

CONFORTO ACÚSTICO EM ESCRITÓRIOS PANORÂMICOS

REFERÊNCIA PACS: 43.55.Dt

Flávia F. Nogueira¹; Elvira B. Viveiros²

1 Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Cx. P.476 – 88.040.900. Florianópolis, SC, Brasil

Tel: 474 231 259

E-mail: edsalv@ig.com.br

2 Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Laboratório de Conforto Ambiental

Cx. P. 476 - 88040-900. Florianópolis, SC, Brasil

E-mail: elvira@arq.ufsc.br

ABSTRACT

An open plan office is a large space that contains several work stations, separated by low barriers that offer visual separation and certain degree of acoustic isolation. The roof and floor form two horizontal plans that, usually determine an area whose height is much smaller than the width and length. One of the main goal in open plan offices is the degree of speech privacy that is obtained by means of the control of the sound paths and adequacy of some parameters such as height of the ceiling and barriers, background noise levels, source to receiver distance, conversation level and orientation of the source.

RESUMO

Um escritório aberto (open plan office) é um amplo espaço que abriga diversas estações de trabalho, separadas por divisórias baixas, que oferecem separação visual e certo grau de isolamento acústico. O teto e o piso formam dois planos horizontais que, normalmente, determinam um ambiente cuja altura é bem menor que largura e comprimento. Uma meta importante em escritórios abertos é oferecer determinado grau de privacidade da fala, que poderá ser obtido com o controle dos caminhos sonoros e adequação de parâmetros de projeto como, teto, barreiras, ruído de fundo, distância entre a fonte e receptor.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o ambiente de trabalho tem sofrido transformações de modo a integrar cada vez mais a equipe de funcionários. Escritórios abertos (*open plan offices*) com amplas salas, onde as separações dos ambientes são feitas com divisórias baixas, têm sido cada vez mais adotados em substituição aos escritórios ditos estanques. O principal problema daqueles escritórios é a falta de privacidade entre as estações de trabalho vizinhas. A falta de partições altas e de portas resulta em significativa perda de privacidade sonora e em incômodo gerado pelo ruído das diversas fontes sonoras presentes, originando situações que podem desviar a concentração mental. Porém, se cuidadosamente projetados, os escritórios abertos podem oferecer razoável grau de privacidade, desde que as funções de trabalho adjacentes sejam compatíveis ou não muito próximas. É essencial, no entanto, que certos fatores básicos sejam incorporados ao projeto, ou o sistema não funcionará satisfatoriamente.

CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO

Um escritório aberto ou panorâmico é um amplo espaço que abriga diversas estações de trabalho, geralmente ocupadas por pessoas sentadas. A volumetria desses ambientes é caracterizada por possuir uma das medidas com dimensão bem menor do que as outras duas, o pé-direito e o teto e piso formando dois planos horizontais. As estações de trabalho são separadas por divisórias (também chamadas de partições de altura parcial ou de meia altura, ou barreiras) que oferecem separação visual e certo grau de isolamento acústico, com ampla flexibilidade de *layout*, permitindo também um rearranjo das estações de trabalho para eventuais mudanças organizacionais. Estas divisórias podem ser fixadas livremente ou integradas ao mobiliário.

O principal problema em escritórios panorâmicos não é a propagação em grande distância, mas a provisão de privacidade entre as estações de trabalho vizinhas. O caminho sonoro de pequeno alcance entre as estações é o mais importante na interferência com a fala cujo efeito é particularmente incômodo. Uma meta importante em escritórios abertos é satisfazer a provisão do grau de privacidade da fala entre as estações de trabalho. Este fato tende a ser mais importante à medida que máquinas mais silenciosas estão sendo incorporadas aos escritórios atuais em detrimento de máquinas ruidosas. A virtual eliminação do telex pelo aparelho de fax e a substituição de impressoras matriciais por jato de tinta são exemplos comuns.

