

4. BARREIRAS ACÚSTICAS NA ARQUITETURA

Lá acima do ruído e do perigo, a doce paz do
silêncio senta-se coroada de sorrisos
(Henry Vaughan).

Além de analisar a orientação adequada, a fim de obter um bom aproveitamento da radiação solar e de analisar a direção dos ventos predominantes, para uma boa ventilação natural, devem ser estudadas também as principais fontes de ruído que atingem o terreno onde será construído um novo edifício, para que seja possível prever métodos de atenuação sonora já na concepção do projeto. Mesmo uma possível economia em materiais, para isolar o ruído externo, pode estar condicionada a esta análise prévia.

A Acústica pode ser um fator determinante no partido arquitetônico e na plástica do edifício. Obviamente, um teatro, uma casa de espetáculos ou um cinema devem ser projetados de modo a possuir secções longitudinais e transversais definidas por normas acústicas, para garantir boa inteligibilidade (SILVA, 2002). Mas até uma residência pode ter seu ruído de fundo diminuído se o projeto for submetido a uma análise das fontes sonoras locais, enfatizando as que caracterizam ruídos urbanos.

Um dos objetivos principais desta dissertação é mostrar que todos os projetos arquitetônicos podem obter uma melhora expressiva no desempenho acústico final se um dos quesitos mais importantes do projeto for a Acústica.

Conforme explicado no primeiro capítulo, o ruído excessivo interfere diretamente em todas as atividades do homem, assim como na sua saúde mental e fisiológica. Portanto, a preocupação com um bom isolamento acústico, em qualquer edifício, justifica-se principalmente pela melhora na função que será exercida no mesmo, pois, uma vez que há um controle do ruído, a função programada para o recinto será mais bem cumprida, seja no setor residencial, comercial, industrial ou de serviços.

O autor Arizmendi (1980) para explicar a relevância do projeto de acústica, cita as terminologias “Arquitetura cortês” e “Arquitetura descortês”, usadas a partir da segunda metade do século XX para definir os tipos de projetos arquitetônicos:

A arquitetura cortês não é agressiva, é aquela que se baseia na harmonia e equilíbrio das formas, não pretende avassalar espaços livres, ao contrário, os cria. Concebida principalmente para integrar-se aos espaços naturais e artificiais já existentes, respeitando escrupulosamente as zonas de expansão e recreio comunitários.

A arquitetura descortês, ao contrário, resulta na antítese da anterior. Nitidamente especulativa, com evidente prejuízo para a comunidade, se ergue arrogante em qualquer lugar, ignora completamente o bem comum e a ordem geral, rompendo perspectivas sem preocupação alguma. Com volume normalmente exuberante, sugere uma grande confusão nos centros urbanos e destrói definitivamente antigas estruturas aproveitáveis (ARIZMENDI, 1980, p. 179, tradução nossa).

O projeto de acústica é lembrado pelo autor como um dos quesitos mais importantes em uma Arquitetura cortês: “Uma das maiores qualidades que deve ter um edifício, qualquer que seja ele, é a possibilidade de abolir os efeitos nocivos do ruído” (ARIZMENDI, 1980, p.179, tradução nossa).

Todos os especialistas e autores consultados durante a elaboração desta dissertação concordam que o método mais eficiente sempre é combater o ruído na sua origem, tornando-o menos intenso. Mas nem sempre é possível combater a fonte, porque muitas vezes as soluções esbarram em problemas administrativos, políticos e, principalmente, financeiros de uma cidade, além de ser fundamental a conscientização e a contribuição da sociedade, o que a faria deter-se também em problemas culturais, como explicado no primeiro capítulo.

Não sendo viável, na maioria dos casos, resolver o problema do ruído na sua origem, uma segunda possibilidade é interceptar os raios sonoros durante a sua propagação, com a construção de barreiras urbanas, conforme visto no terceiro capítulo.

Uma terceira possibilidade, que independe do poder público, é a atenuação do nível de intensidade do ruído na própria edificação a ser protegida, ou seja, no receptor. Esse método será o objeto de análise deste capítulo: a inserção no terreno, a plástica e as dimensões que podem contribuir ou prejudicar a atenuação do ruído externo, evitando que ele seja transmitido para o interior do edifício.

Conforme lembra Josse (1975), a Acústica é um item complexo de ser analisado no projeto arquitetônico, devido às inúmeras difrações sonoras que se acentuam, dependendo da frequência em questão ou da influência dos ventos, variações de temperatura, altitude, umidade relativa do ar, entre outros pontos já estudados no segundo capítulo.

O que agrava ainda mais em alguns casos é que, além do ruído rotineiro, como tráfego veicular, quadras esportivas, boates, rádios e televisões em volume alto na vizinhança, há também o ruído proveniente do tráfego aéreo, mais difícil de ser atenuado, pois, na maioria das vezes, só é possível conseguir bons resultados na própria arquitetura. Ressalta-se que o recomendado é sempre evitar terrenos que estejam dentro das rotas aéreas.

Para De Marco (1982), o primeiro passo em um projeto de isolamento acústico e controle de ruído é o planejamento, ou seja, a série completa de operações preparatórias, desde a escolha do lugar, análise da vizinhança e ruas até a definição da posição em planta e vista de uma tubulação.

A erudição dos fenômenos acústicos, como a reflexão, a absorção e a difração sonora, torna-se essencial, neste momento, no planejamento e na concepção do projeto arquitetônico, cujas necessidades locais exigem isolamento acústico. Nesse aspecto, convém salientar que dificilmente ainda existam nas cidades áreas absolutamente silenciosas e que, principalmente, não tenham nenhuma tendência de se tornarem áreas ruidosas. Sendo assim, considera-se que todos os edifícios devem ter a preocupação com o problema do ruído urbano, o que, na melhor das hipóteses, pode ser menos ameaçador.

Nesta dissertação, apenas os métodos de isolamento acústico relativos à fachada do edifício serão estudados, portanto não serão mencionadas técnicas possíveis de atenuação sonora no interior do mesmo nem tampouco a diversidade de materiais absorventes e refletores sonoros. Assim, serão discutidos parâmetros para um bom desempenho acústico na envoltória da edificação

4.1 Hierarquia na implantação de acordo com a sensibilidade ao ruído

Considera-se que os programas arquitetônicos, em geral, possuem ambientes mais e outros menos sensíveis ao ruído. Por exemplo, em uma escola, a prioridade são as salas de aula, locais que exigem muita concentração dos alunos e, portanto, contam com um ruído diminuto externo, ou seja, são ambientes sensíveis ao ruído. Já as áreas de administração e de serviços, apesar de também merecerem cuidados acústicos, são menos sensível do que as salas de aula. Assim como em um hospital, as alas destinadas aos dormitórios de recuperação, às cirurgias e aos berçários são mais sensíveis, acusticamente, do que as áreas designadas aos laboratórios, cozinhas, lavanderias, atendimentos e cafeterias. Já em uma residência, a área íntima e social, correspondente às salas e dormitórios, é mais sensível do que a área de serviço, ou seja, copa, cozinha e lavanderia. A tabela 8 resume os ambientes mais sensíveis ao ruído e os produtores de ruído, de acordo com os principais programas arquitetônicos.

Ambiente	Produtor de ruído	Sensível ao ruído
Auditório e teatro Estúdio de televisão ou som Sala de aula Salas de reunião Sala de televisão ou som	Sim	Sim
Residências e apartamentos Hotéis e motéis Igrejas e capelas Tribunais Escritórios comerciais	Às vezes	Sim
Escritórios residenciais Bibliotecas Dormitórios	Não	Sim
Comércio e indústria em geral Restaurantes Cozinhas e lavanderias Salas de equipamentos	Sim	Não

Tabela 8 Ambientes produtores e/ou sensíveis ao ruído.

Fonte: Adaptado de Silva (2002).

Sendo assim, o primeiro ponto que deve ser considerado na concepção do projeto é a identificação de sensibilidade das alas ao ruído. Isso porque é possível que um edifício, ou parte dele, torne-se barreira acústica para o outro, como também que uma fachada que dispensa aberturas sirva como escudo para outra que necessite de entradas para ventilação, ou, como sugere Parkin⁴⁷ (1979 *apud* DE MARCO, 1982), que as dependências geradoras de ruído sejam situadas em partes do edifício onde já existam outras fontes sonoras, inclusive exteriores, e, inversamente, dispor dependências que precisem de silêncio em partes mais tranquilas do edifício.

