

AULA 1 – CONCEITOS BÁSICOS DE ACÚSTICA

*“Sorriso audível das folhas
Não és mais que a brisa ali”
Fernando Pessoa*

*“É evidente que uma arquitetura ‘que intensifique a vida’ deva provocar todos os sentidos simultaneamente e fundir nossa imagem de indivíduos com nossa experiência do mundo. A tarefa mental essencial da arquitetura é acomodar e integrar. A arquitetura articula a experiência de se fazer parte do mundo e reforça nossa sensação de realidade e identidade pessoal; ela não nos faz habitar mundos de mera artificialidade e fantasia”
Juhani Pallasmaa - “Os olhos da pele”*

*“A predileção pelos olhos nunca foi tão evidente na arte da arquitetura como nos últimos 30 anos, nos quais tem predominado um tipo de obra que busca imagens visuais surpreendentes e memoráveis. Em vez de uma experiência plástica e espacial embasada na existência humana, a arquitetura tem adotado a estratégia psicológica da publicidade e da persuasão instantânea; as edificações se tornaram produtos visuais desconectados da profundidade existencial e da sinceridade”
Juhani Pallasmaa - “Os olhos da pele”*

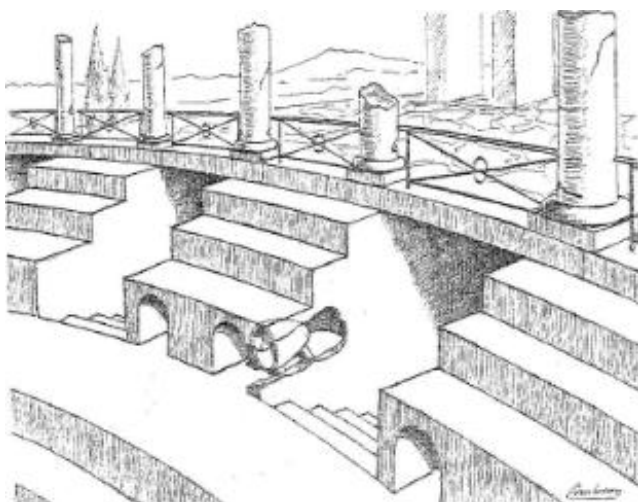
*“A intimidade acústica: A visão isola, enquanto o som incorpora; a visão é direcional, o som é onidirecional. O senso da visão implica exterioridade, mas a audição cria uma experiência de interioridade. Eu observo um objeto, mas o som me aborda; o olho alcança, mas o ouvido recebe. As edificações não reagem ao nosso olhar, mas efetivamente retornam os sons de volta aos nossos ouvidos”
Juhani Pallasmaa - “Os olhos da pele”*

*“Em cidades e espaços históricos, as experiências acústicas reforçam e enriquecem as experiências visuais”
Juhani Pallasmaa - “Os olhos da pele”*

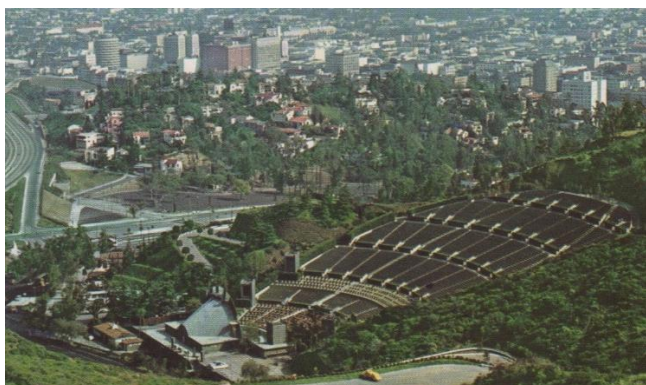
1) A acústica na arquitetura

- A percepção do ser humano é distinta e cada um tem uma memória diferente em relação à qualquer espaço;
- A arquitetura deve pensar no som e isso pode ocorrer tanto de forma qualitativa, considerando a percepção humana do espaço, quanto de forma quantitativa ou mais pragmática, como é no caso de ambientes que necessitem de um tratamento acústico mais refinado, como auditórios, salas de aulas, estúdios;
- Exemplos:

- Vasos acústicos - Abadia de Notre-Dame-des-Anges: A utilização de vasos acústicos remota à Antiguidade. Vasos de bronze e cerâmica foram colocados em nichos sob as arquibancadas para modificar a acústica dos teatros gregos e romanos, funcionando como amplificadores e ressonadores de frequência baixa. A recente restauração da Abadia de Notre-Dame-des-Anges revelou 110 vasos moldados nas paredes.

