



**AVALIAÇÃO E PROPOSTA DE SOLUÇÃO  
PARA O CONFORTO ACÚSTICO  
DO NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INFANTIL (NDI) DA UFSC\***

MIRIAM JERONIMO BARBOSA(1)  
Fundação Universidade de Londrina  
STELAMARIS ROLLA (2)  
Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

Neste trabalho estudou-se as condições acústicas das salas de aula do Bloco Maternal, no Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI) da UFSC. O estudo consta de medidas de nível de pressão sonora, tempo de reverberação e ensaios de inteligibilidade. Com os resultados verificou-se a influência dos aspectos construtivos (ático, paredes de argamassa armada, janelas etc.) em fenômenos acústicos como reflexão,

ABSTRACT

In this work, the classroom acoustics characteristics of Bloco Maternal, in Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI) of UFSC was studied. Sound pressure level, reverberation time and intelligibility was measured. The results show the influence of construction components (attic, concrete panels, windows etc.) in acoustics properties like sound reflection, isolation and absorption.

**INTRODUÇÃO**

Em análise realizada sobre as condições de conforto ambiental no Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI) da UFSC, percebeu-se através das reclamações da população usuária, principalmente professoras, a ocorrência de problemas acústicos no Bloco do Maternal. As colocações evidenciavam ruídos acentuados no interior da sala e também os que se transmitiam da circulação para as salas de aula. No refeitório as características acústicas impediam que os professores utilizassem o espaço para tarefas onde era necessário alto grau de clareza na conversação com as crianças.

**CARACTERÍSTICAS DO LOCAL**

A proposta de funcionamento do Núcleo de Desenvolvimento Infantil da UFSC tem dois objetivos básicos: o aperfeiçoamento do corpo discente e docente da universidade através de estágios» pesquisas, estudos e o atendimento a crianças, filhos de servidores, docentes, técnicas e alunos da UFSC

\* O trabalho surgiu do estudo realizado na disciplina de Conforto Ambiental e foi concluído na disciplina de Fundamentos de Acústica, do curso de Pós-graduação da UFSC

(1) Doutorando

(2) Pós-doutorando

o edifício onde funciona o NDI foi projetado em duas etapas. A primeira foi o berçário, em sistema construtivo convencional e a segunda o maternal e a administração, em argamassa armada e cobertura abobadada, conforme figuras 1 e 2.

A região de interesse no estudo do conforto acústico recaiu na parte do núcleo que foi edificado em sistemas construtivos no qual todos os elementos são em argamassa armada e a forma adotada para a cobertura foi abóbadas paralelas. Tal concepção sugeriu duas hipóteses para as causas dos problemas. A primeira delas é a transparência sonora dos fechamentos por serem muito leves. A segunda é a forma abobadada do ático que influencia no campo sonoro percebido dentro das salas. Elegeu-se uma das salas de aula para a verificação destas hipóteses.

Para o presente trabalho foi selecionada a sala de aula do maternal IV, para crianças com idade aproximada de 4 anos. As dimensões da sala são 5,70m x 3,90m x 2,30m, perfazendo um volume de aproximadamente 52 metros cúbicos. A projeção e o corte do recinto aparecem nas figuras 3 e 4.

As paredes internas e o teto da sala são em argamassa armada e pintada, as janelas são em esquadrias de madeira envidraçada. O piso também é, em argamassa armada, revestido com paviflex. As portas são do tipo pré-fabricada, em madeira compensada com visor em vidro.

O mobiliário é composto de quadro negro, espelho (2m x 1m), 4 mesas revestidas com fórmica e 15 cadeirinhas de madeira

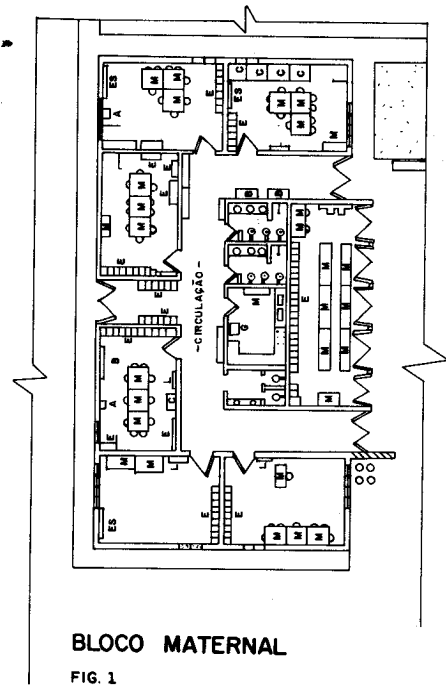


Figura 1. Vista geral do Bloco Maternal, escala reduzida.

