



RUÍDO URBANO E ARQUITETURA, EM CLIMA TROPICAL-ÚMIDO

Maria Lygia de Niemeyer

M. Sc. PROARQ / FAU / UFRJ

Jules Ghislaim Slama

D. Sc. COPPE / PROARQ / FAU / UFRJ

RESUMÉ:

Comme solution pour les problèmes du bruit, plusieurs actions ont été proposées dans les pays plus développés: des législations concernant le contrôle du bruit; de nouvelles propositions de l'urbanisme (barrières acoustiques); des solutions concernant l'architecture, etc. La globalisation a permis qu'un grand nombre d'idées, de méthodes, de lois, de normes et de résultats scientifiques soient développés et adoptés pour des situations différentes sans une analyse approfondie. Ainsi nous retrouvons dans des pays tropicaux des lois, des structures urbaines, des formes et les détails architecturaux qui ne correspondent pas aux conditions climatiques et socio-économiques du pays où les questions de la pollution n'ont pas accompagné l'évolution industrielle et urbaine. Dans le climat tropical humide caractéristique de certaines régions brésiliennes, il faudra revoir les solutions

adoptées et proposer un nouveau modèle basé sur des caractéristiques régionales. Ce travail a pour objectif de présenter quelques réflexions qui permettent servir de base à des modèles permettant d'analyser plusieurs situations et de proposer quelques solutions.

O meio ambiente urbano

Embora as primeiras cidades tenham surgido há cerca de 5.500 anos, a urbanização em grande escala iniciou-se há pouco mais de um século:

"O processo de urbanização alcançou proporções significativas de expressão espacial a partir de meados do século XIX. Com a expansão das cidades modifica-se substancialmente a paisagem natural." (Lombardo (1985: 23)).

Fruto, por um lado, do salto tecnológico considerável representado pela Revolução Industrial, tal processo, por outro, foi

responsável pela introdução ou intensificação de uma série de problemas (poluição sonora, do ar e da água; carência de infraestrutura, ...).

Tendo alcançado um padrão de vida sem paralelo na História da Humanidade, as grandes metrópoles, entretanto, vêm apresentando problemas extremamente graves. Embora os maiores sejam, sem dúvida, os de ordem social e econômica, a questão do meio ambiente criado é grave e não pode ser negligenciada na tarefa da construção urbana.

O impacto sensorial provocado pela forma física da cidade afeta seus habitantes, submetidos a uma enorme carga de tensão perceptiva:

".... A cidade é por demais quente, por demais ruidosa, por demais contundente; o ar é desagradável. Muito freqüentemente, as sensações que experimentamos vão além dos limites de conforto e mesmo de tolerância" (Davis et al. (1972: 208)).

Uma cidade que cresce sem planejamento adequado do uso do solo, compromete a qualidade de vida de seus habitantes, como é o caso de países, como o Brasil, em que a maior parte da população urbana carece de recursos básicos e as intervenções para corrigir o espaço urbano podem ser economicamente inviáveis. Daí a necessidade de que os parâmetros de verticalização e ocupação do solo sejam fixados em função da criação de um ambiente compatível com a qualidade de vida humana.

Conforto em clima tropical-úmido

Um ambiente é considerado confortável quando as sensações provocadas por suas características físicas podem ser consideradas agradáveis em todos os níveis (térmico, acústico, lumínico, olfativo). A percepção é o resultado da interpretação destas sensações. É, porém, um processo muito mais complexo, influenciado por fatores subjetivos como cultura, memória, desejos e outras necessidades individuais: um mesmo ambiente, em um mesmo momento, pode ser percebido de forma diferente por cada um de seus usuários.

A elaboração de um projeto que possa oferecer conforto global é tarefa bastante complexa. Cada área de conforto apresenta especificidades que implicam soluções arquitetônicas próprias e, não raro, conflitantes. Em clima tropical-úmido, as diretrizes para obtenção de conforto higrotérmico, por meios passivos, recomendam a utilização de materiais leves (baixa inércia térmica) e de ventilação natural. A impossibilidade de evitar que os ruídos aéreos penetrem pelos vãos de ventilação e a pouca resistência à transmissão sonora oferecida pelas paredes resultam em edificações extremamente permeáveis ao ruído.

