



## ANÁLISE DO CONFORTO SONORO EM ESCOLAS DO DISTRITO FEDERAL

**Mariza D. Tavares** - Bolsista de Iniciação Científica - PIBIC CNPq 1996/97

**Rosana S. C. Clímaco** - MSc em Arquitetura

Universidade de Brasília - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Departamento de Tecnologia

Laboratório de Controle Ambiental (LACAM)

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília/DF- Brasil - CEP 70910.900

e-mails: mtav@uol.com.br , clímaco@solar.com.br

*RESUMO A pesquisa pretende mostrar os aspectos recorrentes em que os projetistas têm comprometido o desempenho de edifícios escolares quanto ao ambiente sonoro. Deixando-se de proporcionar conforto e deleite aos seus ocupantes, os sons gerados interna e externamente aos edifícios tem sido causadores de prejuízos ao trabalho e à saúde dos ocupantes pelo desempenho inadequado dos edifícios quanto ao controle de ruídos e à acústica dos ambientes. Na análise de edifícios escolares de Brasília busca-se investigar a falta de equacionamento destas questões e/ou o equacionamento equivocado das mesmas, na definição do partido arquitetônico e nas especificações construtivas, que resultaram neste comprometimento.*

*ABSTRACT This work intention is to present some aspects of inadequate design which compromise the acoustical performance of academic space in schools. Instead of comfort and delight to users, the intruding sounds, whether from internal or external sources, have disturbed their performing at work and even their health because of the inadequate noise control and acoustical quality of the environment. This analysis of school buildings, in Brasília, intend to investigate the less attention given to those matters and the wrong design proposals at the definition of an architectural design and the constructional details which results into acoustical problems in the learning environment.*

### 1 Introdução

Este trabalho é parte de uma investigação que pretende trazer subsídios à prática didática das disciplinas sobre o conforto sonoro, além de uma contribuição para a

melhoria da produção arquitetônica no que diz respeito às condições sonoras ambientais.. Através do conhecimento das tipologias arquitetônicas de edifícios, com programas específicos, acredita-se que poderão ser encontrados aspectos recorrentes de soluções comprometedoras do desempenho sonoro destes edifícios.

Frente à diversidade de requisitos acústicos conforme os usos, foram delimitados estudos, neste caso, de edifícios escolares considerando sua performance acústica específica. Busca-se analisar, no edifício, o controle dos ruídos e a qualidade sonora ambiental em relação ao conforto, deleite e saúde dos ocupantes na vivência diária do espaço escolar.

Os parâmetros de conforto específicos dos espaços escolares, se referem a baixos níveis de ruídos para o favorecimento da concentração para trabalho intelectual e boa qualidade sonora para permitir a inteligibilidade da comunicação verbal. Pesquisas mais recentes têm reconhecido a prescendência da qualidade da reverberação à do isolamento.

O critério geralmente aceito é de que o isolamento sonoro entre as salas de aula não deve ser inferior a 40decibéis. Em climas quentes, também é um critério, igualmente aceito, a necessidade de ventilação cruzada nas salas de aula. A incompatibilidade destes requisitos pode ser minimizada pelo tratamento adequado do ambiente sonoro como um todo no edifício.

Neste estudo, foi cumprida uma primeira etapa desta abordagem. Uma pequena amostragem foi investigada e os primeiros aspectos já confirmam o pressuposto de que as tipologias arquitetônicas dos espaços escolares incorrem na repetição de erros pois partem de pressupostos equivocados.

## **2 Metodologia**

A metodologia desenvolveu-se conforme os seguintes passos: definição da situação problema como pressuposto do trabalho; seleção de escolas da rede pública que apresentam diferentes tipologias; caracterização e análise dos projetos compreendendo cálculos e medições; apresentação dos resultados e conclusões.

