruído recomendadas pela ABNT, disposta no item 4. Em seguida, no item 5, foi desenvolvida uma análise analítica do comportamento da perda por transmissão, PT, [dB], da janela prevendo ora vidro simples, ora vidro duplo com espaçamento de câmara de ar entre eles, considerando diversas espessuras de vidros atualmente disponíveis no mercado. No item 6 deste trabalho, é apresentada a análise experimental do comportamento da perda por transmissão, PT, [dB], da janela implementadas no local. Algumas considerações finais que se julgou importante fazer são apresentadas no item 7.

3 Caracterização do Ruído de Tráfego Veicular Incidente

O ruído de tráfego foi caracterizado a partir de medições acústicas conforme as normas ISO/R 1996 e ISO 140 – V. A grandeza acústica medida foi o nível de pressão sonora equivalente-contínuo, $L_{Aeq,2min}$, cujos valores espectrais e globais estão apresentados na Figura 1.

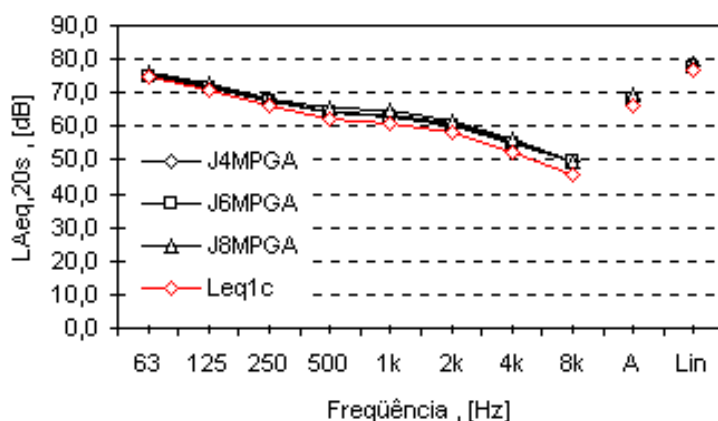


Fig. 1 - Ruído de Tráfego na Av. Prudente de Moraes e Rua Guaicuí referente aos ensaios de 12,13, 19 e 25/11/1998. Na legenda, Leq1c representa um valor inicial estimado para análise de desempenho requerido pelos vidros da esquadria da janela da fachada do ambiente teste; JPnMPGA (n = 4,6,8), representam valores medidos médios do ruído de incidência normal à janela da fachada do ambiente teste, de um total de 60 amostras.

De acordo com a configuração geométrica do empreendimento imobiliário em relação à fonte sonora, foi selecionado como ambiente crítico de exposição sonora, um cômodo de permanência prolongada de um apartamento tipo do Edifício White do empreendimento citado no item 1, situado no quinto pavimento e voltado para à Av. Guaicuí, sofrendo influência do ruído proveniente tanto desta avenida como da Av. Prudente de Moraes, tendo em vista a proximidade com a esquina. A instrumentação utilizada foi um analisador de ruído de tempo real HP 3569A, com microfone de campo livre.

4 Definição da Perda por Transmissão

Através de procedimento sistematizado recentemente revisado (Valadares et. al, 1995), foi possível determinar a perda por transmissão, PT, em [dB], do sistema construtivo da esquadria da janela do cômodo selecionado para os experimentos acústicos. À partir dos dados de nível de ruído externo incidindo sobre o trecho da fachada analisada e dos dados de nível sonoro requisitado pelas curvas de critério de ruído foi possível calcular o índice de redução sonora do local. Uma vez de posse deste índice, foi possível calcular a perda por transmissão composta (isolamento envolvendo o conjunto alvenaria-janela). Da perda por transmissão composta, extraiu-se a transmissividade acústica necessária da janela, de onde se obteve o valor da perda por transmissão específico da janela, o qual em conjunto com a perda por transmissão da alvenaria seria necessário para gerar níveis de ruído interno no recinto enfocado, dentro das condições de conforto acústico requeridas pelas curvas de critério de ruído de fundo adotadas. Na Figura 2 são apresentados os valores de perda por transmissão do sistema das esquadrias para atendimento das curvas de critério para conforto acústico recomendadas pela ABNT.