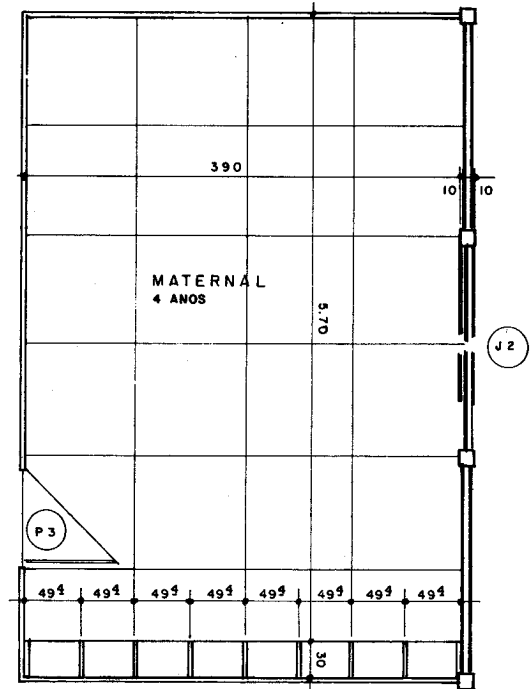


Figura 3. Projecção horizontal da sala estudada.

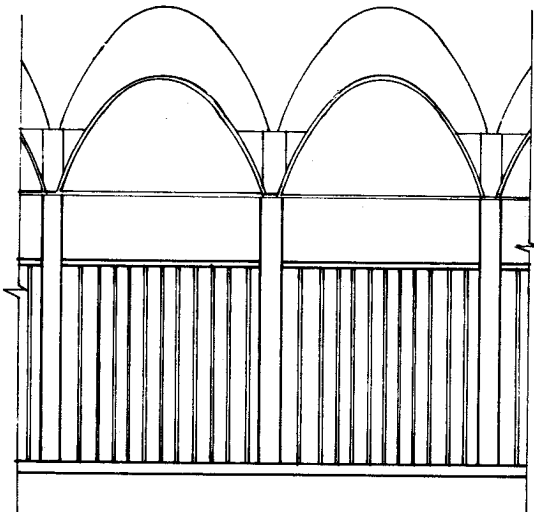


Figura 2. Elevação com vista das abóbadas.

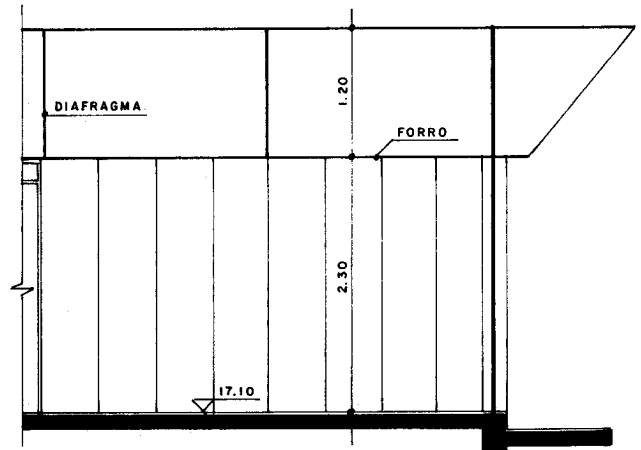


Figura 4. Corte da sala estudada.

## NORMAS

No trabalho procurou-se aplicar as recomendações das normas MBR 10151 e NBR 10152 (1,2).

Sentiu-se muita dificuldade em aplicá-las pois sua interpretação é dúbia e fica quase sempre de responsabilidade do pesquisador a tomada de decisão, o que numa norma não é desejável uma vez que ela deve ser um critério bem claro.