A partir desse momento, esta dissertação seguirá identificando vários fatores que podem influenciar no isolamento sonoro de um edifício contra ruídos externos, desde a implantação, como o distanciamento da fonte, a inserção do edifício no terreno, a topografia e as barreiras acústicas existentes, ou que serão construídas, até a plástica do edifício, como a volumetria, a fachada e suas aberturas e adornos.

4.2 Distanciamento da fonte

Para Parkin (*apud* DE MARCO, 1982), separar com a maior distância possível as fontes de ruídos das áreas que precisem de silêncio é uma regra.

O distanciamento das fontes ruidosas é sempre benéfico e, muitas vezes, trata-se de uma solução intuitiva, mas que nem sempre oferece uma atenuação sonora considerável, a menos que esteja adicionada a outro método de atenuação. Seria necessária uma grande distância da fonte ruidosa para que a intensidade do ruído sofresse uma redução perceptível. Isso porque, segundo Arizmendi (1980), a absorção sonora pelo ar é muito pequena, em especial para as frequências mais graves, aumentando sensivelmente nas mais agudas. Considerando a umidade relativa do ar aproximadamente em 60%, uma distância de 2km e frequência de 2.000Hz, o valor de absorção molecular alcançaria cerca de 10dB(A). Para uma atenuação considerável, porém, seriam necessários 2km de distância da fonte sonora, o que na maioria das situações é inexecutável.

⁴⁷ PARKIN, P. H.; HUMPHREYS, H. R.. *Acoustics, Noise and Buildings*. Londres, Faber, 1979.

⁴⁹ Termo original: transmission loss.

Para Josse (1975), o distanciamento das fontes sonoras também é naturalmente um fator favorável, entretanto o autor ressalta que a diminuição do nível do ruído em função da distância é extremamente lento, exceto para os sons agudos, de modo que se o terreno tem pequenas dimensões, torna-se inútil buscar uma proteção afastando o edifício da fonte ruidosa.

As freqüências relatadas nos espectros de ruídos produzidos pelo tráfego vão de 64Hz a 4.096Hz e, se for considerada uma freqüência média de 500Hz, a atenuação do som pelo ar é desprezível (ARIZMENDI, 1980). Na tabela 9, observam-se alguns valores de atenuação do som no ar a cada 100m de distância horizontal, entre freqüências de 500Hz a 4.000Hz, condicionados a determinadas temperaturas e à umidade relativa do ar, pois, conforme já visto no segundo capítulo, estes fatores são extremamente importantes para se obter valores precisos.

De acordo com a tabela 9, as maiores atenuações sonoras no ar, em cada freqüência, ocorrem com baixa umidade relativa, por volta de 20%, demarcadas em azul, e as menores atenuações, em cada freqüência, dão-se com alta umidade relativa, por volta de 100%, demarcadas em vermelho. Outro item que se destaca é que em todas as freqüências referidas no quadro as menores atenuações sonoras ocorrem nas temperaturas mais elevadas, entre 20 e 30°C. Uma informação, já citada anteriormente, relevante de ser comprovada pelo quadro, é o aumento na atenuação sonora para as freqüências mais agudas, chegando ao valor de 9,10dB/100m, uma graduação notável se comparada ao 0,75dB/100m, relativo à maior atenuação sonora possível em uma freqüência mais grave, no caso 500Hz.

f Hz	t °C	ATENUAÇÃO SONORA NO AR (dB/100m)								
		Umidade relativa %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
500	-10	0,75	0,56	0,41	0,32	0,26	0,22	0,20	0,18	0,17
	- 5	0,62	0,40	0,29	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,16
	0	0,44	0,28	0,22	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15
	5	0,34	0,24	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15
	10	0,27	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14
	15	0,25	0,22	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14
	20	0,25	0,21	0,19	0,18	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14
	25	0,24	0,21	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
	30	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13
1.000	-10	1,38	1,53	1,35	1,07	0,88	0,75	0,65	0,57	0,51
	- 5	1,70	1,34	0,97	0,77	0,63	0,53	0,47	0,42	0,39
	0	1,48	0,96	0,69	0,55	0,47	0,42	0,39	0,38	0,36
	5	1,14	0,73	0,55	0,47	0,43	0,40	0,39	0,37	0,36
	10	0,88	0,59	0,48	0,45	0,42	0,40	0,38	0,36	0,35
	15	0,70	0,52	0,47	0,44	0,41	0,38	0,37	0,35	0,34
	20	0,61	0,51	0,46	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,33
	25	0,58	0,50	0,45	0,41	0,39	0,37	0,35	0,34	0,32
	30	0,57	0,49	0,44	0,41	0,38	0,36	0,35	0,33	0,32
2.000	-10	1,73	2,61	3,05	3,07	2,88	2,55	2,22	1,95	1,75
	- 5	2,92	3,44	3,20	2,65	2,16	1,85	1,60	1,40	1,26
	0	3,81	3,23	2,38	1,89	1,55	1,32	1,15	1,03	0,94
	5	3,80	2,52	1,86	1,47	1,22	1,06	0,97	0,91	0,88
	10	3,02	1,96	1,45	1,17	1,04	0,97	0,93	0,89	0,86
	15	2,41	1,55	1,21	1,07	1,00	0,95	0,91	0,87	0,84
	20	1,86	1,29	1,13	1,04	0,98	0,92	0,88	0,84	0,81
	25	1,56	1,23	1,12	1,03	0,96	0,91	0,87	0,84	0,81
	30	1,39	1,21	1,09	1,00	0,94	0,89	0,85	0,82	0,79
4.000	-10	2,31	3,36	4,47	5,53	6,10	6,28	6,25	6,05	5,71
	- 5	3,7	5,63	6,80	6,98	6,70	6,08	5,37	4,72	4,22
	0	6,20	7,70	7,41	6,34	5,22	4,45	3,90	3,43	3,08
	5	8,35	8,00	6,25	4,93	4,10	3,47	3,04	2,70	2,45
	10	9,10	6,58	4,90	3,85	3,21	2,76	2,46	2,28	2,16
	15	8,07	5,28	3,88	3,11	2,65	2,42	2,27	2,18	2,11
	20	6,30	4,12	3,12	2,65	2,44	2,31	2,22	2,14	2,06
	25	5,09	3,40	2,79	2,56	2,41	2,29	2,19	2,10	2,02
	30	4,19	3,06	2,72	2,53	2,38	2,25	2,15	2,07	2,01

Tabela 9 Atenuação sonora no ar.

Fonte: Adaptado de Arizmendi (1980).

4.3 Inserção do edifício no terreno

A inserção do edifício no terreno e o seu posicionamento perante a fonte do ruído também interferem diretamente no resultado final do isolamento sonoro. Superfícies paralelas tendem a refletir as ondas sonoras entre si, como explicado no segundo capítulo. Assim, fica fácil entender que duas fachadas paralelas podem provocar acúmulo de reflexões, aumentando o nível de ruído da fonte, complicando ainda mais o processo de isolamento acústico do edifício, como se observa na figura 97. Trata-se do mesmo efeito que fora citado no terceiro capítulo, em relação às barreiras acústicas paralelas em uma rodovia.

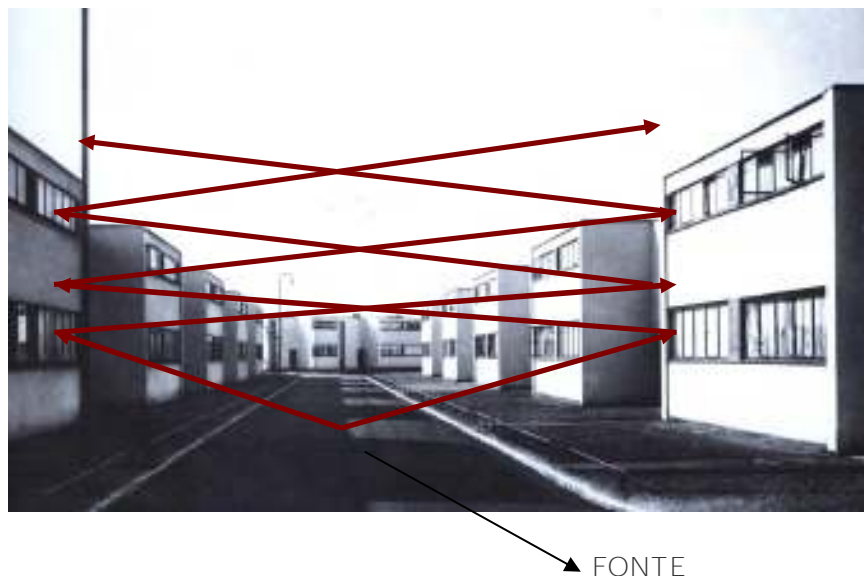


Figura 97 Superfícies paralelas.