A relevância do estudo de alternativas para compatibilização entre os confortos térmico e acústico, em clima quente-úmido, se deve ao fato de que, dadas as características socioeconômicas da maioria dos países tropicais, a utilização de técnicas passivas de condicionamento térmico é recomendada pela possibilidade que ofe-



recem de produzir edificações de baixo consumo energético. Entretanto, quase todo o conhecimento relativo ao controle de ruído urbano é originário de países de clima temperado ou frio, não existindo, ainda, um estudo sistemático do controle de ruído urbano em climas quentes, quer no âmbito da legislação, quer no das soluções arquitetônicas.

Clima e arquitetura

O processo de concepção de um edifício pode ser dividido em quatro etapas, das quais a última é a arquitetura. Um projeto climaticamente equilibrado deve ser precedido da análise das variáveis clima, biologia e tecnologia (Olgay (1963: 11)).

O desempenho térmico de uma edificação está subordinado ao controle dos efeitos dos elementos climáticos. Os dados referentes à temperatura, umidade relativa, radiação solar, direção e intensidade dos ventos e índices pluviométricos devem ser previamente levantados. Para que sejam, de fato, úteis à concepção de um projeto, tais dados devem ser relacionados e interpretados. Com este objetivo, foram desenvolvidas diversas ferramentas de auxílio ao projeto: diagramas bioclimáticos, cartas solares, tabelas de Mahoney e, mais recentemente, alguns *softwares* de simulação climática.

Considerando a presença do homem sobre a quase totalidade da superfície do planeta, é ao edifício que cabe a tarefa de oferecer abrigo contra os rigores da natureza. Há cerca de um milhão de

anos, quando iniciou sua caminhada na Terra, a interação entre o homem, seu *habitat* e o meio ambiente era natural. Através dos tempos, a arquitetura evoluiu, adquirindo características próprias, de acordo com o clima, a cultura e os recursos naturais disponíveis.

Os meios artificiais de iluminação e condicionamento térmico vieram modificar a distribuição dos espaços internos do edifício, permitindo a construção de compartimentos sem luz ou ventilação naturais. Na década de 50, o "Estilo Internacional" pretende a padronização da arquitetura: edifícios que obedecem a uma mesma "receita" são construídos nas mais diversas latitudes, sob as mais variadas condições climáticas, culturais e ambientais. O vidro, elemento importante desta linguagem, é utilizado em larga escala. Se, por um lado, permite a integração interior/exterior, por outro, em virtude de sua transparência, não constitui barreira para a radiação solar. Nos climas tropicais, o considerável ganho térmico resultante sobrecarrega os sistemas de climatização artificial, e torna este modelo de edifício um grande consumidor de energia.

A importação de padrões arquitetônicos, desvinculada da realidade climática local, só começaria a ser seriamente discutida a partir da década de 70, quando a crise do petróleo traria as questões ecológicas (geração de energia, resíduos, sustentabilidade) para a ordem do dia.

Ruído urbano

Problemas gerados pelo ruído tornam-se mais e mais pesados à medida que

umentam o tamanho das cidades, o volume do tráfego, a densidade da malha urbana. A Organização Mundial de Saúde considera que, nos dias de hoje, a poluição sonora é menos grave, apenas, que as poluições do ar e da água.

Os habitantes dos grandes centros urbanos têm, permanentemente, seu espaço social e privativo invadido pelo ruído, como um "nevoeiro sonoro", que mascara os sons cotidianos, dificulta a comunicação oral e destrói a identidade sonora dos ambientes.

Os aglomerados urbanos são associados ao progresso - e ao ruído - desde o início da história. A praça do mercado, a ágora grega e as feiras da Idade Média, tinham a ambiência ruidosa como uma de suas principais características. Eram, entretanto, espaços dotados de identidade sonora própria, compatível com as atividades que neles se desenvolviam.

A industrialização, iniciada em fins do século XIX, e fortemente acelerada a partir da segunda metade do nosso século, além de introduzir novas fontes sonoras, ao substituir os métodos de produção manuais pelos mecânicos, foi responsável pela invenção e posterior popularização do automóvel.