## **3 Situação Problema**

O ambiente acústico nos espaços de ensino-aprendizagem deve apresentar condições satisfatórias em relação a diversas variáveis, tais como:

- 1 - nível máximo de ruído de fundo: 40 dB (ABNT - *NBR 10152*)
- 2 - tempo de reverberação ótimo para a palavra falada (ABNT - *NBR 12179*)
- 3 - índice de articulação menor que 0,01;

4 - segundo Fitzroy & Reid (TR-1) do Educational Facilities Laboratories, mais importante do que obter um bom isolamento sonoro entre as salas, é obter um baixo nível de inteligibilidade dos ruídos de fora;

5 - sugerem também a aplicação de pisos absorvedores internos, nas salas adjacentes e nas circulações, para, além de reduzir a geração de ruídos, diminuir a reverberação do som;

6 - se estas condições são aplicadas, o isolamento necessário entre as paredes divisórias das salas será muito menor. Os níveis de intensidade sonora serão expressivamente reduzidos na medida em que for reduzido o componente da reverberação tanto internamente, nas salas, quanto nas circulações e espaços adjacentes.

## **4 Caracterização e Análise dos Projetos**

Procedida a seleção de cinco escolas da rede pública, que apresentam diferentes tipologias, (são variações de um projeto padrão com diferenças pequenas), foram feitas análises sobre a implantação na malha urbana, o fluxograma do programa arquitetônico, a forma, as dimensões e as demais especificações construtivas; foram então efetuados cálculos de absorção e de tempo de reverberação para salas de aula e bibliotecas.

### **4.1. Medições**

Foram efetuadas medições, com o uso de decibelímetro Intelbra em dB(A) segundo os procedimentos descritos nas normas NBR 10151 e 7731 (ABNT), dos ruído internos, externos e de fundo.

### **4.2. Cálculos**

Foram realizados cálculos do enfraquecimento, da absorção total e do tempo de reverberação, para as três frequências: 125, 500 e 2 000 Hz, de acordo com a norma NBR 12179 (ABNT).

## **5 Resultados e Conclusões**

Os resultados obtidos mostram que, a hipótese levantada na situação problema, se confirma. Há sérios problemas em relação ao ambiente sonoro no projetos típicos. Como citamos, na rede pública de Brasília, os projetos se repetem com pequenas variações, e conseqüentemente, os problemas verificados nas escolas selecionados se repetem no Distrito Federal. Algumas condições são peculiares ao Plano Piloto e diferem nas cidades satélites.

### **5.1. Implantação**

Em todas as escolas analisadas, este foi o aspecto bem resolvido. A condição de implantação das escolas de ensino fundamental no Plano Piloto é peculiar. Se

localizam nas Super Quadras, normalmente na parte mais interna, distante das vias de tráfego circundantes. Este aspecto, portanto não pode ser estendido às demais satélites que vão necessitar de análises específicas.

O ruído externo, nas escolas analisadas, sempre se apresentou inferior ao ruído interno.

Mesmo excedendo os máximos estabelecidos, não se caracterizam como problema, confirmando também a hipótese de que é mais importante a qualidade do ambiente acústico interno.

## **5.2. Plantas**

A grande parte dos problemas de ruído verificados se referem à má resolução das plantas e organização interna dos espaços. O pátio, praticamente todo coberto e disposto de maneira central em relação ao edifício, funciona não só como espaço do recreio mas também de circulação e de outras atividades que acontecem durante as aulas. Este movimento gera níveis de ruído consideráveis na escola, além de desconcentrar o aluno. Os professores são levados a fecharem as portas, comprometendo a desejável circulação cruzada que minimamente ocorre através delas.

Além disso, a inexistência de áreas descobertas para recreio, concentra a ocupação nos pátios internos gerando altos níveis de ruído no interior da escola. Sua disposição central, causa problemas para todo o funcionamento da escola, em menor escala no horário de aula mas extrapolando em muito os limites recomendáveis, nos horários de recreio.

Para professores e funcionários, os níveis de ruído são intoleráveis, criando um ambiente de trabalho insalubre durante o intervalo. Exige muito esforço para o estabelecimento de comunicação verbal, prejudicando tanto o trabalho dos funcionários nesse período quanto o descanso dos professores.

Pode-se dizer que este é o problema básico das plantas estudadas causado pelo fato dos programas das escolas terem excedido o número recomendável de salas para as pequenas dimensões dos terrenos. Isto praticamente tornou inviável a existência de áreas de recreio descobertas.

