

## **IMPLANTAÇÃO E DESENHO DO EDIFÍCIO: A COMBINAÇÃO DE DOIS FATORES, NA CONCEPÇÃO DO PROJETO, CAPAZES DE REDUZIR O EFEITO NOCIVO DO RUÍDO URBANO.**

**M. J. O. Santos**

### **RESUMO**

Iniciar uma proposta corretamente sob a ótica da acústica implica em reconhecer as características sonoras do local do projeto e imediatamente adequar a solução do edifício, desde a sua implantação, de forma que as múltiplas sensações oferecidas pelo som estejam em sintonia com os ambientes. Para um nível de ruído incômodo presente em salas de aula e capaz de comprometer a comunicação verbal entre alunos e professores, só restará ao usuário o confinamento, solução inadequada para uma arquitetura em clima tropical úmido. O objetivo deste trabalho é mostrar que determinadas soluções de implantação de edifícios escolares, associadas ao desenho da edificação, conseguem superar os malefícios do crescimento urbano sem planejamento, tornando o projeto adequado ao seu fim sem que haja desconforto sonoro no seu interior. O levantamento dos projetos é feito na cidade do Rio de Janeiro, onde os níveis de ruído em áreas escolares muitas vezes ultrapassam os valores recomendados nas normas.

### **1 INTRODUÇÃO**

Um dos objetivos da arquitetura é despertar sensibilidades humanas (FURUYRAMA 1997). Observa-se que o movimento da superfície, o seu material de composição, suas dimensões e o modo como é implantado no lote, guardam estreita relação com o som. Assim, ao pensar um projeto, deve-se pensar no som o qual está sempre a ele intrínseco.

No entanto, o som nem sempre está presente no meio urbano de forma favorável ao projeto. Segundo Eniz *et al.* (2006), o ruído urbano está cada vez mais presente no cotidiano, em residências, locais de trabalho, ambientes de lazer, hospitais e escolas, podendo prejudicar as relações sociais, a comunicação, o comportamento e a saúde das pessoas.

A Organização Mundial da Saúde alerta que um ambiente ruidoso acarreta prejuízos ao desempenho humano e causa danos à saúde geral do indivíduo. Os efeitos observados vão desde fadiga, nervosismo, reações de estresse, ansiedade e falhas de memória até irritabilidade (WHO, 1999). Os ruídos intensos, acima de 80 dB(A), dificultam a comunicação verbal. As pessoas precisam falar mais alto e prestar mais atenção para entender e serem compreendidas. Isso faz aumentar a tensão psicológica, provocando um

desgaste mental e físico. A Norma Brasileira NBR 10151 /2000- Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade define os procedimentos de medição do nível de intensidade sonora, indicando níveis de conforto acústico. Já na NBR 10152/2000 são fixadas as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, estabelecendo os níveis máximos de ruído para conforto acústico.

Adotou-se o edifício escolar como objeto de análise desta pesquisa, face ao reconhecimento deste espaço como de importância suma na consolidação do homem como cidadão, no qual a arquitetura representa papel relevante para a materialização da função pedagógica na formação do sujeito. Evidentemente que o ambiente físico com finalidades pedagógicas, exigirá que, na elaboração do projeto para uma escola, se observe rigorosamente inúmeros critérios, dentre os quais, os fatores ambientais, cuja influência é determinante para o bem estar dos usuários. Entre esses fatores o som assume papel relevante pois é parte do mundo perceptivo no qual a edificação se insere e interferirá diretamente na comunicação verbal entre professores e alunos.

Os princípios da acústica arquitetônica aplicados em escolas evitam que diversos problemas ocasionados pela interferência do ruído ou pela reverberação dos ambientes comprometam os processos de aprendizado desenvolvidos com os alunos. Não podemos ignorar que um ambiente de ensino poderá abrigar crianças ou jovens com déficit de atenção, assim como portadores de deficiência auditiva e visuais na composição do corpo discente. A NBR 10152/2000 estabelece os níveis de pressão sonora considerados de conforto acústico no ambiente construído. Esse nível sonoro dentro da sala de aula desocupada deve estar entre 40 e 50 dB (A), sendo que o valor inferior representa o nível de conforto, enquanto o superior, desconforto.

