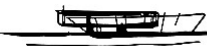


Universidade de São Paulo
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Departamento de Tecnologia da Arquitetura



AUT0286 - Conforto Ambiental 3: Termoacústica



Introdução à Acústica Arquitetônica e Urbana



Ruído

- Qualquer som indesejável.

Sua classificação é
subjetiva (depende
do ouvinte)

- Percepção pessoal diferenciada.
- está presente em praticamente todos os instantes da nossa vida.
- “Subproduto” do desenvolvimento
- O que pode acarretar?



Fonte: Veja São Paulo, Ed. Abril, 14/05/2008 e 11/08/2010

Efeitos nocivos do ruído no homem

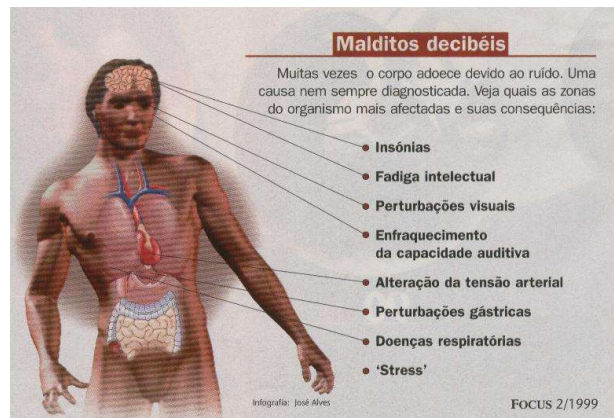


- Efeitos negativos

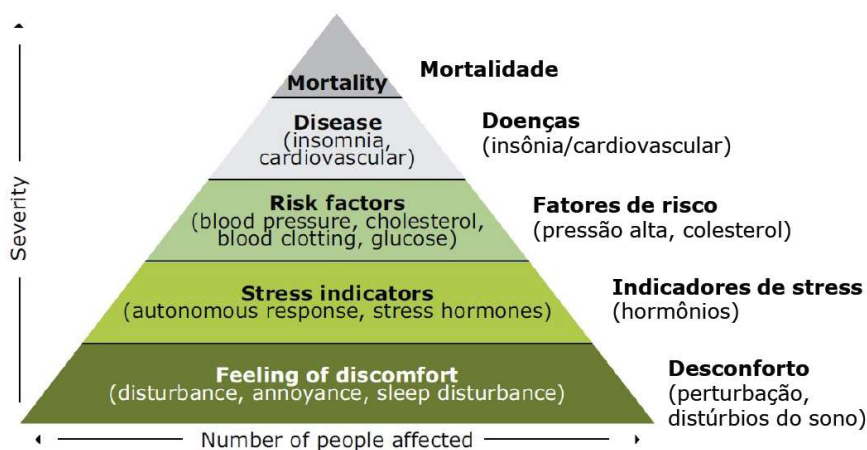
- Físicos
- Fisiológicos
- Psicológicos

Perda auditiva, alterações da pressão sanguínea, problemas cardiovasculares e respiratórios, tensões musculares, distúrbios do sono, estresse, depressão, irritabilidade, fadiga, diminuição da capacidade de concentração.

Dependendo do: Nível de pressão sonora e
Tempo de exposição do indivíduo

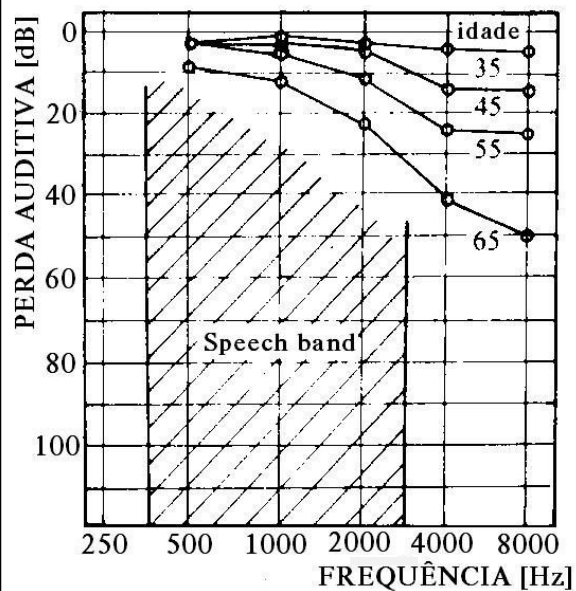


Efeitos nocivos do ruído no homem

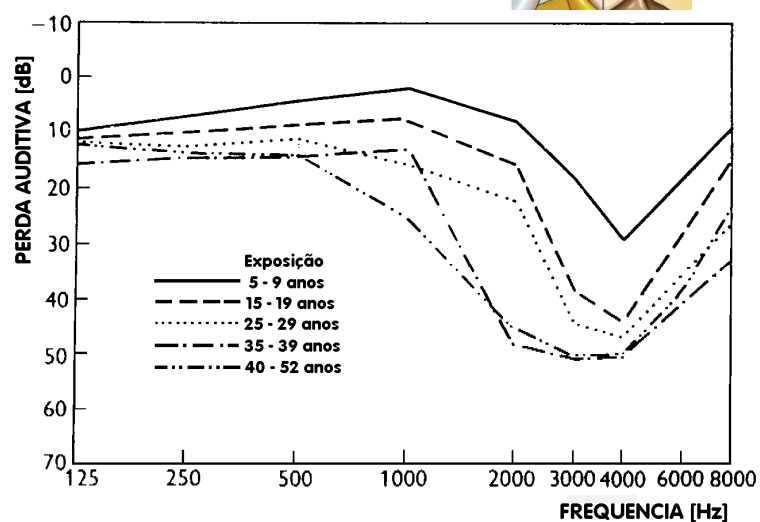


Source: Babisch, 2002, based on WHO, 1972.

