



UFRJ

A RETA, A CURVA E O SOM

A INTEGRAÇÃO DA ACÚSTICA AO PROJETO A PARTIR DO ARQUITETO

Maria Julia de Oliveira Santos

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura – PROARQ, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências de Arquitetura – Área de Conforto Ambiental.

Orientador: **Prof.^a Elizabete Rodrigues de Campos Martins, D.Sc.**

Rio de Janeiro • Março de 2009

A RETA, A CURVA E O SOM

A INTEGRAÇÃO DA ACÚSTICA AO PROJETO A PARTIR DO ARQUITETO

Maria Julia de Oliveira Santos

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura – PROARQ, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências de Arquitetura – Área de Conforto Ambiental.

Aprovada por:

Profª. Dra. Elizabete Rodrigues de Campos Martins, D.Sc.

Orientador

Profª. Dra. Maria Lígia Fortes Sanches, D. Sc.

Prof. Dr. Pablo César Benetti , D. Sc.

Prof. Dr. Mauro César de Oliveira Santos , D. Sc.

Profª Dra Maria Lygia Niemeyer, D. Sc.

Rio de Janeiro • Março de 2009

Santos, Maria Julia de Oliveira
A RETA, A CURVA E O SOM - A INTEGRAÇÃO DA ACÚSTICA AO PROJETO A PARTIR DO
ARQUITETO

Santos, Maria Julia de Oliveira – Rio de Janeiro: UFRJ/PROARQ, 2009.
xviii, 210 f. il.; 29,7cm

Orientador: Elizabete Rodrigues de Campos Martins

Tese (doutorado) - UFRJ/PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2009.
Referências Bibliográfica: f.204-209

1. Conforto acústico 2. Projeto de Arquitetura 3. Arquitetura escolar I. Martins, Elizabete de Campos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Arquitetura – PROARQ.
III. A reta, a curva e o som - A integração da acústica ao projeto a partir do arquiteto

A RETA, A CURVA E O SOM

A INTEGRAÇÃO DA ACÚSTICA AO PROJETO A PARTIR DO ARQUITETO

Maria Julia de Oliveira Santos

Orientador:

Prof^a. Elizabete Rodrigues de Campos Martins, D.Sc.

Resumo da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura – PROARQ, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências de Arquitetura – Área de Conforto Ambiental.

A presente tese de doutorado tem por objetivo investigar a razão da evidente negligência a acústica no processo do projeto, a partir do sentido a ela atribuído por estudantes, professores e arquitetos. Procurou-se nesse trabalho constatar a hipótese de que os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto. Para obter-se sua confirmação ou negação, a pesquisa verifica a formação de estudantes de arquitetura no campo em estudo. Em seguida analisa-se um tema de projeto — escolas — em que se demonstra a necessidade do seu emprego para obtenção de uma boa arquitetura. E por último, questionam-se estudantes e profissionais da área para identificar de que modo eles correlacionam a acústica aos projetos. A partir das respostas, confirmou-se que a arquitetura é extremamente rica e diversificada para se restringir simplesmente a duas opções – certo ou errado. Porém caberá sempre aos arquitetos, após pensar no interesse do elemento humano, decidir o que priorizar na arquitetura e atuar como elo entre o conhecimento teórico e a prática projetual.

PALAVRAS-CHAVE: 1. CONFORTO ACÚSTICO 2. ENSINO 3. PROJETO 4. ARQUITETURA ESCOLAR

Rio de Janeiro • Março de 2009

THE LINE, THE CURVE AND THE SOUND

ACOUSTICS AND DESIGN INTEGRATION PROVIDED BY THE ARCHITECT

Maria Julia de Oliveira Santos

Advisor:

Prof^a. Elizabete Rodrigues de Campos Martins, D.Sc.

Abstract da Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura – PROARQ, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências de Arquitetura – Área de Conforto Ambiental.

This piece of work intends to investigate the reason for the evident negligence given to acoustics in the process of a project, starting from the meaning attributed to the topic in question by students, professors and architects. Efforts have been made to prove the hypothesis that architects do not consider acoustics as being essential to the project. In order to obtain a confirmation or denial, the research verifies how architects have been guided in the learning process in this field of study. After that, a project theme is analyzed – schools – where it must be demonstrated the necessity for its use to acquire architecture of good quality. Finally, students and professionals who work in the area are given a questionnaire to identify the manner they correlate acoustics with the projects. According to their answers, we came to the conclusion that architecture is extremely rich and diversified to be simply restricted to two options – right or wrong. Nevertheless, the architects are the ones, after having thought about human interests, to decide about which aspect must come first in architecture, and act as a link between theory and practice.

KEYWORDS: 1. ACOUSTIC COMFORT ,2. EDUCATION 3 .DESIGN, 4. ARCHITECTURE SCHOOL

Rio de Janeiro • Março de 2009

Agradeço a todos que acreditaram que este trabalho poderia ser realizado e que me estimularam a não desistir. Sobretudo, aos fiéis amigos da confraria de Zineide que acompanharam o processo de perto torcendo para que desse certo.

Um especial agradecimento à minha orientadora, Prof^a. Elizabete Martins pela paciência, estímulo e dedicação durante a condução desse trabalho.

Aos funcionários do NPD – Cláudio Muniz, João Peruche e Roberta Salles, pela ajuda na obtenção de imagens e textos do acervo.

À Ivani Bursztyn pela grande ajuda na formulação e análise dos dados relativos ao estudo de campo.

À Maria da Guia pelas discussões sobre o tema e revisão do texto, formulando críticas construtivas que contribuíram para o seu aperfeiçoamento.

À Cristina Malafaia e Tia Lili por ajudarem a desatar alguns nós, pelas fotos e desenhos cedidos, e a amizade de sempre.

Ao Mário Saleiro por ter possibilitado uma incursão temporária ao mundo da filosofia, e estar sempre atento às notícias na mídia sobre som.

Ao meu marido Paulo Sérgio por entender a importância deste projeto, por respeitar as minhas escolhas, por seu estímulo e apoio.

Aos meus filhos, Paula, João e Beatriz, por compreenderem as horas em que me ausentei da vida doméstica e pela “força” constante; inclusive a digitação feita por Bibi, desenhos e diagramação feitos por Paula e a revisão da lista de figuras e tabelas por João.

À minha mãe, por me ensinar desde cedo a não temer obstáculos.

INTRODUÇÃO 19

CAPÍTULO 1: A TEORIA DE ACÚSTICA NO CURSO DE ARQUITETURA 33

1.1 - OS FUNDAMENTOS ACÚSTICOS	34
1.2 - PROPAGAÇÃO DO SOM EM RECINTOS FECHADOS	44
1.3 - COMPORTAMENTO DO SOM AO AR LIVRE	48
1.4 - CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	50
1.5 - PRIVACIDADE	57
1.6 - O RUÍDO	58
1.7 - TRANSMISSÃO DE RUÍDO	62
1.8 - ISOLAMENTO AOS RUÍDOS	65
1.9 - ISOLAMENTO AOS RUÍDOS AÉREOS	67
1.10 - RUÍDO POR VIA ESTRUTURAL	81
1.11 - APLICAÇÕES PRÁTICAS/ EXEMPLOS DE CÁLCULOS PARA PROJETOS	83
1.12 - INTRODUÇÃO À ACUSTICA URBANA	97
1.12.1 - SOM E SAÚDE	98

CAPÍTULO 2: ARQUITETURA ESCOLAR 111

2.1 - INTRODUÇÃO	111
2.2 - O PROJETO ESCOLAR	113
2.3 - ANÁLISE DOS PROJETOS ATRAVÉS DA ACUSTICA	115
2.3.1 - ROTEIRO DE ANÁLISE	115
2.4 - ESPAÇOS ESPECÍFICOS	131

CAPÍTULO 3: A ACÚSTICA NA COMPREENSÃO DE ESTUDANTES E ARQUITETOS 141

3.1 - METODOLOGIA	141
3.2 - OS RESULTADOS	143

3.2.1 - O QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS.....	143
3.2.1.1 - AS RESPOSTAS AS QUESTÕES ABERTAS	143
3.2.1.2 - AS QUESTÕES FECHADAS	149
3.2.2 - O QUESTIONARIO APLICADO AOS PROFESSORES.....	168
3.2.2.1 - AS QUESTÕES ABERTAS	169
3.2.2.2 - AS RESPOSTAS DOS PROFESSORES RELATIVAS ÀS QUESTÕES FECHADAS.....	174
3.2.3 - AS ENTREVISTAS COM OS ARQUITETOS	179
3.2.3.1 - AS RESPOSTAS DOS ARQUITETOS RELATIVAS ÀS QUESTÕES ABERTAS	179
3.2.3.2 - AS RESPOSTAS DOS ARQUITETOS RELATIVAS ÀS QUESTÕES FECHADAS	187
3.3 - DISCUSSÃO	192
CONSIDERAÇÕES FINAIS	199
BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA.....	204

CAPÍTULO 1

Figura 1.1- Propagação do som	35
Figura 1.2 – Faixa de frequência audível	35
Figura 1.3 – Espectro onda sinusoidal.....	37
Figura 1.4 – Forma de onda.....	38
Figura 1.5 – Relação entre pressão sonora e nível de intensidade sonora	41
Figura 1.6 – Esquema do ouvido humano	43
Figura 1.7 – Distribuição do som sobre a superfície.....	44
Figura 1.8 – Reflexão do som.....	45
Figura 1.9 – Incidência e reflexão do som sobre superfície convexa	45
Figura 1.10 – Superfície côncava.....	46
Figura 1.11 – Ilustração de ocorrência de difração do som	47
Figura 1.12– Painéis difusores para aplicação em tetos ou paredes.....	47
Figura 1.13 – Triângulo sonoro ABC.....	49
Figura 1.14 – Efeito do vento	49
Figura 1.15 – Reverberação em recinto fechado.....	50
Figura 1.16 – Material de espuma de poliuretano para ser aplicado na parede ou teto	51
Figura 1.17- Medidores de nível de pressão sonora	60
Figura 1.18 – Curvas de avaliação de ruído (NC).....	61
Figura 1.19 – Espectro do ruído	62
Figura 1.20 – Transmissões diretas ou indiretas: duas situações de localização do ambiente	64
Figura 1.21- Ilustração do efeito mola.....	71
Figura 1.22 – Perda por transmissão (PT)	73
Figura 1.23– Paredes descontínuas	76
Figura 1.24 – Ante – câmara e porta com material absorvente	78
Figura 1.25– Laje flutuante: corte esquemático.....	81
Figura 1.26– Laje flutuante sobre camada de amortização	82
Figura 1.27 – Espaço acústico aberto e fechado	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.28 - A via expressa: Linha Amarela; Conexão Lagoa-Barra.....	103
Figura 1.29 - Hierarquização das vias em relação ao entorno	103
Figura 1.30 - Exemplos de implantação	104
Figura 1.31 - Escalonamento entre as edificações.....	104
Figura 1.32 - Uso do escalonamento na edificação	104
Figura 1.33 - Espaço de transição	105
Figura 1.34 - Exemplo de ruas: bairros do Grajaú e Leblon / RJ	105
Figura 1.35 - Rua em “U” e Rua em “L”	106
Figura 1.36 - Configuração e disposição dos edifícios nas ruas.....	106
Figura 1.37- Soluções de organização das vias na quadra	107

CAPÍTULO 2

Figura 2.1- Escola Municipal Edmundo Bittencourt - Benfica	116
Figura 2.2 - Escola Municipal Cícero Pena - Copacabana.....	116
Figura 2.3 - Escola Municipal Barão de Itacurussá - Tijuca.....	116
Figura 2.4 - Circulação com o uso de jardim auxiliando na absorção sonora	120
Figura 2.5 - Circulação com teto não plano e uso de material absorvente sobre as paredes.....	120
Figura 2.6 - Circulação com parede não ortogonal	120
Figura 2.7 - Vista da circulação com paredes não paralelas	121
Figura 2.8 - Circulação com paredes não paralelas, em planta.....	121
Figura 2.9 - Variação da área da fachada exposta ao ruído da via	122
Figura 2.10 - Trecho da linha amarela que tangencia uma escola estadual.....	122
Figura 2.11 - Salas de aula afastadas dos setores mais ruidosos e voltada para área com maior arborização.....	123
Figura 2.12 - Salas de aula periféricas, voltadas para as áreas externas com grande movimento de tráfego.	123
Figura 2.13 - Salas de aula resguardadas do som exterior, voltadas para o interior do lote.	123
Figura 2.14 - Foto da maquete do Colégio Experimental Paraguai-Brasil	124
Figura 2.15 - Planta do primeiro piso	125
Figura 2.16 - Agrupamento.....	125

Figura 2.17 - Bloco único	125
Figura 2.18 - Pavilhonar	125
Figura 2.19 - CIEP Samuel Wainer – Tijuca: Vista aérea do sítio e elevação	125
Figura 2.20 - Escola Padrão Sergio Vieira de Mello – Leblon: Vista aérea do sítio e elevação.....	126
Figura 2.21 - Bloco das salas de aula e piloti	127
Figura 2.22 - Pátio da Bandeira, Fachada da área de circulação.....	127
Figura 2.23 - Parque aquático e vista do ginásio.....	127
Figura 2.24 - Escola Municipal Cícero Penna.....	128
Figura 2.25 - Escola Barão de Itacurussá: vista da entrada para secretaria e pátio coberto.....	128
Figura 2.26 - Escola Fazendária – Maceió Face NO.....	129
Figura 2.27 - Escola Fazendária – Maceió Face SE	129
Figura 2.28 - O material de revestimento contribuindo na percepção do espaço.....	130
Figura 2.29 - Sala de informática, revestimento das paredes com material absorvente, uso de poltrona estofada auxiliando na redução da reverberação	130
Figura 2.30 - Sala de estudos – uso de material absorvente sobre a janela, no piso, no teto e em parte do mobiliário..	130
Figura 2.31- Salas de aula “paisagem”	131
Figura 2.32- Espaço “cafauzão” sem tratamento acústico.....	132
Figura 2.33- Auditório com paredes em tijolo maciço, placas absorventes, teto direcionando o som.....	134
Figura 2.34- Aplicação de placas difusoras na parede lateral, curva de visibilidade acentuada.....	134
Figura 2.35- Diversidade de áreas e materiais em um pátio para ensino fundamental.....	135
Figura 2.36- Roda da leitura na sala de aula.....	135
Figura 2.37- Canto da leitura.....	136
Figura 2.38- Refeitório em espaço multiuso.....	136
Figura 2.39- Refeitório de uma escola padrão do Rio de Janeiro.....	136

