

1. INTRODUÇÃO

Origem do som: Os sons classificam-se em gerados no ar ou de impacto, o primeiro são aqueles produzidos dentro da massa de ar do ambiente e que se transmitem, por exemplo um foguete; o segundo são produzidos pelo choque de elementos sólidos ou líquidos, por exemplo um objeto que cai na laje de um pavimento superior aquele que nos encontramos.

A maneira de se combater um som gerado ao ar livre difere da que se combate aos sons de impacto.

Ainterferência do som no tratamento acústico:

O som perturba o ouvinte, além do desconforto pode-se influir na eficiência dos trabalhadores, e na qualidade de vida de forma geral. A defesa contra o ruído é a execução de um bom projeto de obra com isoladores acústicos e o tratamento acústico do local com materiais absorventes adequados. Um dos parâmetros importantes do controle de ruído nos edifícios é o isolamento acústico, que na construção civil são as medidas arquitetônicas que facultam a redução do nível de ruído gerado em um ambiente para o ambiente vizinho, separados por barreiras e utilizando nas construções os materiais acústicos adequados existentes hoje no mercado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O som e sua propagação

A DIFRAÇÃO é a propriedade de contornar obstáculos. Ao encontrar obstáculos à sua frente, a onda sonora continua a provocar compressões e rarefações no meio em que está se propagando e ao redor de obstáculos envolvidos pelo mesmo meio .

A REFLEXÃO do som obedece às leis da reflexão ondulatória nos meios materiais elásticos. Simplificando, quando uma onda sonora encontra um obstáculo que não possa ser contornado, ela "bate e volta".

A RESSONÂNCIA é quando um corpo começa a vibrar por influência de outro, na mesma frequência deste, ocorre um fenômeno chamado ressonância. Como exemplo, podemos citar o vidro de uma janela que se quebra ao entrar em ressonância com as ondas sonoras produzidas por um avião a jato

A REFRAÇÃO consiste em a onda sonora passar de um meio para o outro, mudando sua velocidade de propagação e comprimento de onda, mas mantendo constante a frequência.

Pensando na propagação do som as superfícies absorventes do som em áreas abertas são gramados, árvores, nuvens e cerrações.

O ideal para uma boa propagação do som nas construções em área livre são superfícies convexas defletoras no teto. Teto côncavo é um grave erro, o estudo da forma arquitetônica da planta em auditórios e coretos são de extrema importância.

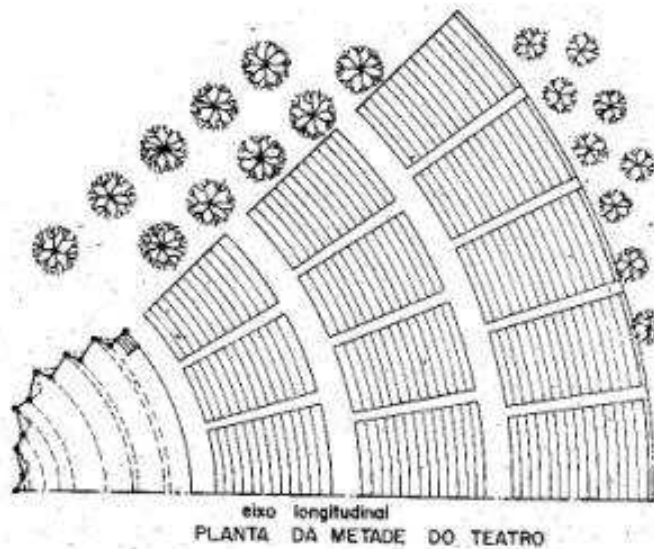


Figura 01: Planta do auditório ao ar livre

Para uma determinada temperatura, a capacidade do ar de absorver os sons é função da sua umidade relativa. Para uma determinada frequência, quanto menor for a umidade relativa, maior será a perda para uma distância pré definida.

2.1.2. Tratamento Acústico

É o conjunto de operações destinadas à atenuar o nível de energia sonora entre a fonte geradora e o ouvinte, que pode ser realizada através do isolamento atenuador e ou o tratamento absorvente. Vai depender também da origem sonora, se aérea, sólida ou ambas.

O tratamento dos recintos por materiais absorventes age ; ou reduzindo o tempo de reverberação, que é o prolongamento do som, por exemplo:O encontro do som com uma barreira produzindo reflexões múltiplas que, além de reforçar o som, prolongam-no durante algum tempo depois de cessada a emissão ; ou reduzindo o nível interno de ruído, através de materiais acústicos empregados da forma correta e das formas arquitetônicas sensatas.