Foi também detectado que, dentre as escolas analisadas, quanto maior a área descoberta da escola e quanto maior a separação entre áreas de pátio e áreas de circulação, melhor o desempenho.

## **5.3. Especificações Construtivas**

Em todas as escolas estudadas as especificações, tanto dos sistemas construtivos, quanto dos revestimentos não favorecem a absorção sonora. Ao contrário, todos os materiais são altamente reflexivos, especialmente das altas frequências. Conforme mostram os resultados a alta reverberação ocorre nas salas de aula e também nos ambientes externos de circulação e especialmente nos pátios que não apresentam nenhuma abertura. Os pátios são verdadeiras caixas de ressonância e reverberação devido aos materiais constituintes das vedações e dos revestimentos e ao paralelismo que normalmente ocorrem entre fechamentos e entre piso e teto. O paralelismo e os

materiais altamente reflexivos acentuam os problemas levantados em relação à organização interna do edifício.

#### 5.4 . Salas de Aula

Em relação às salas de aula verificou-se uma despreocupação em relação aos materiais de revestimentos. Em quase todos os locais levantados, os materiais eram extremamente reflexivos resultando em tempos de reverberação muito superiores aos ideais (ver Tab.1). Conforme mencionado, na medida em que a reverberação aumenta os níveis sonoros também aumentam e a necessidade de isolamento se faz mais presente. Este é um ponto de equívoco que ressaltamos. Isto é crucial em condições climáticas como as de Brasília, especialmente em salas de aulas, onde não se pode dispensar a ventilação para o conforto dos ocupantes. O enfraquecimento entre as salas de aula, passa a ser apontado como extremamente imprescindível, mas na verdade o desconforto e os altos níveis de ruído ocorrem mais por problemas de forma e de tratamento superficial.

#### 5.5. Tabelas e figuras

Foi realizada uma análise comparativa dos dados obtidos. Percebemos que, dentre os espaços analisados, quanto maior a área descoberta da escola e quanto maior a separação entre áreas de pátio e área de circulação, melhor o desempenho. Na tabela e nos desenhos, estão colocadas as escolas em ordem decrescente em relação à qualidade e desempenho obtido em relação ao conforto sonoro.

**TAB 1: Níveis de Ruído de Verificados no pátios**

Escola	NSI em dB(A)		Nível Máximo Recomendável
	Aula	Intervalo	
<b>312 N</b>			45-55
<b>104 N</b>	76	94	
<b>114 S</b>	67,3	80,7	
<b>316 N</b>	50	74	
<b>403 N</b>	50	72	
	50	68	

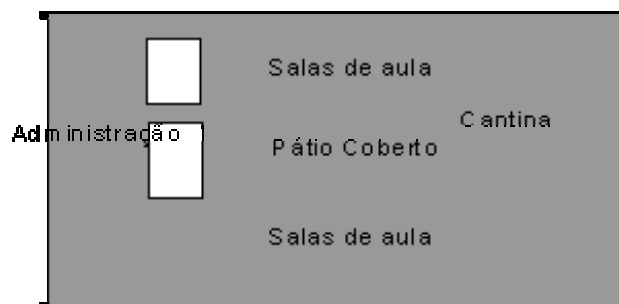
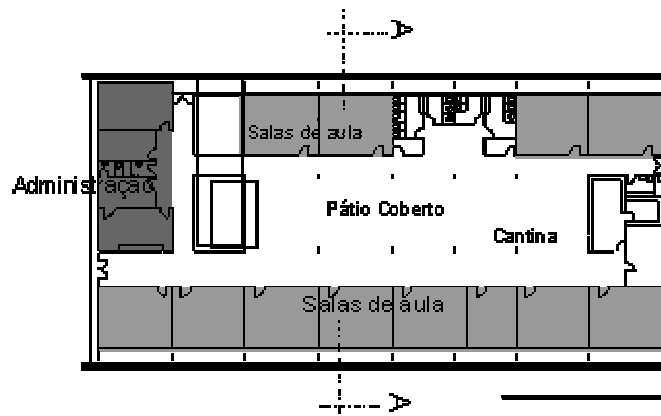
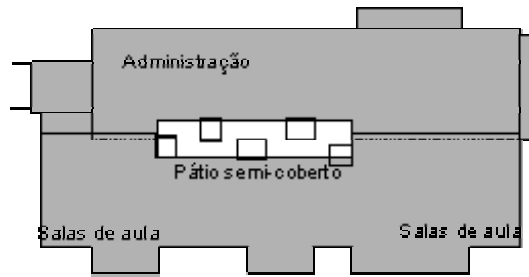
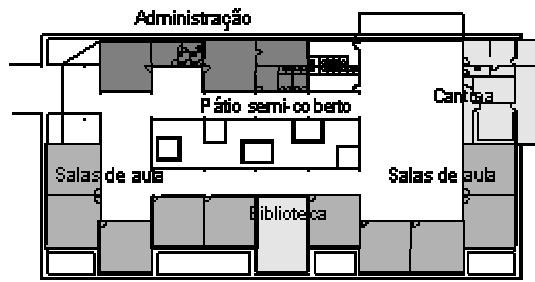
**TAB 2: Níveis de Ruído de Verificados nas áreas administrativas**