O que um projeto escolar objetiva visando a qualidade acústica pode ser resumido em três fatores: (1) **inteligibilidade**, que garante a boa comunicação verbal entre os usuários, e em especial entre professores e alunos; (2) **privacidade**, que evita a interferência do som entre ambientes e (3) **salubridade**, referindo-se à prevenção da saúde auditiva e psicológica dos usuários, tomando como referência as normas estabelecidas. Portanto, a implantação e o desenho da edificação, quando solucionadas em consonância com os princípios da acústica arquitetônica, corroboram para que o projeto alcance sua meta qualitativa.

## 2 METODOLOGIA

O presente artigo é parte da pesquisa na qual foi estudado o emprego da acústica no processo de projeto. A metodologia envolveu as seguintes etapas:

### 2.1 Seleção dos Sítios

Quanto aos sítios escolhidos, a idéia inicial foi de contemplar os selecionados pela prefeitura para implantação de escolas públicas, priorizando os que receberam projetos que posteriormente se tornaram referências temáticas.

### 2.2 Seleção das Tipologias

Das diversas tipologias adotadas em escolas públicas na cidade do Rio de Janeiro, três foram escolhidas: a de bloco único, a de agrupamento e a pavilhonar. Cada uma delas representa períodos da arquitetura escolar na cidade e foram analisadas para verificação do seu desempenho acústico.

### 2.3 Medições

O nível de pressão sonora referente ao ruído de fundo externo e no interior das salas de aula foi medido, atendendo as recomendações da NBR 10151. A medição interna em cada edificação aconteceu durante o período de aula. Escolheu-se em cada escola a sala acusticamente mais representativa. Ou seja, consideramos como a mais representativa a sala mais exposta aos ruídos externos. Fez-se a medição externa na face da edificação voltada para a rua de maior movimento. Os níveis de pressão sonora foram expressos em Leq( nível de pressão sonora equivalente). O equipamento utilizado para medição foi da marca Rion – modelo SL -18, ajustado para a curva (A), em resposta rápida.

### 3 IMPLANTAÇÃO E ACÚSTICA

Os conceitos de implantação na teoria de arquitetura costumam estar mesclado aos aspectos funcionais e formais da edificação. Além dos limites da parcela de terreno no qual se edificará uma escola, é possível deparar-se com uma variedade de situações que, de alguma forma, serão refletidas na edificação. A implantação de um objeto arquitetônico está estreitamente relacionada à qualidade final da sua materialização. É nesta fase que o arquiteto deve considerar todos os fatores ambientais que interferirão diretamente na qualidade do edifício. É necessário um olhar atencioso para o cenário urbano observando, as formas de acesso ao lote, o entorno, o clima, a topografia, as condições do solo e o nível de ruído local. O aumento crescente ao longo dos anos do tráfego motorizado, as transformações formais do entorno associado ao emprego de novos materiais nas edificações circunvizinhas, o uso da vegetação, assim como, o uso da água, são fatores que isolados ou em consonância, influenciam na paisagem sonora<sup>1</sup> específica e própria de cada local.

Considerando que a maioria das edificações escolares encontram-se dentro do espaço urbano, e este, se encontra em constante mutação, Pedrazzi *et al.* (2001) afirmam que nas cidades atuais, os habitantes estão imersos em ambientes ruidosos procedentes de grande número de fontes sonoras exteriores e interiores aos edifícios. Esse fato influenciará significativamente na escolha adequada do lote para a implantação de uma escola, requerendo a observação das condições atuais do meio urbano e conseqüentemente, do nível de ruído de fundo. Este deverá não apenas atender às exigências da legislação municipal vigente, mas prever possíveis modificações futuras do entorno, para que a proposta não fique inadequada precocemente. É preciso que construção finalizada atenda no seu interior o nível de ruído entre 35dB(A) e 45 dB(A) recomendado pela NBR 10152/2000. Infelizmente, torna-se cada vez mais raro na nossa cidade, encontrarmos terrenos livres com dimensões satisfatórias que permitam afastamentos eficientes para a redução sonora.

A atenuação sonora em campo livre, quer dizer em tecido urbano aberto, é da ordem de 6dB(A)/dd<sup>2</sup> para fontes pontuais e de 3dB(A)/dd para fontes lineares (ruído de tráfego). Veículos automotores têm domínio nas baixas frequências e estas alcançam grandes distâncias em função do seu comprimento de onda sonora. A boa localização de uma escola, sob o enfoque da acústica, tem estreita relação com as dimensões do terreno. É necessário que haja afastamento suficiente entre a edificação e a rua para que se consiga

---

<sup>1</sup> paisagem sonora é uma terminologia estabelecida e utilizada por M. Schafer para definir o som que nos rodeia resultante de desenhos espontâneos ou pré-concebidos do meio construído e/ou natural.