Fonte: Gossël e Leuthäuser (1996).

Para a construção de um edifício isolado em frente a uma fonte sonora, como, por exemplo, uma avenida com ruído elevado, existem duas prováveis implantações: com a secção longitudinal do edifício construída paralela à avenida ou perpendicular a ela (JOSSE, 1975).



Figura 98 Possíveis implantações para um edifício isolado.

Fonte: Adaptado de Josse (1975).

No primeiro caso apresentado na figura 98, onde a seção longitudinal do edifício está paralela à avenida e, apesar de ser uma das maiores fachadas como a mais atingida pelo ruído originado nesta avenida, face identificada como A, ela serve como uma barreira arquitetônica, protegendo a fachada oposta a ela, face identificada como C, que se trata também de uma das maiores. Isso ocorre porque, para que os raios sonoros originados na avenida alcancem as dependências voltadas para a fachada C, é necessário que sejam transmitidos, por reflexões e difrações, por toda a profundidade das dependências voltadas para a fachada A, o que faz com que o seu nível de intensidade sonora diminua gradativamente. Assim, voltando a discorrer sobre os ambientes mais sensíveis e os menos sensíveis de uma edificação, neste caso, convém que os ambientes mais sensíveis sejam voltados para a fachada C, e os menos sensíveis, para a fachada A.

No segundo caso apresentado na figura 98, onde a seção longitudinal do edifício está perpendicular à avenida e as fachadas maiores, faces identificadas como A e C, ficam paralelas à propagação do ruído originado nesta avenida, ou seja, ambas igualmente desprotegidas. Apenas a fachada D está literalmente protegida neste caso, que corresponde a uma das menores faces, portanto esta implantação está em desvantagem em relação à primeira apresentada, no que diz respeito à maior área de fachada protegida.

Já para a construção de vários edifícios similares em frente a uma fonte ruidosa, a questão acústica difere da sugestão dada para a construção de um único edifício, devido às possíveis reflexões sonoras causadas entre os edifícios. Do mesmo modo, as duas prováveis implantações seriam: os edifícios paralelos à avenida ou perpendiculares a ela (JOSSE, 1975).



1)

2)

Figura 99 Possíveis implantações para edifícios similares.

Fonte: Adaptado de Josse (1975).

No primeiro caso apresentado na figura 99, os edifícios estão paralelos e com uma avenida entre eles, o que permite que os raios sonoros originados nesta avenida sejam refletidos muitas vezes sobre as fachadas principais dos edifícios, faces identificadas como A, ocasionando reforço no nível de ruído. Apenas a fachada oposta à avenida, face identificada como C, estaria bem protegida.

No segundo caso apresentado na figura 99, os edifícios estão perpendiculares à avenida e o reforço do ruído, citado no primeiro caso, não existe de forma tão significativa, porém nenhuma das fachadas está devidamente protegida. Entende-se que isso ocorra porque os edifícios ficam paralelos à propagação do ruído originado na avenida, o que permite reflexões acumulativas nas suas laterais, como se verifica na figura 100, o que a descaracteriza como a melhor disposição possível. Para Egan (1988), neste caso, o recomendável seria rotacionar algum edifício em relação ao eixo da avenida, desconfigurando o corredor ruidoso entre eles, como mostra a figura 101.

Figura 100 Edifícios perpendiculares a fonte.
Fonte: Desenho da autora (2006).

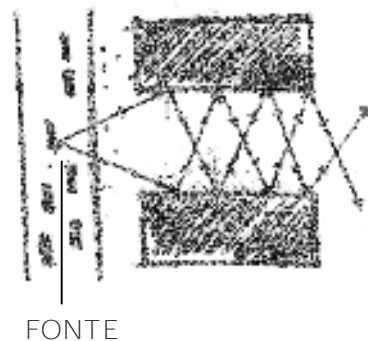
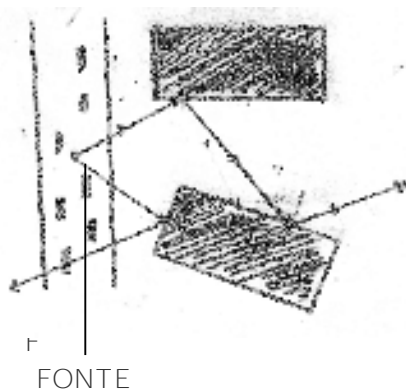
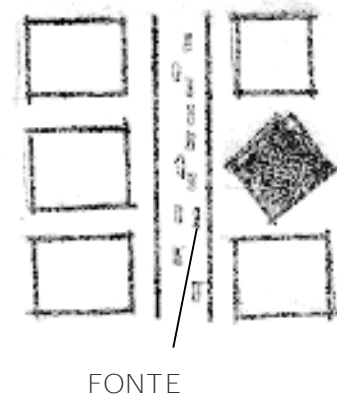


Figura 101 Edifício rotacionado ao eixo da fonte.
Fonte: Desenho da autora (2006).



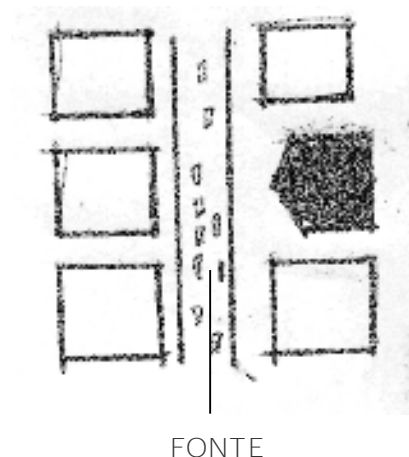
Quando se trata da construção de um único edifício, que deverá ser inserido em uma avenida já com outros construídos paralelos a ela, para evitar o efeito do eco múltiplo, rotacioná-lo em relação ao eixo da avenida faz com que as novas superfícies inclinadas desviem os raios sonoros incidentes sobre ela em direção contrária à fonte, interrompendo assim a seqüência de reflexões, conforme se observa na figura 102.

Figura 102 Edifício rotacionado ao eixo da fonte.
Fonte: Desenho da autora (2006).



Entretanto, no caso exemplificado na figura 102 há duas desvantagens com o posicionamento do edifício no terreno: a primeira é que os raios sonoros serão refletidos para as laterais, podendo atingir um edifício vizinho; a segunda é que todas as fachadas ficarão expostas ao ruído, visto que ao em vez de uma, serão duas fachadas receptoras diretas do ruído originado na avenida, faces identificadas como A e B, e as outras duas fachadas, identificadas como C e D, serão receptoras pelo fenômeno da difração. Assim, sugere-se uma terceira possibilidade, que seria alterar a tipologia do edifício, mantendo apenas as fachadas frontais inclinadas e as demais perpendiculares e paralelas ao eixo da avenida, baseando-se no formato de um pentágono, como se observa no exemplo da figura 103.

Figura 103 Edifício com fachada angular.
Fonte: Desenho da autora (2006).



Já para trechos urbanos, o autor Arizmendi (1980) faz uma analogia com duas implantações diferentes, analisadas sob seus desempenhos acústicos, como mostra a figura 104.