Escola	NSI em dB(A)		Nível Máximo Recomendável
	Aula	Intervalo	
<b>312 N</b>		80	35-40
<b>104 N</b>	64	74	
<b>316 N</b>	57	64	
<b>114 S</b>	42	72	
<b>403 N</b>	40	50	
	40		

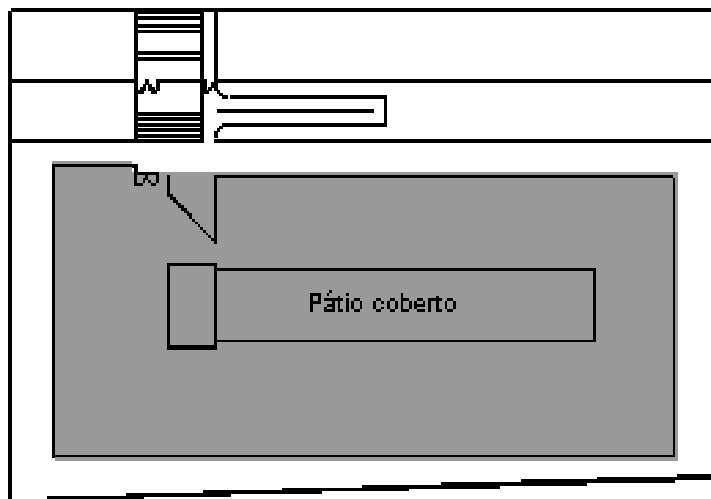
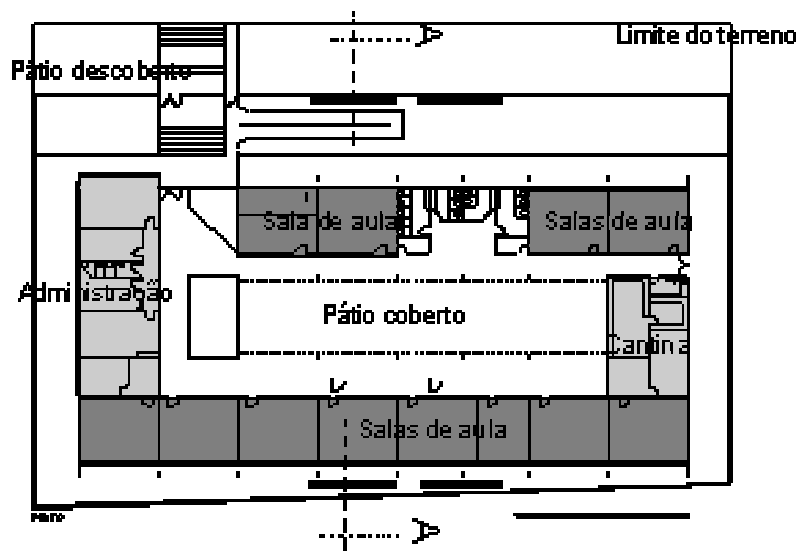
**TAB 3: Níveis de Ruído nas Salas de Professores**