M. Schafer é músico e desde os anos 70 desenvolve pesquisa sobre sons, percepção e ambiente.

<sup>2</sup> dd –indica dobro da distância

uma boa atenuação sonora. Nos grandes centros urbanos, entre os quais a cidade do Rio de Janeiro, a rarefação de terrenos com boas dimensões, que permitam a proposição de edifícios escolares com espaços externos generosos, tem dificultado a aquisição de lotes adequados para este fim.

Observando a implantação das três escolas selecionadas para análise no Rio de Janeiro, podemos verificar suas condições acústicas atuais:



**Fig 1 –** a b c

Na figura 1a, observamos a situação da escola Edmundo Bittencourt, pertencente a conjunto habitacional de baixa densidade, construída sobre um terreno não plano, com face para três ruas localizadas em uma área de pouco tráfego rodoviário. Na área interna do lote há excelente arborização, reduzindo, em parte, as superfícies de reflexão e favorecendo uma ambiência sonora agradável como o som de folhas ao vento e pássaros.

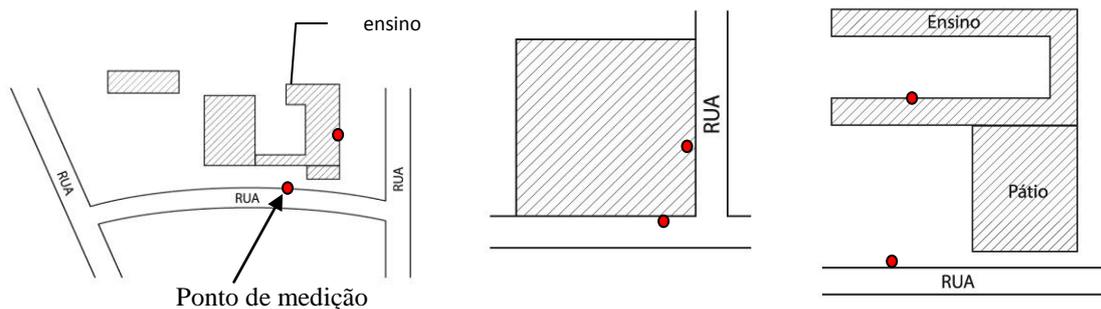
Já a escola Cícero Pena, (fig.1b) em Copacabana, foi construída sobre um lote exíguo, de esquina, árido, situado entre a Avenida Atlântica e a Rua República do Peru. Há uma diferença marcante das características sonoras do local, comparando-se o período da sua inauguração com os dias atuais. Hoje, temos uma esquina ruidosa, com tráfego intenso de veículos. A proximidade do semáforo para travessia de pedestres aumenta o nível de ruído do local nos momentos de partida dos veículos chegando a registrar em instantes de pico 83 dB(A). O som incidente sobre as empenas dos edifícios limítrofes ao lote é reforçado pelas múltiplas reflexões. Por ter pouco afastamento em relação às vias, o edifício fica excessivamente exposto aos ruídos, obrigando que sua arquitetura produza um maior isolamento.

Localizada em uma rua residencial mista que faz conexão viária com a área central do bairro da Tijuca, a escola Barão de Itacurussá (fig.1c) tem apenas uma das faces do lote voltada para a rua. As outras duas faces do terreno são limitadas pelas empenas dos edifícios residenciais de grande porte existentes à sua volta, e aos fundos foi construída outra escola municipal. Um ponto de ônibus localizado em frente ao muro da escola causará aumento do ruído de fundo do meio nos momentos de parada e partida do veículo. Porém, como a solução do projeto evitou que as salas de aula ficassem voltadas para a face frontal do lote, há uma redução da captação dos sons externos. O nível de intensidade registrado em Leq em uma das salas foi 48,7 dB(A).