2.1.3 Isolamento Acústico

É quando se minimiza a passagem do som de um compartimento para outro. Esta passagem de som em uma construção pode ser através de paredes, painéis, pilares, vigas, janelas, portad, ductos de ar, tubos de água, entreferro, entrepiso e outros.

As paredes e divisões mais rígidas, mais pesadas são melhores isolantes do som do que aquelas executadas em material leve e flexível.

Superfícies rígidas e polidas possuem maior persistência sonora e tempo de reverberação que variam em função do volume do recinto.

Superfícies côncavas voltadas para a rua, construções opostas, paralelas ou frente a frente facilitam a reflexão do som.

Uso de “sanduíche” de material leve e rígido e de material poroso ou resiliente, formando espaço preenchido pelo ar é um bom isolador, possui um efeito de amortecimento, circunscreve a energia em seu interior, dissipando-a antes que se reflita ou se transmita para o ambiente.

Deve-se observar que o som difrata-se muito mais que luz, pois a mudança sofrida na direção de uma onda sonora, devido ao seu encontro com um obstáculo, contornando-o, acontece.

2.1.4 Materiais Acústicos Absorventes

A princípio, todos os materiais têm características acústicas que podem ser desejadas, ou não, para a questão que se busca. Por exemplo: O AR é acústico, pois é ele quem "transmite" os sons para os nossos ouvidos; o vácuo absoluto é acústico, pois por ele não são transmitidos sons (é o isolante acústico perfeito);

Uma parede de concreto, maciça, é acústica, pois ela apresenta um índice de redução sonora elevado, mas também apresenta elevados níveis de reflexão sonora; as fibras (lã de rocha, lã de vidro, lã cerâmica), espumas de poros abertos, tecidos,

carpetes, e outros materiais deste tipo têm razoável poder de evitar a reflexão sonora, mas não isolam o som.

Praticamente todos os materiais existentes no mercado ou isolam ou absorvem ondas sonoras, embora com diferente eficácia. Aquele material que tem grande poder de isolamento acústico quase não tem poder de absorção acústica, e vice-versa. Alguns outros materiais têm baixo poder de isolamento acústico e também baixo poder de absorção acústica (como plásticos leves e impermeáveis), pois são de baixa densidade e não tem poros abertos. Espumas de polietileno (expandido ou extrudado) tem excelentes características de isolamento *térmico*, porém não são recomendados em acústica. A cortiça (muito utilizada no passado) já não apresenta os resultados acústicos desejados pelo consumidor da atualidade, e também apresenta problemas de higiene e deterioração (é um produto orgânico que se deteriora muito facilmente)

Cada material tem um coeficiente de absorção e seu valor não é constante, pois varia com a frequência do som incidente. Algumas características influenciam na escolha dos materiais acústicos:

- Aparência
- Resistência ao fogo
- Resistência aos roedores
- Resistência mecânica
- Facilidade de montagem e acesso
- Bom comportamento diante da luz, poeira e umidade

- Isolamento térmico
- Peso e espessura

2.1.5 Projeto Acústico

Um bom projeto acústico prevê o isolamento e a absorção acústica utilizadas com critérios bem definidos, objetivando a melhor eficácia no resultado final. Para isto, deve-se levar em consideração o desempenho acústico dos materiais a serem aplicados, sua fixação, posição relativa a fonte de ruído e facilidade de manutenção, sem restringir a funcionalidade do recinto.

A aplicação de um material acústico, fornecido ou utilizado sem critérios rígidos de projeto, não significa a solução do problema, existem outras interferências relatadas à seguir.

Um projeto acústico controla a saída de ruído, a presença de ecos ou reflexões nocivas, condições de ressonância e o tempo de reverberação do som. Para a execução de um bom projeto acústico é necessário obter algumas informações:

- Levantamento dos ruídos locais, níveis de ruído nos diversos pontos do terreno, mapeamento das fontes de ruído existentes;
- Estabelecer o ruído médio admissível para o projeto, calcular o tempo de reverberação, calcular o isolamento acústico desejável, calcular o índice de redução acústica;

- Estudar as formas de isolar o som, as formas arquitetônicas a serem utilizadas, a fundação, colunas, vigas, pisos, lajes, tetos, forros, paredes. Portas , janelas, etc.

Cuidados especiais devem ser dado ao ar condicionado, iluminação, hidráulica, elevadores, e máquinas em geral, impedindo que a vibração das máquinas se propague pela estrutura as quais estão fixas, evitando os ruídos.

A escolha da estrutura, a escolha das divisões internas, do revestimento do piso e equipamentos em geral devem ser analisados pois interferem diretamente na solução acústica do local.

Se o problema é "vazamento" de sons de um ambiente para outro, a solução deve ser direcionada para o uso de materiais "densos", como o concreto, o vidro, o aço, etc. Nestes casos não se deve utilizar materiais do tipo fibras, tecidos, carpetes e similares, pois não significará a solução definitiva.