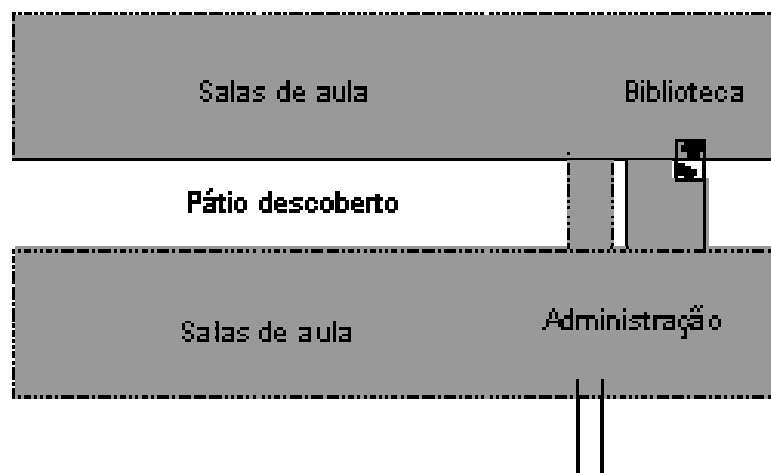
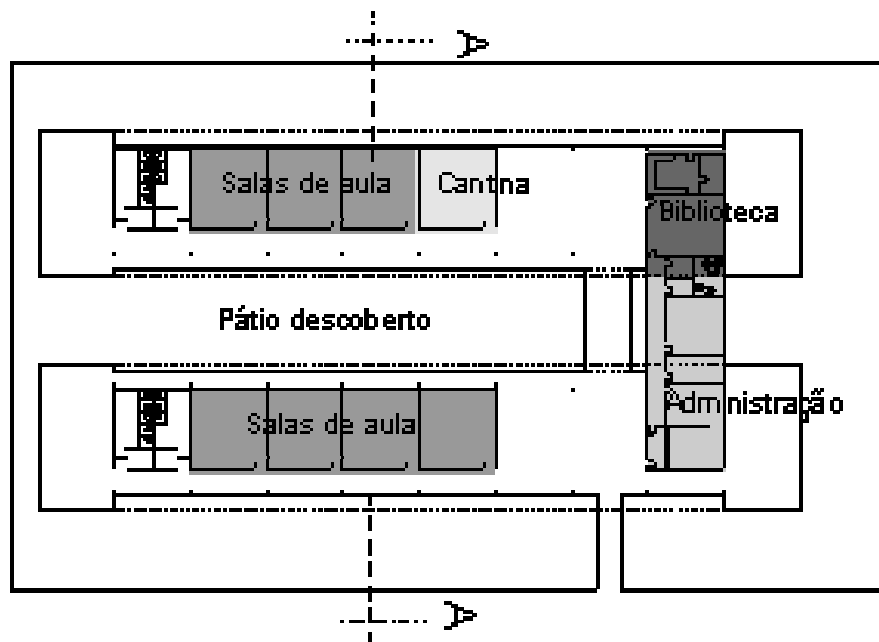
Escola	NSI em dB(A)		Nível Máximo Recomendável
	Aula	Intervalo	
<b>312 N</b>			30-40
<b>104 N</b>	60	72	
<b>316 N</b>	52	68	
<b>114 S</b>	44	64	
<b>403 N</b>	43	70	
	43	62	