Das três escolas observadas, a localizada em Copacabana é que se encontra na localização acusticamente menos privilegiada. Com pouco recuo em relação à rua e com um terreno de

proporção mínima, seria necessário, para resguardá-la dos sons incidentes provenientes do exterior, que a implantação do edifício formasse uma barreira nos limites expostos às ruas, interiorizando-a. O entorno imediato composto por paredes reforça os sons incidentes, tornando o meio um campo reverberante. Solucionada em bloco único, com as aberturas distribuídas por toda periferia do volume, a edificação fica totalmente exposta aos ruídos externos, gerando no seu interior salas de aulas insalubres. O Leq em uma de suas salas de aula, medido com janela aberta, registrou 70,2 dB(A), indicando grande desconforto para a comunicação verbal.

As ilustrações abaixo representam esquematicamente as três escolas analisadas.



**Fig. 2 -**

**a**

**b**

**c**

Na escola Edmundo Bittencourt, ( Fig 2a) as salas de aula estão afastadas dos setores mais ruidosos e voltada para área com maior arborização. No bloco das salas existem duas zonas de transição: a varanda e a circulação. Observamos que há conforto. Acústico.

As salas de aula da escola Cícero Penna (Fig. 2b), foram dispostas voltadas para a rua que tem grande movimento de tráfego. Não há zona de transição, resultando em alto desconforto acústico.

Verificou-se que as salas de aula da Escola Barão de Itacurussá ( Fig 2c), estão voltadas para o interior do lote, resguardadas do som exterior. Há uma zona de transição que isola as salas do ruído da rua e do pátio. Essa solução propicia alto conforto sonoro.

As duas escolas mostradas a seguir têm implantações distintas. São exemplos das chamadas “escolas padrão” pertencentes a ciclos distintos de modelos construtivos adotados pelo Estado. O CIEP<sup>3</sup>, Samuel Wainer, Fig. 5 e 7, concebido por Oscar Niemeyer, ocupa terreno linear de dimensões reduzidas. A escola municipal Sérgio Vieira de Mello, Fig. 6 e 8, projetado por Tereza Vossolem, ocupa terreno de esquina cuja limitação métrica não propicia afastamentos adequados para uma redução significativa do som.

<sup>3</sup> CIEP – Centro Integrado de Ensino Público



**Fig. 3 - CIEP Samuel Wainer -Tijuca - Vista aérea do sítio**



**Fig.4 - Escola Padrão Sérgio Vieira de Mello - Leblon - Vista aérea do sítio**



**Fig. 5- CIEP Samuel Wainer - Tijuca - Elevação**



**Fig.6 - Escola Padrão Sérgio Vieira de Mello - Leblon - Elevação**

O CIEP Samuel Wainer (Fig 3 e 5) foi implantado entre duas ruas de grande movimento no bairro da Tijuca. Como o partido arquitetônico está embasado no uso da ventilação cruzada, existem sobre as fachadas aberturas permanentes que possibilitam também a entrada do ruído do tráfego. A linearidade do edifício, associada a uma grande permeabilidade; as salas de aula distribuídas por toda extensão, complementadas por reduzido afastamento em relação às vias, são incompatíveis com a necessidade de redução significativa da entrada de ruídos nas classes. Com isso, o nível de intensidade sonora no interior da escola fica acima do máximo recomendado pela NBR10152/2000, prejudicando a saúde psicológica e auditiva de alunos e professores.

Na escola municipal Sérgio Vieira de Mello, (Fig.4 e 6) localizada em um lote de esquina no bairro do Leblon, a proposta de implantação volta o setor pedagógico para duas fontes sonoras expressivas: a quadra esportiva coberta e a via de tráfego. Com um ponto de ônibus localizado na frente da edificação, a cada parada e partida dos veículos o som propagado terá o reforço das reflexões provenientes do piso da quadra, da sua cobertura e da empena da construção vizinha. Com isso, o espaço da quadra será uma zona reverberante que interferirá diretamente nas salas de aula. O partido não favorece a proteção sonora, pois os grandes vãos de ventilação e iluminação ficam excessivamente expostos aos ruídos externos.

Com o objetivo de verificar o incomodo causado pelo tráfico urbano nas dependências das escolas, mediu-se nas cinco instituições o nível de pressão sonora equivalente, cujo resultado está expresso no quadro abaixo. A medição foi feita na face voltada para a rua de maior movimento.