LISTA DE TABELAS E QUADROS

CAPÍTULO 1

Tabela 1.1 - Filtros de 1/3 e 1/1 oitava	36
Tabela 1.2 - Velocidade do som em alguns materiais	38
Tabela 1.3 - Potência acústica de fontes diversas	39
Tabela 1.4 - variação da intensidade para fonte sonora pontual	39
Tabela 1.5 - Exemplos de níveis de intensidade de fontes sonoras	40
Tabela 1.6 - Valores em dBA para tipos de conversação	43
Tabela 1.7 - Distância de inteligibilidade da fala para um esforço vocal determinado	53
Tabela 1.8 - Tempo de reverberação recomendado para ambientes escolares	56
Tabela 1.9 - Conversão de dB para dB(A)	60
Tabela 1.10 - valores dBA e NC recomendados em escolas	62
Tabela 1.11 - Coeficiente de transmissão	63
Tabela 1.12 - Valores para K na transmissão indireta	65
Tabela 1.13 - Isolamento de laje em concreto	65
Tabela 1.14 - Valores de STC	66
Tabela 1.15 - Níveis lei de massa e lei de frequência	67
Tabela 1.16 - Valores de frequência crítica	69
Tabela 1.17 - Atenuação acústica de paredes	69
Tabela 1.18 - Redução do ruído de portas	78
Tabela 1.19 - Distâncias recomendáveis em função da janela	80
Tabela 1.20 - Redução acústica de vidros	80
Tabela 1.21 - Níveis Teste em lajes flutuantes de 4cm sobre diferentes materiais resilientes	83
Tabela 1.22 - Impacto do ruído na saúde	98
Tabela 1.23 - Níveis de ruído para conforto acústico	100
Tabela 1.24 - Níveis Critério, em dB(A) para Ambientes Externos (NBR 10151/2000)	108
Tabela 1.25 - Níveis (NCA), em dB(A), para Ambientes Externos (NBR 10151/2000)	109

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 - Nível de Voz em dB.....	118
Tabela 2.2 - Valor dB(A) e NC recomendados em escolas	131
Tabela 2.3 - Valor dB(A) e NC recomendados em ambientes de escolas.....	134

CAPÍTULO 3

Quadro 01 - Grau de importância dos departamentos de acordo com os alunos entrevistados	150
Quadro 02 - Problemas arquitetônicos e sua influência na qualidade do espaço escolar	151
Quadro 03 - Ordenação dos elementos de influência no estudo preliminar do projeto.....	157
Quadro 04 - Escala de opiniões/ atitudes	160
Quadro 05 - Pontuação atribuída a cada resposta	162
Quadro 06 - Problemas arquitetônicos e sua influência na qualidade do espaço escolar	174
Quadro 07 - Ordenação dos elementos de influência no estudo preliminar do projeto.....	176
Quadro 08 - Escala de opiniões/ atitudes	177
Quadro 09 - Pontuação atribuída a cada resposta	178
Quadro 10 - Problemas arquitetônicos e sua influência na qualidade do espaço escolar	187
Quadro 11 - Ordenação dos elementos de influência no estudo preliminar do projeto.....	189
Quadro 12 - Escala de opiniões/ atitudes	190
Quadro 13 - Pontuação atribuída a cada resposta	191

CAPÍTULO 1

Gráfico 1.1 - Curvas isofônicas.....	42
Gráfico 1.2 - Diagrama de Bolt	48
Gráfico 1.3 - Distância entre orador e ouvinte.....	54
Gráfico 1.4 - Índice de articulação	55
Gráfico 1.5 - Absorção por membrana	57
Gráfico 1.6 - Pannel ressonador e ressonador de cavidade	57
Gráfico 1.7 - Lei de massa.....	67
Gráfico 1.8 - Variação do isolamento em paredes duplas	70
Gráfico 1.9 - Índice de redução acústica de uma parede dupla.....	71
Gráfico 1.10 - Ábaco para cálculo da redução sonora de paredes descontínuas.....	77
Gráfico 1.11 - Desempenho do isolamento de porta comum.....	79

CAPÍTULO 3

Gráfico 3.1- Frequência média das respostas dos alunos.....	152
Gráfico 3.2- Frequência média das respostas dos professores.....	175
Gráfico 3.3- Frequência média das respostas dos arquitetos.....	188

A reta, a curva e o som: a integração da acústica ao projeto a partir do arquiteto foi o título adotado para a pesquisa desenvolvida, partindo-se da hipótese que **os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto.**

A reta e a curva expressam a própria arquitetura. Derivadas do ponto e da linha cuja extensão produz o plano, que ao combinar-se com outros, atua como elemento definidor do espaço (CHING1993)¹. O espaço está relacionado não apenas à visão, mas à audição e a outros dos nossos cinco sentidos.

E um dos objetivos da arquitetura é despertar sensibilidades humanas (FURUYRAMA² 1997). Assim, o movimento da superfície, o seu material de composição e suas dimensões guardam estreita relação com o som. Deste modo, ao se pensar em um projeto, deve-se pensar no som o qual está sempre a ele intrínseco.

Na pesquisa desenvolvida no mestrado³ cujo foco situava-se nas escolas de primeiro grau do município, verificamos as suas condições acústicas, constatando que diversas escolas estudadas não se adequavam ao uso ao qual se destinavam. Apresentavam níveis de ruído interno ultrapassando àqueles recomendados pela norma, e alguns dos estabelecimentos apresentavam inclusive condições de insalubridade que comprometiam a saúde vocal dos professores e a capacidade de aprendizado dos alunos.

Naquela época, constatamos nas entrevistas com professores e alunos, a sua insatisfação quanto à qualidade do espaço de ensino em que conviviam. O incomodo provocado pelo ruído era sempre por todos apontado. E de modo bastante expressivo também ressaltavam a dificuldade da comunicação em sala, mesmo em locais nos quais o nível de ruído não se apresentava tão elevado, reiterando a influência da solução espacial arquitetônica da sala de aula na inteligibilidade do som.

Alguns anos após a defesa da dissertação, certifiquei-me de que as deficiências acústicas encontradas em espaços para ensino pouco haviam mudado. Apesar de ter havido, por parte do poder municipal a preocupação em melhorar seu espaço físico tornando-o mais atrativo para os alunos e professores, e, deste modo valorizando a própria imagem da escola na cidade. Investiram nos conceitos de luz e cor, buscaram uma nova linguagem na composição dos edifícios, arriscaram no uso de novos materiais, mas a acústica continuou esquecida. Essa resistência em não modificar soluções consolidadas ao longo dos anos foi reforçada pela crítica que Coelho Neto⁴ fez aos arquitetos ao dizer:

(...). Todas as disciplinas humanas mudam porque muda o homem – **menos a arquitetura**⁵: os conceitos de proposição, utilização e fruição do espaço continuam essencialmente os mesmos. O arquiteto ainda é uma espécie de ditador ao qual o usuário se submete em termos absolutos e definitivos: ele nada pode contra o “projeto”. No entanto, o espaço vive, respira – e isso quer dizer que exige mudanças. [...]

Essa cristalização apontada por Coelho Neto foi que conduziu a reflexão sobre a intrigante ausência da acústica na maioria dos discursos em defesa de propostas projetuais. Esta ausência foi que me impulsionou a investigar os porquês da “invisibilidade” acústica, por grande parte dos profissionais da arquitetura na concepção de projetos. Do reduzido emprego da acústica na fase de concepção, e das discussões sobre o que leva o arquiteto a “esquecer” um pouco a acústica, surgiu a pergunta: Qual o sentido atribuído à acústica por estudantes, professores e arquitetos?

Lendo o memorial que acompanha as obras publicadas em revistas especializadas, ou nos trabalhos desenvolvidos nos cursos de graduação, raramente nos deparamos com um texto que descreva a acústica como um fundamento para a concepção da proposta, exceto quando o objeto arquitetônico é, por exemplo, um teatro ou uma casa de espetáculo.

No meio acadêmico, aos poucos, o conteúdo desenvolvido na disciplina acústica começa a fazer parte do projeto de arquitetura. Semelhante ao que ocorre nas justificativas de memoriais de projetos realizados por profissionais, a acústica é apenas mencionada em determinados programas ou então quando o próprio tema requer sua central e evidente presença, como um projeto para cinema, ou sala de concerto, entre outros. No entanto, o som está presente em qualquer espaço habitado e conseqüentemente, faz parte indistintamente do nosso cotidiano.

A constatação do descaso atual em relação ao som foi ressaltada por Norval Baitello Jr⁶, com a intenção de despertar nossa reflexão sobre importante tema:

[...] Vivemos, profundamente, até a última das nossas fibras, dentro de um mundo da visualidade. Que evidentemente não começou agora, mas que foi se desenvolvendo e foi se sofisticando de tal maneira que todos nós podemos suspeitar que estamos nos tornando surdos. O valor do som é tão menor que o da imagem no nosso mundo e no nosso tempo, que este fato pode ser lido em inúmeros momentos da nossa vida e do nosso cotidiano. [...] Na vida e no trabalho acadêmico, tem mais peso quem escreve um livro do que quem dá bons cursos. Os sistemas de avaliação são todos fundados sobre a escrita, que pertence ao reino da visualidade, a mesma escrita que nasceu das formas mais arcaicas de conservação da informação.

Com o desenvolvimento da escrita e sua consolidação como instrumento de comunicação, a visão passou, através dos séculos, a exercer seu domínio. Vivemos a civilização da imagem. E devido a tal fato desaprendemos a perceber nossos outros sentidos assim como nossa capacidade de captar sensorialmente as múltiplas mensagens emitidas por um espaço edificado pela fruição dos usuários. Nas suas descrições, costumeiramente adotam o sentido da visão para construir uma narrativa composta da apreciação das dimensões, das cores, da intensidade da luz, dos materiais, enfim, dos aspectos relacionados apenas ao olhar.

O predomínio da visão sobre os outros sentidos e sua conseqüente parcialidade nos processos cognitivos, é uma particularidade do mundo moderno ocidental, pois até o século XVI, a audição e o olfato eram os sentidos dominantes⁷. Estes sentidos, segundo Marc Bloch⁸, representavam a visão, e os homens se ouvindo e sentindo odores, imaginavam e criavam suas próprias histórias, pinturas, arquiteturas e culinárias, dignificando os aspectos intelectuais e culturais de cada região. Contemporaneamente pasteurizados pela globalização da visão.

No feto em formação no útero o primeiro sentido desenvolvido é a audição, e mesmo antes do quinto mês de gestação ele já reage a estímulos sonoros. E, pouco a pouco, responde às mensagens sonoras do mundo exterior do qual é convidado a participar mesmo antes de nascer.

Ouvimos os outros antes de vê-los, senti-los ou tocá-los. Ouvimos a fala antes de falar e de compreender o que é dito. Sentimentos de segurança e pertencimento se formam a partir da comunicação oral e as comunidades sociais se formam apoiadas no exercício de saber escutar seus componentes. Esta constatação permite-nos entender que a audição é um sentido social.

Não podemos ignorar que fazemos parte de um mundo repleto de sonoridade, tonalidades, timbres, barulhos e palavras. Raramente avaliamos quão complexas são a nossa dependência do som, por consideramos natural e banal nossa capacidade de identificar com precisão e em fração de segundos, os sons presentes no ambiente cotidiano. Ignoramos, que desta conduta fundamental depende nossa sobrevivência, afinal, o som nos informa sobre presenças, constância, mudanças súbitas e perigo. O som nos orienta.

Quando conscientemente percebemos sons, o processo fisiológico torna-se psicológico. Nesse momento, o som deixa o mundo físico da vibração, e entra no mundo psicológico da informação. Internamente, seria a passagem da sensação à percepção do som. No cotidiano, a experiência auditiva está voltada para identificar coisas, embora, mais interessada na natureza dos sons do que propriamente na localização de sua fonte sonora.

Entretanto, em situações específicas, como por exemplo, caminhar por um parque, ou até mesmo circular em um ambiente escuro, tornamo-nos conscientes da localização do som. Estas habilidades de identificar e localizar os sons foram elaboradas ao longo de nossa história evolutiva, através da construção do sentido biológico do espaço e do tempo.

A mudança da cultura oral para a escrita provocou a alteração de um espaço sonoro para um espaço visual. Diferentemente da audição, a visão funciona com o sentido de distância: largura, altura e profundidade, embora possamos localizar um objeto através da diferença do tempo de reflexão do som e de sua intensidade. A distancia é apreendida pela intensidade do som emitido por uma fonte sonora. Por exemplo, se alguém nos chama, sabemos se está próximo ou distante devido à intensidade da sua voz.

Apesar de a visão ter sido condicionada às informações espaciais, enquanto a audição, ao nosso instrumento de registro das informações temporais, a combinação dos dois sentidos permitirá a plena compreensão do espaço edificado. Um tempo maior ou menor no percurso do som em um ambiente informará se este tem dimensões generosas ou reduzidas. Ao batermos palmas, percebemos o som com maior ou menor intensidade, em parte, pelas características da fonte sonora, mas também pela especificidade dos materiais de revestimento utilizados. Esta sonoridade também é resultante das formas adotadas no projeto através do movimento das superfícies integrando o volume do ambiente. O que se ouve, em parte, traduz o tamanho do local e as características dos materiais componentes dos revestimentos.

O valor do som no século XXI é sensivelmente menor que o da imagem em nosso mundo. Este fato pode ser evidenciado em inúmeros momentos cotidianos de nossas vidas. Em todas as esferas das atividades humanas e da cultura contemporânea, detecta-se o predomínio da visão sobre a audição o que pode ser observado nas transformações dos programas de necessidades, e em soluções de projeto de arquitetura de interiores. É usual a solicitação de um ambiente “home theatre” no qual são adotadas várias telas de TV de plasma expressando o domínio da imagem.

A atitude cultural acima mencionada tem sido observada e criticada por vários autores. Bruno Munari⁹ nos diz:

Muitos designers projetam ainda hoje apenas para o sentido da visão. Preocupam-se unicamente em produzir algo belo de se ver e não lhes interessa que o objeto resulte depois desagradável (...) Da mesma forma, quando um desses designers projeta um restaurante, não leva em consideração a acústica e, por isso, quase todos os restaurantes são muito barulhentos.

A audição requer um tempo de fluxo, aquele do nexo, das conexões, das proposições, das relações, dos sentidos e do sentir. Nenhum outro sentido pode registrar impulsos tão minúsculos quanto nossa audição. “Nosso sentido auditivo é de fato uma maravilha e ultrapassa de longe a capacidade da visão em muitos aspectos”, afirma George Leonard¹⁰ (apud Berendt, 1993).