Se o problema é falta de inteligibilidade da palavra falada dentro de um mesmo ambiente, a solução deve ser direcionada para o uso de fibras e/ou espumas de poros abertos. Não se deve utilizar materiais densos ou que sejam impermeáveis ao ar.

A melhor solução final, normalmente, requer o uso dos dois tipos (isolantes e absorvedores) de forma muito criteriosa.

Não existem materiais "melhores" ou "piores" para soluções acústicas. O que existe é a adequação (ou não) de determinado material para a finalidade que se deseja. Muito cuidado deve ser dado à utilização de um determinado material só porque ele "funcionou" em outro local ou outra aplicação. Existem muitos exemplos reais nos quais um determinado material "funcionou" para uma aplicação e que foi um fracasso em outra

O conhecimento dos pré-requisitos necessários ao condicionamento ambiental de uma determinada área (calor, som e luz) determinarão, na concepção do projeto, uma menor relação custo/benefício pelo múltiplo proveito das soluções adotadas, se comparada a realização das soluções após a execução física do edifício.

Por exemplo: a instalação de absorvedores acústicos nas casas de máquinas (elevador e bombas), diminuirá a propagação acústica do barulho gerado para as residências, permitirá uma redução do ruído da área (por absorção) e proporcionará algum isolamento térmico do calor irradiado por elas.

A substituição de um determinado elemento de construção de uma divisória por outro mais eficiente acusticamente, poderá trazer benefícios também na área térmica. A utilização de janelas de vidro duplo, poderá ser uma alternativa para permitir iluminação, melhorar o isolamento acústico e térmico entre áreas.

A modificação do layout nas instalações hidráulicas poderá reduzir as perdas de carga, evitará ruído por transmissão via sólido e apresentar menor custo de instalação.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Metodologia de isolamento do ruído de impacto

O sistema de atenuador da transmissão de ruídos de impacto mais utilizado é o piso (ou laje) flutuante. Tal sistema consiste basicamente na colocação de um material resiliente entre a estrutura (concreto, aço, madeira) e o contra-piso. Neste caso, é fundamental que o elemento resiliente isole completamente o conjunto contra-piso e acabamento do assoalho, não permitindo contato com a estrutura, paredes ou outros elementos rígidos.

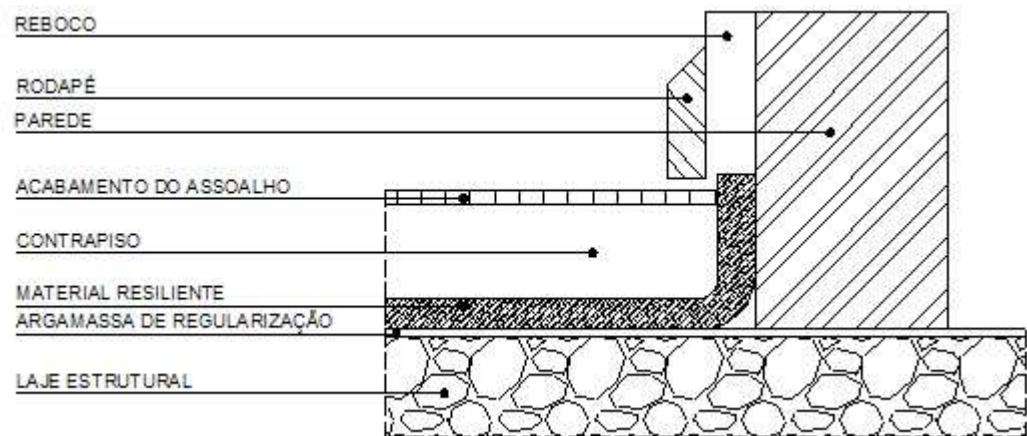


Figura 02- Piso Flutuante

GERGES

3.2 Auditório da Universidade de Purdue. USA – Elliot Hall of Music

O auditório planejado pelo arquiteto Walter Scholer é um exemplo de um tratamento acústico pensado, desde a concepção de projeto arquitetônico.

Para solucionar problemas de tempo de reverberação, foi criado um difusor acústico interior atrás do palco “escondido” por uma cortina elevatória, quando se deseja usar somente o palco a cortina é descida; no caso de uma orquestra musical esta é levantada.

A parede do fundo do salão possui vários planos, formando ângulos e degraus que evitam que ela acompanhe a curvatura das últimas fileiras de assento. A mesma é coberta com lã de vidro, separada do revestimento em placas de cimento amianto perfurado por um espaço cheio de ar. Algumas partes do teto e das paredes possuem material absorvente. Cadeiras estofadas, piso em concreto com as alas em carpete e o palco em madeira foram revestimentos escolhidos que interferem no estudo da acústico deste auditório, um dos melhores e maiores dos USA.