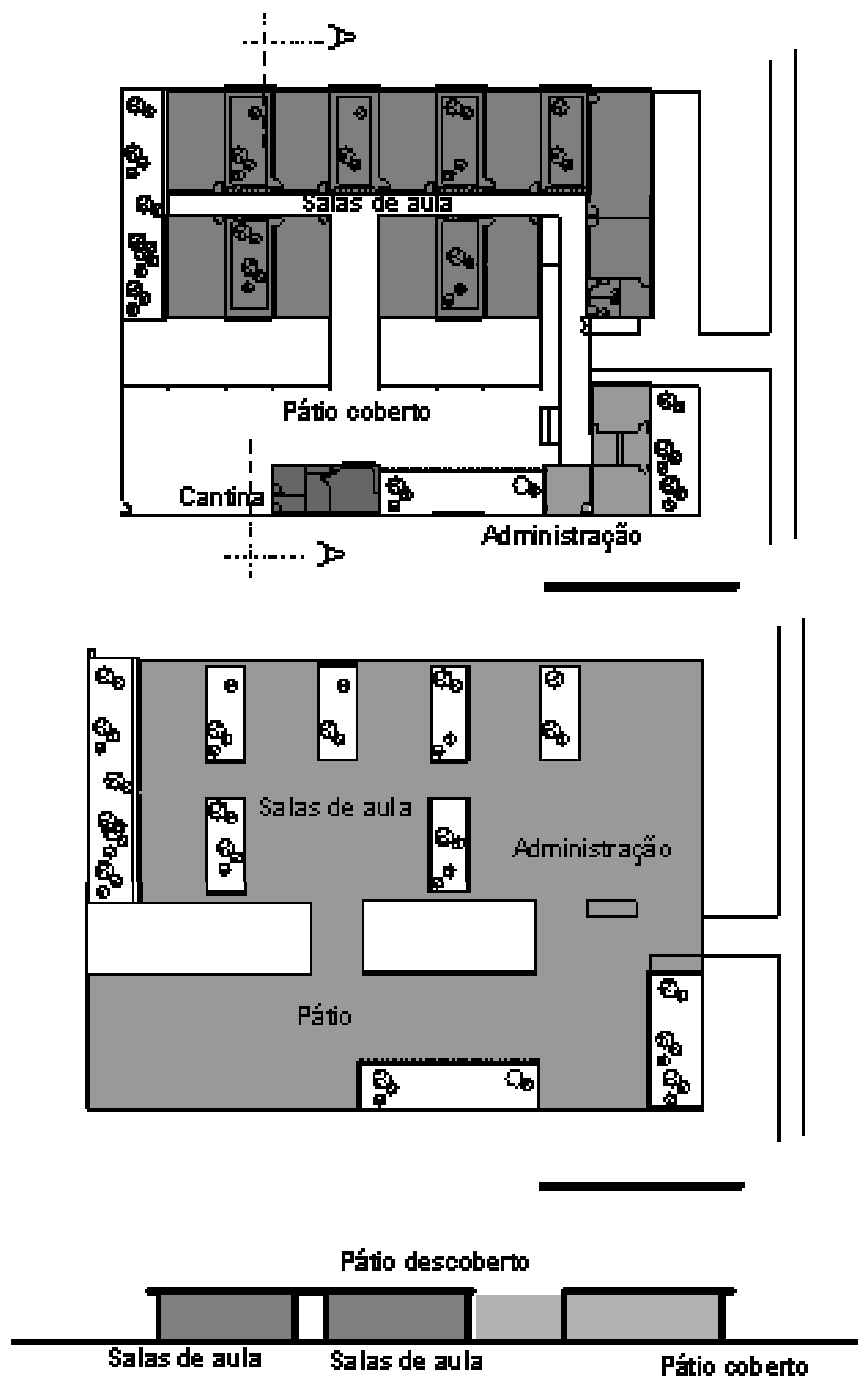












## 6 BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 7731 - *Guia para Execução de Serviços de Medição de Ruído Aéreo e Avaliação dos Seus Efeitos Sobre o Homem - Procedimentos*. Rio de Janeiro:, 1990.

ABNT NBR 12179- *Tratamento Acústico para Recintos Fechados*. Rio de Janeiro: 1992.

BERANEK, L. *Noise Reduction*. 1 ed. New York, Toronto, London: McGraw-Hill,1960

DE MARCO, C.S. *Elementos de Acústica Arquitetônica*. 2ed. São Paulo: Nobel 1982.

FITZROY, D. & REID, J. *Acoustical Environment of School Buildings*. 1ed. Chicago: Ford Foundation, 1958.

KURTZE, G. *Física y Técnica de la Lucha Contra el Ruído*. 1 ed. Bilbao: Urmo, 1969

SMITH, B.J., PETERS, R.J & OWEN, Stephanie. *Acoustics and Noise Control*. London: Longman, 1987

SHARLAND, Ian. *Woods Practical Guide to Noise Control*. 1.ed. Londres: Woods Acoustics, 1989.