**Tabela 1 – Nível de ruído nas áreas externas**

Escolas	Leq dB(A)
CIEP Samuel Wainer	75,3
E.M. Sérgio Vieira de Mello	78,4
EM. Cícero Penna	76,6
EM. Edmundo Bittencourt	58,2
EM. Barão de Itacurussá	63,7

Pesquisas feitas no Brasil na área de acústica ressaltam que para o bom planejamento de construções escolares, o nível de ruído emitido pelas vias de tráfego, próximas ao lote, deve ser medido durante o horário de maior fluxo, coincidindo com o período de atividades escolares. O Decreto Nº 5.412, do município do Rio, estabelece o nível de som e ruído máximo admissível em zona residencial multifamiliar, na qual é permitida a presença de escola de primeiro grau, os valores de 55dB(A) durante o dia e 50dB(A) no período noturno. No entanto, raramente encontramos esses níveis nos grandes centros urbanos. Em diversos bairros da cidade do Rio de Janeiro, os níveis obtidos através de medições ultrapassam 65dB(A). Desta forma, conclui-se que um dos principais objetivos de uma regulamentação nacional para controle do ruído urbano deve ser a de planejar a cidade, levando em conta o impacto das vias de tráfego em áreas onde as atividades desenvolvidas têm necessidades acústicas especiais.

Segundo Lynch, *et al.*(1984) “a implantação é a arte de ordenar espaço para dar suporte ao comportamento humano”, então, torna-se imprescindível no processo de análise do lote que abrigará uma escola, discutir a projeção de crescimento futuro da via de tráfego e das outras fontes sonoras significativas presentes no entorno, de modo que a proposta não perca precocemente sua qualidade ambiental. (ZANNIN *et al.*, 2005) O projetista, ao ignorar a influência dos sons provenientes do entorno, coloca em risco a qualidade do projeto. Para um nível de ruído de fundo incômodo ( com valor acima do nível da voz normal de um emissor<sup>4</sup>), a comunicação verbal entre alunos e professores será sofrível, induzindo o usuário ao confinamento.

Para Bentler (2000), o que mais interfere em uma sala de aula é a relação sinal ruído (S/R). Quanto mais positiva ela se apresentar, melhor situação de escuta será oferecida aos alunos. Quanto mais próxima ao zero ou negativa, pior a situação para que os alunos possam entender a fala do professor. Medimos o nível sonoro da voz de um professor em aula no CIEP Samuel Wainer e o registro foi de 68,3db(A) e um nível de intensidade do ruído de fundo de 72,4dB(A). Neste nosso exemplo, a sala de aula estaria à mercê de uma relação S/R de aproximadamente - 4dB. Ou seja, uma situação sonora ruim.

#### 4 INFLUÊNCIA DO CLIMA

No clima tropical úmido, em que a ventilação natural deve ser incentivada nas soluções de projeto, obrigar o uso de janelas fechadas e, por consequência, a utilização do ar

<sup>4</sup> Considera-se como nível de voz normal o valor de 60dB(A)

condicionado, não é uma proposta afinada com o conceito de sustentabilidade tão presente na arquitetura deste século.

A carta bioclimática de Givoni, quando aplicada para a cidade do Rio de Janeiro, confirma a necessidade de explorar a ventilação natural nos projetos. Para que a edificação atenda aos princípios básicos de ventilação, é imprescindível que as condições de ruído do meio sejam favoráveis, assim como as dimensões do terreno precisam ser compatíveis com as necessidades de afastamentos capazes de minimizar a ação do ruído.

Existem lotes que são pouco propícios ao controle de ruído, como os de esquina, os localizados em eixos viários de grande movimento e os que estão próximos à via férrea. No entanto, muitas vezes terrenos com estas características são adquiridos pelo Estado. Um dos critérios adotados para a escolha do lote pelo poder público é a facilidade de acesso, e, em muitos casos, este aspecto é colocado à frente do conforto ambiental. A implantação de edifícios escolares, assim como outras edificações de uso coletivo, exige uma compreensão detalhada do programa de necessidades, das diversas atividades desenvolvidas no seu interior e dos princípios de conforto ambiental.

## **5 O PARTIDO E A FORMA**

Apesar de o vento ser um condicionante necessário ao projeto, o emprego da permeabilidade, comumente adotado na arquitetura moderna através do uso de cobogós, venezianas ou vão livre, é bastante questionável quando se pensa o projeto a partir da acústica. Dependendo das características sonoras do lugar onde a escola será implantada, seu resultado poderá ser adequado ou não. É possível que a permeabilidade esteja associada primeiramente ao uso da luz natural, aos ventos e à fruição da paisagem natural, podendo trazer resultados interessantes para o projeto. No entanto, a parceria entre ela e o som nem sempre propicia um resultado satisfatório. Por outro lado, não é possível ignorar que a escola é uma fonte sonora expressiva na sua vizinhança, e considerada por muitos como fator de incômodo, principalmente quando situada em áreas estritamente residenciais.