Se em um balde forem misturados três pigmentos diferentes, nossos olhos perceberão a nova cor como única, enquanto que, quando ouvimos três instrumentos musicais tocados simultaneamente identificamos o som de cada um deles separadamente. A particularidade da nossa capacidade auditiva associada ao comportamento do som torna-se condicionante de um dos objetivos almejados por projetistas na concepção de salas para concertos, pois quanto mais bem projetadas forem, melhores serão as condições para se identificar os distintos instrumentos que compõem uma orquestra, independente da posição do ouvinte na sala de concertos.

Para Tadao Ando¹¹,

“[...] Um espaço não é uma coisa só. É um lugar para muitos sentidos: visão, audição, tato e as coisas incontáveis que acontecem em meio a tudo isso [...] arquitetura não é apenas uma forma, não é apenas a luz, não é apenas o som, não é apenas o material, mas a integração ideal de tudo. O elemento humano é a chave que reúne tudo isso [...]”.

Como consequência, a relação do homem com o espaço construído é multisensorial. As características de um espaço, dadas por sua materialidade (na qual se insere a forma), dimensão e conforto ambiental, são igualmente registradas pelos órgãos do sentido.

Hertzberger¹² destaca que:

(...)o projeto deve estar harmonizado com todos os dados intelectuais e emocionais que o arquiteto possa imaginar e deve relacionar-se com todas as percepções sensoriais do espaço, no qual o som é significativo não só pelo que é ouvido, mas, também pelas associações que desperta(...).

Esta idéia é reafirmada por Rasmussem¹³ ao observar que a arquitetura pode ser ouvida. Considerando que, “recinto de formatos e materiais diferentes reverberam de modo diverso,” teremos percepções distintas dos sons nos vários ambientes de um edifício.

O trabalho de sonoplastia adotado em radio-novelas nos serve de exemplo. Os ambientes e o estado emocional das personagens são reconhecidos através dos sons. A audição permite criar em nossas mentes imagens a partir do que se ouve. Essas são imagens geradas por nexos, sentidos e são, então, aquelas que estimulam a criação - a imaginação. Diferentemente daquelas que são oferecidas prontas, de modo a cercear a capacidade imaginativa, impedindo que se pratique o que MUNARI(2002)¹⁴ diz, “a imaginação é o meio para visualizar, para tornar visível aquilo que pensam a fantasia, a invenção e a criatividade”.

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 aberto, fechado, mobiliado ou vazio.

Alguns espaços residenciais permitem que se identifique o movimento de seus residentes pelo som. Os sons da água saindo do chuveiro, das panelas em uso na cozinha, do ato de ligar ou de desligar um computador sinalizam e indicam as atividades em execução. A habitação se expressa sonoramente. Uma casa com crianças ou jovens, normalmente é rica na sua expressão sonora, e marcadamente silenciosa à medida que, aos poucos, estes crescem e vão saindo da moradia dos pais.

Neutra¹⁵ descreve a visita a uma igreja como uma experiência sonora única:

“quando caminhamos através da nave de uma catedral medieval, o impacto de nossos passos no pavimento de pedra, ou a reverberação de uma contida tosse torna possível, ou mesmo se torna em si própria uma impressão essencial, vital do espaço arquitetônico. Tais sons, acusticamente elucidam o material de invólucro. Paredes de pedra podem ter eco, mas peças de veludo quase não reverberam e não sinalizam nada ao ouvido. (...) Como numa apresentação em auditório, o ritual durante a missa, na verdade, nos revela o interior da igreja. É errado pensar que a catedral somente contenha velas, cantores, um órgão eloqüente. As modulações do coral, a força dos baixos, os pianíssimos e diminuendos iluminam o grande interior acusticamente assim como as velas o fazem visualmente.”

Este som contido na “visão auditiva” da arquitetura, na qual cada espaço arquitetônico é distinguido por seu próprio som oriundo de suas formas e materiais envolventes, registrando a intenção de um resultado acústico pré-concebido, é também observado por Rasmussem¹⁶ ao descrever o som dos tecidos das vestimentas femininas no ambiente residencial. Com a inexistência da acústica na pré-concepção do projeto, os espaços arquitetônicos transmitirão resultados que, entregues a própria sorte, soarão sem transmitir sensações especiais.

Para Norberg Schulz¹⁷, o que nos falta é consciência de nossos problemas, ou seja, compreendermos o que projetamos; o processo construtivo; e os meios para chegar as suas soluções. Ele destaca que:

(...) o arquiteto não trabalha no vazio, seus produtos dão soluções a problemas suscitados pelo ambiente e suas soluções têm igualmente um efeito retroativo (...).

A reação ao emprego da acústica, talvez ainda espelhe uma antiga idéia dos tempos da Beaux Arts, ressaltada por Reyner Banham: “Se havia algo contra o que Guadet se mostrava hostil, era contra os estudos físicos exatos como base para o projeto”¹⁸.

A hostilidade guadeniana contra os estudos físicos, no qual se inclui a acústica, parece ter mantido sua continuidade contemporaneamente. Em parte, esta antipatia se justifica pela falta da integração imediata dos conceitos na prática do projeto, destinando à acústica a idéia de uma disciplina rígida e com pouco emprego nas soluções arquitetônicas.

O baixo envolvimento por parte dos arquitetos em aplicar os conceitos de acústica aos projetos foi o que motivou o desenvolvimento da pesquisa. Há alguns anos vem-se observando, através de trabalhos de consultoria, que muitas alterações em projetos já executados poderiam ser evitadas se, logo no início, fossem aplicados conceitos acústicos básicos. Projetos bem resolvidos em diversos outros campos, algumas vezes, deixam de ser considerados excelentes, porque não cuidaram da qualidade acústica. Por que tal fato acontece?

A acústica tem sido uma ciência pouco aplicada como ferramenta no desenho dos espaços arquitetônicos e urbanísticos. De certa forma, o som na cultura ocidental ainda não é um elemento expressivo como na cultura oriental¹⁹, na qual a visão é menos valorizada. E o tempo, que é parte do som, no ocidente é considerado linear, como se tudo fosse monocórdio. Uma consideração errônea, como ressaltou Lina Bo Bardi dizendo:

Mas o tempo linear é uma invenção do Ocidente, o tempo não é linear, é um maravilhoso emaranhado onde, a qualquer instante, podem ser escolhidos pontos e inventadas soluções, sem começo nem fim²⁰.

As inventivas soluções surgidas num instante, como a expressa pela cultura oriental, que devido à sua maior sensibilidade ao som, valorizam naquela região o desenho acústico associado ao projeto. A cultura oriental, como explicava Lucien Febvre²¹ desenvolveu sua sensibilidade de “ver com os ouvidos”, como o deveríamos fazer “afinando” nossas ferramentas acústicas no desenho a fim de melhorar o espaço arquitetônico e urbanístico.

Afinal, por que, apesar do avanço do conhecimento e de recursos tecnológicos, continuamos ainda a nos deparar com espaços extremamente ruins quanto ao conforto acústico ou, então, pobres quanto ao uso do som como estímulo sensorial?

Os primeiros estudos conhecidos sobre som se remetem a Pitágoras (580 a.C.–500 a.C.), que ao estudar a relação entre a largura de um corpo vibrante e a altura do som, realiza o primeiro experimento sonoro deduzido numericamente na história da ciência. Um experimento precisamente sonoro. Durante o período de desenvolvimento da cultura helênica julgava-se que as propriedades do som e a sensação de audição teriam origem na filosofia da proporção dos números e na harmonia dos tons. Os Pitagóricos (550 a.C.) observaram que quando dois alaúdes monocórdios eram tocados simultaneamente existia uma especial consonância, no som ouvido, quando a relação entre o comprimento das suas cordas era 2:1, ou seja, que uma corda tivesse metade do comprimento da outra, iniciando, a partir dessa observação, a matematização do som. Apesar disto, os registros indicam que Aristóteles (384 - 322 a.C.) foi um dos primeiros a tentar explicar o som como resultado do movimento do ar, e, este produzido pela ação da fonte sonora.

Entretanto, o maior testemunho do conhecimento dos Gregos sobre acústica, são seus anfiteatros, alguns hoje em dia ainda utilizados. Esta boa qualidade acústica se deve justamente a três regras fundamentais, ainda consideradas por qualquer projetista na atualidade: boa linha de visão para o palco, o uso de uma parede refletora na zona posterior do palco e o ruído ambiente reduzido.

A arte da construção de teatros abertos tornou-se, nesta época, a mais importante manifestação da técnica da Acústica.

Os romanos também consideraram as características acústicas para a construção dos seus teatros. O tratado escrito por Marco Vitruvius Polião (25 A.C.) prescreve no livro V, capítulos III ao IX como se deve projetar teatros ao ar livre garantindo sua salubridade e boas condições de audição e inteligibilidade da voz. Neste escrito, o arquiteto romano destaca a importância da escolha do sítio, a importância de observar a direção dos ventos e a topografia que influenciam na propagação do som, reforçando suas influências na compreensão da palavra falada ou cantada. (Maciel²², 2006) Vitruvius também recomenda o uso dos vasos ressonantes, que servem para a amplificação da voz, cuja existência é constatada nas ruínas dos teatros gregos e romanos. É interessante destacar que o estudo sobre ressonadores, só vai ocorrer no século XIX, em 1859, desenvolvido por Helmholtz.

O estudo de Vitruvius sobre audibilidade em teatros ao ar livre assinala o despertar da acústica como ciência. Observa-se neste arquiteto seu grande entendimento sobre a propagação do som ao ar livre e seu reconhecimento como uma onda esférica (ibidem, 2006). Os conceitos de ressonância, difração, difusão e eco, a partir dos seus estudos, são introduzidos e associados ao desempenho acústico do espaço.

2. O OBJETO

Ao término da dissertação de mestrado concluí que a maior parte dos problemas acústicos em edificações surge a partir do desenho e das especificações dos materiais, o que reassegura sua importância na fase inicial do projeto. Considerando como premissa esta constatação conclusiva, compreendi que o objeto de estudo para o desenvolvimento dessa nova pesquisa deveria ser o **sentido da acústica na formação dos arquitetos**, tendo como sujeitos, o estudante e o profissional de arquitetura.

Esta empreitada exigia inicialmente o conhecimento de um dos componentes da formação dos arquitetos nas escolas de arquitetura: o conteúdo de acústica, a fim de entendermos o modo como o estudante de arquitetura o assimila. É importante compreender os motivos pelos quais os profissionais pouco aplicam os princípios básicos de acústica que constam da sua formação.

Essa etapa da pesquisa gerou um impasse: podia-se solicitar aos docentes de acústica o conteúdo programático do curso, ou aos discentes as anotações de aula. Porém, entendeu-se que essa atitude poderia ser mal compreendida por parte dos profissionais e gerar constrangimento. Como a ementa é a documentação oficial dos programas de curso, decidiu-se que ela seria a fonte de pesquisa adotada. Nas escolas em que estão publicadas como documento eletrônico, retiramos esta ementa dos sites. Nas demais, obtivemos nas secretarias dos cursos.

Anteriormente a reforma proposta pela portaria n.º 1770, de 21 de dezembro de 1994, do Ministério da Educação e do Desporto, que fixa as diretrizes curriculares e conteúdos mínimos para seus cursos, a acústica era um dos itens da disciplina física aplicada à arquitetura, pertencendo ao grupo de disciplinas de caráter técnico que pouco se relacionavam com os trabalhos desenvolvidos nos ateliês. Após a reforma, no Rio de Janeiro, essa disciplina passou a pertencer ao grupo de conforto ambiental, facilitando sua integração com a disciplina de projeto.

Pesquisando junto aos coordenadores das escolas de arquitetura no Rio de Janeiro, constatei que na maioria delas a disciplina acústica arquitetônica é oferecida no quarto período quando os alunos já iniciaram projeto. Nos cursos do Instituto Metodista Bennett, nas Faculdades Integradas Silva e Souza, na FAU da Universidade Santa Úrsula, no curso de arquitetura da Universidade Estácio de Sá, e da Gama Filho, assim como na FAU da Universidade Federal do

Rio de Janeiro, ela é parte da disciplina Conforto Ambiental. Porém, no curso de arquitetura aberto em 2001 na PUC-RJ pertencente aos departamentos de Engenharia Civil, Artes & Design e História, a acústica ainda é parte da disciplina “aspectos físicos aplicados ao conforto ambiental” em cuja ementa transparece sua pouca afinidade com o projeto de arquitetura.

Excepcionalmente, a acústica é oferecida como uma disciplina obrigatória no Curso de Arquitetura da Universidade Gama Filho e como disciplina eletiva na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, constando da grade curricular subsequente à disciplina Conforto Ambiental I.

De modo geral, podemos constatar nas ementas dos diversos cursos, que a bibliografia sofreu poucas atualizações, deixando de acompanhar um processo de aprimoramento dos conteúdos bibliográficos para arquitetos. Não faz parte desse trabalho o estudo do currículo ou a discussão das formas de ensino de acústica, e muito menos o julgamento de Instituições. O conteúdo da disciplina é abordado para que se estabeleça um parâmetro entre teoria e prática.

Ao longo dos anos docentes, tem-se observado uma evolução do trabalho integrado entre projeto de arquitetura e conforto ambiental. Todavia, há indiscutivelmente o predomínio dos conteúdos relativos às questões térmicas e lumínicas empregados no projeto, em detrimento dos aspectos acústicos, bem como a predominância desses aspectos nas discussões práticas desenvolvidas nos ateliês. Essa ausência ou presença limitada dos aspectos sonoros no projeto acadêmico, nos fomentou algumas indagações: Por que os alunos, futuros profissionais da arquitetura de um modo geral apresentam dificuldades em reconhecer e aplicar os conceitos acústicos nas questões projetuais? Quais os atributos do projeto que eles valorizam?

3. OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo desse trabalho é identificar, a partir do sentido atribuído à acústica pelos estudantes, professores e arquitetos, a razão da evidente negligência a acústica no processo de projeto.

As questões anteriormente propostas esboçaram o caminho percorrido pela pesquisa, intencionando demonstrar que a acústica é parte do processo de concepção do projeto. Sua participação tem início a partir da escolha do terreno, continua por todas as etapas do estudo preliminar, consolidando-se na fase de execução.

Para reconhecimento, análise dos fenômenos acústicos, e demonstração da teoria aplicada, mantivemos o edifício escolar, complementando a pesquisa com questionários aplicados a discentes, docentes e profissionais que projetaram edifícios escolares.