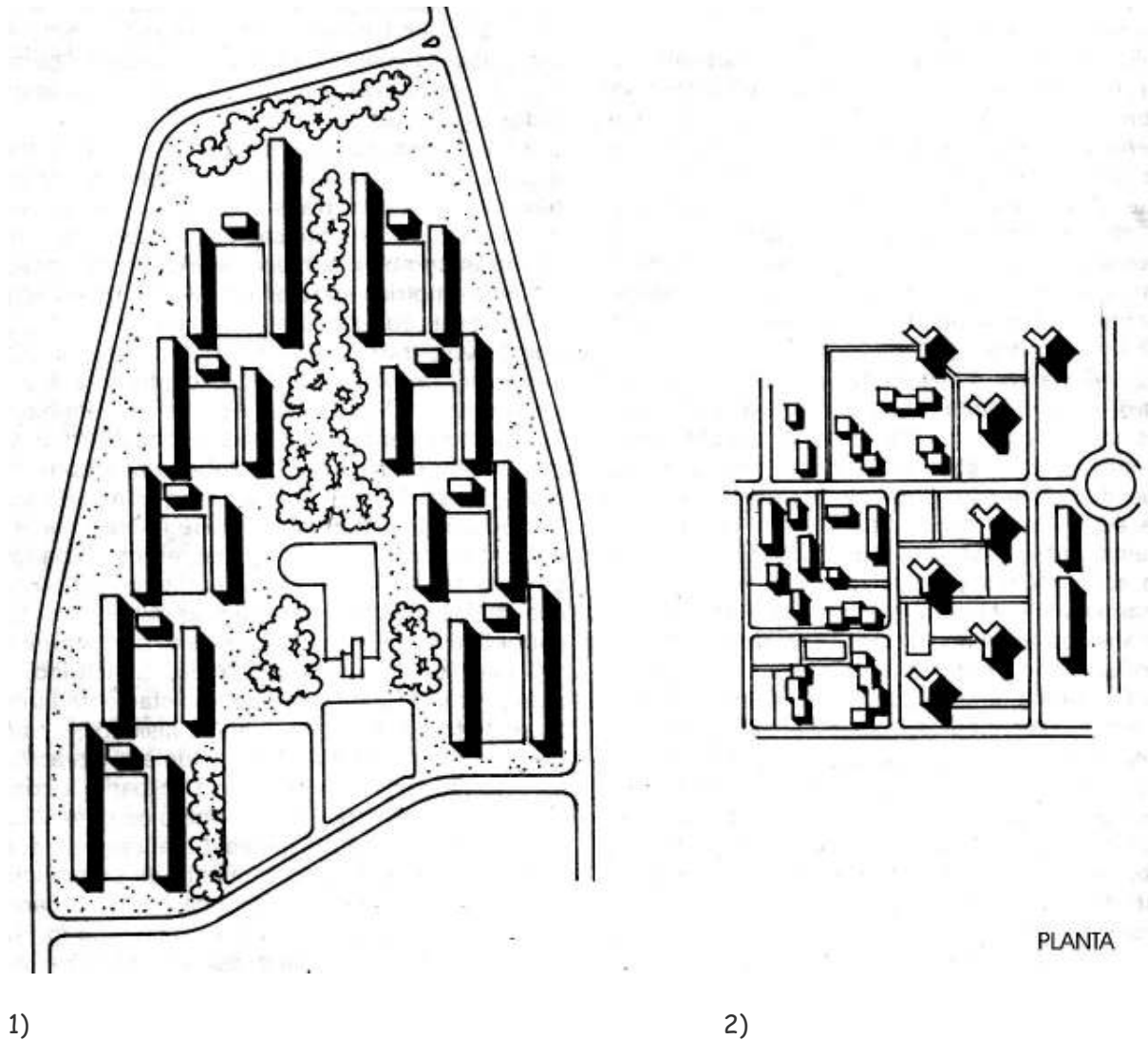


Figura 104 Analogia entre dois trechos urbanos.

Fonte: Adaptado de Arizmendi (1980).

No primeiro trecho urbano, os blocos estão organizados, simétricos, com tipologias repetidas e com as fachadas maiores paralelas às avenidas, ou seja, às fontes ruidosas. Tais fachadas interagem como barreiras acústicas, criando áreas internas mais silenciosas do que no segundo exemplo, onde os blocos estão desorganizados, assimétricos e sem uma tipologia padrão, o que faz com quem os raios sonoros passem pelas frestas entre os edifícios e sigam com várias reflexões, não permitindo que existam áreas internas muito silenciosas.

Pátios externos entre os edifícios são, normalmente, fontes de ruído excessivos. Isto porque, naturalmente, se tornam locais de permanência e recreação. Portanto, se os edifícios não forem concebidos em conjunto, evitando as fachadas paralelas, provavelmente ocorrerá eco múltiplo, aumentando o nível de intensidade sonora. Segundo Egan (1988), há dois métodos simples de evitar este efeito, rotacionando ou escalonando os edifícios em relação ao eixo do pátio. Assim, os raios sonoros incidentes sobre as fachadas são refletidos para fora do conjunto de edificações, como se verifica na figura 105.

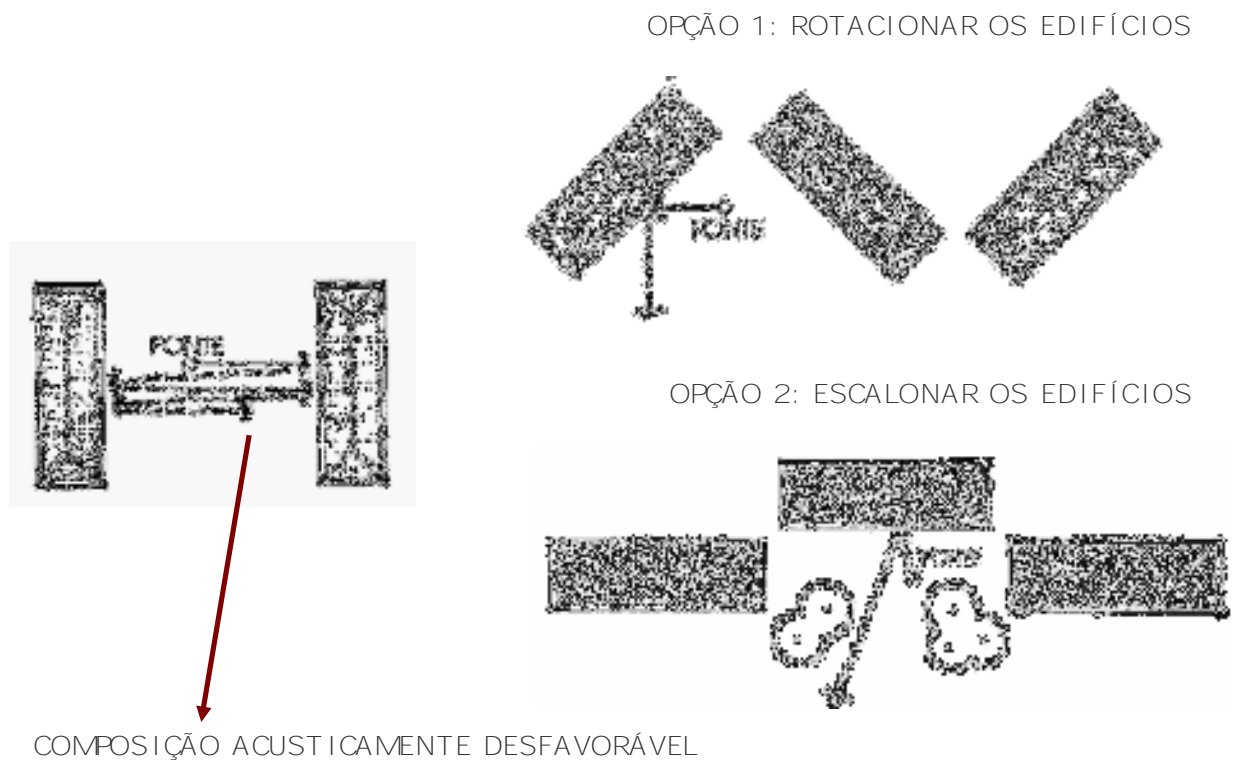


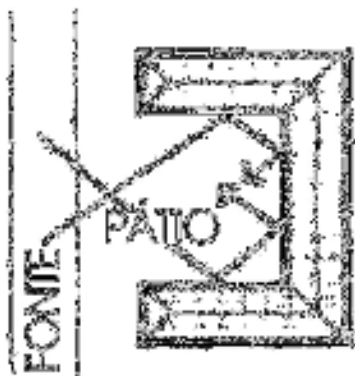
Figura 105 Pátios externos na implantação.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).

Ressalta-se que estas estratégias exemplificadas na figura 105 atenuam os ruídos gerados apenas dentro do pátio entre os edifícios, mas não se compromete com os ruídos gerados fora dele, portanto, no caso de haver outras fontes de ruído, por exemplo, uma avenida próxima, recomenda-se que os ambientes mais sensíveis fiquem voltados para a fachada oposta a essa segunda fonte ruidosa.

Para Egan (1988), no caso de um pátio próximo a uma avenida produtora de ruído excessivo, é recomendável que sua abertura seja voltada para o lado oposto ao da avenida, vide figura 106, assim, os raios sonoros gerados na avenida não se somam aos gerados no pátio, evitando o aumento do nível de intensidade sonora, pois a fachada A atua como uma barreira arquitetônica para o pátio, interceptando os raios gerados na avenida.

RUIM



BOM



Figura 106 Pátio x avenida com tráfego intenso.

Fonte: Adaptação de Egan (1988).

Para Péricles Silva (2002), é sempre bom evitar disposições que facilitem a reflexão do som, como, por exemplo: superfícies côncavas voltadas para a rua, construções opostas, paralelas, frente a frente etc., pois o tratamento acústico da fachada é sempre problemático.