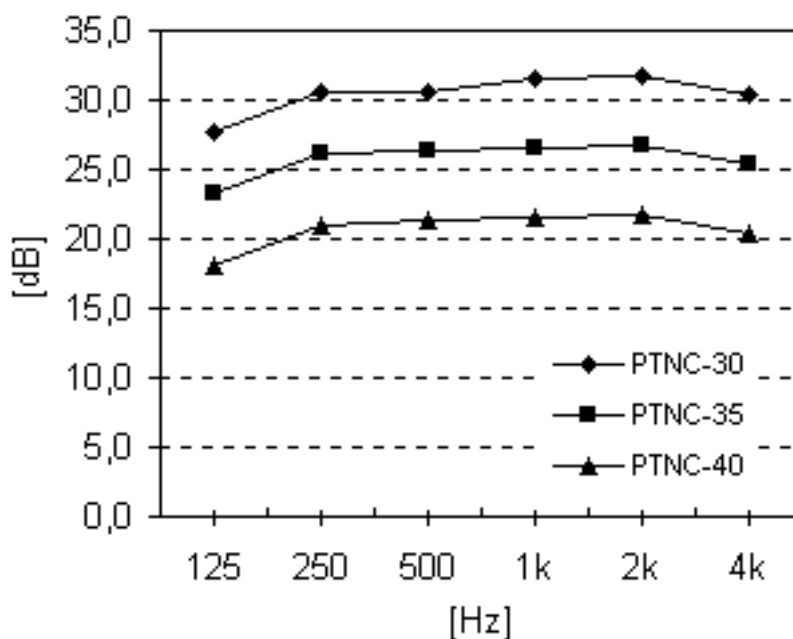


Fig. 2 – Perda por Transmissão Sonora requisitada pelo sistema de esquadria da janela no recinto de teste. As curvas PTNC-30, PTNC-35, PTNC-40 equivale aos valores necessários de isolamento sonoro para atendimento das curvas de critério NC-30, 35 e 40 da norma NBR - 10.152 / ABNT.

5 Análise Analítica do Comportamento da Perda por Transmissão

Uma vez definida as necessidades de isolamento sonoro do sistema construtivo das esquadrias, e considerando, inicialmente, o vidro como o principal elemento do sistema responsável pelo isolamento sonoro das janelas, desenvolveu-se um estudo teórico de desempenho destas a partir de dois casos. O primeiro caso considerou o uso de vidro simples único, enquanto, o segundo, o uso de vidro simples duplo. Diversas espessuras de vidros e da câmara de ar entre ambos foram verificadas. Evitou-se o estudo com vidros especiais (laminado, temperado, triplex, etc) devido a dois aspectos. O primeiro aspecto refere-se ao fato de que o desempenho de isolamento entre tais vidros especiais e o vidro simples é similar, quando o ruído a ser isolado é de baixa frequência, como é o caso do ruído de tráfego veicular. O segundo aspecto refere-se ao fato de que os estudos teóricos consideram a densidade superficial [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$] como uma das principais variáveis na avaliação do isolamento sonoro, sendo que esta grandeza física é praticamente invariável entre tais vidros especiais e os simples.

Destes estudos, pode-se extrair informações qualitativas e quantitativas de diversos arranjos do sistema construtivo em termos de atendimento a curvas de critério NC e dados espectrais de índice de redução sonora, em bandas de oitava nas frequências centrais entre 125Hz e 4kHz, respectivamente. A verificação da influência da absorção sonora interna no recinto no isolamento sonoro foi importante para seleção do tipo de sistema construtivo a ser utilizado nos experimentos e seu conseqüente ajuste para melhor desempenho acústico quanto ao isolamento sonoro via aérea. Na Figuras 3 é apresentados o resultado dos estudos teóricos para o vidro simples único.