4. METODOLOGIA

Conduziu-se a pesquisa conforme as seguintes etapas metodológicas:

- **Revisão da literatura** - visou o aprofundamento dos temas relacionados ao objeto estudado, através da realização de uma pesquisa bibliográfica e eletrônica nos campos da acústica, arquitetura, psicologia ambiental e do método qualitativo de pesquisa.
- **Estudo de campo** - objetivou a compreensão do problema através de pesquisa com uma população definida, para a qual foram sistematizados dados relativos ao grupo de estudantes, professores e arquitetos, selecionados para responder o questionário.

Foram revistos os fundamentos de acústica aplicados à arquitetura seguindo o programa contido na ementa da UFRJ, assim como aos aspectos teóricos relativos ao desenvolvimento de projeto. Em seguida, reviu-se a parte teórica relativa à arquitetura escolar à medida que escolhemos o edifício de ensino para ilustrar o emprego dos conceitos de acústica no projeto.

A teoria sobre pesquisa qualitativa fundamenta os questionários, cujas perguntas foram construídas intencionando-se cruzar o conteúdo teórico sobre arquitetura escolar, com o conteúdo de acústica arquitetônica. Estes questionários foram aplicados a um grupo pré-determinado de estudantes e professores pertencentes à instituição universitária, cujo objetivo foi identificar de que modo a acústica foi por eles entendida, e se a mesma constitui-se num fator de influência nas decisões projetuais.

Para embasar a condução da investigação, na qual observamos as prioridades projetuais de profissionais e estudantes na solução arquitetônica de edifícios escolares, assim como as deficiências acústicas ainda existentes neste tipo de edificação, julgou-se necessário a revisão de literatura de três temas:

- **Acústica arquitetônica** – para o aprofundamento do entendimento da teoria de acústica recebida pelos estudantes de arquitetura durante sua formação profissional. Fundamentada nas ementas dos cursos de diferentes instituições, na bibliografia adotada, e nos estudos desenvolvidos pelos seguintes autores: EGAN(1972), MEISSER(1973) JOSSE (1975), ARIZMENDI(1980), ARAU (1999), SILVA (2005), BISTAFÁ(2006)
- **Arquitetura de escolas** – esta pesquisa visou a compreensão do projeto do espaço físico das escolas, a partir da acústica, associando-a aos conteúdos relativos à teoria do projeto e psicologia ambiental. Para tal, foram consideradas essenciais as pesquisas desenvolvidas por STRUMPF (1984), Lima (1989), SANTOS (1992), NELSON (2000), PERKINS (2001), MONTANER (2002), Fedrizzi (2002), DOMENECH (2002), kahn (2003), ELALI (2003, 2008), Fernandes (2008), hartzberger (2006)
- **Pesquisa qualitativa** – objetivou-se o entendimento dos métodos e técnicas para a construção dos questionários aplicados aos alunos e profissionais, e elaboração das entrevistas bem como os procedimentos adequados para a análise do conteúdo das respostas. As pesquisas desenvolvidas na área de pesquisa social por BAUER e GASKEL (2002); RICHARDSON (1999); BARDIN (1995) foram de suma importância neste trabalho.

Os questionários foram aplicados diretamente a cada um dos entrevistados por ser necessário compreender as prioridades dos alunos e dos profissionais relativas ao projeto, e, se destas a acústica era parte integrante. Adotamos dois tipos de questões: as abertas, aquelas cujas respostas são discursivas, associadas às fechadas, cujas respostas são escolhidas num elenco de itens. Destas, quatro abertas e cinco fechadas destinaram-se aos discentes e cinco abertas e três fechadas aos professores. As respostas às perguntas abertas foram categorizadas conforme capítulo III desta tese, e posteriormente analisadas.

As entrevistas dirigiram-se apenas ao grupo de cinco arquitetos com experiência e realização individual em projeto de escolas. As entrevistas foram dirigidas por onze questões adotadas para direcionar a condução da conversa. Após sua transcrição procedeu-se a análise do conteúdo. A entrevista focou um único tema – o projeto de escolas – na qual as questões foram colocadas de forma que se compreendesse:

- As prioridades dos arquitetos ao desenvolver seus projetos
- O objetivo perseguido durante o desenvolvimento da proposta
- Os consultores que dão apoio à equipe
- As referências projetuais que guiam a proposta
- Critério de avaliação de projetos
- Interdisciplinaridade aplicada aos projetos

5. ESTRUTURAS DA TESE

Iniciamos este trabalho motivados por questões relativas ao ato de projetar e a sua interação com a acústica durante este processo. Partindo-se de uma postura crítica quanto ao valor secundário atribuído ao som nos dias atuais, iniciamos a pesquisa em que nossa meta foi comprovar a hipótese que **os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto.**

A forma como o ensino de acústica tem se desenvolvido nos cursos de arquitetura de diversas Universidades, em parte, é co-responsável pelo distanciamento dos arquitetos na aplicação do conteúdo teórico nos projetos. Aos poucos fomos entendendo como isso ocorre no processo de desenvolvimento da pesquisa, cujo resultado constituiu o corpo deste trabalho obedecendo a seguinte divisão: **Introdução, três capítulos e considerações finais.**

- **Organizamos o Capítulo 1 a partir das seguintes questões:** qual o conteúdo de acústica que é oferecido nos cursos de graduação em arquitetura do município do Rio de Janeiro? Qual o conteúdo programático da disciplina? Para responder a estas perguntas foi necessário fazer um levantamento das ementas das escolas de arquitetura do município do Rio. Após a verificação individual de seus conteúdos, explicitamos o conteúdo do corpo teórico da acústica ministrado semestralmente, intencionando identificar se estes conteúdos dão subsídios ou não, para solução das questões projetuais que estudantes e profissionais terão de enfrentar.
- **No Capítulo II,** faz-se a análise da arquitetura escolar. O fio condutor dessa etapa da pesquisa foi a verificação dos princípios acústicos aplicados ao projeto, iniciado pela contextualização das mudanças ocorridas no espaço escolar brasileiro. Em seguida, observando-se as diversas soluções de projeto escolar, alguns deles adotados como referência projetual por diversos arquitetos, identificamos onde ocorrem as falhas mais comuns no campo da acústica, verificando no conteúdo teórico da disciplina, se esta possibilita ou não, o desenvolvimento de uma arquitetura com qualidade.

- **O Capítulo III** – destinou-se à compreensão da acústica como instrumento de projeto pelo grupo formado por estudantes, professores e profissionais. Nele utilizamos como ferramenta de investigação o questionário composto por perguntas abertas, questões fechadas e entrevista. Inicialmente, organizamos o material relativo às perguntas abertas feitas aos estudantes e categorizamos as respostas dadas. Em seguida, organizamos os quadros relativos às respostas das questões fechadas, acompanhados posteriormente da justificativa teórica de cada pergunta. Quanto aos professores e profissionais o procedimento foi idêntico. No entanto, como as questões fechadas foram iguais para os três grupos, não foi necessário repetir as justificativas teóricas. A tabulação dos dados gerou informações que puderam ser discutidas ao final desse capítulo.

Nas Considerações finais fez-se uma reflexão sobre o material pesquisado. Após a ordenação dos dados distribuídos por todos os capítulos confirmou-se a hipótese desta tese: **os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto.** Para a maioria, ela não é relevante; e quando confrontada com outros elementos sensoriais, como a luz e o calor, é desprezada. Não ocupa a memória imediata dos projetistas, salvo em condições específicas quando a proposta envolve grandes espaços de comunicação.

Quando inquiridos diretamente sobre a importância do som nos projetos, grande parte dos entrevistados o apontou como fator significativo. No entanto, quando o questionamento foi feito de forma indireta, este valor não foi reconhecido. As considerações finais apontam para a necessidade de adaptação do material didático, de forma que o trabalho prático desenvolvido nos ateliês consiga, de fato, ter parte de suas decisões consubstanciadas na acústica. Permitindo que no futuro, como profissionais, se habituem a pensar o projeto fazendo uso dos conceitos relativos a propagação do som. Após uma avaliação dos resultados, entendeu-se que para o arquiteto as decisões se adequam às circunstâncias do projeto, razão pela qual, em algumas situações abstrai-se dos aspectos sonoros do edifício priorizando outros atributos.

¹CHING, F. *Arquitectura: Forma, Espacio y Orden*. Mexico, Ediciones Gustavo Gilli, 1993

²FURUYAMA, Masao Tadao Ando. São Paulo, Martins Fontes, 1998.

³SANTOS, Maria Julia de O. – Ruído no ambiente escolar: causas e consequências – Dissertação de mestrado defendida no ProArq, FAU, UFRJ, 1993

⁴Coelho Neto, J. Teixeira – A construção do sentido na arquitetura, Ed. Perspectiva, São Paulo, p.70

⁵grifo nosso

⁶Baitello Jr., N - A cultura do Ouvir - Seminários Especiais de Rádio e Áudio - Arte da Escuta - ECO. 1997.2 ; Portal de comunicação, cultura e mídia; <http://revista.cisc.org.br>, consulta em maio de 2006

⁷Os gregos já exaltavam o valor da visão, no entanto, foi a partir dos conceitos da geometria que a visão tornou-se o sentido de maior expressão nas artes e arquitetura.

Segundo Pallasmaa, a crescente hegemonia do olho caminhou em paralelo com a autoconsciência ocidental e a separação cada vez maior entre o “eu” e o mundo, a vista nos separa do mundo, ainda que o restante dos sentidos nos una a ele. A visão é o sentido dominante nos escritos dos arquitetos modernos. Diversas anotações de Le Corbusier ilustram esse domínio: “o homem olha a criação da arquitetura com seus olhos, que estão a 1,70m do solo”.

⁸FEBVRE, Lucien, *Combates pela História*. Lisboa: Editorial Presença, 1985

⁹MUNARI, Bruno. *Das Coisas Nasce Coisas*, 2ª tiragem, Ed. Martins Fontes, São Paulo, 2002, p.373

¹⁰BERENDT, Joachim-Ernst. *Nada Brama: A música e o universo da consciência*. São Paulo : Cultrix, 1993 p. 71

¹¹AUPING, Michael. Tadao Ando – Conversas com Michael Auping. Editorial Gustavo Gili AS, Barcelona, 2003, p. 25

¹²HERTZBERGER, Herman. *Lições de arquitetura*. 2 ed. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1999 p.229

¹³RASMUSSEN, Steen Eiler. *Arquitetura Vivenciada*. Ed. Martins Fontes, 1986

¹⁴MUNARI, Bruno. Op. cit.

¹⁵Neutra, Richard, *Survival through design*, Oxford University Press, New York, 1954

¹⁶Op. cit.

¹⁷Norbert- Schulz, Christian - *Intenciones em Architectura*, Editorial Gustavo Gilli, 1998 p.130

¹⁸BANHAM, Reyner - *Teoria e projeto na primeira era da máquina*. São Paulo: Perspectiva, 1979, p.29

¹⁹Os Vedas declaram: “Brahman é mais ínfimo que o mais ínfimo e mais vasto que o mais vasto”. O corpo humano é feito de cinco elementos – terra, água, fogo, ar e éter. Estes elementos estão associados com os cinco sentidos: olfato, paladar, visão, tato e audição. A presença ou ausência destes cinco atributos do olfato, paladar, visão, tato e audição determina a imanência dos elementos.[...] O quarto elemento, o ar, é mais leve que o fogo, pois ele tem apenas dois atributos: som e forma. Esta é a razão por que ele paira por todos os lados e é mais imanente que o fogo. O quinto elemento, o éter, é mais leve que o ar e é o mais irrestrito dentre os elementos em sua capacidade de permear. A razão para isto é que ele é caracterizado apenas pelo atributo do som. Onde existe éter? Ele existe em todos os lugares porque a energia do som permeia a criação inteira. Diz-se: “O éter é a vastidão vazia do próprio Cosmos” (Verso em Sânscrito). O som é a única qualidade do éter.[...] O som é o atributo do éter. Este som é o AUM primordial, constituído pelas três sílabas A-U-M. Vocês devem ouvir cuidadosamente este som primordial Aum. O homem também é a personificação do som. A origem divina dos cinco elementos básicos. Sanathana Sarathi - Vol. 43 - Número 7 - 7/2000

²⁰Lina Bo BARDI, coordenador editorial Marcelo Ferraz, São Paulo: Instituto Lina Bo e Pietro M. Bardi, 1966, p. 327.

²¹Lucian Febvre, op. Cit

²²MACIEL, J. M. *Vitruvio Tratado de Arquitetura*, INST PRESS, Lisboa 2006

O CONTEÚDO TEÓRICO DE ACÚSTICA DADO NAS ESCOLAS DE ARQUITETURA

1.0– INTRODUÇÃO

Os diversos cursos de arquitetura oferecidos no Rio de Janeiro sofreram, através dos anos, modificações na sua grade curricular. Inserida inicialmente na disciplina de Instalações, pertencente ao departamento de tecnologia, o estudo da onda sonora pertence à área de mecânica, justificando em anos posteriores sua inclusão na disciplina intitulada Física Aplicada. Devido a complexidade do tema e sua abrangência, foi feito um recorte na acústica para adequá-la ao curso de arquitetura — acústica arquitetônica.

Atualmente, na maioria das instituições de ensino é parte do conteúdo da disciplina de Conforto Ambiental. Na FAU/UFRJ é oferecida em dois períodos; inicialmente como parte do conteúdo de conforto ambiental, em seguida, complementarmente como disciplina eletiva. No entanto, observa-se que a procura por parte dos alunos para cursar a disciplina ainda é pequena, indicando que não há uma compreensão por parte deles da sua importância na formação profissional.

Antes de mil novecentos e setenta, a bibliografia de apoio era bastante restrita. A maioria dos textos apresentava uma linguagem característica da área de engenharia com pouquíssima referência aos problemas comumente enfrentados por arquitetos durante o processo de projeto. Dos livros nacionais pioneiros que foram adotados nos cursos do Rio de Janeiro destacamos os escritos por Lauro Xavier Nepomuceno¹, com características estritamente físicas, por Benjamin de Carvalho², que tenta uma parcial aproximação com o projeto, assim como por Paulo Sá e Luiz Alberto Palhano Pedroso³ estudando problemas de ruído na cidade.

Nos livros americanos e europeus, de difícil importação na época para a maioria dos estudantes brasileiros, é que se encontravam conteúdos técnicos desenvolvidos com intuito de melhor elucidar problemas nas edificações ou no meio urbano. Deste grupo, temos os clássicos *Acustical Desining in Architecture*, de Knudsen & Harris e o *L'Acoustique dans les bâtiments de Conturie*, ambos da década de cinquenta.

A partir dos anos setenta, temos o livro do Prof. Pérides Silva⁴ da UFMG – Acústica Arquitetônica – auxiliando na formação dos arquitetos cariocas. Hoje em dia, na sua quinta edição, continua a ser o livro de referência nacional.