4.4 Edifício barreira

Um edifício pode servir como uma barreira acústica para outro, do mesmo modo que as paredes acústicas urbanas estudadas no terceiro capítulo. A altura e a profundidade do edifício usado como barreira são os fatores determinantes para a eficácia desta estratégia, sendo necessário que ele seja suficientemente alto e largo.

A barreira arquitetônica age como interceptadora dos principais raios sonoros que atingiriam a edificação a ser protegida, formando uma sombra acústica, representada na figura 107 pela área hachurada. Observa-se que o edifício identificado como A serve como barreira para o edifício B.

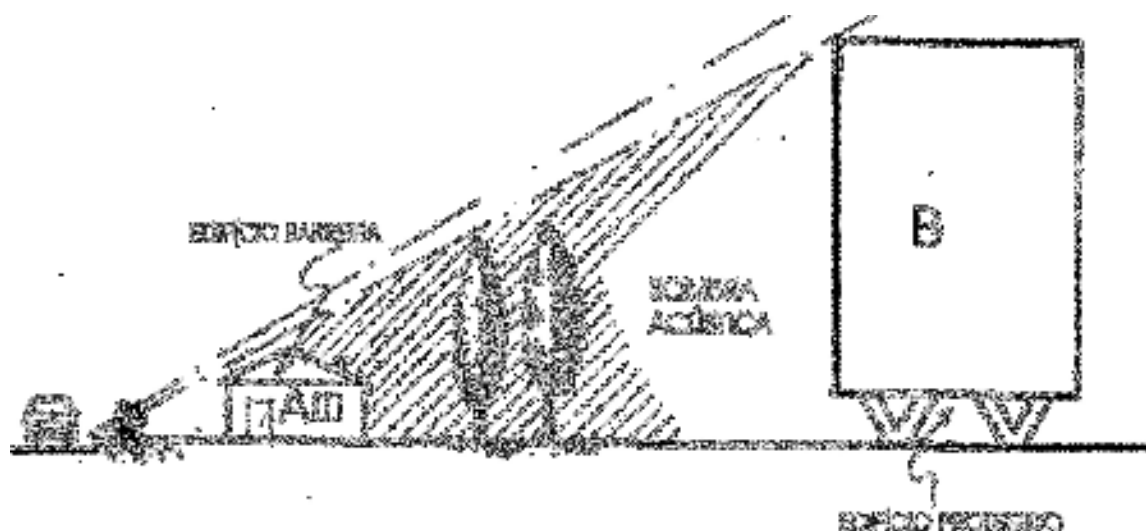


Figura 107 Altura de um edifício barreira.

Fonte: Arizmendi (1980).

Ressalta-se, no entanto, que nos dois casos da figura 107 os edifícios protegidos ainda são atingidos pelos raios sonoros provenientes da difração nos topos das barreiras, evidentemente com menos intensidade do que se fossem atingidos pelos raios sonoros interceptados pela barreira.

Assim, em uma implantação com mais de um edifício, convém analisar qual seria o menos sensível ao ruído urbano, para que este seja localizado entre a fonte sonora e o edifício mais sensível, agindo como uma barreira acústica. Da mesma forma, quando o projeto for concebido para ter apenas um edifício, há a alternativa de subdividi-lo em blocos, de acordo com as funções, para que o menos sensível seja barreira acústica para o mais sensível.

4.5 Variações na planta

Em relação à planta do edifício a ser protegido, para Arizmendi (1980), as composições muito irregulares, com muitas arestas, podem dar espaços para focos acústicos indesejáveis em algumas partes do edifício. O autor afirma ainda que a sobriedade e a pureza de linhas devem ser as principais preocupações em um projeto anti-ruído.

Na figura 108, há uma comparação entre duas plantas: a primeira com formas irregulares e muitos recuos; a segunda com formato regular. Ocorre que na planta irregular há um acúmulo de raios sonoros na fachada principal proveniente das reflexões produzidas pelas várias faces do edifício, reforçando o nível de intensidade do ruído externo, o que exige um cuidado ainda maior no isolamento da fachada, o que não acontece na planta regular.

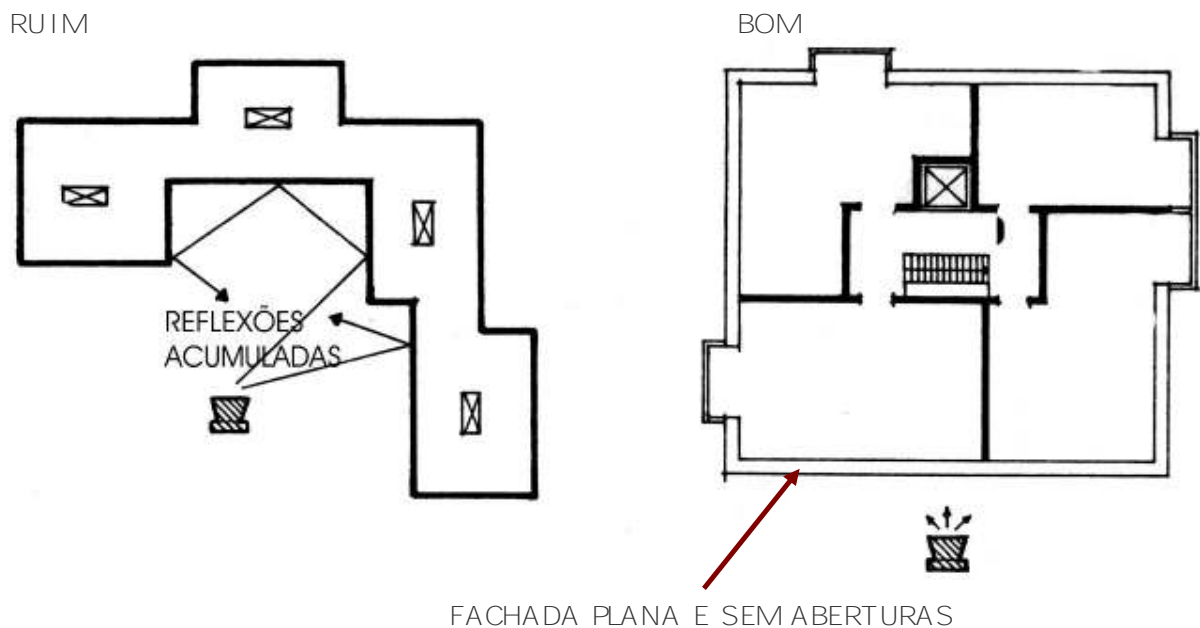


Figura 108 Variações nas plantas.

Fonte: Adaptado de Arizmendi (1980).

O escalonamento pode ser um fator vantajoso para o isolamento acústico, pois permite uma possível hierarquia de acordo com o grau de sensibilidade ao ruído dos edifícios a serem construídos. O primeiro bloco implantado em frente à fonte sonora, naturalmente é o mais atingido, mas serve como barreira para o segundo, que atua como barreira para o terceiro e assim por diante. Portanto os edifícios mais sensíveis ao ruído devem ser localizados nos blocos mais afastados da fonte sonora e, inversamente, os ambientes menos sensíveis devem ser localizados nos primeiros blocos do escalonamento.



Figura 109 Planta escalonada.

Fonte: Adaptado de Arizmendi (1980).

Vale ressaltar que os ruídos gerados no interior das edificações, dependendo da distância entre elas, podem comprometer e muito o conforto acústico. No caso de casas separadas por poucos metros, com janelas que não se confrontam diretamente e fechadas, o isolamento será da ordem de 60 a 70dB. Isso é muito mais do que se pode obter quando as casas são geminadas (DE MARCO, 1982).

No caso de uma fachada extremamente atingida por ruído externo, principalmente originado pelo tráfego, algumas medidas simples melhoram muito o resultado final na atenuação do ruído, como fachadas descontínuas e afastadas do limite da rua, o máximo de gramado em jardins e pátios, árvores copadas, entre outras. Tais sugestões melhoram, principalmente, a atenuação nos andares inferiores, perdendo poder em andares muito altos, como será visto a seguir.

4.6 A Altura do edifício

Outro fator que pode interferir no isolamento acústico de um edifício é a sua altura, pois, segundo explica Arizmendi (1980), quanto mais alto for o edifício, maior será sua fachada exposta ao impacto do vento, portador de muitos ruídos. A ação do vento, enquanto força horizontal, contribui para que os raios sonoros sejam transmitidos para o interior do edifício, principalmente através de janelas e portas; exceto no caso de haver algum edifício barreira ou qualquer outro método de atenuação sonora.