Pela Figura 3, observa-se que, em uma avaliação inicial para a situação estudada, é a partir do vidro simples único de espessura de 6 mm que se tem condição de atender à curva menos restritiva de critério de ruído de fundo no interior do recinto estudado, a NC-40, no intervalo de frequência considerado [125 Hz; 4kHz]. A curva de critério intermediária, NC-35, é atendida na referida faixa espectral a partir de vidro simples de espessura de 10,8 mm. Já a curva de critério mais restritiva, NC-30, é atendida na referida faixa espectral a partir de vidro simples de espessura de 12,8 mm. Por avaliação mais criteriosa, o vidro simples único, espessura 4 mm, é suficiente para atender a curva de critério de ruído menos restritiva, NC-40, ao se considerar a influência da absorção sonora no isolamento sonoro. Ao se dobar a absorção sonora no recinto considerado, originalmente muito baixa (ambiente sem mobílias, ausência de decoração e outros acabamentos que naturalmente incrementam a absorção sonora local na ordem de grandeza considerada), haverá um ganho de cerca de 3 dB no isolamento sonoro.

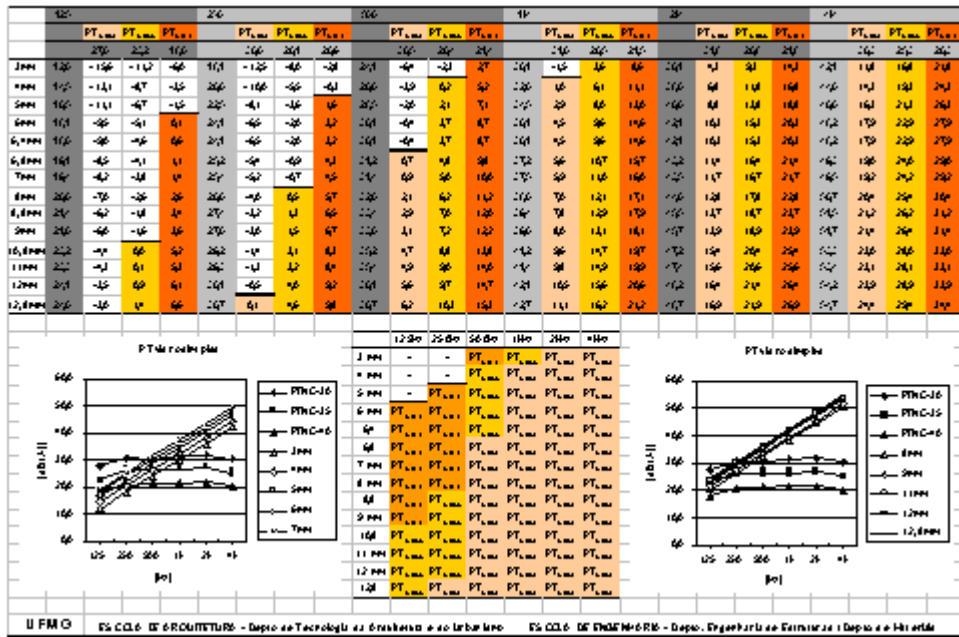


Fig. 3 – Resultados do estudo teórico de isolamento sonoro para vidro único simples em diversas espessuras em relação ao atendimento às curvas de critério de ruído para conforto acústico em habitações conforme a ABNT.