Com uma abordagem mais próxima da engenharia, temos o livro do Prof. Samir Gerges da UFSC – Ruído Industrial. Editado em dois mil e seis, o livro do Prof. Silvio Bistafa – Acústica Aplicada ao Controle do Ruído é rico em exemplos práticos e a sua discussão dos resultados facilita bastante a compreensão dos conceitos.

Souza, Almeida e Bragança escreveram o *Bê a Bá* da acústica arquitetônica que procura mostrar aos estudantes as correlações entre o projeto e a acústica. É um ótimo livro de introdução, que prepara o aluno para resolver questões básicas de projeto e o estimula a consultar outros títulos, com conteúdo mais detalhado no campo da física.

Porém, ao compararmos o conteúdo dos diversos títulos recomendados, nacionais ou estrangeiros, identificamos uma estrutura comum exposta nos sumários que revela, em parte, o conhecimento sobre o tema que é passado aos estudantes de arquitetura.

Observamos que de forma direta, na literatura de consulta, somente nos capítulos que tratam do tema condicionamento acústico é feita uma abordagem temática direcionada para a arquitetura de auditórios ou salas de aula. A sequência tradicionalmente desenvolvida no atelier de projeto, ou seja, análise do local, partido arquitetônico, implantação, setorização, não é focada na maior parte da bibliografia de acústica arquitetônica. Neste capítulo, baseado nos diversos sumários de livros citados e nas ementas da disciplina de acústica da FAU/UFRJ, ordenou-se o conteúdo objetivando reconhecer a área de domínio de estudantes e de profissionais nesse tema.

1.1 Os FUNDAMENTOS ACÚSTICOS.

Ao pensarmos o som, automaticamente resgatamos da nossa memória alguma lembrança sonora que pode nos ser agradável ou incômoda. Cada pessoa reage de modo específico ao som. No entanto, a sua ausência é tão perturbadora quanto o excesso provocado por níveis de intensidade inadequados que comprometem a saúde física e mental. A interação entre os sons produzidos e sua captação constitui as percepções e ações sonoras diárias, tais como a característica sonora das comunicações interpessoais, a constante excitação dos sentidos acrescido dos valores simbólicos estimados aos sons.

De acordo com Ching⁵ (1998) as qualidades espaciais da forma, proporção, escala, textura, luz e som dependem das propriedades de delimitação do espaço, sendo que nossa percepção dessas qualidades constitui frequentemente uma resposta aos efeitos combinados das propriedades encontradas. O impacto sensorial provocado pela forma física da cidade afeta seus habitantes que são submetidos a uma enorme carga de tensão perceptiva. Segundo ROMERO⁶,

“os caracteres morfológicos do espaço onde o som se propaga serão os componentes essenciais de sua estrutura audível”.

Porém, não podemos esquecer que as edificações são os componentes principais desse meio, por isso iniciaremos nosso estudo sobre o som compreendendo o seu comportamento e em seguida sua influência nas edificações e no meio urbano.

PROPRIEDADES DO SOM - CONCEITUAÇÃO

A física nos dá dois conceitos para a palavra som:

- 1) Som – vibração, perturbação física que percorre um meio qualquer de propagação.
- 2) Som – sensação sonora, psico-fisiológica, que é captada pelo nosso ouvido.

O meio normal de propagação do som até chegar ao nosso aparelho auditivo é o ar.

O som não se propaga no vácuo.

O som vibração pode ser percebido tanto pelo tato como visualmente.

O som sensação psico-fisiológica depende do meio elástico de propagação e do aparelho auditivo para ser percebido.

A PROPAGAÇÃO DO SOM

É gerada por um corpo que vibra, transmitindo suas vibrações ao meio que o rodeia. Se observarmos o ar dentro de um pistão em movimento veremos que ele se comprime e rarefaz-se alternadamente. Entre uma zona comprimida e uma rarefeita existe uma diferença de pressão. Esta variação de pressão chega às moléculas vizinhas do meio criando ondas longitudinais. No entanto as moléculas não se deslocam, elas oscilam em torno de sua posição de equilíbrio. A distância máxima que elas se afastam do centro de equilíbrio chama-se amplitude.

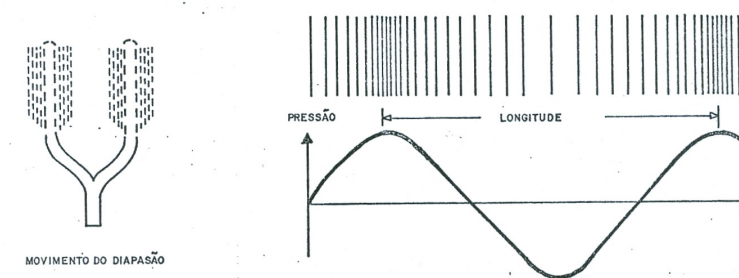


Fig.1.1 – Propagação do som.

FREQÜÊNCIA

Frequência é o número de oscilações completas que a partícula executa por segundo. Sua grandeza é o Hertz (Hz) ou ciclos por segundo (cps), sendo simbolizada por (f).

A faixa de frequência audível pelo homem inicia-se em 20 Hz e termina em 20.000 Hz.

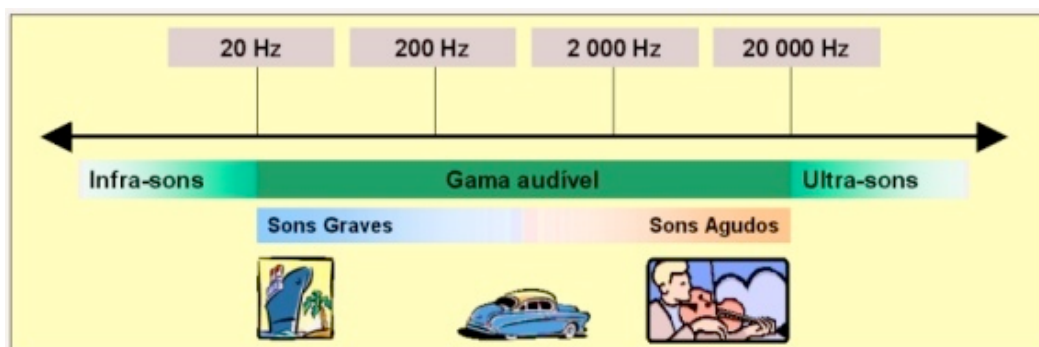


Fig.1.2 – Faixa de frequência audível

O tempo necessário para que a partícula execute uma oscilação completa é expresso pelo período (T).

$$f=1/T$$

Quando dois sons têm como frequências respectivas f1 e f2 diz-se que se acham separados pelo intervalo f2/f1 e que definem uma banda de frequência de largura

$$\Delta f= f2-f1$$

Em acústica arquitetônica e principalmente em estudos de isolamento utilizamos normalmente as frequências de faixas de oitava. Chamamos de oitava o intervalo entre duas faixas de frequência cuja razão é igual a 2, ou seja, $f_2/f_1 = 2^N$ onde N é o intervalo entre duas frequências. Por questões de normatização outorga-se um papel preferencial às oitavas cujas frequências centrais são:

BANDA DE 1/1 OITAVA HZ	BANDA DE 1/3 OITAVA HZ
Frequência central	Frequência central
16	16
	20
	25
31.5	31.5
	40
	50
63	63
	80
	100
125	125
	160
	200
250	250
	315
	400
500	500
	630
	800
1000	1000
	1250
	1600

2000	2000
	2500
	3150
4000	4000
	5000
	6300
8000	8000
	10000
	12500
16000	16000

TAB. 1.1 – Filtros de 1/3 e 1/1 oitava.

Podemos subdividir a faixa de frequência audível em:

- Sons de frequência baixa- 20 a 360 Hz
- Sons de frequência média- 360 a 1.400 Hz
- Sons de frequência alta- 1.400 a 16.000 Hz

A ONDA SONORA

TOM PURO: Quando o som é puro, suas vibrações, ao serem registradas, apresentam a forma de uma curva periódica, regular, sinusoidal. Um instrumento musical simples como o diapasão emite um som deste tipo.

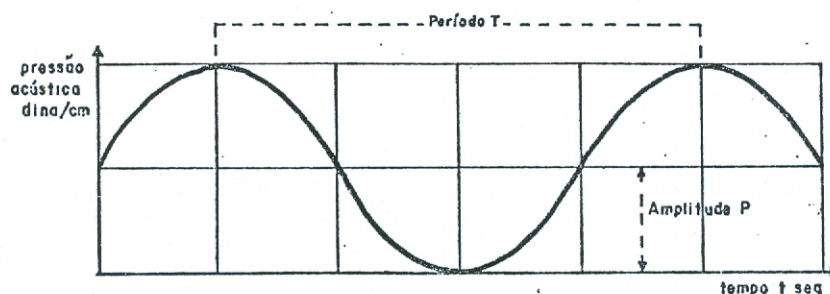


Fig.1.3 - Espectro da onda sinusoidal.

SOM COMPLEXO: Toda onda sonora pode ser considerada como superposição de vários tons puros ou simples. Um som qualquer pode ter infinitos componentes ou harmônicos simples, e esses componentes podem ser determinados por analisadores de som.

O comprimento de onda é a distância que o som percorre durante o tempo correspondente a uma vibração completa. É representado por (λ) e é expresso em metros.

$\lambda = v \cdot t$

$\lambda = v / f$

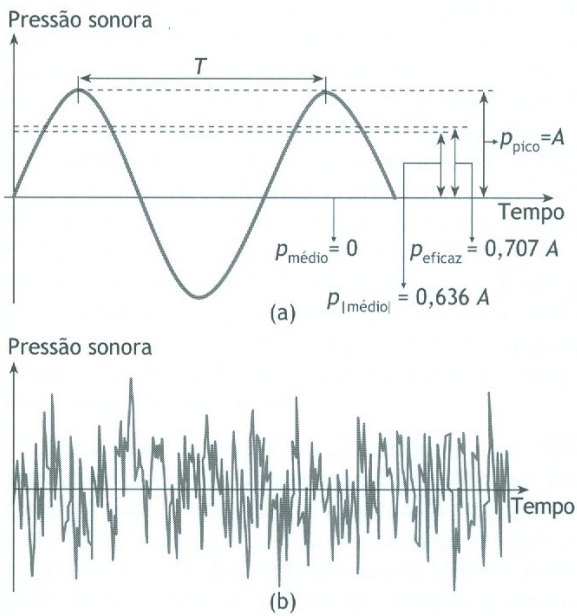


Fig 1.4 – Forma de onda: a) tom puro; b) ruído
Fonte: BISTAFA 2006

VELOCIDADE DO SOM

A velocidade de propagação de um som é expressa em m/s, e é função da densidade do meio em que se propaga, em especial da temperatura. A velocidade do som no ar a 15°C é aproximadamente 340,9 m/s e a 22°C é de 345 m/s.

A variação de temperatura influi no valor final de velocidade que pode ser calculada por:

$$v = (331,4 + 0,607 \cdot t) \text{ m/s}$$

$v = \lambda \cdot f$

VELOCIDADE DO SOM E OUTROS MEIOS	
água	1.435 m/s
alvenaria	3.000 m/s
madeira	1.000 m/s
aço	5.000 m/s
vidro	5.000 m/s
borracha	100 m/s

TAB. 1.2 – Velocidade do som em alguns materiais.

POTÊNCIA ACÚSTICA

Uma fonte de ruído pode ser caracterizada pela sua potência acústica, que é a energia acústica liberada pela fonte por unidade de tempo. É expressa em Watt.

EXEMPLOS DE FONTES	
Voz feminina	0,002 watt
Voz masculina	0,004 watt
Piano	0,27 watt
Automóvel a 100 Km/h	100 watt

TAB. 1.3 – Potência acústica de fontes diversas

INTENSIDADE DO SOM

É a quantidade de energia sonora, expressa em Watt, que atravessa um metro quadrado da área perpendicular na direção em que o som se propaga.

$$I = W / S = \text{Watt} / \text{m}^2$$

Quanto mais afastados estamos de uma fonte sonora, menor será a quantidade de energia que nós vamos receber.

Para ondas esféricas (emitidas por fonte pontual) a intensidade do som varia inversamente com o quadrado da distância.

Relação entre distancia e intensidade de fonte sonora pontual					
distância	x	2x	4x	8x	...
intensidade	I	I/4	I/16	I/64	...

TAB. 1.4 – variação da intensidade para fonte sonora pontual

Em alguns casos podemos considerar como fonte pontual uma pessoa falando, um único veículo dando partida, um compressor, etc.

O som mais fraco que uma pessoa com audição normal pode perceber tem intensidade igual a watt/m² ou watt/cm². É representado por **I₀** (nível de referência).

O NÍVEL DE INTENSIDADE

A lei psicofísica de Weber-Fechner⁷ aplicada ao som diz: “Os incrementos de sensação correspondem a incrementos iguais ao logarítmico da intensidade do estímulo sonoro.”

Então temos que:

$$NI \text{ (dB)} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Sendo:

I- a intensidade de um som qualquer.

I₀ - a intensidade mínima audível pelo ouvido humano.

O nível de intensidade pode também ser calculado a partir de valores de pressão sonora (no caso de uma onda plana ou esférica sem reflexão).

$$NI \text{ (dB)} = 20 \log (P/P_0)$$

Sendo:

P- pressão sonora emitida por um som qualquer.

P₀- pressão sonora mínima audível (0,0002 dina/cm² - pressão de referência).

Para uma fonte pontual, atuando em campo aberto, o nível de intensidade cai **6dB** cada vez que se dobra a distância.

Convencionou-se que o início da percepção de um som se dá a partir de **0 dB**, chegando ao valor máximo suportado pelo ouvido humano de **140 dB**.

Para uma melhor compreensão da escala em dB seguem alguns valores ilustrativos:

Valores em dB	Fonte
0 dB	Limiar de audibilidade, silêncio absoluto.
20	Tic-tac do relógio.
30	Murmúrio.
40	Ambientes muito tranquilos.
50	Riacho calmo.
60	Conversação normal a 1 metro.
70	Conversação alta.
80	Área de trânsito intenso.
90	Caminhão pesado a 5 metros.
100	Buzina a 1 metro (limiar da dor).
110	Discoteca.
120	Perfuratriz pneumática.
130	Pátio de manobras de avião.