O ruído do tráfego é responsável pela maioria das queixas sobre poluição sonora, embora, em casos específicos, a comunidade possa, também, ser incomodada pelo ruído produzido por determinadas atividades (indústrias, discotecas, canteiros de obra). Hoje, nas grandes cidades, cerca de 80% da energia acústica total provém da circulação de veículos automotores (CETUR

(1978:24)). Embora, individualmente, menos ruidosos que os veículos pesados, os automóveis são, em conjunto, a maior fonte de ruído urbano.

A Revolução Industrial resultou também na introdução de novos materiais e técnicas construtivas, permitindo a produção de edifícios de múltiplos pavimentos. Tais alternativas tecnológicas, aliadas à necessidade de acomodar a massa de trabalhadores que migravam para os grandes centros, resultaram em processos de urbanização que, na maioria das vezes, caminharam no sentido da adoção de partidos arquitetônicos verticais e do adensamento da malha urbana.

Mudadas as fontes e as características do meio de propagação, os habitantes dos centros urbanos, terceiro elemento do trinômio emissão / propagação / recepção do som, foram, conseqüentemente, afetados.

Modelo acústico para clima tropical-úmido

Qualquer situação acústica envolve, necessariamente, três elementos: fonte sonora, meio de propagação e receptor. A abordagem clássica dos problemas relativos ao ruído urbano adota o seguinte modelo:

- fontes sonoras: veículos;
- meio de propagação: tecido urbano;
- receptor: o edifício.

Este modelo, válido para países temperados e frios, deve, no entanto, ser revisto quando se estuda o ruído em climas tropicais onde não existe fronteira rígida entre exterior e interior: as janelas permanecem abertas a maior parte do dia e a arqui-



tetura utiliza amplamente varandas, terraços e espaços semi-abertos. O interior do edifício é, também, meio de propagação, embora o ruído, ao ultrapassar a fachada, sofra uma certa atenuação. As diferenças climáticas condicionam diferenças de comportamento: as atividades ao ar livre são frequentes e podem ser desenvolvidas em qualquer época do ano. Nos climas quentes o homem está exposto ao ruído por períodos de tempo muito mais longos que em climas temperados e frios.

Para esta situação climática pode ser mais conveniente considerar:

- fontes sonoras: veículos;
- meio de propagação primário: tecido urbano;
- meio de propagação secundário: interior do edifício;
- receptor: o homem.

Diretrizes para conforto acústico em clima tropical-úmido

Os níveis de ruído urbano podem ser reduzidos através de intervenções sobre as fontes sonoras ou sobre os meios de propagação (primário e secundário). A cada um destes elementos corresponde um conjunto de medidas capazes de minimizar a poluição sonora causada pelo tráfego de veículos. Nem sempre estas intervenções estão no âmbito do desenho urbano e da arquitetura. Os problemas relativos ao ruído urbano devem, na realidade, ser estudados por uma equipe multidisciplinar que inclua especialistas nas áreas de transportes e da indústria automobilística.

Intervenções sobre a emissão sonora

Dentre as medidas abaixo, apenas a última está dentro da área do desenho urbano. As demais dependem das autoridades municipais, estaduais e de especialistas em outras áreas:

- estabelecimento de níveis máximos de emissão de ruído para os veículos das diversas categorias;
- limitação da velocidade em determinadas áreas;
- estabelecimento de restrições (horário e itinerário) ao tráfego de veículos pesados;
- coordenação dos sinais luminosos (onda verde) objetivando maior fluidez no tráfego;
- implantação de sistema eficiente de transportes coletivos ferroviários (metrô e trens);
- criação de pistas seletivas, com boas condições de escoamento, para o tráfego de ônibus;
- pavimentação com materiais pouco refletivos (por exemplo, asfalto absorvente);
- pistas com pequena declividade e traçado geométrico homogêneo.