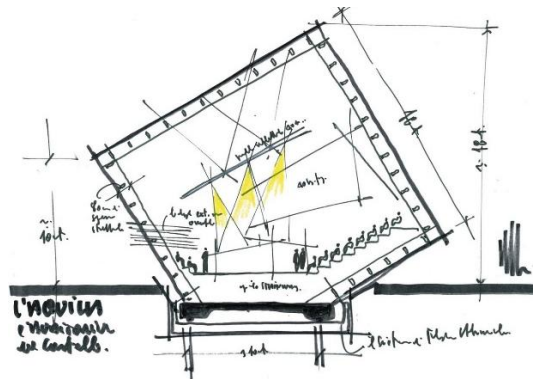


- Concha acústica - The Hollywood Bowl: O "Bowl" é um anfiteatro natural esculpido em uma encosta em Hollywood Hills. A primeira concha acústica foi inaugurada em 1926. Lloyd Wright, filho de Frank Lloyd Wright, foi contratado para construir duas outras versões da concha. A versão de hoje é de 2004 e incorpora elementos de algumas das estruturas anteriores, mas também integra a mais recente tecnologia de iluminação e som. Auxilia na reflexão das ondas sonoras, atingindo grandes distâncias com qualidade sonora.



- Auditórios – Auditório de L'Aquila: Auditório concebido por Renzo Piano. O material do auditório foi escolhido para otimizar a função acústica do edifício. As superfícies das paredes de madeira crua estão penduradas com uma série de painéis acústicos orientados para o público, para refletir o som dentro do auditório. Duas paredes acústicas seguem pelas

laterais do palco, refletindo o som em direção à orquestra, garantindo as melhores condições possíveis de audição.



2) Conceitos básicos de acústica

- O que é o som?

São ondas do tipo mecânicas, ou seja, uma onda que está fazendo alguma transformação no espaço, elas precisam de um meio para se propagar;

Segundo a ABNT NBR 16313: o som é denominado como: “flutuações de pressão em torno da pressão ambiente, nas frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 kHz.”;

O som começa com uma vibração, alterando a pressão ambiente das moléculas em torno da fonte sonora e assim, alterando a pressão de camada a camada, sucessivamente, até chegar no ouvido do ser humano;

O quanto a pressão varia está de acordo com a energia da vibração, quanto mais energia, maior a vibração – quando um som é mais alto é porque existe uma grande energia sendo transformada em vibração sonora.

Meio de propagação: o som precisa de um meio para se propagar e, esse meio precisa ter pressão. Nesse sentido, o ar é um meio, a água é um meio e, no caso das ondas sonoras, os elementos construtivos da arquitetura, como parede, laje, estrutura, também são meios de propagação do som;

- Nível de pressão do som ou nível de intensidade do som:

O nível de pressão do som ou nível de intensidade sonora é a conceituação do que consideramos como variação de pressão – o som – e pode ser mensurado a partir de uma unidade, o decibel ou decibéis, dB. Seu nome foi baseado em Alexander Graham Bell, o inventor do telefone.

A intensidade do som é energia, portanto quanto mais energia o som tem, mais intenso ele é, enquanto quanto menos energia, menos intenso. Nesse sentido, o nível de pressão ou intensidade sonora é o valor médio de energia em um período de tempo.

- Exemplos de níveis de pressão sonora:

Ambiente	Nível de pressão sonora
Dormitório	20-30 dB
Escritórios	40-50 dB
Conversação normal	60-70 dB
Ruído de tráfego pesado	80-90 dB
Indústria pesada	90-110 dB
Aviões a jato a curta distância	110-120 dB
Limiar da dor	Apróx. 130 dB

* A impressão de termos de silêncio não é a ausência de som, o som está lá, mas nós não o ouvimos.

- Nível de pressão sonora na sala durante a aula (08/04):

Ambiente	Nível de pressão sonora
Ruído de fundo	44,8 dB
Voz falada professora	67,9 dB