Ainda segundo Arizmendi (1980), os edifícios mais baixos são mais recomendáveis, do ponto de vista do isolamento acústico, pois, além dos andares mais altos ficarem mais sensíveis aos ruídos distantes, a atenuação sonora com o distanciamento vertical é mínima, assim como já foi explicado em relação ao distanciamento horizontal. Exceto quando há um recuo em determinado andar, pois este estaria mais protegido devido à barreira acústica formada pelo andar inferior, como se observa na figura 110, a intensidade sonora registrada no andar D é consideravelmente menor do que no andar C, isso se comparada com a diferença entre as intensidades sonoras de A, B e C, que são menos eficazes, sendo que a altura entre estes é ainda maior.

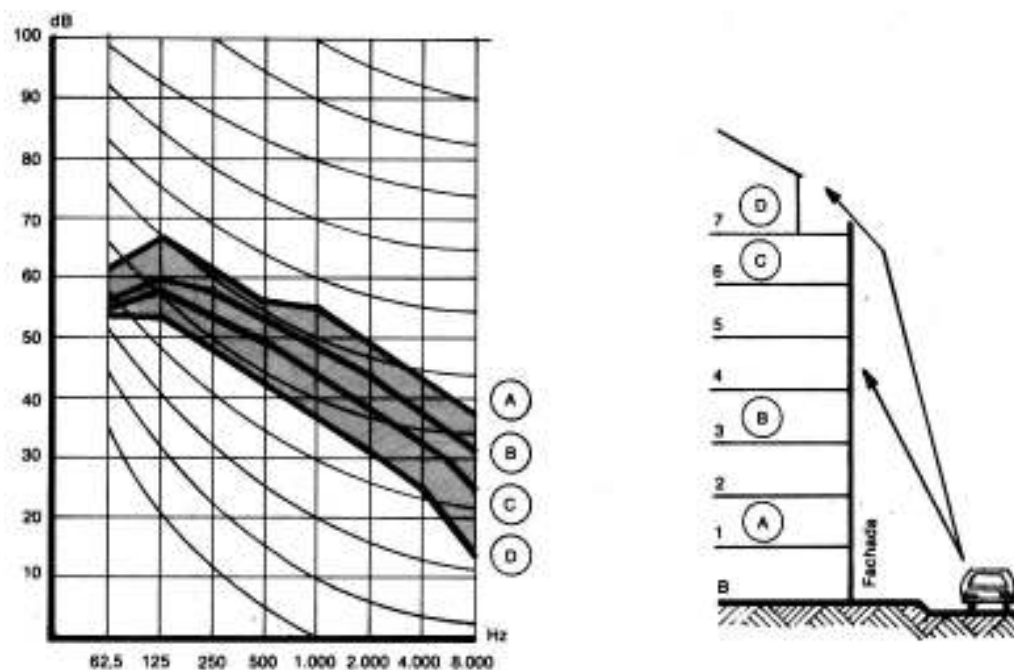


Figura 110 Altura dos edifícios.

Fonte: Adaptado de Arizmendi (1980).

Para Josse (1975), ao se construir perto de uma via de circulação importante, é preferível, do ponto de vista da acústica, erguer edifícios baixos (três ou quatro andares) do que muito elevados, pois assim se pode tirar proveito do efeito de absorção do solo, especialmente relevante se este for cultivado e coberto por vegetação. O autor comenta ainda que este é um dos poucos métodos possíveis para atenuar o ruído dos aviões nos arredores das pistas.

Arizmendi (1980) concorda com Josse, afirmando que os solos absorventes, cobertos com vegetação, só influenciam nos andares mais baixos de um edifício, com atenuações variáveis dependendo da frequência sonora, segundo tabela 10.

Atenuações sonoras possíveis em solos cobertos com vegetação						
Hz	125	250	500	1.000	2.000	4.000
dB(A)	1	2	6	5	2	2

Tabela 10 Atenuações sonoras possíveis em solos vegetativos.

Fonte: Adaptado de Arizmendi (1980).

Observa-se que a absorção maior se dá na frequência de 500Hz com 6dB(A). Em seguida decai para 2dB(A) com frequência de 4.000HZ. O autor reforça que as características do solo influenciam muito na intensidade sonora que chega ao edifício, pois, quanto mais absorvente for o solo, menor será a intensidade sonora que atinge o receptor. Portanto, mesmo para edifícios baixos, é necessário que o solo seja tratado sempre com vegetação, evitando planos possíveis de reflexão, como, por exemplo, o concreto, o que faria com que a sugestão de pouca altura nos edifícios não se justificasse mais pela absorção sonora no solo.

Máquinas e fontes que transmitam seus ruídos através da estrutura devem ser situadas, se possível, diretamente acima das fundações, cuja estrutura é geralmente mais pesada e por isso mais isolante, além do que as vibrações poderão ser absorvidas diretamente pela terra (PARKIN *apud* DE MARCO, 1982).

4.7 Fachada: plástica, adornos e aberturas

A solução plástica adotada na fachada pode ser um grande atenuador sonoro, protegendo o edifício do ruído urbano. Isso porque os elementos externos podem caracterizar barreiras sonoras, interrompendo a “linha de visão acústica”, como descreve Egan (1988), entre o ambiente interno e o externo, protegendo principalmente as estruturas mais frágeis da fachada, como portas e janelas.

A volumetria da fachada pode ser concebida segundo preceitos acústicos. Uma parte do edifício pode servir como barreira acústica para uma outra parte, desde que intercepte os raios sonoros originados na rua, como no exemplo da figura 111, onde os primeiros andares do bloco B estão protegidos pelo bloco A. Entretanto, especificamente neste caso, Egan (1988) ressalta a dificuldade de acesso em casos de incêndio ou resgate.

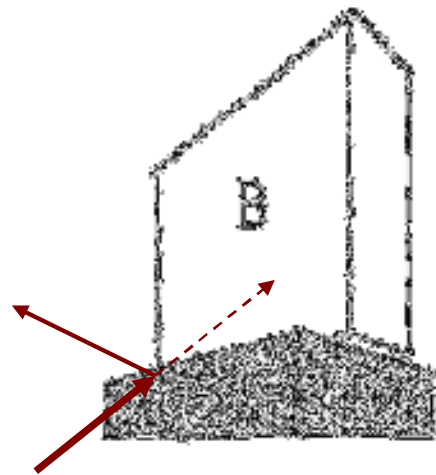


Figura 111 Atenuação na volumetria do edifício.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).

Outro método possível de atenuação sonora na volumetria é conceber o edifício em níveis recuados, onde um nível serve como barreira acústica para o nível acima, e assim por diante, conforme mostra a figura 112. O primeiro nível seria o único sem atenuação, em que seria necessário adicionar um outro método de isolamento acústico ou ser destinado aos ambientes menos sensíveis ao ruído externo.

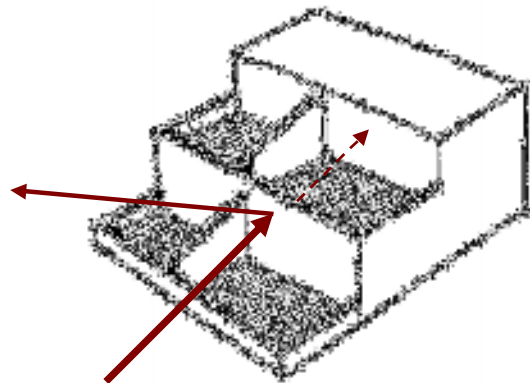


Figura 112 Edifício com andares recuados.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).

Os terraços instalados nas fachadas mais sensíveis ao ruído externo contribuem muito para a atenuação sonora, especialmente quando a fonte se encontra no nível da rua. Isso ocorre porque seus peitoris servem como barreiras acústicas, interceptando os raios sonoros que facilmente atingiriam as portas e janelas. Entretanto, a eficácia deste método depende muito dos revestimentos usados nas faces internas destes terraços. O forro, por exemplo, pode refletir os raios sonoros incidentes nele para a superfície da fachada, alcançando portas ou janelas. A solução é simples quando é possível revestir o forro com materiais absorventes sonoros, evitando que os raios sejam refletidos, conforme se verifica na figura 113.