Intervenções sobre o meio de propagação

Como foi visto anteriormente, nos climas quentes, o projeto climático não pode se limitar ao interior do edifício. Embora seja uma simplificação, pode-se admitir que, nos trópicos, o homem não vive "den-



tro" e sim "ao redor" de sua casa (Mascaró (1983: 49)). Como muitas das decisões tomadas em relação ao edifício (implantação, materiais de revestimento, tratamento do entorno) podem vir a influir no nível de ruído do meio exterior, as recomendações para conforto acústico que emitiremos a seguir foram tratadas em duas escalas (tecido urbano e edifício). De modo geral, em clima tropical-úmido, as intervenções na escala do desenho urbano revelam-se mais apropriadas. Visto que, na prática, muitas vezes é impossível alterar um tecido urbano já consolidado, devem ser, também, consideradas alternativas de atenuação do ruído na escala do edifício:

·**distância fonte receptor:** deve ser mantida a maior distância possível entre o alinhamento das fachadas e as fontes de ruído (vias de tráfego). Esta medida é, freqüentemente, inviabilizada por outros fatores (tamanho do terreno, custo do solo);

·**implantação:** a localização das fontes de ruído é um dos critérios para escolher a implantação mais adequada de um edifício. Evidentemente que outros fatores, como insolação e ventilação, também devem ser considerados.

Nos exemplos da figura 1 as soluções à esquerda são mais felizes, do ponto de vista acústico, por preservarem do ruído uma maior superfície de fachada e por criarem espaços internos protegidos. As proporções dos pátios e passagens entre prédios (relação da distância entre fachadas e a altura dos edifícios) devem, no entanto, ser bem estudadas para evitar a criação de espaços reverberantes;

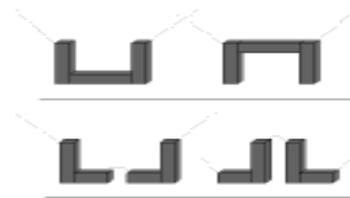


Fig. 1 - Implantação

·**barreiras acústicas:** muitas vezes, pode ser necessária a implantação de barreiras acústicas para a proteção dos edifícios ao longo das vias de tráfego pesado. As barreiras podem ser simples ou duplas (figura 2) e a fonte sonora e o receptor podem estar em níveis diferentes.

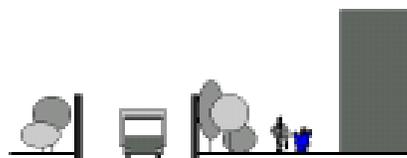


Fig. 2 - Barreira dupla

Não deve ser esquecido o fato de que as margens da via de tráfego são habitadas. O uso combinado de barreiras construídas com vegetação, se não tem grande eficiência do ponto de vista acústico, permite uma melhoria da ambiência sonora, pelos efeitos de mascaramento e absorção, e atenua o impacto visual negativo que muitas vezes a barreira artificial acarreta. Também é interessante, sempre que possível, dotar a barreira de trechos





transparentes (figura 3);

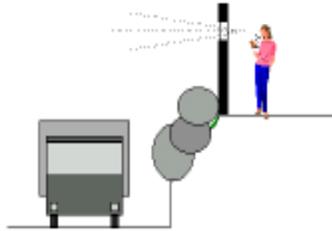


Fig. 3 - Transparência em barreira acústica

edifício barreira: um prédio paralelo à via de tráfego pode desempenhar a função de barreira acústica (figura 4). O edifício barreira deve ser, de preferência, destinado a atividades pouco sensíveis (estacionamento, depósito, almoxarifado). Caso não seja possível, a fachada voltada para a fonte deve apresentar um bom nível de isolamento sonoro e o espaço interno hierarquizado em função do ruído;

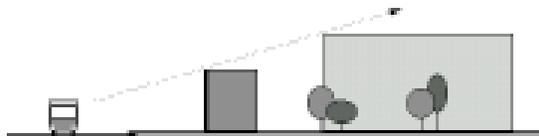


Fig. 4 - Edifício barreira

movimentos de terra: os movimentos de terra, naturais ou construídos, podem ser aproveitados como barreira acústica. O uso de taludes ou pequenos movimentos de terra separando vias rápidas de vias de ser-

viço ou de ruas de pedestres também apresenta bastante eficiência (figura 5);



Fig. 5 - Movimento de Terra

barreiras no edifício: certos elementos de fachada como jardineiras ou peitoris de varandas e sacadas podem ter sua altura calculada de modo a funcionar como barreiras acústicas (figura 6). Devem para isto ser executados em material pesado (concreto, alvenaria) e não apresentar frestas (grades e elementos vazados, evidentemente, não são eficientes);