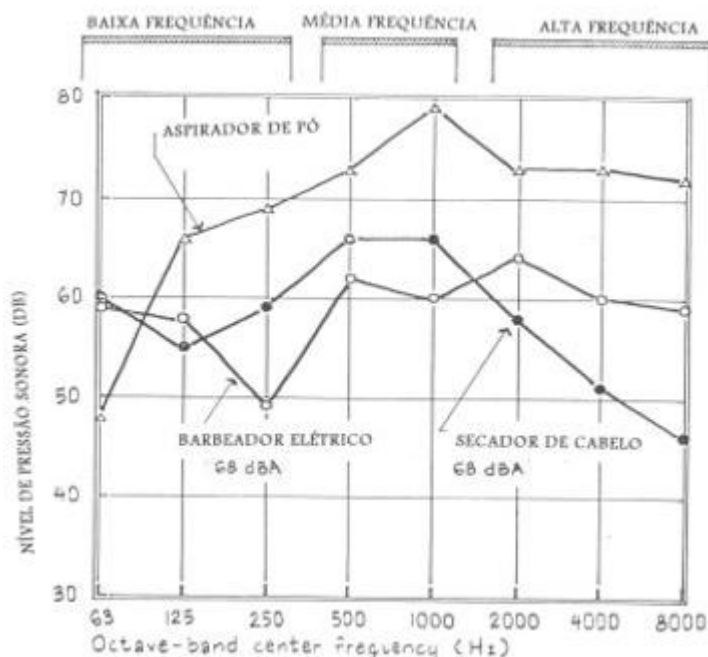
Ainda em relação ao nível de pressão sonora, à medida que se aumenta a intensidade do som em duas vezes (dobro de fontes sonoras ou dobro de energia), aumenta-se o nível de intensidade ou de pressão sonora em 3 decibéis. Dessa forma, o dobro da intensidade de energia = + 3 dB. É o nível de pressão, não é um valor absoluto, é uma referência, uma escala.

- Frequência da onda sonora:

Além do nível de pressão sonora, o som também pode ser qualificado de acordo com a sua característica de velocidade de variação da pressão. Imagina-se que essa variação pode ser mais rápida ou pode ser mais lenta, ou seja, em 1 minuto, um som vibra várias vezes e outro som vibra poucas vezes, essa característica do som é a frequência sonora. Esse conceito pode ser conceituado como: a quantidade de vibrações por segundo que aquele som emite (ciclos por segundo, Hertz, Hz).

É possível que dois sons distintos tenham a mesma intensidade, mas tenham frequências diferentes, tornando perceptível sua diferença ao ouvido humano. Em geral, sons mais graves são

sons conhecidos como de baixa frequência, enquanto sons mais agudos tem uma frequência maior. O ouvido humano é capaz de perceber sons entre 20Hz e 20kHz.



Site que monta espectograma: <<https://exploresound.org/acoustics-activities/acoustic-simulators/spectrogram-lab/>>.

- Velocidade do som:

É uma característica do som que diz respeito ao meio no que o som se propaga. Pode-se assumir, de maneira geral, que a velocidade do som no ar é 345m/s. Independente da frequência, o som sempre se propaga nessa velocidade. Diante disso, a frequência do som está diretamente relacionada ao comprimento de onda desse som e, com isso, chega-se a uma relação de tamanho em metros e frequência do som, o que vai ser o norteador para tratar arquitetonicamente os problemas de ruído do ambiente.

Naturalmente, o som de frequência alta apresenta um comprimento de onda pequena e o som de frequência baixa possui comprimentos de onda grande. Percebe-se isso matematicamente também, pela equação abaixo:

$$c = f \cdot \lambda$$

c = velocidade do som (m/s)

f = frequência do som (Hz)

λ = comprimento de onda (m)

- Exemplos de comprimentos de onda audíveis pelo ser humano:

20 Hz	20k Hz
Baixa frequência	Alta frequência
$c = f \cdot \lambda$ $345 = 20 \cdot \lambda$	$c = f \cdot \lambda$ $345 = 20000 \cdot \lambda$

$\lambda = 17,25\text{m}$

$\lambda = 0,01725\text{m}$

3) Referências:

ABNT NBR 16313. Acústica - Terminologia. 2014.

Archdaily. Renzo Piano Projeta um Auditório "para montar" para L'Aquila. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-99774/renzo-piano-projeta-um-auditorio-para-montar-para-laquila?ad_source=search&ad_medium=projects_tab>.

Blance et Chamottée. Les poteries acoustiques. Disponível em: <<https://ceramique-fouesnant.blogspot.com/2019/03/les-poteries-acoustiques.html>>.

Dear Old Hollywood. The Hollywood Bowl - Music Under The Stars. Disponível em: <<https://dearoldhollywood.blogspot.com/2011/08/hollywood-bowl-music-under-stars.html>>.

EGAN, M. D.; QUIRT, J. D.; ROUSSEAU, M. Z. Architectural acoustics. 1989.

Hollywood Bowl. Hollywood Bowl History. Disponível em: <<https://www.hollywoodbowl.com/about/the-bowl/hollywood-bowl-history?>>.

Les amis de L'abbaye des Angles L'aber Wrach. Les Pots Acoustiques : une spécificité de l'abbaye. Disponível em: <<https://www.abbayedesanges.com/histoire/les-pots-acoustiques/>>.

VALIÈRE, J.; et al. Acoustic Pots in Ancient and Medieval buildings: Literary analysis of ancient texts and comparison with recent observations in French churches. Acta Acustica united with Acustica, v. 99, n. 1, p. 70-81, 2013.