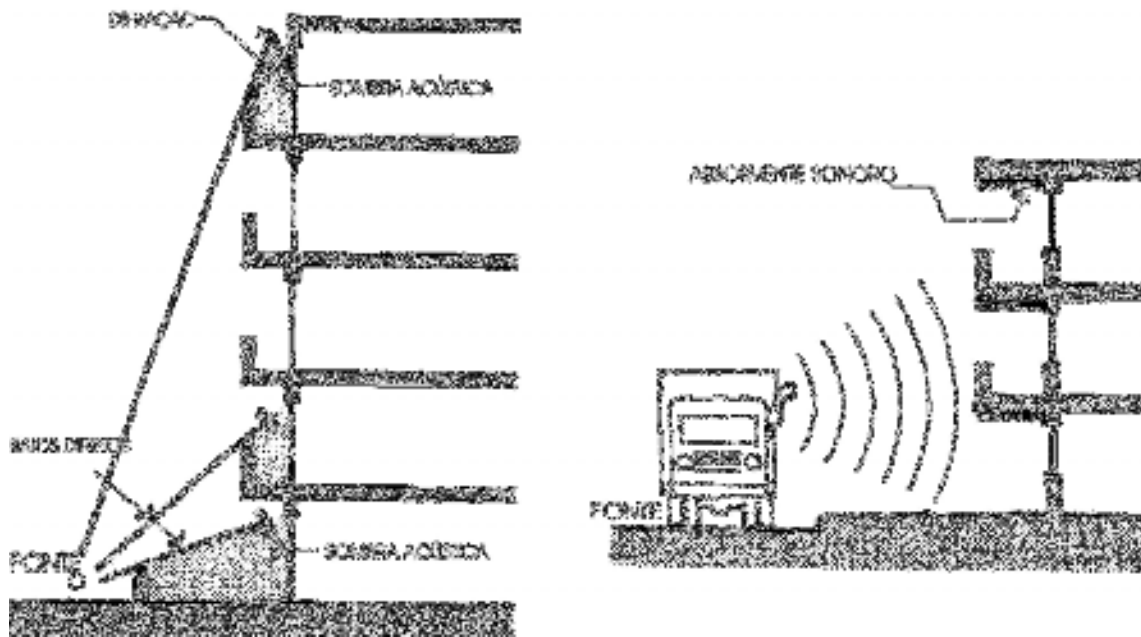


Figura 113 Terraço como barreira acústica.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).

Outro possível problema em um terraço, enquanto atenuador sonoro, é a difração ocorrida no topo do peitoril, formando uma sombra acústica apenas abaixo do ângulo de difração. Quando possível, a abertura para a porta ou janela deve estar dentro desta zona de sombreamento, caso contrário, terá que ser aplicado algum método alternativo para evitar esta difração sonora.

O peitoril deve ser concebido sem frestas, totalmente sólido, caso contrário os raios sonoros o atravessarão e atingirão a porta ou janela. Em um projeto já concebido, cujo peitoril do terraço é vazado, a solução mais prática é preencher as frestas com algum material refletor, como por exemplo, madeira compensada ou vidro. Adicionado a isso, o tratamento no forro e na face interna do peitoril com materiais absorventes sonoros garantiria um aumento considerável na perda de transmissão sonora, segundo Egan (1988), cerca de 5 a 10 dB atenuados.

Em relação a uma fachada côncava, voltada para a área externa, ela tende a acumular as reflexões sonoras no seu centro, conforme visto no segundo capítulo, aumentando a necessidade de atenuação sonora do edifício. Já uma fachada convexa dispersa os raios sonoros incidentes, não permitindo acúmulo de reflexões próximos a ela (VER P. 88).

Egan (1988) ressalta que na concepção da fachada de um projeto, especialmente onde a proteção acústica está entre os quesitos mais importantes, deve-se estudar cuidadosamente as aberturas de portas e janelas para as faces ruidosas, pois quando mal aplicadas podem transmitir 80% do ruído externo para dentro da edificação.

Para Arizmendi (1980), é perfeitamente possível construir um edifício que garanta um alto nível de isolamento (40 a 45dB(A)) contra os ruídos exteriores, porém, sob a condição de que todas as janelas para o exterior estejam fechadas, o que exige eficiente sistema de condicionamento de ar.

Para Josse (1975), as aberturas nas fachadas, tanto para as portas quanto para as janelas, são geralmente os fatores prejudiciais para o bom isolamento do edifício contra os ruídos externos, mesmo que estejam fechadas.

As paredes compostas, constituídas por superfícies com diferentes isolamentos acústicos, têm o seu índice Composite TL, ou seja, a perda de transmissão sonora⁴⁹, condicionado, geralmente, pelo elemento mais fraco, como portas e janelas, seguindo a equação:

$$TL = 10 \log \frac{1}{t} \text{ dB}$$

Os tamanhos das aberturas interferem, obviamente, no desempenho acústico do edifício, pois o nível TL depende da área e do coeficiente de absorção do material da superfície em questão. A figura 115 compara o nível TL em paredes de tijolos com e sem janelas, concebidas de várias formas e tamanhos diferentes, perante um ruído externo de 100dB. Nota-se que à medida que a área de vidro aumenta, diminui o isolamento sonoro, visto que, no primeiro caso, a parede sem janela atenuou 50dB; já no último, a parede inteira de janela atenuou apenas 20dB.

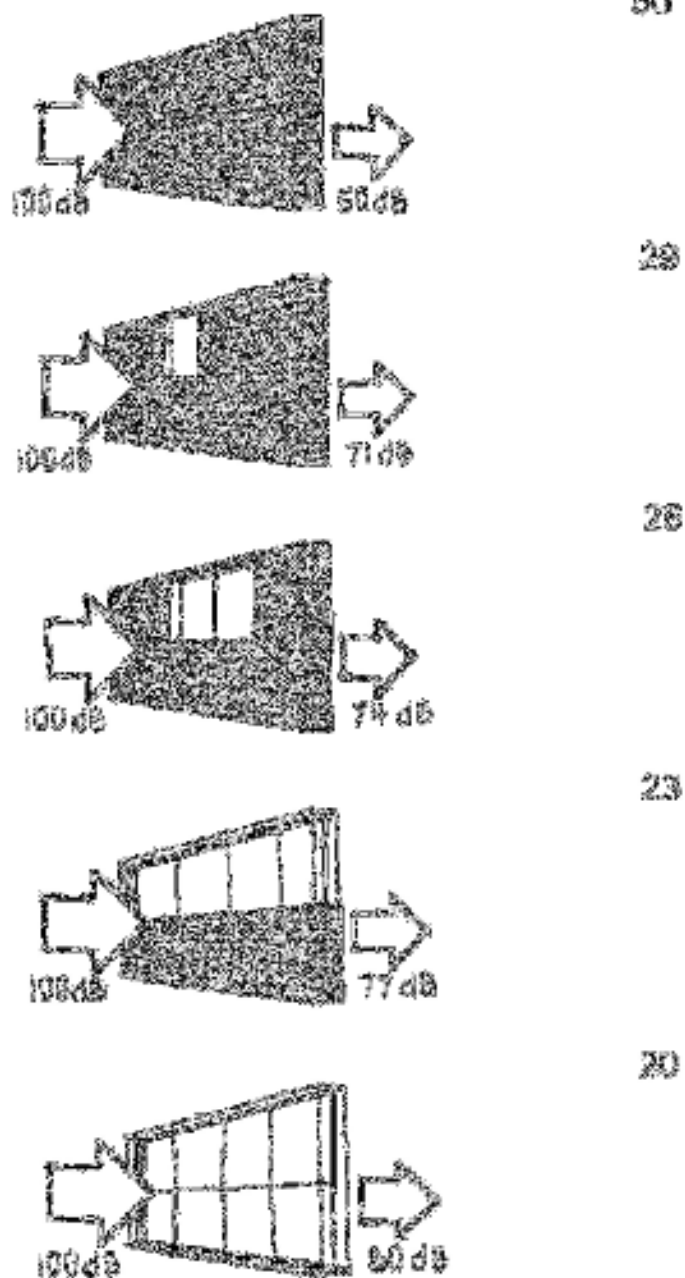


Figura 114 Perda de transmissão sonora em paredes compostas.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).

Atualmente, existem esquadrias e vidros especiais que atuam como isolantes do ruído externo. Estas soluções, entretanto, elevam muito o custo de uma obra. Nesta dissertação não será abordado o desempenho acústico dos materiais, tais como seus índices de isolamento e coeficientes de absorção (VER ANEXOS V E VI) restringindo-se apenas às suas formas e dimensões.

Para Silva, (2002), se for constatado no ambiente externo ruído de 60 a 65dB, janelas e paredes convencionais na fachada serão suficientes para isolar tal ruído. Porém, se for verificado ruído superior a 65 dB, tornam-se necessários cuidados especiais.