A privacidade baseia-se em dois aspectos: na porcentagem de comunicações verbais entendidas entre postos de trabalho e nas condições de concentração oferecidas [7]. Em relação ao primeiro ponto, a fala pode ser audível entre os postos de trabalho, mas não deveria ser completamente inteligível. Logo, o grau de privacidade da fala depende da redução da inteligibilidade da mesma, pelo uso de algumas variáveis acústicas. Cada uma dessas variáveis pode ser controlada até certo ponto, mas é importante reconhecer que a privacidade depende de atenuação parcial do nível de voz (ou fonte sonora) por elementos arquitetônicos e mobiliários, como também do nível geral de ruído de fundo do espaço, que por sua vez é dependente dos níveis de ruído dos sistemas de tratamento de ar, das atividades rotineiras de um escritório, ou do sistema sonoro de mascaramento. Portanto, a privacidade da fala dentro de escritórios é dependente da razão sinal-ruído entre o nível da fala e do nível de ruído de fundo.

PARÂMETROS A SEREM CONSIDERADOS

Diversos autores recomendam cuidados especiais nos parâmetros de um projeto adequado de espaços panorâmicos. Pirn [1] estudou estes ambientes sob cinco variáveis que governam as relações acústicas em ambientes panorâmicos tratados acusticamente: o ruído de fundo, a distancia entre a fonte e receptor, nível de conversação, barreiras e orientação da fonte. Dentre os diversos parâmetros que são considerados nestes espaços, os mais comuns estão descritos a seguir.

Barreiras

Em escritórios abertos, o caminho de intrusão da fala é direto ou interrompido por barreiras parcialmente altas. Caminhos sonoros possíveis entre dois locais de trabalho separados por barreiras de altura parcial incluem energia sonora transmitida diretamente através da divisória, difratada por cima e pelos lados da mesma ou refletida do teto, piso e paredes de fechamento da área. A transmissão por reflexão depende das propriedades acústicas do teto, da distância entre o término da barreira e o teto, e da natureza das paredes, tanto do lado da fonte sonora quanto do lado do receptor. O som se propagando no plano horizontal e passando por flancos das barreiras (*by-passing*) devido às reflexões que acontecem nas superfícies verticais, podem reduzir a atenuação sonora entre os locais de trabalho. Segundo Hodgson & Warnock [2] para prevenir isto, superfícies como paredes,

barreiras, sistemas de mobiliário, assim como estantes deveriam ser cobertos com material absorvente adequado, tendo um coeficiente de absorção de 0.7 ou maior.

As barreiras promovem atenuação sonora e privacidade visual entre os locais de trabalho para pessoas sentadas. A menos que a divisória seja muito leve e frágil, a transmissão sonora através da barreira é geralmente menos importante que a transmissão sonora que acontece por difração e reflexão. Os efeitos de difração e transmissão através da barreira devem ser combinados para se determinar a perda por inserção (*insertion loss*). O som transmitido através da barreira deverá ser relativamente desprezível em relação ao som difratado ao seu redor, especialmente nas frequências importantes para a inteligibilidade da fala. As barreiras são mais efetivas na atenuação de ruídos de alta frequência que nos ruídos de baixa frequência. Quanto mais próxima do teto, maior será a atenuação sonora promovida pela mesma. O uso de material absorvente nas superfícies da barreira tem pouco efeito no embaireamento, porém limita o retorno da reflexão para a fonte e contribui para a absorção total da sala. Além de suas dimensões, a geometria da estação de trabalho [6], o tipo de acabamento das bordas e espessura são itens a serem considerados de importância para seu desempenho final.

As dimensões máximas de uma barreira são usualmente limitadas por conveniências físicas, possíveis interferências com o fluxo de ar e possibilidades de ampla visão. De um modo geral, autores concordam que a altura das barreiras tem influência direta na redução de ruído transmitido entre estações adjacentes [1] [2]. É recomendada uma altura mínima de 1.5m a 1.7 m por 1.8 m de largura [2] [3], embora alguns autores relatem que o aumento na altura das barreiras não produzam efeitos significativos de privacidade. Se uma atenuação maior é desejada, mas uma abertura visual deve ser mantida, uma placa de vidro ou material transparente pode ser fixada no topo da barreira baixa de forma a aumentar sua altura.