• Perda da audição com a idade



• Perda auditiva permanente com o aumento dos anos de exposição



Poluição Sonora



- A poluição sonora é um **problema de saúde pública**. É o segundo maior agente poluidor ambiental, depois da poluição do ar, Organização Mundial de Saúde (OMS).



Começam as reclamações...



Fonte: Veja São Paulo, Ed. Abril, 11/08/2010

- Processos;
- Brigas;
- E até mortes!

MENU

G1

SOROCABA E JUNDIAÍ

TV TEM

16/03/2016 12h56 - Atualizado em 16/03/2016 14h59

Morador usa colchões na parede para abafar barulho de fábricas há 15 anos

Colchões são empilhados em paredes de quarto de imóvel em Sorocaba. Vinte estabelecimentos já foram interditados por desrespeitar lei do silêncio.

Do G1 Sorocaba e Jundiaí

FACEBOOK

TWITTER

GO+

PINTEREST



Morador usa colchões na parede para abafar barulho de fábricas há 15 anos (Foto: Reprodução/TV TEM)

Fonte: G1

24/05/2013 14h37 - Atualizado em 24/05/2013 19h31

Vizinhos executados brigavam por barulho havia um ano, diz polícia

Empresário matou casal e se suicidou em Santana do Parnaíba. Delegado disse que barulho de salto alto teria motivado reação.

Tatiana Santiago

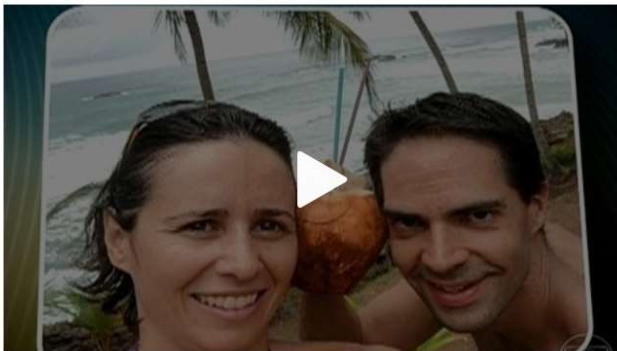
Do G1 São Paulo

FACEBOOK

TWITTER

GO+

PINTEREST



O casal assassinado e o vizinho responsável pelo crime ocorrido na quinta-feira (23) já tinham desentendimento há um ano por reclamações por barulho, de acordo com a investigação policial. As mortes ocorreram em um condomínio de luxo em Santana do Parnaíba, na Grande São Paulo.

- **Poluição sonora - problema de saúde pública.**

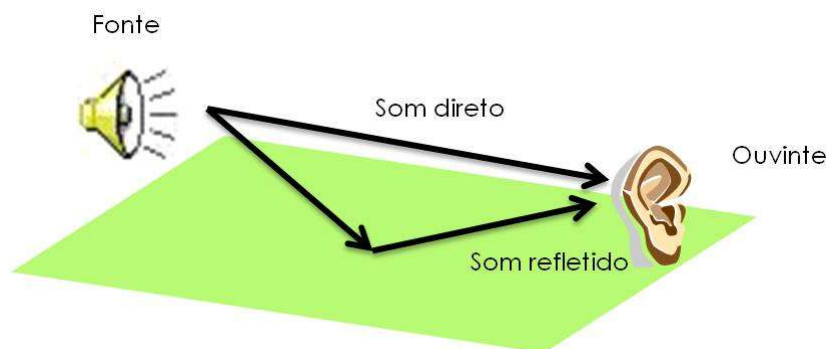
- **Mas e o conforto?**

- Depois das preocupações com saúde, que obviamente devem ser atendidas, nos voltamos à questão do conforto.



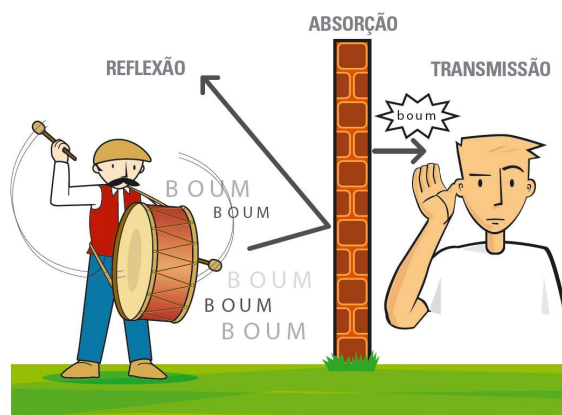
Propagação do som

- Normalmente estudada em termos desses três componentes:
- fonte sonora
- trajetória de transmissão
- receptor



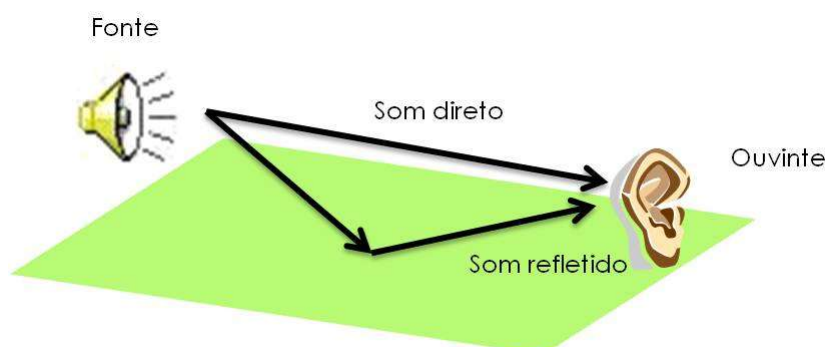
Como o som se propaga?

- Quando o som atinge um obstáculo, uma parte é refletida, outra é absorvida, dissipando-se sob a forma de calor, e outra é transmitida através do obstáculo.