A defesa do partido adotado costuma ser feita no memorial justificativo, informando sobre o programa, sobre a intenção do arquiteto em tornar a escola um local atrativo para seus usuários, sobre as dimensões do edifício, sobre a tecnologia adotada e se há flexibilidade na proposta construtiva. Também há de se reportar sobre a segurança e as influências regionais que, de algum modo, criam particularidades na solução.

As formas das superfícies - planas, convexas e côncavas - reagem de diversas maneiras ao serem tocadas pelo som, distribuindo o raio sonoro refletido, quer aumentando a sua difusão no meio ou concentrando-o. A combinação destas formas gerará desenhos de edificações e de ambientes com sonoridades distintas. A escala do edifício, sua volumetria e as dimensões dos ambientes, associadas aos materiais construtivos e aos revestimentos, serão co-autores dos sons locais. Ao decidir a forma da edificação e dos ambientes internos do edifício, o projetista estará minimizando ou acentuando fenômenos acústicos que, por sua vez, definirão uma personalidade sonora para a edificação.

Quando percebemos um espaço e a sensação que este nos transmite, nem sempre somos conscientes de que se trata de um processo complexo do qual participam distintos sentidos, tendo a audição como um dos protagonistas. É o som que permite ao homem adquirir

informações do contexto ou do ambiente no qual está imerso. E esta informação abrange desde os componentes especificamente sonoros do ambiente acústico, até as suas qualidades espaciais: um ambiente externo, interno, aberto, fechado, mobiliado ou vazio.

Se a edificação é implantada em uma área de ambiência sonora agradável, sem que os níveis de ruído exijam por parte da construção uma solução com alto isolamento, os materiais de fechamento periférico podem ser mais leves e a solução formal com maior permeabilidade. Caso contrário, a arquitetura do edifício terá de ser definida por materiais mais pesados e com menos aberturas.

No período em que a tecnologia empregada na execução de escolas priorizava o uso de materiais mais pesados, a falta de privacidade sonora no seu interior não era um problema comum. Com as novas opções de materiais no mercado, e objetivando diminuir os custos da construção civil nas obras públicas, as empreiteiras impuseram paredes menos espessas executadas com materiais que nem sempre oferecem redução suficiente ao ruído local. A teoria da acústica recomenda que, em escolas, a fachada tenham paredes com STC (*sound transmission class*) não inferior a 45. As janelas e portas externas devem apresentar STC por volta de 30, de forma que o conjunto ofereça bom isolamento.

A proposta formal dos volumes na escola Edmundo Bittencourt é resultado de uma composição de superfícies curvas e planas. Ao realizarmos o percurso interno e externo à edificação, percebemos sonoridades e sensações nos diferentes espaços resultantes da variedade de materiais utilizados na sua execução.

Os diferentes setores desta Instituição foram criados por ambientes bem definidos tanto no campo espacial, formal e material. Por consequência, as sensações visuais e sonoras percebidas são tão variadas que cada ambiente emite sua própria mensagem sonora através dos seus elementos: o bloco das salas de aula, o piloti que abriga o refeitório e cozinha, o ginásio, o parque aquático e o pátio da Bandeira. A maneira como o setor pedagógico é definido, com dois espaços periféricos intermediando o exterior com a sala, são entendidos pela acústica como “espaços de transição” porque criam uma barreira aos sons externos. Ao mesmo tempo, o uso de peças de terracota – cobogó – na circulação evita o excesso de reflexão, tão comum em corredores, quando são inteiramente fechados por paredes.



**Fig 7 – Bloco das salas de aula e o pilotis**

**Fig.8 – Pátio da Bandeira, fachada da área de circulação**

**Fig. 9 – Parque aquático e de vista do ginásio esportivo**

Na escola Barão de Itacurussá, a solução adotada também protege as salas de aula do ruído do pátio de recreio. Localizado à frente do edifício, junto com a cantina e o refeitório, o pátio é utilizado como uma zona de transição entre a rua e a edificação, ao ser posicionado

na face oposta às salas de aula. É muito comum que, por uma opção de conforto no fluxo, os projetistas aproximem excessivamente o setor pedagógico do refeitório. Neste ambiente, a característica dos materiais empregados o torna um ambiente reflexivo, favorecendo o reforço do som no seu interior e, por consequência, influenciando nocivamente em sua vizinhança.