Descreve-se aqui a interpretação da norma usada no desenvolvimento do trabalho.

A análise espectral não foi utilizada considerando que o tratamento não recairá na fonte e na fase inicial do levantamento de NPS verificou-se que as principais fontes de ruído são de conversação. Para as medidas foram consideradas as recomendações da NBR 10151 com distâncias mínimas da parede e realizadas em três pontos do espaço interno, cuja média aritmética foi utilizada como valor medido.

O nível de ruído corrigido foi determinado para avaliar o incômodo gerado na comunidade (usuários da creche). O tipo de ruído observado no ambiente foi classificado como intermitente com pausas e avaliado pelo critério de características especiais. Nesses casos a norma (NBR 10151) recomenda uma correção de 5 dB, assim o nível corrigido é o medido mais 5 dB(A).

Para a avaliação por características especiais o nível critério foi considerado o ruído de fundo. Tal ruído foi estabelecido, conforme recomenda a NBR 10151, na ausência da fonte (crianças e professores) no período de recesso escolar. A diferença entre os níveis de ruído corrigido e nível critério é toada como entrada na tabela 4 da NBR 10151 para se determinar a resposta estimada da comunidade ao ruído.

Embora a NBR 10151 e 10152 não explicitem as diferenças entre os incômodos de ruído gerada fora e dentro dos limites da edificação resolveu-se analisar os dados tomando o ruído de cada sala como ruído externo da sala adjacente.

## MEDIDAS E EQUIPAMENTOS

Dois tipos de medidas (5,6) foram realizadas no estudo acústico da sala de aula do Maternal IV: medida de nível de pressão sonora (NPS) e medida de tempo de reverberação (TR).

### a) Medida de NPS

Para essas medidas utilizou-se medidor de nível sonoro de precisão da Bruel & Kjaer (BK 2209), microfone e pró-amplificador BK 2619 Segundo a norma o NPS foi medido em dB(A), modo fast.

Um microfone capacitivo conectado ao pró-amplificador C BK 261 W capta o sinal, envia-o para um filtro 1,~1 oitava CBK 1613). O amplificador de medida BK 2607 recebe o sinal elétrico convertendo-o para nível de pressão sonora que é graficado num registrador BK 2305.

O tempo de reverberação C4:) é o tempo necessário para que o NPS caia de 60 dB dentro de um ambiente, depois de desligada a fonte. Assim, o registrador marca o NPS inicial e o decaimento de NPS em função do tempo quando a fonte é desligada. Desse gráfico determina-se o valor de tempo proporcional a variação em NPS de 60 dB.

## METODOLOGIA, RESULTADOS E ANALISE

A metodologia utilizada para a investigação foi medir o nível de pressão sonora dentro da sala com o ático preenchido e compará-lo com os resultados dos níveis obtidos com o ático vazio. O mesmo procedimento foi utilizado para as medidas de tempo de reverberação, isto é, medidas com e sem preenchimento do ático.

Complementando o trabalho determinou-se também o grau de inteligibilidade da sala.

### a.) Nível de pressão sonora

As medidas de NPS foram realizadas no interior da sala em duas situações:

- i) portas e janelas fechadas;
- ii) portas e janelas abertas.

Ao longo de um dia, a cada hora, mediu-se o NPS em três pontos dentro da sala e obteve-se o valor médio do nível em dB(A). Conforme já descrito, a cobertura das salas é formada por um ático em forma de abóbada todo em argamassa armada. Procurou-se determinar a influência deste ático no nível sonoro interno das salas. Assim as medidas foram feitas com o ático vazio e também preenchido com espuma.

Muitas das atividades das crianças acontecem fora da sala de aula. por isso aparecem resultados referentes a crianças dentro e fora da sala.

A tabela 11 apresenta os resultados dos níveis de pressão sonora, em dB(A). Os símbolos A e F referem-se a portas e janelas Aberta e Fechada, respectivamente e os símbolos c e S referem-se a sala Com aluno e Sem aluno.

O ruído de fundo foi medido no período de recesso da escola. Os níveis foram obtidos com e sem preenchimento do ático, também com sala aberta e fechada. A tabela 2 apresenta os resultados.