Fonte: Instituto do Ambiente, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. O RUÍDO E A CIDADE, Lisboa, 2004.

Como controlar ou reduzir a propagação do ruído?



Controle e Redução do Ruído

Há três métodos gerais de atuação:

- **Redução na fonte**
 - Redução das emissões de ruído na fonte: 1ª prioridade
- **Redução no caminho de propagação**
 - Redução da transmissão nos caminhos de propagação:
2ª prioridade
 - Colocar obstáculos entre a fonte e o receptor (já existentes e/ou especialmente construídos para isso).
- **Redução no receptor**
 - Redução das emissões de ruído no receptor:
última prioridade

Se possível atuar em dois ou até nos três!

Avaliação do Ruído

- Como medir e avaliar?



Avaliação do Ruído



- Avaliação quantitativa (objetiva) e Avaliação qualitativa (subjetiva):
 - Difícil transformar medidas objetivas em efeitos subjetivos.
 - Um especialista precisa de um método para uma medição objetiva do nível de ruído.

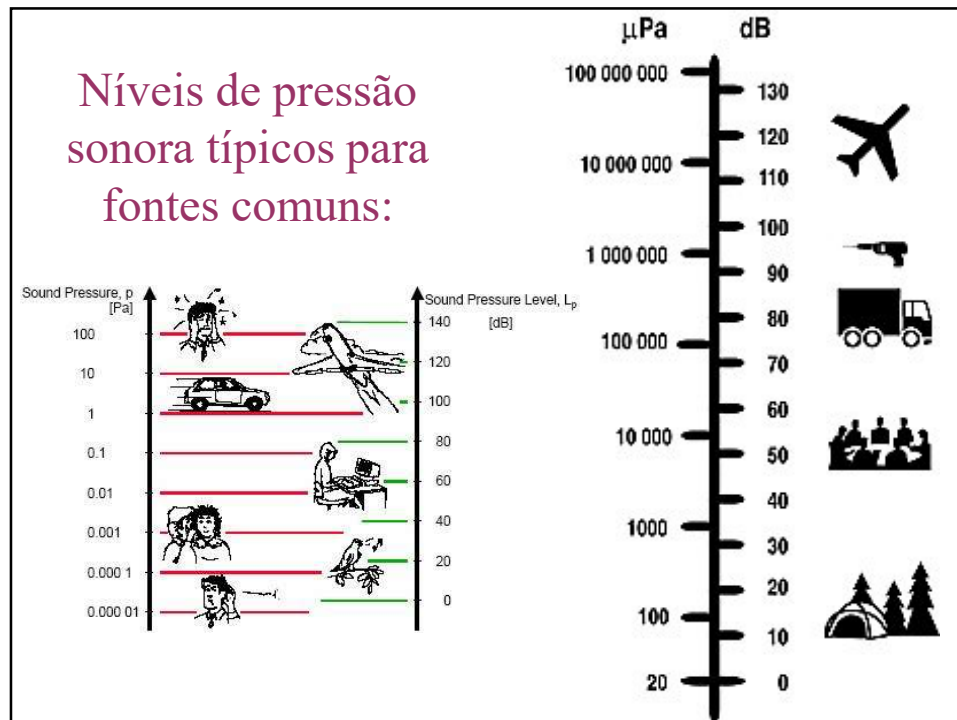
- Como medir?

O parâmetro mais utilizado é o **Nível de Pressão Sonora (NPS)**, expresso em dB (decibel). É uma relação logarítmica entre a pressão sonora no ambiente e uma pressão sonora de referência.

Avaliação do Ruído - Medição do *NPS*:

- Através de medições por:
 - **sonômetro ou medidor de pressão sonora**
- O que ele mede?
 - O *NPS* de um som, expresso em dB.





Avaliação do Ruído Urbano



- Como avaliar?

Para obter uma avaliação do ruído e seus efeitos subjetivos, foram estabelecidos vários índices ou critérios de conforto.

Os *NPSs* podem ser comparados com esses critérios de conforto.

CrITÉrios para avaliaÇão de ruído:

- Vários países têm suas próprias normas e recomendações sobre índices e níveis de ruído para vários tipos de ambientes.



Crêterios utilizados no Brasil:

Avaliação do Ruído

Legislação e Normas Técnicas



**Avaliação de ruído: Norma Regulamentadora NR 15 -
Ministério do Trabalho - Atividades e Operações Insalubres**

Anexo 1 da NR15:

- Limites de tolerância para **ruído contínuo ou intermitente**:

Nível de ruído [dB(A)]	Máxima exposição diária permissível	Fator de dobra 5
85	8 horas	
90	4 horas	
95	2 horas	
100	1 hora	
105	30 minutos	
110	15 minutos	
115	7 minutos	
120	3 minutos	

**Avaliação de ruído: Norma Regulamentadora NR 15 -
Ministério do Trabalho - Atividades e Operações Insalubres**

▪ **Anexo 1 da NR15**

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Avaliação de ruído: Norma Regulamentadora NR 15 - Ministério do Trabalho - Atividades e Operações Insalubres

▪ Anexo 1 da NR15

- Limites de tolerância para **ruídos de impacto** (NR15).

Limite de Tolerância: 130 dB

(em dB linear)

Pode provocar ruptura de tímpano.

Legislação Federal de Ruído no Brasil:

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) -
Resolução Conama 001 e 002 de 17 de agosto de 1990.

Resolução CONAMA nº 1/90: Estabelece critérios, padrões, diretrizes e normas reguladoras da poluição sonora.

Resolução CONAMA nº 2/90: Estabelece normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população.

Medições e índices de acordo com as
normas ABNT NBR 10151 e NBR 10152.