TAB. 1.5. – Exemplos de níveis de intensidade de fontes sonoras

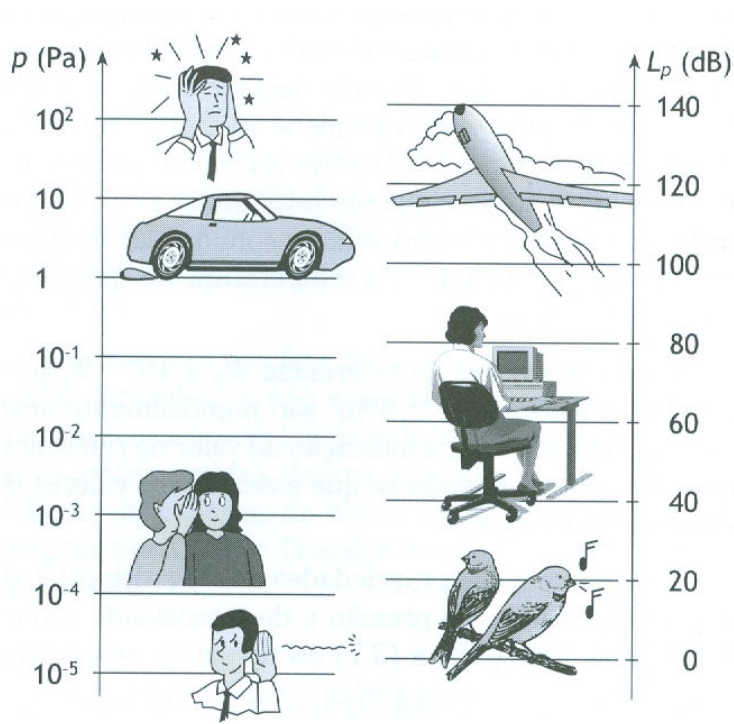


Fig.1.5- Relação entre pressão sonora e nível de intensidade sonora.

PERCEPÇÃO DO SOM/ASPECTOS PSICO-FÍSICOS

Segundo Marco⁸, o ouvido não adiciona simplesmente os níveis de intensidade recebidos. Ele os associa de forma complexa.

Dois sons de iguais intensidades resultam para o ouvinte em um acréscimo de **3 dB** ao nível de som inicial.

Ex.: Um aluno fala a 60 dB.

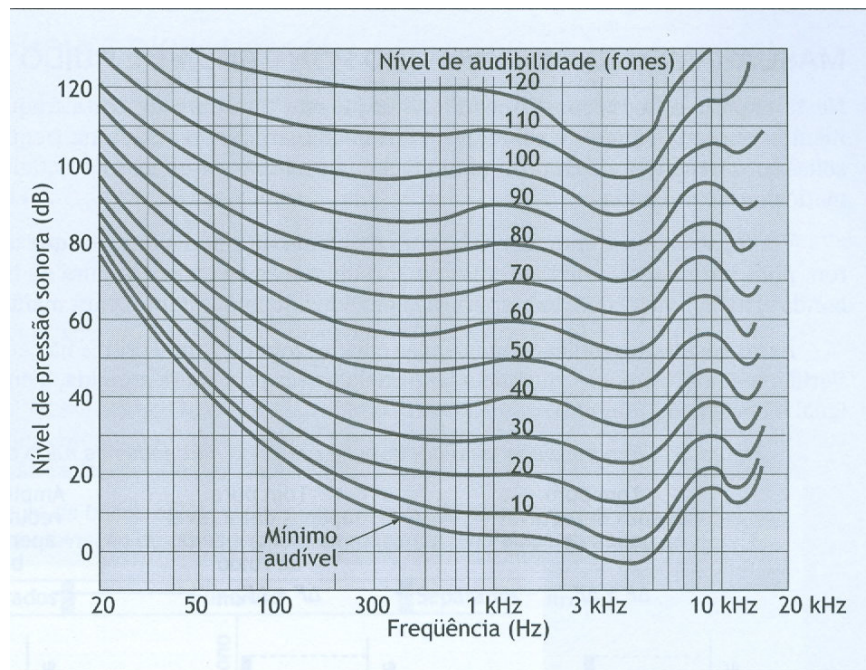
Dois alunos falam a 63 dB.

Quatro alunos falam a 66 dB ...

Sons de mesma intensidade, mas de frequências diferentes, não são percebidos pelo homem da mesma forma. O timbre também modifica a percepção sonora.

O ouvido percebe melhor sons agudos e sons médios, os sons graves oferecem maior dificuldade de percepção.

Estudando este fenômeno, Fletcher e Munson⁹ verificaram que existe um lugar geométrico no qual o ouvido humano percebe os sons igualmente, mesmo sendo suas intensidades e frequências diferentes. (ver gráfico 1.1)



Graf. 1.1 – Curvas Isofônicas: mesmo nível de audibilidade para tons puros. Fonte: Knudsen

Este gráfico mostra como a sensibilidade do ouvido varia com a frequência do som recebido. Ele se refere à audição bi-aural de tons puros, e a frequência de referência é 100 Hz. No gráfico estão marcados alguns pontos ilustrativos:

Um tom grave de 1.000 Hz, com intensidade física de 60 dB, produz a mesma sensação de intensidade de um tom médio de 1.000 Hz com intensidade de 40 dB.

Sendo 1.000 Hz a frequência de referência, fica estabelecida uma escala de audibilidade em FON.

Então para um som de nível de pressão sonora de 60 dB, na faixa de 63 Hz, o nível de audibilidade será 40 FON.

MASCARAMENTO

Em locais ruidosos este fenômeno é facilmente exemplificado e vai dificultar para os ouvintes a compreensão das palavras emitidas. Quando temos fontes sonoras distintas atuando simultaneamente em um local, acabamos por ter dificuldade de perceber o som que queremos ouvir de uma fonte particular. Assim torna-se necessário elevar o nível de som desejado para se obter a percepção correta. Ocorre mascaramento quando um som interfere na percepção de outro. (BISTABA 2006)

O OUVIDO HUMANO

O aparelho auditivo se divide em três partes:

- **OUVIDO EXTERNO:**

Pavilhão auditivo e conduto auditivo externo.

Tímpano (membrana circular que se deforma e vibra sob efeito das variações de pressão).

- **OUVIDO MÉDIO:**

Cadeia de ossos que funcionam como um sistema amplificador.

Trompa de Eustáquio: canal condutor de ar que permite o equilíbrio de pressões aéreas dos dois lados do tímpano.

- **OUVIDO INTERNO:**

Cóclea: suporte das células auditivas.

Vestíbulo: parte receptora do sistema de equilíbrio

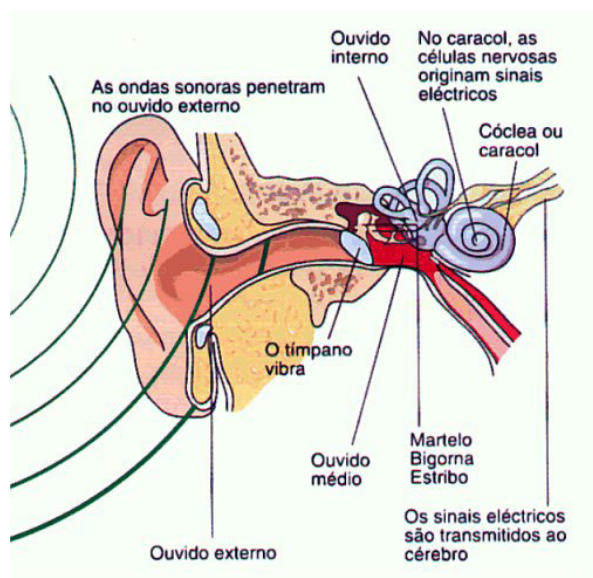


Fig. 1.6 - Esquema do ouvido humano.

Um decibel (1dB) é aproximadamente o menor valor de pressão que pode ser percebido pelo ouvido com tons puros em condições de laboratório.

Para ruídos e sons complexos, a menor variação de intensidade perceptível pelo ouvido é a de ordem de 3 dB.

A VOZ HUMANA

O órgão fonador humano é uma fonte sonora, sendo que a potência da voz humana é muito pequena, cerca de 50 microwatt. Um indivíduo falando em condições normais em campo aberto, sem obstáculos, não consegue ser ouvido se o observador está a **11m** de distância ou mais.

Dependendo da potência, qualquer outro som originado em um recinto irá mascarar a voz humana, tornando-a facilmente inaudível. Em salas de aula, por exemplo, aparelhos de ventilação ou refrigeração ruidosos tornam possível o mascaramento da voz do professor.

Tipo de fala	Nível som em dBA
Sussurro	15 a 20 dB
Fala normal a 1m	60 dB
Fala alterada	65 dB

Tipo de fala	Nível som em dBA
Fala gritada, mas sem esforço	70 dB
Criança gritando	90 dB

TAB. 1.6 – Valores em dBA para tipos de conversação.

1.2. PROPAGAÇÃO DO SOM EM RECINTOS FECHADOS

COMPORTAMENTO DO SOM SOBRE A SUPERFÍCIE

Ao ir de encontro a uma superfície a onda sonora reage do seguinte modo:

- Parte da energia incidente se reflete, voltando ao meio de incidência;
- Parte dissipa-se no interior da superfície e parte é transmitida através da superfície.

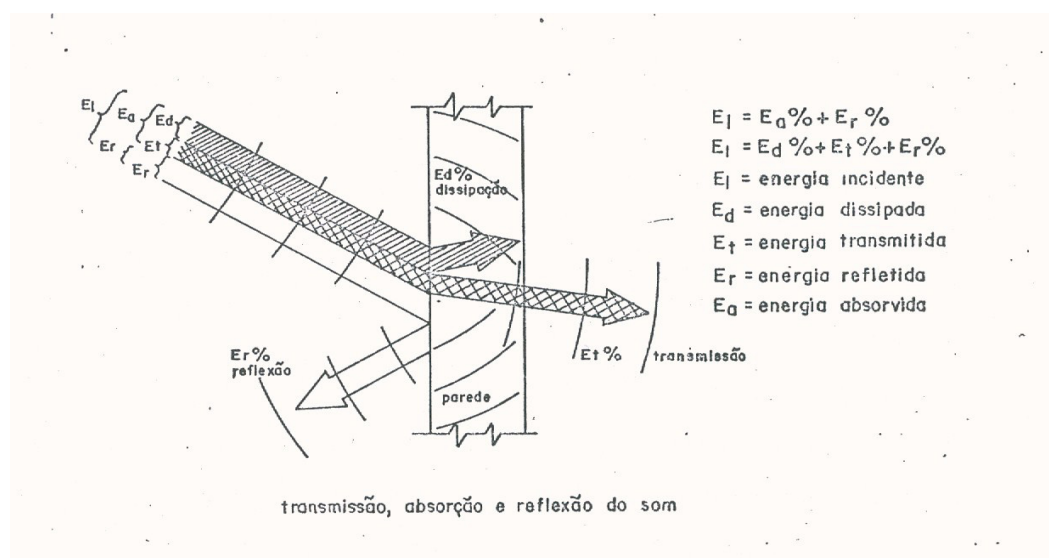


Fig.1.7- Distribuição do som sobre a superfície.

REFLEXÃO

Quando incide sobre uma superfície rígida, o som é, em grande parte, refletido sendo semelhante ao comportamento da luz, desde que a superfície seja grande em comparação ao comprimento da onda e do som incidente.

Por esta semelhança teremos o ângulo de incidência (i) igual ao ângulo de reflexão (r).

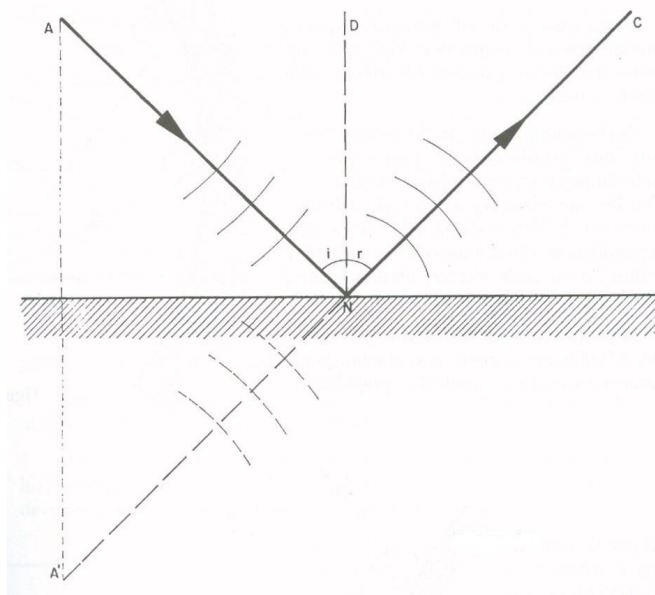


Fig. 1.8 - Reflexão do som.

Baseando-se neste princípio, podemos desenvolver estudos geométrico-acústicos simplificados fazendo uso da imagem virtual da fonte a fim de observarmos para onde se dirige a onda sonora refletida.

A incidência do som sobre superfícies planas e convexas resulta em raios sonoros refletidos e bem distribuídos no interior das salas.

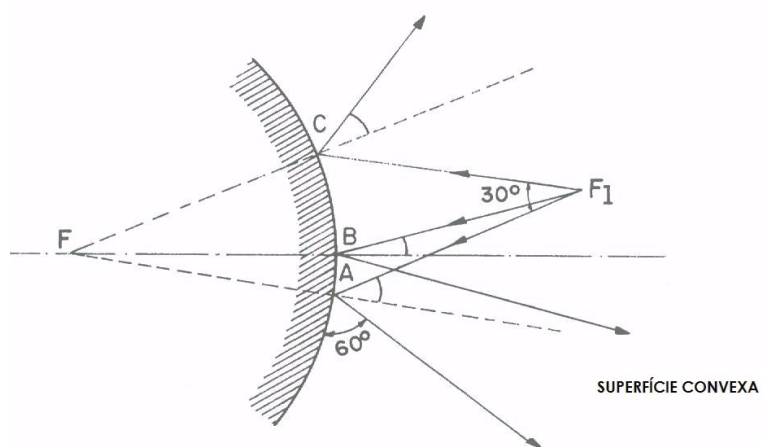


Fig. 1.9 – Incidência e reflexão do som sobre superfície convexa.

Entretanto, a incidência do som sobre superfícies côncavas faz com que as ondas sonoras refletidas tendam a convergir para um ponto comum; o **foco**.