TABELA 1 - NIVEL DE PRESSÃO SONORA

Horario		NPS(dB(A))			
		Ático Vazio		Ático Preenchido	
		A	F	A	F
1) 8:10	C	-	-	76	75
	S	70	65	-	-
2) 9:10	C	83	79	80	78
	S	-	-	-	-
3) 10:10	C	-	-	-	-
	S	67	57	61	50
4) 12:10	C	-	-	-	-
	S	75	64	60	54
5) 13:10	C	-	66	-	-
	S	60	-	65	50
6) 14:30	C	-	-	-	-
	S	66	53	51	39
7) 15:30	C	-	-	-	-
	S	66	48	63	51
8) 16:30	C	-	-	-	-
	S	61	49	63	51
9) 17:30	C	79	-	81	87
	S	-	48	-	-
Média Leq		70	59	67	59

TABELA 2 - RUIDO DE FUNDO

Ático	S.	NPS(dB(A))	
		Aberta	Fechada
Vazio		40.7	
			33.3
Preenchido		41.4	
			32.7

A norma NBR 10152 estabelece como nível de conforto acústico para salas de aula, valores entre 40 e 50 dB(A). Comparando-o com os resultados obtidos para o ruído de fundo nota-se que estes valores estão bem abaixo do estabelecido pela norma, isto significa que a região escolhida para a localização da creche é adequada.

A grande dificuldade é analisar os resultados quando a escola esta no seu movimento normal. Como se observa as crianças e professores são as fontes de ruído e ao mesmo tempo ouvintes sujeitos a ruído. Uma primeira análise é tornar a sala vazia e considerar que os alunos no pátio ou em outras salas correspondiam a ruídos externos. Duas situações ficaram claras: primeiro o nível de pressão sonora está bem acima do recomendado e segundo, o nível está um pouco acentuado para o ático vazio em relação ao preenchido.

A resposta da comunidade ao ruído é avaliada comparando a diferença entre o nível corrigido e nível critério com os valores da tabela 4 da norma NBR 10151 como já se discutiu. Dos resultados, os níveis equivalentes medidos dentro da sala com c, ático vazio foram: 70 dB(A) (sala aberta) e 59 dB(A) (sala fechada), para o ático preenchido 67 dB(A) (sala aberta) e 53 dB(A) (sala fechada). Consequentemente os níveis corrigidos são respectivamente 75 dB(A), 64 dB(A), 72 dB(A) e 64 dB(A). As

diferenças entre os níveis corrigido e critério (ruído de fundo), conforme tabela 2, são respectivamente 34 dB(A), 30dB(A), 30 dB(A) e 3-1 dB(A). Tais valores na norma correspondem a categoria muito enérgica e com ação comunitária vigorosa. Este resultado justifica as reclamações dos usuários e também o presente estudo.

b) Tempo de Reverberação

Outra importante característica de ambientes é o tempo de reverberação. Tanto valores de TR grande como pequeno prejudicam a qualidade acústica das salas.

Primeiramente fez-se uma avaliação do tempo de reverberação utilizando-se os coeficientes de absorção das superfícies e objetos que compunham o ambiente. Avaliou-se também o TR incluindo a absorção devido as crianças e professoras Os resultados aparecem na tabela 3.

TABELA 3 - TEMPO DE REVERBERAÇÃO CALCULADO

f(Hz)	sala vazia TR(s)	sala c/ pessoas TR (s)
125	1.40	0.91
250	1.54	0.92
500	1.25	0.72
1000	1.10	0.64
2000	1.50	0.71
4000	0.98	0.55

Calculado o tempo ótimo de reverberação pela fórmula empírica (7) para o volume da sala em questão, obteve-se os resultados da tabela 4.

TABELA 4 TEMPO ÓTIMO DE REVERBERAÇÃO

f(Hz)	TR(s)
125	0.36
250	0.32
500	0.28
1000	0.25
2000	0.25
4000	0.25

Comparando os resultados percebe-se que os valores de TR estimados são muito maiores que os ideais, assim optou-se por medir os tempos de reverberação.