NBR 10151 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral

- Estabelece limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em função da finalidade de uso e ocupação do solo.
- Determina o procedimento de medição do ruído.



NBR 10151 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral

$L_{Aeq,T}$ (nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A) [dB]

Tabela 3 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

Tipos de áreas habitadas	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

9.1 Períodos/horários

Os limites de horário para o período diurno e noturno da Tabela 3 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

NBR 10152 – Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações

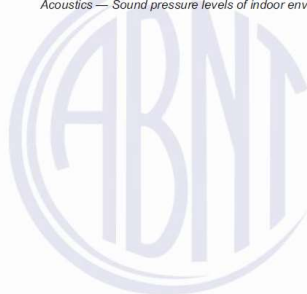
NORMA
BRASILEIRA

**ABNT NBR
10152**

Segunda edição
24.11.2017

Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações

Acoustics — Sound pressure levels of indoor environments



NBR 10152

- apresenta valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)	RL_{NC}
Residências			
Dormitórios	35	40	30
Salas de estar	40	45	35
Salas de cinema em casa (<i>home theaters</i>)	40	45	35
Outros			
Auditórios grandes (> 600 m ³)	30	35	25
Auditórios pequenos (≤ 600 m ³)	35	40	30
Cozinhas e lavanderias	50	55	45
Tribunais	40	45	35

NOTA O valor de RL_{Aeq} para dormitório é compatível a faixa estabelecida na ABNT NBR 10152:1987 e também para a condição de L_{Aeq} de até 65 dB em áreas externas urbanas para o período diurno e 55 dB para o período noturno, estabelecida na ABNT NBR 10151:2000, considerado o desempenho mínimo previsto pela ABNT NBR 15575-4:2013 de 25 dB para isolamento de fachada em regiões Classe II (ver [2], [3] e [4]).

Tabela 3 – Valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com suas finalidades de uso (continua)

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq} (dB)	RL_{ASmax} (dB)	RL_{NC}
Aeroportos, estações rodoviárias e ferroviárias			
Áreas de <i>check-in</i> , bilheterias	45	50	40
Salas de embarque e circulações	50	55	45
Centros comerciais (<i>shopping centers</i>)			
Circulações	50	55	45
Lojas	45	50	40
Praças de alimentação	50	55	45
Garagens	55	60	50
Clínicas e hospitais			
Berçários	35	40	30
Centros cirúrgicos	35	40	30
Consultórios	35	40	30
Enfermarias	40	45	35
Laboratórios	45	50	40
Quartos coletivos	40	45	35
Quartos individuais	35	40	30
Salas de espera	45	50	40

- Entretanto, **não há** uma política para **controle de poluição sonora** e nem para **planejamento, gestão ou controle de ruído**.

Um grande problema no Brasil...



Avaliação do Ruído

- A principal ferramenta para o diagnóstico da distribuição e quantificação do ruído em áreas determinadas são os

Mapas Acústicos ou Mapas de Ruído



www.mapaderuido.org.br

Associação Brasileira para a Qualidade Acústica

Mapa de ruído urbano - Projeto Piloto SP - localizado entre as Av. Paulista, Av. 9 de Julho, Av. Brasil e Av. 23 de Maio.

Dia

Mapa de ruído urbano durante o dia. A imagem mostra uma área urbana densa com uma sobreposição de cores que representam os níveis de ruído. As cores variam de verde (níveis mais baixos) a vermelho (níveis mais altos). Há uma concentração de áreas vermelhas e laranças, especialmente ao longo das principais vias arteriais e em áreas comerciais, indicando níveis de ruído mais elevados durante o dia.

Noite

Mapa de ruído urbano durante a noite. A imagem mostra a mesma área urbana, mas com uma distribuição diferente das cores de ruído. Há uma redução significativa nas áreas vermelhas e laranças em comparação com o dia, com predominância de áreas em tons de verde, amarelo e laranja, indicando níveis de ruído mais baixos durante a noite.

Legenda de níveis de ruído (dB(A)):

- > 35.0 dB(A)
- > 40.0 dB(A)
- > 45.0 dB(A)
- > 50.0 dB(A)
- > 55.0 dB(A)
- > 60.0 dB(A)
- > 65.0 dB(A)
- > 70.0 dB(A)
- > 75.0 dB(A)
- > 80.0 dB(A)
- > 85.0 dB(A)
- No Data

[illegible]

[sp.org.br">www.mapaderuidosp.org.br](http://www.mapaderuido<span style=)

Mapa de ruído urbano - Centro SP

Outra abordagem: uso adequado do ruído!

- Ruído como recurso (e não somente como resíduo)

Paisagem Sonora - *Soundscape*

“*Soundscape*” denota o “ambiente acústico como percebido ou experimentado e/ou entendido, por pessoas, em um contexto.”