Teto, Piso e Paredes

Paredes se tornam relevantes no entorno do escritório. Uma maneira simples de se evitar reflexões pelas mesmas é impedir a existência de frestas entre a parede e as barreiras. Paredes externas que são predominantemente de janelas são particularmente problemáticas. É difícil prevenir a propagação sonora pela sua reflexão. Este problema não pode ser facilmente solucionado utilizando-se cortinas, que necessitariam ser de tecido espesso e mantidas fechadas. Se locais de trabalho precisam ser localizados perto de janelas, painéis adicionais cobrindo as frestas entre a borda da divisória e o vidro poderão ser adicionados, reduzindo as reflexões. É também recomendável o uso de alguma irregularidade no perfil das paredes, o que ajudaria a espalhar as reflexões que passam por flancos das barreiras.

Para assegurar que o benefício completo das barreiras entre os locais de trabalho seja atingido, o teto deve ser de um material absorvedor sonoro, especialmente nas bandas de frequências importantes na determinação da inteligibilidade da fala (500 Hz a 4000 Hz). De acordo com Irvine & Richards [3] estudos comprovam que o material mais indicado para o acabamento são painéis de lã de vidro, especialmente manufaturados para áreas de plano aberto. Tetos tridimensionais [5] (isto é, com seções variáveis, como por exemplo, em forma de "V") também permitem o aumento da absorção total da sala. Tetos rígidos, como placas de gesso (*gypsum*) são inaceitáveis neste tipo de área. Instalações de luz com lentes planas podem refletir quantidades sonoras consideráveis de energia sonora e podem seriamente reduzir a privacidade entre locais de trabalho adjacentes, devendo ser evitados ou ter seu número reduzido ao mínimo necessário. Luminárias que difundem o som são mais recomendáveis. Se necessário, pequenas luminárias podem fornecer iluminação adicional a cada estação de trabalho separadamente.

Quanto ao piso, diversos autores [2][3][4] indicam o carpete como o acabamento adequado para escritórios abertos. Entretanto, há relatos de pouca influência entre piso recoberto ou não. A fresta entre o piso e a barreira deve ser evitada, caso contrário o som é transmitido para o lado oposto pela reflexão no piso. Entretanto, este aspecto não é tão crítico, pois o som transmitido por este caminho tende a ser difundido ou absorvido pelos móveis e

carpete do piso. É recomendável que se deixe uma abertura da ordem de 100 milímetros para facilitar a limpeza do piso.

Fontes Sonoras

Na maioria dos casos a fonte sonora mais comum neste tipo de ambiente é a fala, podendo ser incluídas outras fontes, como equipamentos próprios de escritórios, tais como computadores, impressoras, além de telefones e fax. O sistema de ar condicionado e o ruído externo, que é transmitido via paredes, também devem ser considerados. Um controle das fontes sonoras poderá ser exercido quando isto for possível, porém é particularmente difícil no que diz respeito às pessoas.

Ruído de Mascaramento

Até mesmo se todos os requisitos arquitetônicos em uma área de plano aberto forem instalados com todos os parâmetros apresentados anteriormente de forma apropriada, e se as alturas das partições estiverem adequadas, ainda assim a privacidade acústica não será alcançada se o ruído de fundo for muito baixo. As características de um ruído de fundo ideal são bastante restritivas. O ruído deve ser de banda larga como um ruído aleatório, mas com energia reduzida nas altas frequências para evitar que este ruído soe como “chiado”. Se o ruído não é alto o suficiente, não consegue mascarar o som que “entra”. Por outro lado, se ele é muito intenso, tornar-se-á incômodo. É importante que o nível de ruído seja uniforme ao longo de toda a área. Uma pessoa andando pelo local irá prestar atenção ao ruído se houver mudanças perceptíveis do mesmo e esta não é uma condição desejável.