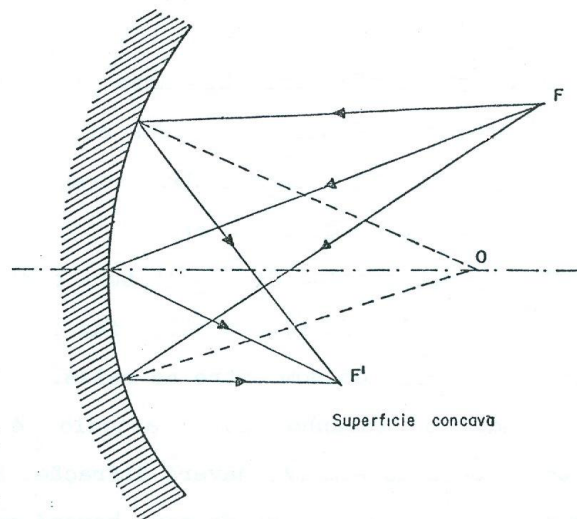


Fig. 1.10 - Superfície côncava.

O foco é um elemento problemático quando se localiza na área de ouvintes porque pode favorecer o aparecimento de eco no local ou o enfraquecimento do som, devendo, portanto, ser evitado. Superfícies planas ou paralelas, distribuídas em salas de pé direito elevado também favorecem o aparecimento de eco naquela localidade.

DIFRAÇÃO

É a mudança sofrida na direção de uma onda sonora devido ao seu encontro com um obstáculo.

O fenômeno dependerá da relação entre o tamanho do obstáculo e o comprimento da onda. Por conta deste fenômeno o som passa por pequenas frestas ou orifícios, por cima de muros, contorna anteparos e colunas.

O desconhecimento deste princípio causa muitos transtornos nas edificações. O uso de elementos permeáveis como venezianas, cobogós e treliças no fechamento de superfícies torna os ambientes expostos aos sons e sem privacidade.

Em espaços como feira de exposições, em que os ambientes são separados por divisórias e estão inseridos em um grande salão, pode-se observar o fenômeno e seu grau de incômodo quando o local tem muitas pessoas.

Quando o tamanho do obstáculo é menor que o comprimento de onda do som (λ) haverá difração. Se o obstáculo é maior que o comprimento de onda do som, haverá sombra acústica.



Fig. 1.11 – Ilustração de ocorrência de difração do som.

DIFUSÃO

É simplesmente a troca de direção da onda quando vai de encontro a uma superfície rígida. É o espalhamento ou distribuição aleatória da onda sonora sobre a superfície. Isto ocorre quando o obstáculo ou superfície tem o mesmo tamanho do comprimento da onda sonora (λ).

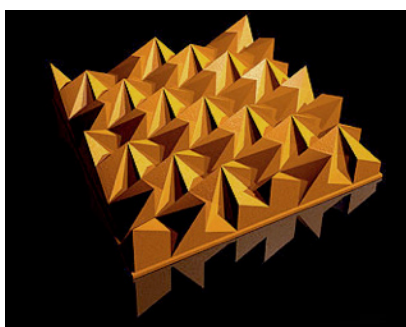


Fig. 1.12 – Painéis difusores para aplicação em tetos ou paredes.

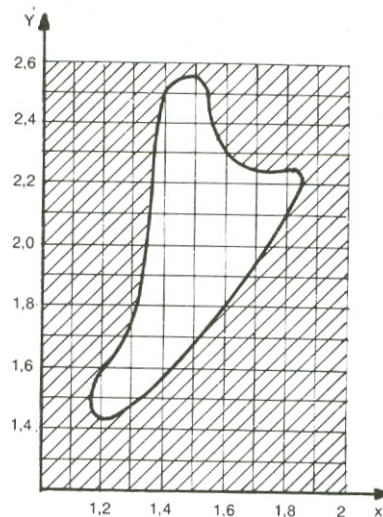
GEOMETRIA DAS SALAS

A acústica geométrica dos raios sonoros constitui um procedimento gráfico simplificado, porém útil para o planejamento da geometria dos ambientes e distribuição dos materiais acústicos.

Cada local tem a sua particularidade, porém para a forma paralelepípedica, que é muito utilizada, podemos estabelecer que as proporções ideais são de 5 x 3 x 2 para comprimento, largura e altura respectivamente. (ARIZMENDI 1980)

O controle das proporções auxilia que seja evitado nos ambientes o fenômeno de ressonância. Esse fenômeno é provocado pelas ondas contidas no ar existentes no local em que, ao encontrarem as ondas produzidas pelo som propagado em sentido contrário, produzirão ondas estacionárias. Para cada dimensão de sala existe uma frequência na qual o comprimento de onda coincide com esta dimensão e, ao se produzir esta coincidência, o fenômeno que se traduz em uma intensificação da vibração, ou seja, do nível sonoro aparecerá. Recomenda-se que sejam evitadas as superfícies paralelas, pois o eco pulsatório pode somar-se a ressonâncias muito marcadas. O diagrama de Richard Bolt é empregado na orientação quanto à relação entre as dimensões ótimas de um recinto

que se encontram definidas pela área clara do diagrama, sendo X = largura/altura e Y = comprimento/altura nos eixos de coordenadas.



Graf. 1.2 Diagrama de Bolt

Fonte: ARIZMENDI

1.3. COMPORTAMENTO DO SOM AO AR LIVRE.

Experiência feita ao ar livre, em um meio de característica absorvente com um determinado grupo de pessoas, permitiu que se conhecesse o comportamento do som nessas condições. A partir dessas experiências foi constatado que:

- a- Para que se escute o que uma pessoa diz com o nível de voz igual a 60 dB, o ouvinte deve estar no máximo a 11m da fonte sonora;
- b- Se ouvirmos o que é dito a mais de 11m é porque existem superfícies capazes de reforçar o som através de reflexões;
- c- Se a distância entre a fonte sonora e o receptor é igual ou maior a 11m haverá a percepção de dois sons distintos devido ao atraso do som refletido.

Esta última observação tornou-se útil também em recintos fechados. Se a distância entre a fonte sonora e a superfície refletora é igual ou maior a **11m**, teremos a percepção do **eco** no interior da sala. O eco também depende do tipo de superfície refletora.

Para evitar a percepção de duas vozes distintas devemos observar a relação:

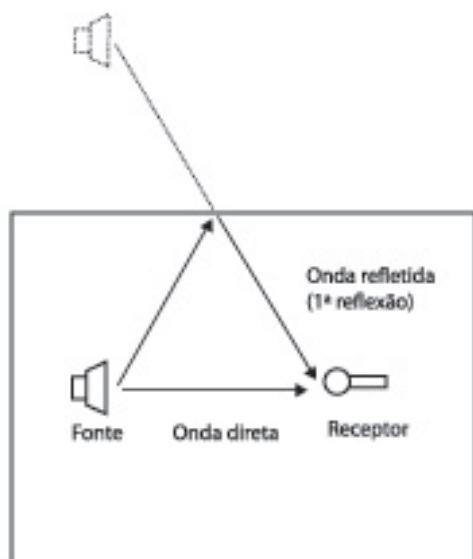


Fig. 1.13- Triângulo sonoro ABC

Se $A+B+C < 22\text{m}$ - percepção de som único.

Se $A+B+C = 22\text{m}$ - percepção de dois sons distintos.

Se $A+B+C = 34\text{m}$ - haverá ECO.

Ao ar livre, em condições normais de temperatura e vento (temperatura constante e ausência de vento), a intensidade do som varia na razão inversa ao quadrado da distância, ou seja, se dobrarmos a distância do observador, teremos uma perda de **6dB**.

VENTO E TEMPERATURA

São elementos que isoladamente ou combinados modificam o percurso do som e sua velocidade podendo criar zonas de sombra acústica.

Mesmo quando o vento sopra a favor da propagação do som, sua velocidade não deverá ser superior a 15 Km/h no local.

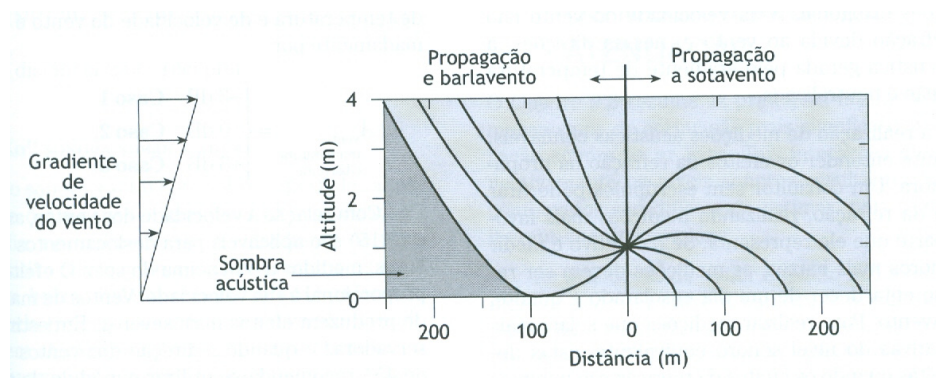


Fig.1.14- Efeito do vento.
Fonte: BISTAFA; SILVA; JOSSE

ABSORÇÃO DO SOM NO AR

A viscosidade e umidade do ar, a variação térmica, a radiação e a própria absorção molecular atuam como elemento de atenuação do som na sua propagação, dependendo da frequência. Em climas quentes e secos a redução pode chegar a 16 dB.

Os sons de frequência alta (agudos) são mais facilmente absorvidos pelo ar do que os sons graves. Isto justifica porque quanto mais nos afastamos de uma fonte, mais grave parece o som.

1.4. CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

Uma sala de boas condições acústicas para a palavra deve assegurar a compreensão perfeita do que o locutor diz e evitar que o mesmo se submeta a um esforço vocal para ser compreendido.

REVERBERAÇÃO DO SOM

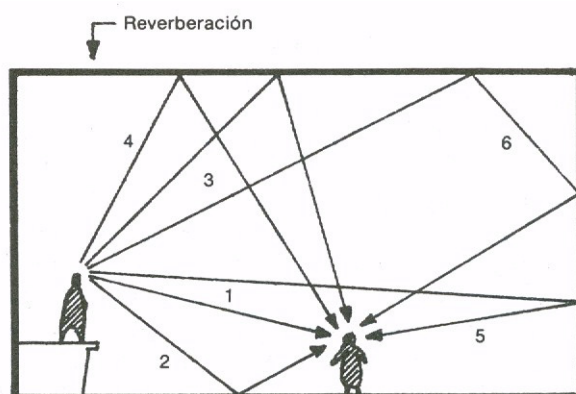


Fig. 1.15- Reverberação em recinto fechado.

As superfícies existentes em um recinto fechado dão origem a múltiplas reflexões do som. Destas múltiplas reflexões resulta uma persistência do som no local; a reverberação do som.

Se a reverberação continua por muito tempo após a extensão do som direto acabará por perturbar a clara percepção do som. Se ao contrário disso o som cessa imediatamente acaba por dificultar a percepção em pontos distantes da fonte. Por isso, para uma sala de estudo, a reverberação é um dado significativo.

De acordo com as superfícies absorventes existentes nas salas e o seu volume, o tempo de reverberação se modificará. Cada tipo de atividade requer um tempo ideal de reverberação.

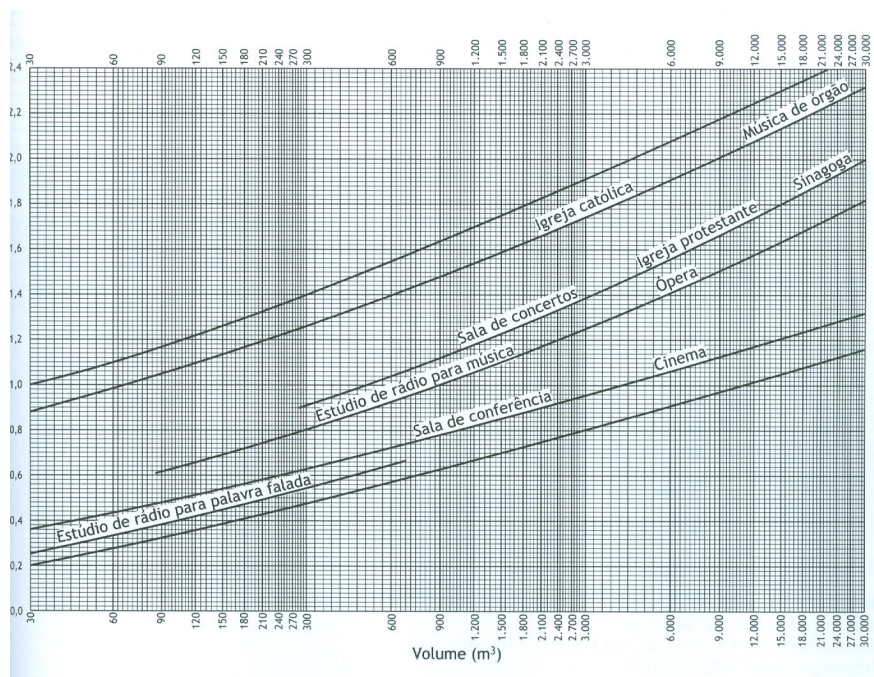
Wallace Sabine¹⁰ foi quem relacionou o tempo de reverberação às características do local e chegou à seguinte equação.

$$TR = \frac{0,161 \cdot \text{volume da sala}}{\text{absorção da sala}}$$

A equação é adequada para locais com absorção média e baixa.

Toda sala, de acordo com o tipo de atividade que desenvolve, tem um Tempo de Reverberação Ideal.

No gráfico 1.2 conhecendo-se a atividade do local e seu volume, encontramos o TR ideal do ambiente.



Graf. 1.2- Tempo de Reverberação ideal

Fonte: NBR 12 179/1992

MATERIAIS POROSOS

Têm como características a presença de ar no seu interior. Oferecem boa absorção para frequências altas e é pouco expressivo em baixas frequências. No entanto se aumentarmos a sua espessura, a absorção nas baixas frequências cresce paralelamente.

Alguns exemplos: lã de rocha, lã de vidro, tecido de algodão, espuma de poliuretano



Fig. 1.16 – Material de espuma de poliuretano para ser empregado sobre parede ou teto.

ABSORÇÃO

Materiais porosos têm melhor capacidade de absorção do som. Seu grau de absorção é conhecido através do coeficiente de absorção do material, simbolizado por (α).

Teoricamente um material infinitamente rígido, com capacidade máxima de reflexão, terá seu coeficiente de absorção igual a zero. Já uma superfície vazada, por exemplo uma janela aberta, tem coeficiente de absorção igual a 1.

Todo material acústico deve ter em sua especificação o valor de α , que varia de acordo com a frequência do som.

EXEMPLO	
Material	Superfície concreto
125 HZ	0.02
500 HZ	0.03
100 HZ	0.04

Fonte ABNT – NBR 12 179/1992

A absorção de uma sala será o somatório das diversas superfícies absorventes existentes no local. Na fórmula de Sabine ela aparece do seguinte modo:

$$Tr = \frac{0,161 \cdot V}{\Sigma S\alpha}$$

sendo: S – área da superfície

α – coeficiente de absorção do material que a reveste.