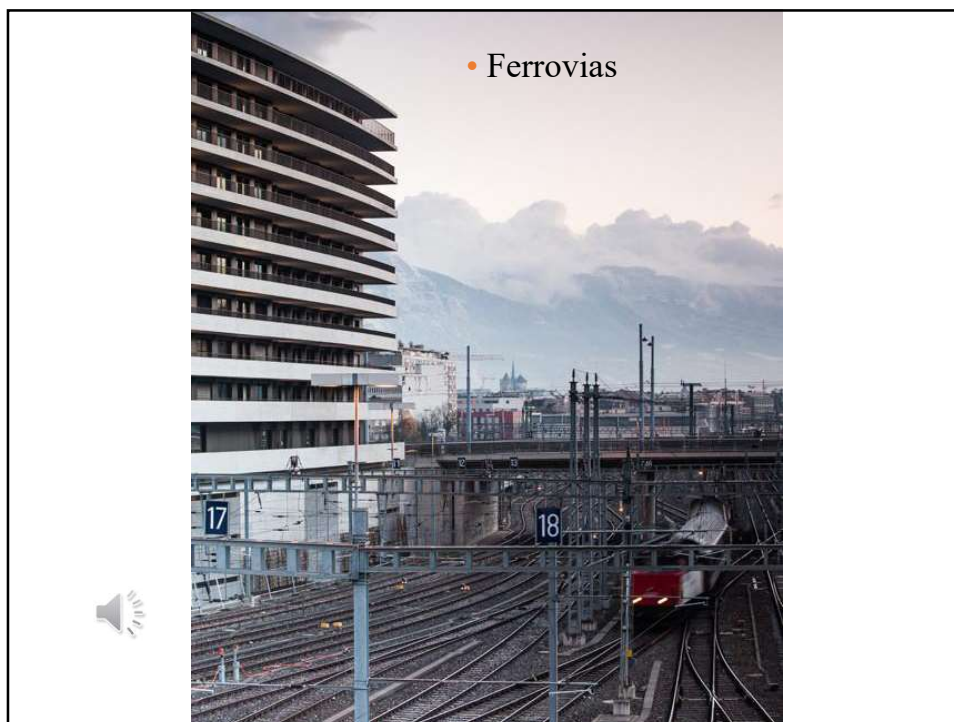


- Parque / Playground



- Aviões e helicópteros





Acústica urbana

Controle de ruído urbano

- **Na fonte:**
- **Ruído de tráfego**

Redução do ruído de tráfego

- redução do tráfego
- redirecionamento do tráfego
 - alteração dos percursos
- uso de veículos não motorizados
- preferência ao transporte público coletivo
 - aumento do conforto nos veículos
 - horários convenientes
 - interfaces adequadas e ajustadas
- limitações de velocidade:
 - Zonas de velocidade reduzida
 - Permite uma redução de até 6 a 8 dB(A) sem alterar o volume de tráfego.



Redução do ruído de tráfego

- limitações de velocidade:
- Se uma frota de veículos circular a 120 km/h e gerar um nível de pressão sonora de cerca de 78 dB(A);
a 90 km/h observa-se uma redução para 74 dB(A) e,
a 60 km/h o nível de pressão sonora fica reduzido a 70 dB(A) .



78 dB(A)



74 dB(A)

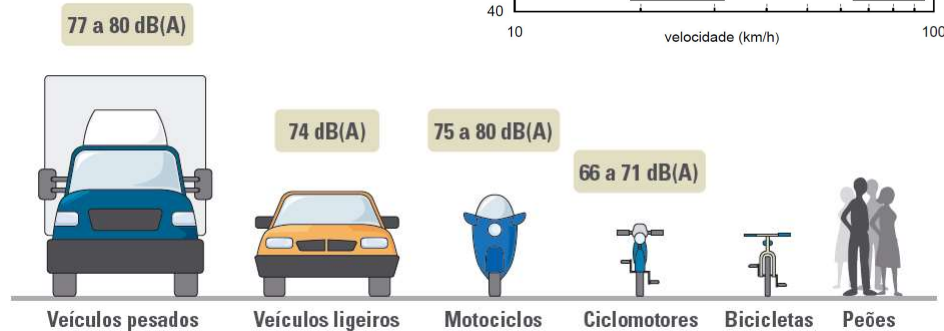


70 dB(A)

Redução do ruído de tráfego

- transportes alternativos

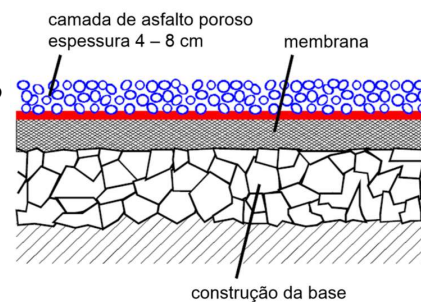
- veículos leves x pesados



Redução do ruído de tráfego

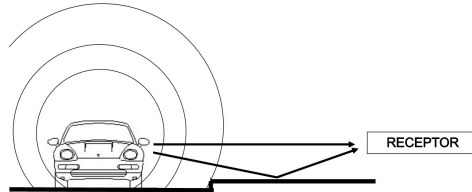
- Atuar nas rodovias
- Utilizar pavimentos de baixo ruído

- asfaltos com amortecimento
- asfaltos com absorção acústica: pode permitir uma redução na emissão do ruído de tráfego rodoviário entre 3 e 5 dB(A).

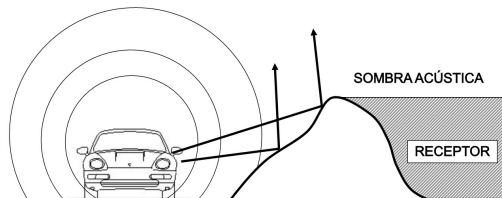


Redução do ruído de tráfego

- perfis adequados
 - traçado com curvas homogêneas, evitando declives acentuados.
 - Perfil plano:

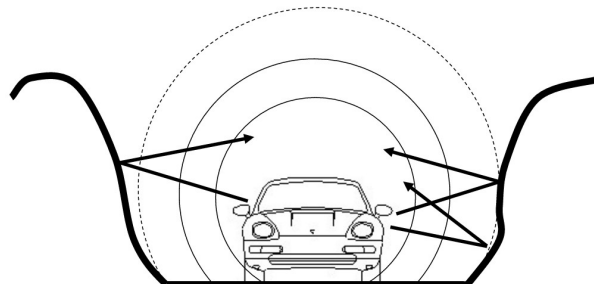


- Perfil convexo: separação (natural ou construída) entre vias de tráfego pesado e vias secundárias ou ruas de pedestres