3.3 Auditório da USP

O auditório da universidade de São Paulo, USP precisava de um espaço para apresentar suas gravações e documentários feitos em campo, além do uso didático dos materiais de Etnomusicologia. As medições e diagnósticos feitas mostravam dois

problemas principais: a falta de projeção acústica e o nível de ruído muito alto, gerado pela própria platéia (alunos).

3.4 Aplicação de barreira acústica transparente em área urbana no interior de São Paulo.

A implantação da área de utilidades de um grande supermercado na divisa com um condomínio de alto padrão no interior de São Paulo gerou um grande desconforto nos moradores do mesmo. O enclausuramento dos equipamentos era uma solução de difícil implantação, ao passo que uma barreira acústica na divisa iria congestionar a paisagem além de prejudicar a luminosidade nos imóveis. A solução adotada foi a instalação de uma barreira transparente.

4. ANÁLISE

4.1 Auditório da Universidade de Purdue. USA – Elliot Hall of Music

Este espaçoso auditório nos USA foi concebido para várias utilizações, como cinema, teatros, formaturas, espetáculos musicais e outros. No seu estudo foi previsto matérias, características e soluções para atender todos os tipos de eventos que iriam acontecer ali.

Foi feito um tratamento acústico capacitado a atender tanto um evento de formatura quanto apresentação de uma orquestra sinfônica, que requerem tempo de reverberação diferentes. O equilíbrio das superfícies de absorção traz o tempo de reverberação para dentro dos limites adequados.

4.2 Auditório da USP

A sala foi concebida para apresentações em surround, tendo placas de deflexão para aumentar o initial delay gap, guiando o som para os difusores traseiros e assim criar uma sala com uma acústica homogênea.

Para diminuir o nível de ruído interno, foram instaladas placas de absorção broadband no teto, aproveitando as cavidades da estrutura de concreto existente. Os armários existentes também foram incorporados ao projeto procurando a equilibrá-los com a

acustica proposta, isso foi importante para manter o palco sonoro da audição e o eixo simétrico do estéreo.



Figura 03- Auditório da USP

4.3 Aplicação de barreira acústica transparente em área urbana no interior de São Paulo

Objetivos:

- Enquadramento do impacto sonoro nos imóveis do condomínio nos limites estabelecidos pela NBR-10.151;
- Minimização de interferência na paisagem do local;
- Maximização de luminosidade nos imóveis próximos á barreira;

- Facilidade de limpeza e manutenção;
- Otimização de custos.

Execução de projeto

Adotando-se o modelo clássico de Fresnel, optou-se pela adoção de uma barreira fabricada em vidro com espessura de 8 mm, montada sobre uma estrutura metálica em aço carbono com pintura epóxi;

As bandeiras de vidro são todas removíveis;

Índice de transparência superior a 95%.

Resultados Obtidos

- Com a implantação da barreira obteve-se um ganho mínimo de 10 dB, enquadrando-se o imóvel mais próximo ao supermercado nos limites da NBR-10.151 para as condições de janelas fechadas e janelas abertas.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir a importância de um tratamento acústico em projetos arquitetônicos, a consciência que deve ser despertada nos arquitetos e usuários em relação a este assunto, a importância crescente, em razão da interferência cada vez maior do som e do ruído na civilização.

O tratamento ambiental prévio, ou seja, a prevenção dos problemas, além de ser um exercício gerencial integrado dos métodos de produção voltado a qualidade de vida, fornece satisfações aos usuários, iniciando o caminho da busca da qualidade e os rumos da excelência.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade** - Procedimento (NBR 10.151). Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Níveis de ruído para conforto acústico** (NBR 10.152). Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 4 p.
3. FERREIRA JUNIOR, M. **Perda auditiva induzida por ruído: Bom Senso e Consenso**. São Paulo:
4. ARAÚJO, G. M.; REGAZZI, R. D. **Perícia e avaliação de ruído e calor**. Rio de Janeiro: Editora Araújo e Regazzi. 1999.
5. LOPEZ, Manoel Recuero. **Acústica Arquitetônica, Soluções Práticas**: Editora Thomson Paraninfo.
6. SILVA, Pérides. **Acústica arquitetônica**. 5. Ed. Belo Horizonte: Editora Empresa Termo Acústica LTDA, 2005. 5v. 338p.

1. REFERÊNCIAS DE SITES

1. <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm>
2. <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/fisica/ressonancia-1.php>
3. <http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/IsolaAbsor.htm>
4. <http://www.drmacustica.com.br>