6 Análise Experimental do Comportamento do Isolamento da Janela

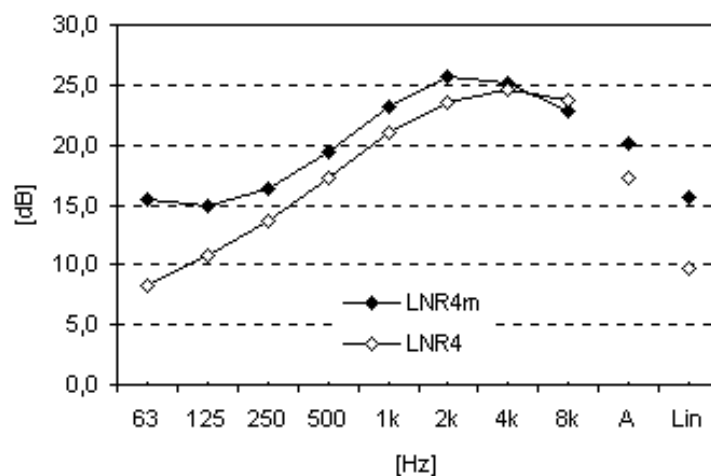
A partir da análise desenvolvida no item 5, adotou-se como estudo de caso para análise experimental as janelas de vidro único simples variando-se as espessuras entre 4 mm, 6 mm e 8mm, por ser a solução mais econômica para atendimento de condições de conforto acústico. Com o incremento da absorção sonora, já é de se esperar que, a partir de um vidro único simples de 4 mm, há o atendimento à curva de critério de ruído menos restritiva, NC-40, enquanto que com o vidro de 8 mm há atendimento da curva de critério intermediária, NC – 35, ambas recomendadas pela ABNT. Havia a hipótese de que com alguns ajustes no sistema construtivo convencional adotado nas esquadrias de alumínio iria melhorar o desempenho das mesmas conforme foi comprovado.

Os estudos experimentais envolveram medição em campo de valores simultâneos de $L_{Aeq2min}$ internos médios no tempo e no espaço adotando-se as recomendações da norma ISO-140-V. Enquanto o microfone externo coletava informações a cada 2 (dois) minutos o microfone interno percorria 6 pontos coletando informações a cada 20 (vinte) segundos em cada ponto, de forma a descrever um pentágono, considerando centro geométrico e interseção entre seus lados como pontos de amostragem.

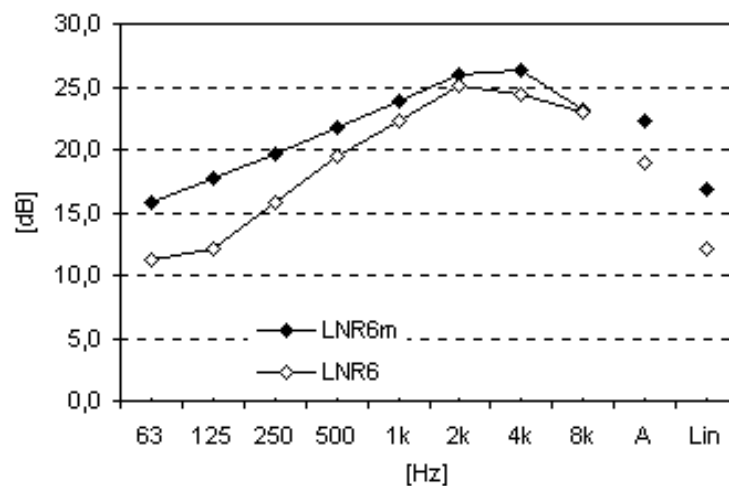
Os valores médios de $L_{Aeq2min}$ foram extraídos de uma amostra de 20 (vinte) coletas simultâneas de dados externos e internos do ruído de tráfego em horário de pico da tarde (6:00h-8:00h) por tipo de sistema construtivo selecionado para os ensaios. A instrumentação utilizada consistiu de um analisador em tempo real de dois canais, HP 3569A, com microfones de campo livre (para o ambiente externo) e de incidência aleatória (para o ambiente interno). Dos dados coletados, foi feita uma comparação dos resultados de isolamento sonoro entre os sistemas construtivos selecionados para

os testes experimentais, baseados no nível de redução de ruído, L_{NR} (BERANEK, 1988), ou diferença de nível, D (GERGES, 1992).