O partido adotado para esta escola teve a vantagem da localização do conjunto — pátio, cantina e refeitório — à frente da edificação. Esta solução propicia que o ruído produzido pelo movimento do abastecimento da despensa e saída de lixo não interfira nas classes de ensino. De forma semelhante, isto ocorrerá na área de carga, descarga e estacionamento. O tamanho do lote, em parte, favorece a solução.

Em escolas, o setor de serviço tem um grau de influência expressivo na qualidade acústica da edificação.



**Fig.10 – Escola Municipal Barão de Itacurussá**

Na escola Cícero Penna, o lote impôs a solução em monobloco. Desta forma, não há opção de separar as zonas internas ruidosas. O setor de vivência se funde aos outros setores comprometendo a privacidade. O tratamento da fachada prioriza a ventilação natural que é favorecida pela brisa do mar. Porém, como aumentou significativamente o nível de ruído da área ao longo dos anos, as aberturas tornam as salas de aula insalubres. O setor de serviço é uma fonte de ruído interno um pouco menos expressiva que os pátios recreativos, os ginásios esportivos e os parques aquáticos. No entanto, é necessário resguardar-se de equipamentos e atividades cujo nível de ruído, combinado com a frequência do som, possa produzir um grande incômodo. Entre eles, podemos exemplificar a bomba de recalque, as máquinas da oficina de manutenção e reparos e os equipamentos de ar condicionado. Do mesmo modo, é necessário ter atenção à localização da área de carga e descarga e do estacionamento.



**Fig. 11 – Escola Municipal Cícero Penna**

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida revela que não é possível conseguir uma boa solução de projeto no campo da acústica se o arquiteto desconsiderar no partido arquitetônico a influência do ruído urbano e as possibilidades de futuras mudanças no ambiente construído. As soluções arquitetônicas adotadas nas escolas escolhidas para análise nos mostram que tipologias, tratamento de fachadas, forma e localização do lote, quando combinadas adequadamente, permitem edificações que não perdem sua qualidade acústica, mesmo quando ocorrem grandes mudanças no entorno.

No entanto, com o aumento da demanda da população e a necessidade de maior oferta do número de vagas escolares para cobrir as necessidades do Estado, os critérios de análise de adequação do lote são consubstanciados mais em aspectos políticos do que em fatores urbanos. Muitas vezes, a mudança do entorno do sítio ocorre com grande velocidade. A falta de uma visão analítica sobre o que poderá ocorrer em anos futuros tem provocado alguns desastres sonoros em diversas edificações para ensino.

O projetista não pode esquecer que uma escola com acústica deficiente acarretará perdas irreparáveis na formação dos alunos e na saúde dos professores. Para que os projetos se tornem cada dia menos vulneráveis às mudanças ambientais das cidades é urgente que se proponha uma legislação específica para o edifício escolar, visando não só sua inserção adequada no meio urbano como também uma proposição qualitativa dos critérios formais, funcionais, técnicos e construtivos pertinentes ao seu uso e especificidades.

## 8 REFERÊNCIAS

Bentler, R. A. List equivalency and test-retest reliability of the speech in noise test. *Am. J. Audiol.*, v. 9, n. 2, p. 84-100, dec. 2000

Furuyama, Massao Tadao Ando. São Paulo, Martins Fontes, 1998.

Eniz, A.; Garavelli, S. S. L. A contaminação acústica em ambientes escolares devido aos ruídos urbanos no Distrito Federal, Brasil. *Holos Environment*, v. 6, n. 2, p. 137, 2006.

Lynch, K & Hach, G - Site Planning, 3rd edition, MIT Press, 1984



Pedrazzi, T.; Engel, D.; Krüger, E.; Zannin, P.H.T. Avaliação do desempenho acústico em salas de aula do Cefet – Pr. In: ENCAC, Florianópolis, 2001.

World Health Organization- WHO. *Guidelines for community noise*. London,UK,1999.Disponível em <http://www.who.int/destore/peh/noise/guidelines2.html>. Acesso em: 11 novembro 2008.

Zannin, P.H.T. et all. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. Ambiente e sociedade, vol. 8, n°2, Campinas, Julho / dezembro 2005