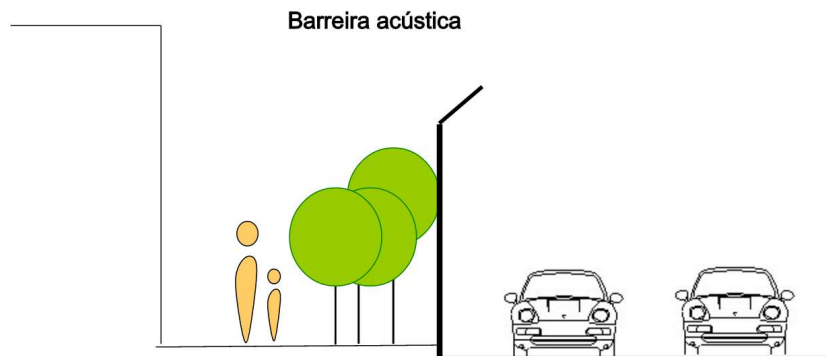
Redução do ruído de tráfego

- Perfil côncavo:



Redução do ruído de tráfego

- barreiras acústicas (naturais ou não)



Redução do ruído rodoviário

- Redução das emissões de ruído na fonte

- Redução de Veículos
- Pisos (asfaltos absorventes, asfaltos com amortecimento)



- Redução da transmissão nos caminhos de propagação

- Geometria da estrada (projeto da estrada)
- Dispositivos atenuadores (barreiras acústicas)



Redução do ruído ferroviário



- Redução das emissões de ruído na fonte
- Redução de vibrações (redução da interação trilho veículo)
 - mecanismos de excitação
 - vibração dos veículos
 - vibração do trilho
 - vibração do solo

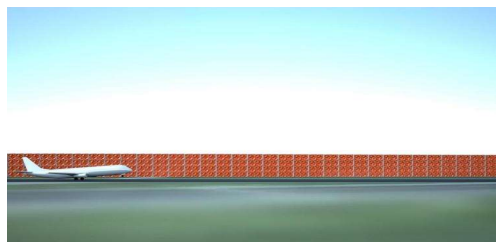
- Redução do ruído de rolamento

- Redução da transmissão nos caminhos de propagação
 - Barreiras Acústicas



Redução do ruído aeroviário

- Redução das emissões de ruído na fonte
 - Banimento das aeronaves mais ruidosas
 - Planejamento e Gerenciamento do Uso do Solo
 - Procedimentos de Atenuação de Ruído (procedimentos especiais de saída e aproximação de aeronaves, visando o menor impacto de ruído em certas regiões).
- Restrições Operacionais (últimas alternativas)
- Restrições de horário.
- Redução da transmissão nos caminhos de propagação
 - Barreiras Acústicas
- Redução de ruído no receptor
 - Tratamento acústico de residências



Barreiras Acústicas



Barreira em madeira de pinho



Barreira com painéis metálicos sanduíche:
chapas de alumínio com recheio de lã de rocha

Barreiras

- Soundtube (Citylink Urban Highway) - Melbourne, Austrália



Projeto: Denton Corker
Marshall Architects (DCM)

- Soundtube (Citylink Urban Highway) - Melbourne, Austrália



Exemplos de Barreiras Acústicas

- Elevado Tamanduateí - São Paulo
 - consiste em barreiras laterais, fechamentos e revestimentos acústicos e atenuadores de ruídos (lamelas de absorção acústica instaladas nos túneis).



Exemplos de Barreiras Acústicas

- Elevado Tamanduateí



Mito ou Verdade?

Linhas de vegetação (árvores) são barreiras acústicas com boa atenuação sonora entre as fontes externas e fachadas.

MITO.

Salvo raras exceções, vegetação não funciona como barreira acústica.



Fonte: Manual ProAcústica

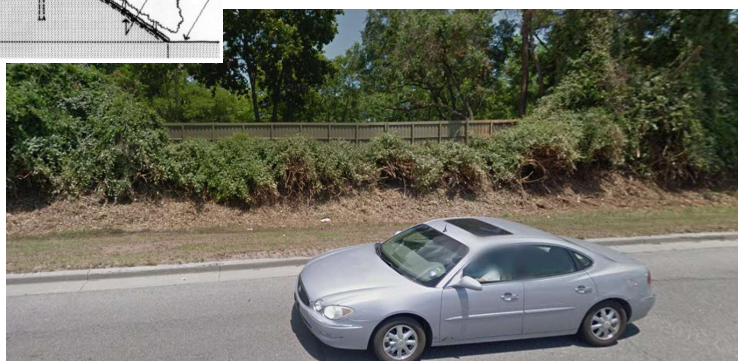
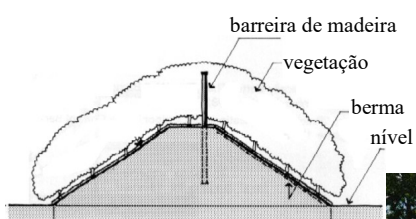
Exemplos de Barreiras Acústicas

- **Condomínio Moss Creek (Hilton Head Island, Carolina do Sul)**



- **Condomínio Moss Creek (Hilton Head Island, Carolina do Sul)**

- Combinação acostamento de terra + barreira longa para reduzir ruído de tráfego rodoviário em área residencial.



- **Nauener Platz, Berlin.**



Projeto Nauener Platz: Remodelling for Young and Old (Schulte-Fortkamp, 2010)

- **Nauener Platz, Berlin.**



Projeto Nauener Platz: Remodelling for Young and Old (Schulte-Fortkamp, 2010)

- **Nauener Platz, Berlim.**

Projeto premiado em 2012 com o “*European Soundscape Award*” pela *European Environment Agency* e *UK Noise Abatement Society*.