O ruído de fundo pode ser um dos mais importantes componentes da privacidade da fala. Quase sempre o nível sonoro em escritórios panorâmico é baixo. Isto é parcialmente consequência do fato de grandes quantidades de materiais absorventes sonoros serem colocados no teto e nas superfícies verticais para minimizar as reflexões indesejadas. Suficiente ruído de fundo então deverá ser colocado para “mascarar” os sons da fala transmitidos entre as estações de trabalho.

É interessante notar que escritórios maiores tendem a serem mais confortáveis acusticamente devido ao fato da atividade de diversas pessoas criarem um ruído de fundo estável, o que não ocorre em escritórios com baixa densidade de ocupação.

Sistemas mecânicos de tratamento de ar suprem o escritório com algum som ambiente, mas esse som não é uniformemente distribuído e não tem energia sonora suficiente na frequência da fala para mascarar sinais de intrusão na mesma. Isto especialmente é verdade mesmo considerando os mais silenciosos sistemas mecânicos, que não operam continuamente. Sistemas eletrônicos de mascaramento freqüentemente são usados para prover meios de controlar o nível do ruído de fundo, porém no Brasil ainda não são muito utilizados. Esses sistemas usam alto-falantes escondidos sobre os forros acústicos para a distribuição uniforme do ruído de fundo. O resultado é que os níveis sonoros de intrusão transmitidos entre os locais de trabalho são menos percebidos. É importante observar a localização e orientação dos alto-falantes, para que não resultem em zonas onde o som é mais intenso, chamando a atenção sobre os mesmos. Um sistema corretamente ajustado não deve ser reconhecível ou aparecer como uma fonte artificial sonora. Um dos aspectos mais críticos para um sistema sonoro de mascaramento está na habilidade de se obter o mesmo instalado e completamente ajustado, antes que os usuários ocupem o edifício. Isto permite fixar o ambiente acústico e, assim que os ocupantes chegarem, aceitem o nível sonoro como normal. Características importantes do sistema de mascaramento eletrônico incluem faixa de frequência, nível sonoro, uniformidade da distribuição sonora e capacidade de agradar ao usuário do espaço.

PROJETO DE PESQUISA

O nível de conforto acústico em um ambiente típico será investigado levando-se em consideração a distribuição, número e forma de divisórias, forma geométrica das salas, propriedades acústicas de elementos e revestimentos e quantidade e disposição das fontes sonoras. Através de simulação numérica, serão estimados os níveis de ruído presente em diversos pontos do ambiente e, posteriormente, calculados índices que permitam uma estimativa do conforto acústico deste ambiente. Uma vez conhecidos estes índices, mudanças poderão ser sugeridas de forma a proporcionar um nível adequado de conforto acústico, fundamental para um bom desempenho de qualquer atividade intelectual. Especial atenção será dada ao ruído de fundo, já que diversos autores recomendam o uso de ruído de mascaramento de forma a garantir um grau adequado de privacidade e conforto acústico.

A pesquisa será desenvolvida conforme se segue:

- Determinação das potências de fontes sonoras comuns em escritórios.
Levantamento das potências sonoras médias de diversas fontes sonoras presentes em escritórios: telefones, aparelhos de ar condicionados, impressoras, computadores, pessoas falando, etc. Para as fontes que não houver referência em bibliografia publicada, suas potências sonoras serão determinadas experimentalmente através de métodos normalizados (série ISO 3740).
- Determinação de propriedades acústicas de materiais usados em divisórias e acabamentos.
Nesta etapa serão investigadas as propriedades que determinam o isolamento acústico provido pelas divisórias, bem como a absorção de pisos, tetos, paredes e divisórias. Deverão ser utilizadas as informações disponíveis pelos fabricantes, para determinação de perda de transmissão das divisórias e, quando não houver literatura disponível, estas propriedades deverão ser determinadas experimentalmente. A determinação do coeficiente de absorção das superfícies dos diversos elementos do escritório será feita de maneira análoga.
- Estudo da influência das propriedades de divisórias e acabamentos.
Estes fatores serão estudados através do método de acústica de raios. Deverão ser analisadas as influências sobre a distribuição de pressão sonora no ambiente das características de divisórias, tais como altura, disposição, absorção sonora e perda de transmissão. Também a influência dos materiais normalmente usados em acabamentos de teto, piso e paredes serão avaliados de forma análoga.
- Determinação da distribuição de pressão sonora e índices de conforto em um escritório real.
Um escritório real de uma grande indústria servirá como modelo para estudo dos diversos fatores que influenciam o conforto acústico dos trabalhadores que ocupam este escritório. Serão medidos os níveis de ruído gerados quando do funcionamento de três salas de escritório e uma pesquisa de satisfação dos usuários será conduzida. A distribuição espacial do nível de pressão sonora deste escritório real deverá ser medida e os níveis relativos de conforto acústico deverão ser calculados. Para tanto, serão utilizados os conceitos de índice de articulação (AI) para caracterizar o nível de ruído presente em atividades que necessitem de entendimento entre duas pessoas comunicando-se por fala e o critério de ruído (NC) para julgamento de conforto acústico para atividades intelectuais. Para atividades que requerem privacidade de comunicação, tais como aquelas desenvolvidas em salas de reuniões ou aquelas que possuam informações confidenciais, o conceito de índice de articulação deverá ser também utilizado.
- Análise paramétrica.

Através do método de acústica de raios, a distribuição espacial do nível de pressão sonora no modelo de escritório escolhido será determinada, usando como dados de entrada os valores obtidos na primeira fase da pesquisa. Uma vez ajustado o modelo, será estudada a influência de cada fator descrito anteriormente na composição do espectro de ruído presente na sala. Os níveis de conforto acústico deverão ser obtidos de maneira semelhante ao realizado na parte experimental.

COMENTÁRIOS FINAIS

Foram percorridos os aspectos que influenciam o projeto acústico de espaços panorâmicos de acordo com a bibliografia existente. Um projeto de dissertação de mestrado foi proposto visando avaliar o conforto acústico de um escritório real. A metodologia proposta consiste em medir a distribuição dos níveis de pressão sonora em um escritório aberto real, avaliar a privacidade e proceder a uma análise paramétrica pela teoria de raios do modelo já validado. Os resultados obtidos serão comparados com pesquisa de satisfação dos usuários e mudanças serão propostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pirm,R.,1967,Acoustical Variables in Open Planing, The Journal of Acoustical Society of America,vol.49,nº 5,pp.1339-1345.
- [2] Hodgson, M. & Warnock, A. C. C., 1992, Noise in rooms, in Noise and Vibration Control Engineering, eds L. L. Beranek and I. L. Vér, Wiley Interscience, New York.
- [3] Irvine, L. K. & Richards, R. L., 1998, Acoustics and Noise Control Handbook for Architects and Builders, Krieger Publishing CO, Florida.
- [4] Moreland, J. B., 1986, Role of the screen on speech privacy in open plan offices, Proceedings of Internoise 86, Cambridge, pp. 513-518.
- [5] Parkin, P. H., Humphreys, H. R. & Cowell, J. R., 1974, Acoustics Noise and Buildings, Faber and Faber, London.
- [6] Chan, K. K. & To, W. M., 1996, Improving speech privacy in an open plan office, Proceedings of Internoise 96, Liverpool, pp. 1855-1858.
- [7] Lewitz, J. A., 1984, Acoustics in open plan offices, Consulting Engineer, February 84, pp. 36-39.
- [8] Gerrit, V. & Paul, M., 1994, Speech intelligibility between consultancy modules in landscape banking offices, Proceedings of Internoise 94, Belgium, pp. 1825-1830.