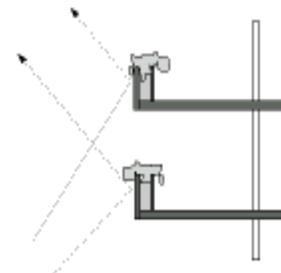


Fig. 6- Peitoril fechado

escalonamento (entorno da via): o escalonamento nada mais é do que uma aplicação do efeito barreira. O princípio básico do escalonamento é posicionar os edifícios de modo que o primeiro sirva de



barreira sonora para o segundo, o segundo para o terceiro e assim sucessivamente. O plano de massa (figura 7) deve definir a posição e a altura dos prédios, ao longo das vias de tráfego, em função das curvas de isoatenuação (lugar geométrico dos pontos de mesma atenuação);

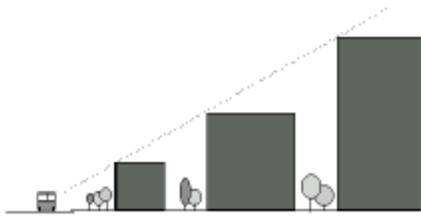


Fig. 7 - Escalonamento - Plano de massa

·**escalonamento (no edifício)**: analogamente, em um edifício, um pavimento pode funcionar como barreira para o imediatamente superior, a proteção sendo obtida pelo simples recuo da parede da fachada. A borda da laje provoca a difração do som, protegendo o espaço interior (figura 9);

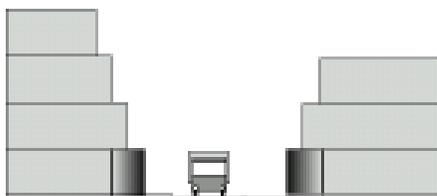


Fig. 8 - Escalonamento - edifício

·**hierarquização de uso (entorno da via)**: o planejamento urbano pode ser feito hierarquizando o uso do solo em função do ruído. No exemplo esquemático da figura 9, a primeira faixa é ocupada por edifícios

destinados à indústria, comércio e serviços. A concentração de atividades desta natureza próximas à auto-estrada apresenta a vantagem adicional de evitar a penetração do tráfego pesado nas áreas residenciais. O entorno das vias secundárias deve ter seu plano de massa estudado em função do ruído;



Fig. 9 - Hierarquização (entorno da via)

·**hierarquização de uso (edifício)**: na figura 10 um exemplo de hierarquização de uso na escala do edifício e seu entorno: neste caso, uma barreira protege o edifício do ruído emitido pela via rápida. O espaço entre a barreira e o edifício é destinado à circulação restrita de veículos (moradores) e estacionamento. A área situada na parte posterior do edifício, resguardada do ruído, pode ser utilizada para atividades de lazer.

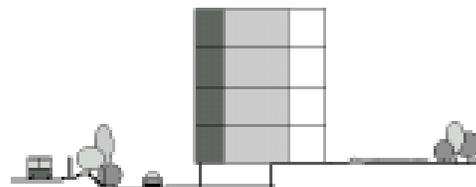


Fig. 10 - Hierarquização de uso - edifício



Os espaços interiores podem, também, ser hierarquizados segundo o mesmo princípio: as peças menos sensíveis (corredores de acesso, escadas, áreas de serviço) estão voltadas para as fachadas expostas e as mais sensíveis (quartos, espaços de estudo) nas fachadas protegidas. O arranjo dos espaços deve criar a transição - seqüência sonora - entre o ruído da rua e os ambientes calmos sem, no entanto, cortar totalmente a comunicação com o exterior;

·tratamento de fachada (isolamento): a parede da fachada é a barreira que se opõe à transmissão do ruído, uma fronteira entre um espaço sujeito à forte exposição sonora e outro em que o som chega atenuado. Deve, portanto, ser dotada de características que permitam um bom desempenho de isolamento com relação aos ruídos da rua.

Em clima tropical-úmido as necessidades de ventilação natural e a recomendação do uso de materiais leves limitam, consideravelmente, as possibilidades de isolamento sonoro; de qualquer modo, alguns cuidados devem ser tomados.

A maior dificuldade em trabalhar a parede de uma fachada reside no fato de que os elementos que a compõem (alvenaria, esquadrias, tomadas de ar, vãos de ar condicionado) apresentam características acústicas muito diferentes entre si.