Projeto Nauener Platz: Remodelling for Young and Old (Schulte-Fortkamp, 2010)

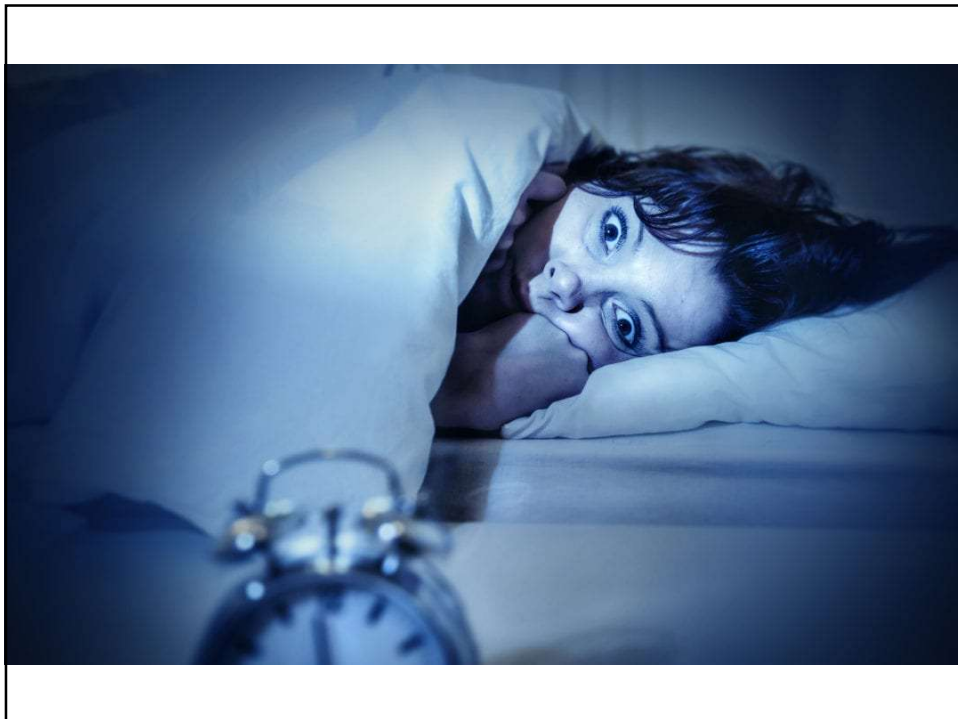
- **Estação de trem central em Sheffield, Inglaterra.**



- Estação de trem central em Sheffield, Inglaterra.



Acústica arquitetônica

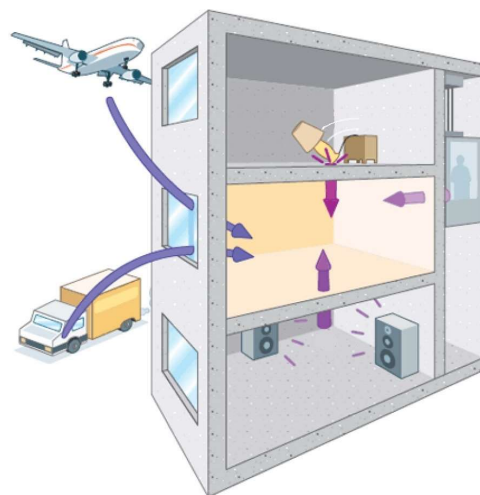




• Acústica Arquitetônica → Acústica de Edificações

• Receptor:

- O ruído que chega na fachada entra na edificação?
- Temos que pensar nisso na hora de projetar!
- Qual o ruído externo? Quanto chega na fachada? Quanto entra?
- Questão do isolamento



Projeto de Isolamento Sonoro

- Disposição dos edifícios:

- De forma que os ambientes menos sensíveis ao ruído (corredores, escadas, cozinhas, dispensas, banheiros) fiquem virados para a fachada mais exposta ao ruído, reservando as fachadas restantes para quartos, sala de estar, etc.



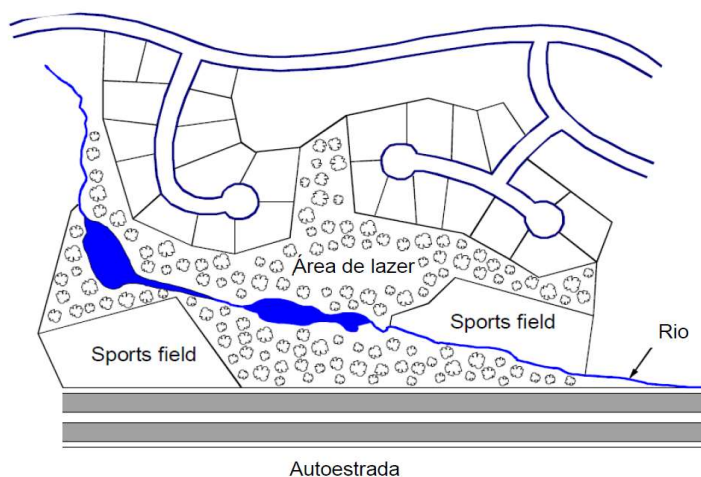
Projeto de Isolamento Sonoro

- Disposição dos edifícios:

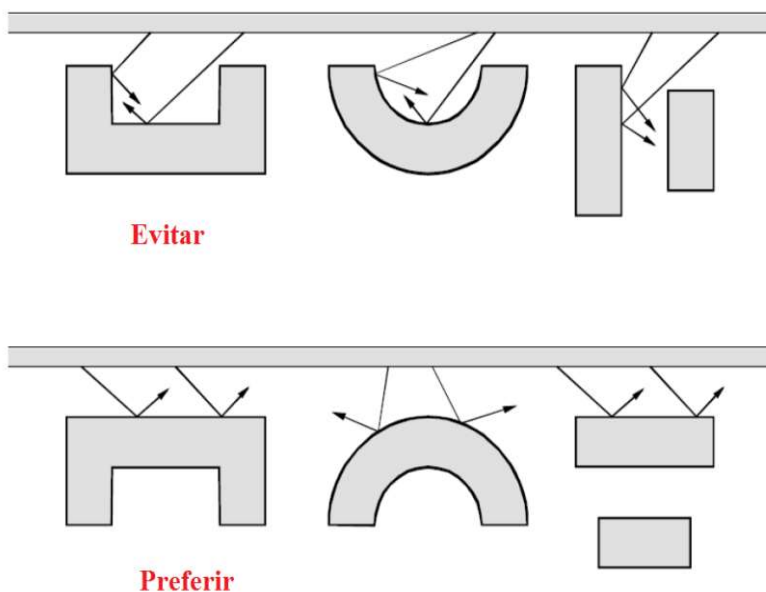


Projeto

- Áreas não suscetíveis ao ruído, como espaço intermediário entre fontes sonoras e áreas que precisam de silêncio.

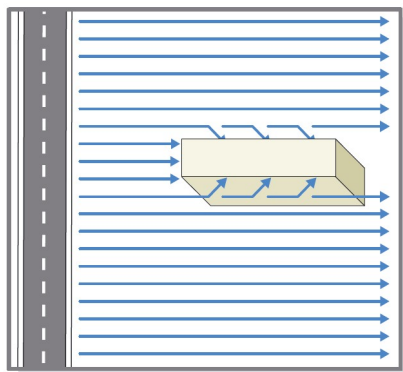


Soluções – Configuração urbana e reflexão

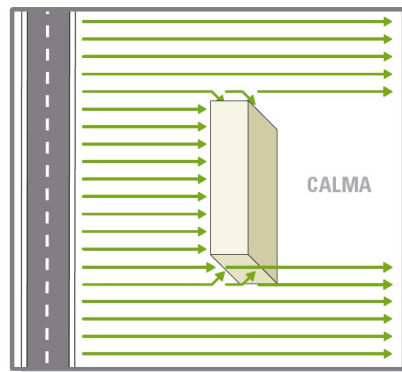


Soluções

- Reduzir o número de fachadas expostas ao ruído



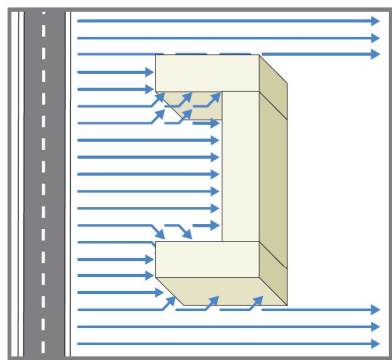
1. Todas as fachadas estão igualmente expostas



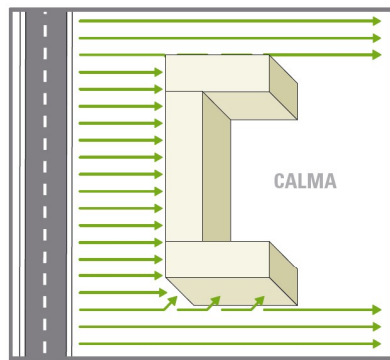
2. Foi criada uma fachada "calma"

Soluções

- Reduzir o número de fachadas expostas ao ruído



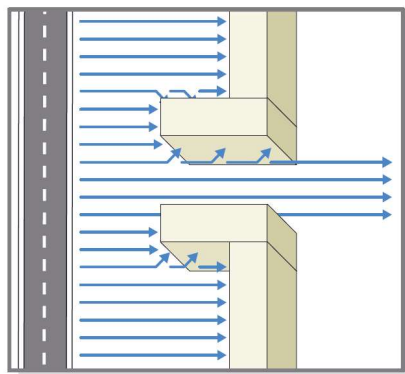
1. Implantação mais desfavorável em termos de exposição ao ruído



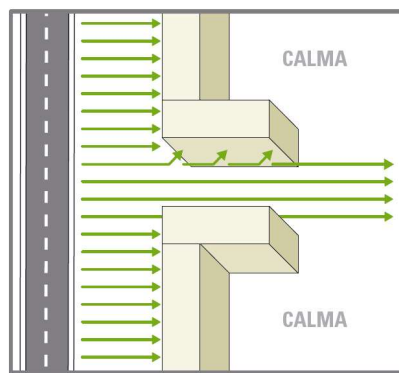
2. A superfície de fachada "calma" aumenta

Soluções

- Reduzir o número de fachadas expostas ao ruído



1. Implantação mais desfavorável em termos de exposição ao ruído



2. A superfície de fachada "calma" aumenta

Edificações

- Residência Estudantil:

Arquiteto: Lacroix Chessex

Localização: Genebra, Suíça

Ano do projeto: 2014



- Residência Estudantil: Os apartamentos situam-se em um terreno que segue a curva das vias ferroviárias.

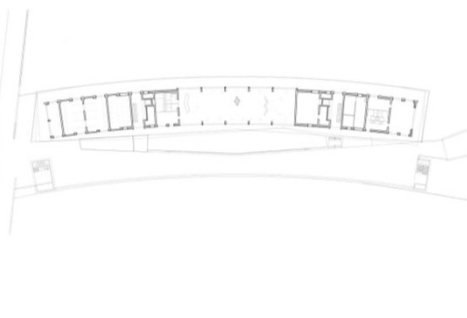


- Residência Estudantil: A fachada consta de varandas privadas no lado leste e longos corredores no lado oeste.



- Residência Estudantil:

- A altura das balaustradas varia de acordo com o ângulo de incidência de ruído dos trens que passam por ali. Por consequência, este princípio também proporciona ao edifício uma fachada que progressivamente vai se abrindo para o céu.



- Estádio esportivo



Fonte: Universidade do Som