Entende-se que especialmente em países quentes o elemento mais fraco no isolamento de um edifício é a janela. De Marco (1982) define critérios de uso em função das distâncias das fontes externas, conforme apresentado na tabela 11.

As distâncias mínimas entre as fontes de ruído externas e os recintos em planejamento são citadas considerando determinadas dimensões para três casos específicos: janela aberta; janela simples, com vidro de 3mm, fechada e sem frestas; janela dupla com duas placas de vidro de 3mm, câmara de ar estanque de 10cm entre as duas e material absorvente na moldura. Dois critérios são usados para cada tipo de janela: o primeiro é “ideal”, que indica que o ruído é desprezível; o segundo é “aceitável”, mostrando que a comunicação oral é possível, porém com certa dificuldade; o autor ressalta que qualquer distância menor que a aceitável produzirá considerável interferência no uso da sala.

Observa-se na tabela 11 que a liberdade para que se tenha janelas abertas em uma edificação, em geral, exige uma distância da fonte sonora, às vezes, inexequível, principalmente quando as dimensões do terreno não permitem tal distanciamento. Um exemplo, de acordo com a tabela, se dá em uma sala de aula, com janelas abertas, cuja metragem é de 7,5m², e seria necessário uma distância da fonte sonora de mais de 650m para que o critério auditivo pudesse ser considerado ideal.

Distâncias mínimas entre locais e fontes de ruído externas			
Sala	Tipo de janela	Critério	Distância (m)
Sala de aula	aberta (7,5 m ²)	ideal aceitável	Mais de 650 65
	simples (11 m ²)	ideal aceitável	50 8
	dupla (11 m ²)	ideal aceitável	sem restrições
Sala de reuniões ou teatro de 500 lugares	aberta (9 m ²)	aceitável	160
	simples (90 m ²)	aceitável	30
	dupla (90 m ²)	-	sem restrições
Sala de reuniões para 50 pessoas	aberta (2 m ²)	ideal aceitável	300 100
	simples (40 m ²)	ideal aceitável	65 20
	dupla (40 m ²)	ideal aceitável	20 sem restrições
Sala de reuniões para 20 pessoas	aberta (9 m ²)	ideal aceitável	250 100
	simples (14 m ²)	ideal aceitável	40 15
	dupla (14 m ²)	ideal aceitável	10 sem restrições
Pequeno escritório privado	aberta (3 m ²)	ideal aceitável	250 50
	simples (9 m ²)	ideal aceitável	15 5
	dupla (9 m ²)	ideal aceitável	sem restrições

Tabela 11 Distâncias mínimas entre locais e fontes de ruídos externas.

Fonte: De Marco (1982).

O mecanismo de abertura das janelas também pode ser projetado de modo que contribua para a atenuação sonora. Egan (1988) sugere janela com esquadria dupla, com duas aberturas independentes e desalinhadas, fazendo com que os raios sonoros não incidam diretamente no interior do edifício, tendo que atravessar antes uma “antecâmara”, revestida nas faces internas das paredes com absorventes sonoros, o que faz com que o nível de intensidade sonora esteja reduzido consideravelmente no momento que alcança a segunda abertura, onde os raios incidiram para o interior do edifício, como demonstrado na figura 116. Quando as janelas estiverem fechadas, a atenuação sonora é ainda maior, equivalendo a janelas de vidros duplos.

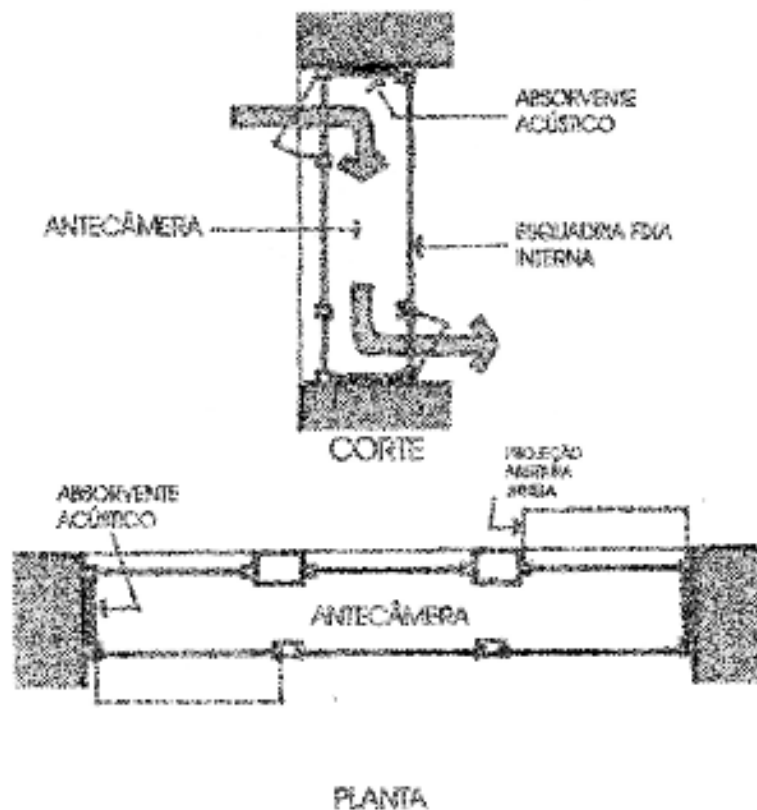


Figura 116 Abertura das janelas.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).

Por fim, um outro fator importante para um bom desempenho acústico referente à janela é quanto a sua localização, pois janelas muito próximas entre dois apartamentos, por exemplo, paralelas ou perpendiculares ficam volúveis aos ruídos produzidos no interior da outra unidade, conforme a figura 117-a. Egan (1988) recomenda que as janelas de unidades diferentes sejam distanciadas o máximo possível entre si, a exemplo da figura 117-b, para evitar que os raios sonoros gerados dentro de uma unidade atravessem as janelas atingindo a outra unidade.

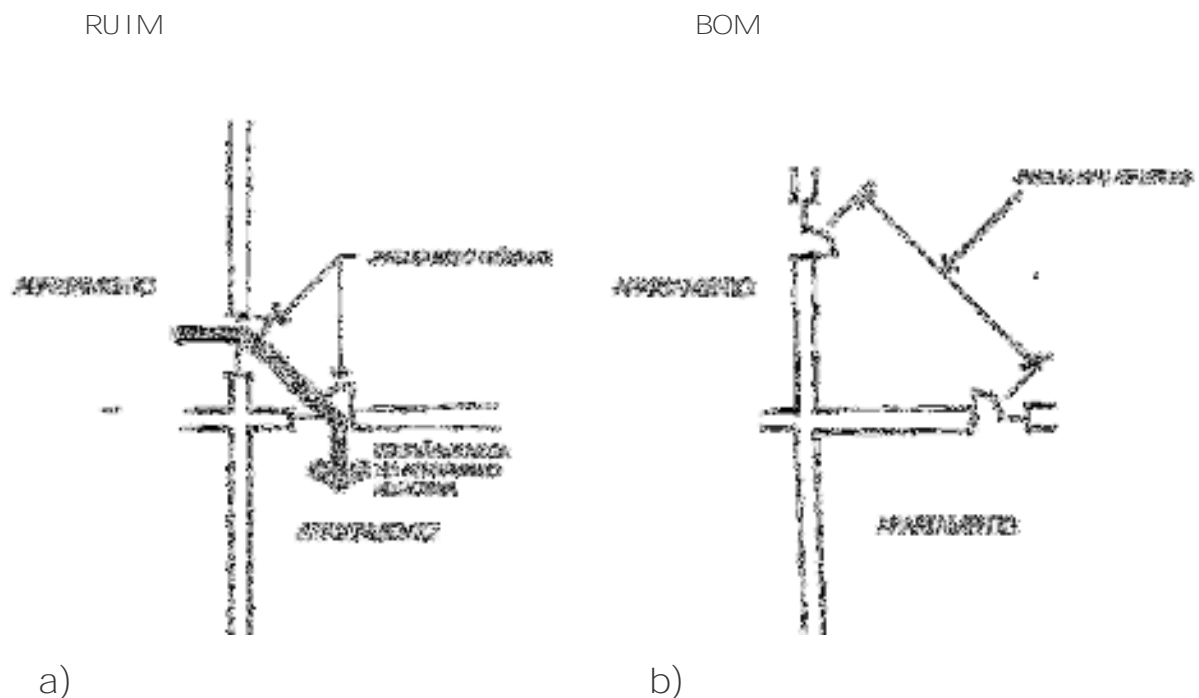


Figura 117 Localização das janelas.

Fonte: Adaptado de Egan (1988).