Os tempos de reverberação medidos para o ático preenchido e vazio aparecem na tabela 5

TABELA 5 TEMPO DE REVERBERAÇÃO MEDIDO

f(Hz)	Atico Vazio	Atico Preenchido	Dif. %
global	1.30	1.45	10
125	1.15	1.45	20
250	1.25	1.60	22
500	1.10	1.40	21
1000	1.07	1.10	2
2000	0.97	1.00	3
4000	0.97	0.98	1
8000	0.88	0.89	1

Como nota-se os valores medidos estão muito próximos dos estimados. Isso significa que o tempo de reverberação da sala está realmente muito maior que o ideal. A solução mais viável para corrigir o TR será aumentar a absorção interna da sala distribuindo material absorvente pelas superfícies. Percebe-se também que a presença de material absorvente nas abóbadas, altera o valor do TR em 10%, o que pode ser desprezado.

#### c.) Inteligibilidade

As condições acústicas de uma sala de aula onde a palavra falada é de fundamental importância pode ser determinada quantitativamente através de ensaios de articulação. O teste consiste em pronunciar-se uma série de monossílabos representativos do idioma para um ouvinte que os anota. A porcentagem compreendida (acertos) representa o grau de inteligibilidade da sala.

O teste foi realizado e os resultados aparecem na tabela 6.

TABELA 6 INTELIGIBILIDADE

	Sala fechada	Sala aberta
Inteligibilidade	84.7%	84.3%

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar dos resultados da tabela 1, que o nível de pressão sonora varia muito pouco devido ao preenchimento do ático com material absorvente. Os valores não concordam, em geral, na situação de sala aberta onde as fontes e reflexões são muito variáveis. Isto é indicativo que a forma abobadada tem pouca influência, principalmente devido a atenuação proveniente do forro.

Os níveis de pressão sonora são bem mais altos que os recomendados pela norma quando a sala esta vazia e sob a influência de ruídos externos. Tal resultado indica que o isolamento é inadequado.

Quanto aos tempos de reverberação, mostrados na tabela 5, verifica-se que são muito maiores que os tempos ótimos (tabela 4). Revestindo as paredes com materiais absorventes é possível reduzir TR.

De uma forma geral é provável que num sistema construtivo tradicional onde os fechamentos são mais pesados os incômodos devido aos ruídos sejam menores.

Os espaços no interior da creche acompanham as dimensões das crianças. O pé direito da sala é bastante reduzido, conseqüentemente o volume da sala é menor.

Para salas de pequenos volumes o número de modos excitados é pequeno e a absorção é pequena em baixa freqüência, conseqüentemente tem-se tempos de reverberação maiores em baixa freqüência.

Evidenciou-se assim o necessário reparo nas condições acústicas do ambiente estudado. O reparo deve constar de:

- i) aumentar o isolamento dos fechamentos laterais
- ii) aumentar a absorção interna da sala.

Verificou-se também que o preenchimento das abóbadas do ático não alteram as características acústicas da sala.

Finalmente a leveza do sistema construtivo adotado e as dimensões reduzidas de pé direito para a adaptação às dimensões das crianças são incompatíveis com o bom desempenho acústico do ambiente.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 ) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade: NBR 10151. Rio de Janeiro. 1987. 11p.
- 2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS'. Rio de Janeiro. Níveis de ruído acústico: NBR 10152. Rio de Janeiro, 1987. 7p.
- 3) DE MARCO, Conrado Silva.- Elementos de acústica arquitetônica. São Paulo. Nobel, 1992.
- 4) GERGES, Samir. N. Y. Ruído: fundamentos e controle. Florianópolis, 11-492.
- 5) JOSSE. Robert. La acústica en la construcción. Barcelona, Editorial Gustavo Gilli S.A., 1975.
- 6) KINSLER, Lawrence E. & FREY, Austin R. Fundamentals of acoustics. John Wiley & Sons, New York, 1967.
- 7) MINANA, Jose Perez. Compendio práctico de Acústica. Barcelona, Editorial Labor S.A. , 1969.
- 8) INTERNATIONAL. ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acoustics Assessment of noise with respect to community response: ISO/R 1996- 1971. Switzerland, 1984.