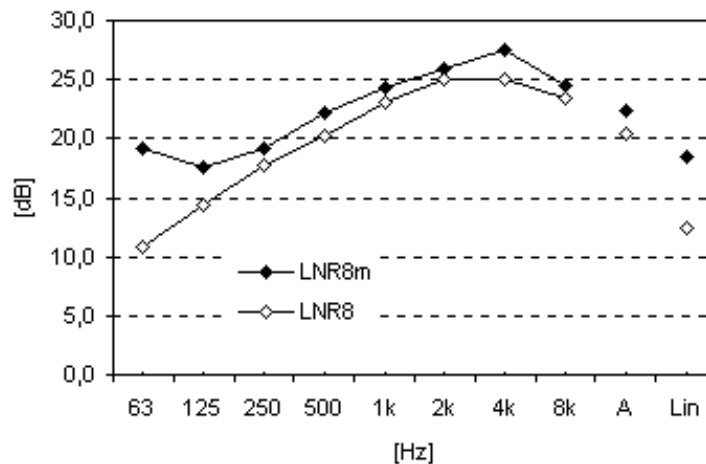
Os valores de isolamento sonoro experimentais foram relativos ao sistema construtivo de uma esquadria de alumínio original e de outra modificada, ambas com vidros simples únicos variando sua espessura entre 4 mm, 6 mm e 8 mm. As modificações implementadas nas esquadrias de alumínio consistiram em controle de frestas e aumento de sua massa superficial. A Figura 4 apresenta comparações dos valores do nível de redução de ruído entre situação original e modificada.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 – Comparação entre os resultados de isolamento sonoro do sistema construtivo original e modificado. Em (a) tem-se os ensaios de 12-13/09/1998 e 19/03/1999, referente à esquadria com vidro simples único de 4mm. Em (b) tem-se os ensaios de 19/11/1998 e 17/03/1998, referente à esquadria com vidro simples único de 6mm. Em (c) tem-se os ensaios de 26/11/1998 e 15/03/1999, referente à esquadria com vidro simples único de 8mm. O índice "m" indica a esquadria modificada.

Pela Figura 7 pode-se observar a melhoria de desempenho entre as esquadrias original e modificada. Em termos espectrais, pode-se observar que o sistema de esquadria modificada apresentou uma melhora de isolamento nas baixas frequências. Este fato é muito positivo, uma vez que a principal fonte de ruído considerada apresenta maiores níveis também na baixa frequência. Com a implementação deste sistema de esquadria modificada, haverá uma maior eficiência no isolamento de ruídos externos mais graves. Um ganho da ordem de 3 dB(A) global e 5 dB linear global em isolamento foi obtido, em média entre os sistemas modificado e original, para as espessuras de vidro consideradas.

6.1 Considerações Finais

A partir do estudo aqui apresentado, foi possível desenvolver ajustes no sistema construtivo de esquadrias de alumínio para melhorar as condições de conforto acústico em habitações em áreas urbanas. Os critérios e métodos utilizados durante este estudo conduziram a resultados racionais e econômicos dentro do contexto do problema apresentado.

A esquadria modificada, após a implementação dos ajustes, foi gerada a partir de sugestões de baixo custo para incremento de desempenho de isolamento sonoro da esquadria original, que envolveu controle de frestas e preenchimento das cavidades dos perfis de alumínio com materiais específicos que incrementaram a densidade superficial do sistema.

O uso de vidro simples único foi suficiente para proporcionar conforto acústico dentro do contexto sonoro apresentado. Este fato não deve desmerecer o potencial dos vidros especiais e das janelas de vidro duplo, mas esclarecer que dependendo das condições

do ambiente sonoro, das expectativas orçamentárias e da boa vontade da equipe envolvida com a questão colocada, o vidro simples único pode apresentar um resultado satisfatório em conjunto com o sistema da esquadria, originando janelas com potencial de isolamento sonoro dentro de padrões de conforto acústico recomendados pela ABNT.

7 Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 10151 (revisão). Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade (revisão). ABNT, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152 -- Níveis de ruído para conforto acústico (revisão). ABNT, 1987.

Berannek, L.L. Noise and Vibration Control. Washington INCE, 1988.

Gerges, Samir N.Y. Ruído: fundamentos e Controle. Florianópolis, S.N.Y. Gerges, 1992.

International Organization for Standardization . Acoustics – ISO 140 – V

Valadares, Victor M. et. al. "Sistematização e Formatação de Processos Analíticos de Conforto Acústico em Procedimento Unificado". Anais do III Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Editores: Miguel Aloysio Sattler e Heitor da Costa. Silva. Porto Alegre: Associação Nacional Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC, junho, 1995.