As tomadas de ar devem ser orientadas para as fachadas protegidas ou, quando isto não for possível, tratadas com materiais absorventes.

Outro ponto fraco da fachada é, geralmente, a janela: o índice de redução sonora apresentado pelas esquadrias co-

muns é baixo. O uso de vidros duplos, muito comum em países temperados e frios, permite melhores níveis de isolamento acústico, porém seu custo é bastante superior, não se justificando em climas tropicais, onde as janelas devem permanecer abertas a maior parte do dia. Caixilhos de boa qualidade, vidros com espessura mínima de 4mm e boas condições de vedação podem garantir níveis satisfatórios de redução sonora.

Uma vez verificados os pontos fracos das fachadas, devem ser considerados os elementos de vedação propriamente ditos. Se o edifício é constituído de paredes portantes, ou de paredes de grande massa específica, a parede apresentará, naturalmente, um bom índice de redução sonora, principalmente se a relação entre proporção de superfície ocupada pelas esquadrias for pequena. Resta então verificar se as transmissões laterais (ligações das paredes de fachada com painéis e lajes) se opõem satisfatoriamente à transmissão do ruído e não constituem mais um ponto fraco;

·tratamento de fachada (espessura): O conceito de espessura da fachada não está associado apenas à massa da parede externa, é muito mais amplo. A fachada não é somente uma "pele" que opõe sua massa à penetração do ruído. A modulação do ruído pode ser obtida através do uso de elementos de transição, entre interior e exterior. A largura destes elementos é, por si só, responsável por uma certa redução do nível sonoro. É como se o edifício possuísse duas fachadas separadas pelo espaço de transição. A multiplicidade de obstáculos apresenta bom desempenho acústico, sem que seja necessário o uso de materiais

pesados.

Nas fachadas voltadas para as fontes sonoras podem ser localizados espaços de transição: escadas, circulações ou, até mesmo, quando os níveis sonoros não forem excessivamente elevados, varandas, terraços e sacadas. Quando os espaços de transição são abertos, os parapeitos devem ser fechados, calculados de modo a funcionar como barreira acústica. O tratamento das superfícies internas destes espaços com materiais absorventes reforça o efeito de "filtro" entre a rua e os compartimentos que se deseja proteger: o ruído penetra significativamente atenuado. Em clima tropical-úmido esta é uma solução interessante, porque tais espaços podem, também, dependendo da orientação, oferecer proteção contra a radiação solar direta, sem prejuízo da ventilação natural (figura 11).

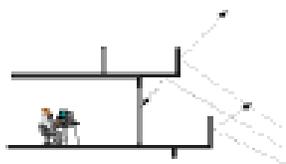


Fig. 11 - Espaço de transição

Conclusão

Os projetos das cidades e dos edifícios têm, muito freqüentemente, relegado o Conforto Acústico a um plano secundário. Habitualmente, o comportamento acústico dos espaços só é estudado em ambientes específicos, como auditórios e estúdios de

som. Para justificar este comportamento argumenta-se que os tratamentos acústicos são excessivamente dispendiosos, o que, em parte, é verdade: corrigir uma situação acústica desagradável é, de fato, caro e difícil, prevenir não. A utilização da Acústica Previsional durante o processo de concepção pode resultar em ambientes bastante satisfatórios, do ponto de vista de sua ambiência sonora, sem que para isso seja necessário aumentar o custo final da obra. Aos arquitetos cabe a tarefa de encontrar a melhor forma de explorar as possibilidades que, isoladamente ou em conjunto, as estratégias de conforto acústico oferecem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CETUR, Centre d'Études des Transports Urbains (1978). *Le Bruit et la Ville*. França: Ministère de l'Équipement et de l'aménagement du Territoire.
- DAVIS, Kingsley et al. (1972). *Cidades - A Urbanização da Humanidade*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- LOMBARDO, Magda Adelaide (1985). *Ilhas de Calor nas Metrôpoles, O Exemplo de São Paulo*. São Paulo: Ed. Hucitec.
- MASCARÓ, Lúcia R. de (1983). *Luz, Clima e Arquitetura*. São Paulo: Nobel.
- OLGYAY, Victor (1963). *Design with Climate - Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press.