Coeficiente médio de absorção – α_m

$$\alpha_m = S / \Sigma S\alpha$$

Ele irá caracterizar se uma sala, mesmo sem tratamento, já tem características absorventes. Isto poderá ocorrer quando o volume da sala for grande.

Para salas cujo o α_m é maior ou igual a 0,30 adota-se a fórmula de Eyring, onde:

$$Tr = \frac{0,161 \cdot V}{-2,3 \Sigma S \log (1-\alpha_m)}$$

Em uma sala de aula, a absorção se dará de forma significativa pelas próprias pessoas, pelas janelas e portas quando deixadas abertas.

A reverberação de sala de aula deverá ser curta para que haja uma boa compreensão do que é dito em seu interior.

Várias soluções podem ser adotadas com o objetivo de aumentar a absorção de uma sala de aula.

Podemos empregar materiais porosos sobre o teto, adotar painéis vibrantes sobre as paredes, utilizar cortinas e etc.

INTELIGIBILIDADE

Em locais onde o uso da palavra é um instrumento de trabalho, e para que suas condições acústicas sejam satisfatórias, é necessário que haja uma boa inteligibilidade da palavra. No entanto, para que seja mantida a privacidade do ambiente, não se deve, fora dele, compreender o que é dito no seu interior.

Em salas de aula a condição de inteligibilidade do ruído externo deve ser a mais baixa possível. É inteiramente inadequado que se ouça de uma sala de aula o que o professor ou aluno de uma sala vizinha fale quando ambas as salas estão em atividade. Ruídos provenientes do exterior (ou interior) também serão capazes de reduzir a inteligibilidade por mascaramento

NÍVEL DE INTERFERÊNCIA COM A FALA

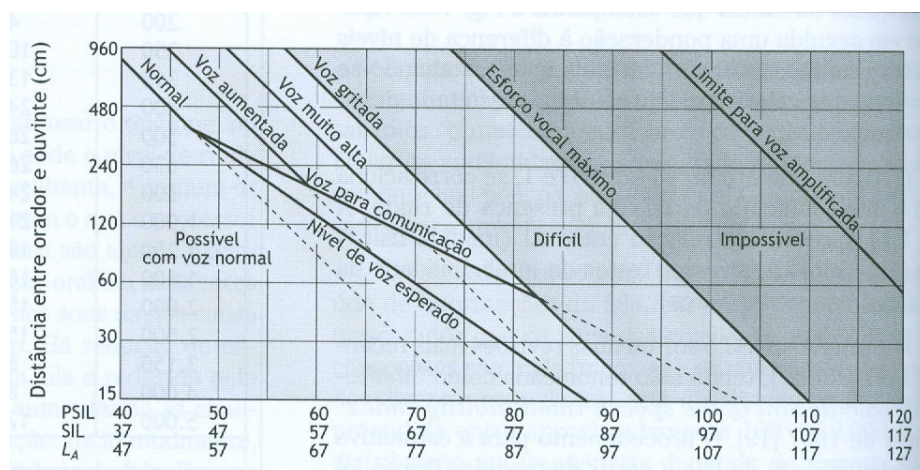
Estudos desenvolvidos por BERANEK¹¹ mostram que é possível estimar a dificuldade em se manter uma conversação em função da interferência causada pelo ruído, através da avaliação do SIL (Speech Interference Level – Nível de Interferência da Fala) do ruído em questão.

A norma ISO 3352 (E) 1974 define o SIL4 como a média aritmética dos níveis sonoros nas faixas de oitava centradas em 500, 1000, 2000 e 4000 HZ e apresenta na tabela 1.7 as distâncias máximas nas quais a conversação pode ser considerada satisfatoriamente inteligível (compreensão não inferior a 95% das frases) em função do nível vocal e do SIL.

O gráfico 1.3 nos mostra valores limites superiores do SIL, em dBA, com os quais é possível estabelecer comunicação verbal nas condições indicadas.

Distancia (m)	Normal	Alto	Muito Alto	Grito
0.30	65	71	77	83
0.60	59	65	71	77
0.90	55	61	67	73
1.20	53	59	65	71
1.50	51	57	63	69
3.60	43	49	55	61

TAB.1.7 – distância de inteligibilidade da fala para um esforço vocal determinado.
Fonte: Cahiers du C.S.T.B.



Graf. 1.3 – distância entre orador e ouvinte

Fonte: Cahiers du CSTB; BISTAF

ÍNDICE DE ARTICULAÇÃO

O SIL, além de sua utilidade imediata na determinação das condições em que as mensagens poderão ser compreendidas, pode ser utilizado no cálculo do IA (Articulation Index – índice de articulação) que é, na verdade, o parâmetro mais diretamente ligado à interferência com a conversação, tanto em inteligibilidade como em privacidade.

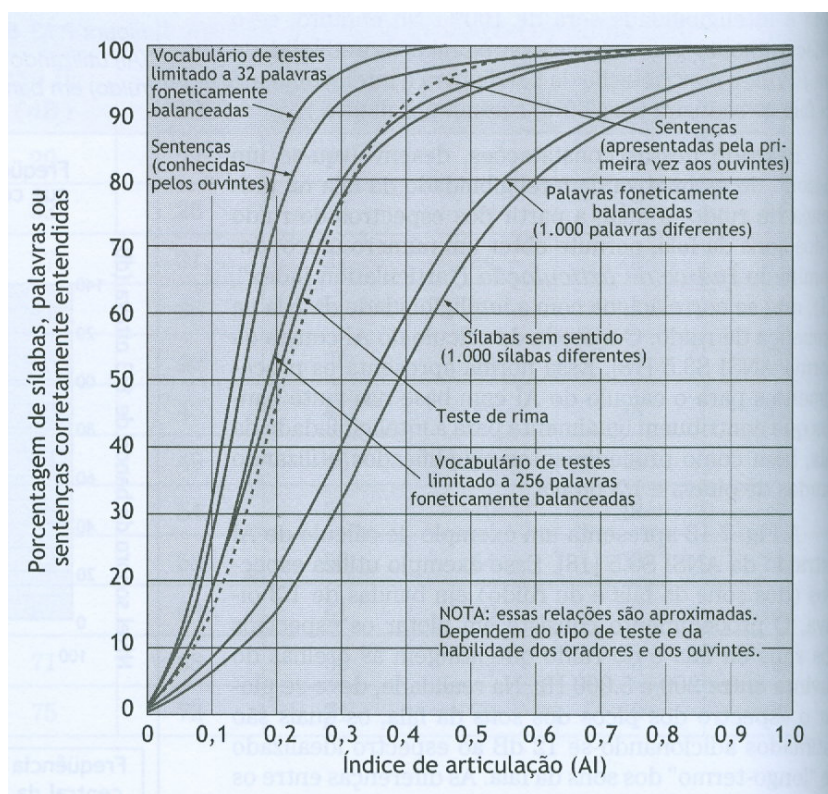
O conceito de índice de articulação provém do fato de que os níveis sonoros dos sons que constituem a fala variam constantemente desde valores de 12 dB acima do nível médio da voz, até 18 dB abaixo deste nível. A presença do ruído faz com que essa variação diminua de amplitude, diminuindo a articulação das palavras pronunciadas. Segundo JOSSE12 o índice de articulação pode ser calculado pela fórmula:

$$IA = \frac{(L - SIL)}{30}$$

Onde L é a medida aritmética dos níveis máximos da fala nas faixas de oitava centradas em 500, 1000, 2000, e 4000 HZ na posição do ouvinte.

O gráfico 1.4 apresenta uma relação entre o valor do índice de articulação e as condições de comunicação e privacidade entre dois pontos dados.

Todos os aspectos da comunicação oral estão envolvidos neste critério. Deve-se, em qualquer caso, levar em conta o fato de que o valor de L depende do nível vocal, da distância entre indivíduos e da eventual influência de barreiras entre eles. No caso em que se deseja privacidade, o valor de SIL pode ser ajustado de forma que o valor de I.A. caia e se atinja o grau de privacidade desejado. Ao se desejar a comunicação, deve-se tentar reduzir ao máximo o valor de SIL através do isolamento sonoro contra ruídos indesejáveis e do controle da reverberação local, uma vez que o nível sonoro reverberante da própria voz do locutor influencia o índice de articulação.



GRAF. 1.4- Índice de articulação

Fonte: Cahiers du CSTB; BISTAFA

ACÚSTICA DE SALAS

Tomemos como exemplo uma sala de aula: qualquer que seja o seu tipo de uso (para a palavra ou música), há a necessidade de receber um tratamento acústico.

A finalidade será adequar as condições de reverberação da sala de maneira que não haja excessos de reflexões propiciando a formação de ecos no seu interior já que este fenômeno é capaz de gerar um desconforto na escuta porque dificulta a compreensão do que é dito. Também, uma sala muito absorvente acaba por dificultar o entendimento de algumas sílabas, e por isso não é considerada uma boa solução.

Outra razão que nos leva a buscar um tratamento para as salas é o excesso de barulho que possa haver no seu interior. Aumentar a absorção das salas não modifica o ruído da fonte sonora, mas contribui para diminuir o incômodo do ruído refletido dentro da sala.

O tempo de reverberação ideal, para salas cujo volume fica em torno de 90 m^3 e 210 m^3 dado pela NB-12 17913, varia de 0,48 s a 0,58 s em 500 Hz. A boa acústica de uma sala de aula obtém-se, em geral, por uma duração correta do tempo de reverberação e, em parte, pela sua forma.

Para se obter um tempo de reverberação adequado, é preciso que se use corretamente os materiais sobre as superfícies. No entanto, é preciso que se distribua os materiais de forma cuidadosa, para que não se dificulte a emissão do som. Devemos evitar a colocação de materiais absorventes próximos da fonte sonora (professor ou conferencista). Porém, em locais onde a fonte é perturbadora, devemos aplicar os materiais o mais próximo possível destas fontes.

Em todos os locais onde o uso da palavra ou da música não exija boa compreensão (ginásios, hall de entrada, corredores, escadas, pátios, refeitórios, etc.), o tempo de reverberação deve ser reduzido ao máximo. Isso se faz necessário porque são áreas naturalmente ruidosas devido à concentração de pessoas e quando muito refletoras produzem um ruído ambiente muito incômodo.

Um tempo de reverberação muito longo torna os sons da fala desagradáveis. Se for muito baixo, ocasiona um cansaço suplementar ao professor devido ao esforço vocal a que se submete para se fazer ouvir pelos alunos mais distantes (ver tabela).

Tempo de reverberação para salas com $v > 300 \text{ m}^3$	
Sala de aula teórica	0,7 a 0,9 s
Sala de aula teórica e canto ocasional	0,9 a 0,11 s
Sala de canto	1,1 a 1,3 s
Sala de festa	1,1 a 1,6 s

TAB. 1.8 – Tempo de reverberação recomendado para ambientes escolares.

Dentro dos critérios de escolha de um material acústico para emprego em escolas, devemos dar especial atenção às condições de propagação ao fogo e durabilidade. Existem três categorias de materiais absorventes, as quais descreveremos a seguir.

DIAFRAGMAS

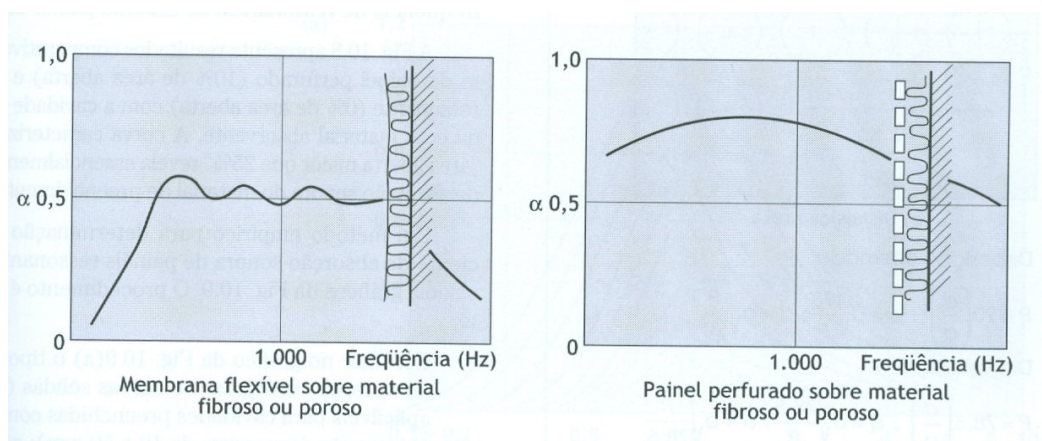
Também chamados de membrana, são chapas delgadas afastadas da parede com ar no seu interior. Constituem assim um tipo de ressonador onde a frequência de ressonância é relativamente baixa e fácil de calcular.

O máximo de absorção se produz para frequência de ressonância, dada pela equação:

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{md}}$$

sendo: **m** – massa surfática da membrana em Kg/m^2 ;

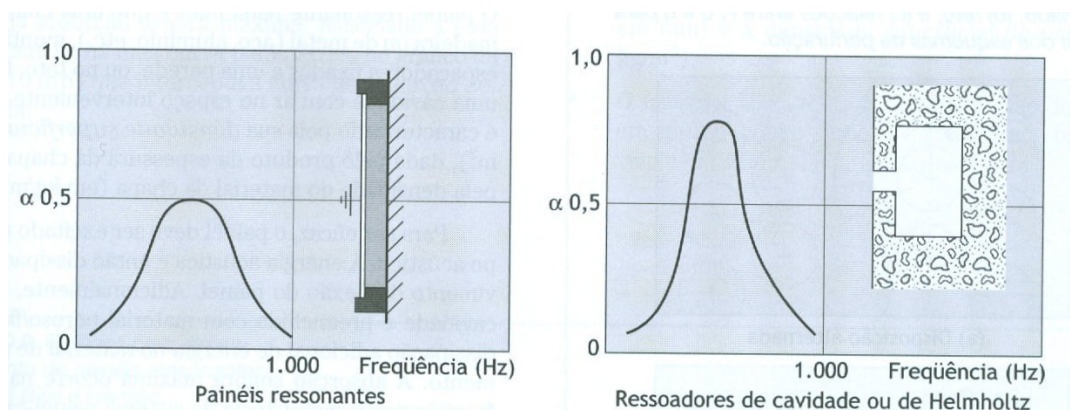
d – distância da lâmina de ar em metros.



Graf. 1.5– Absorção por membrana – painel com e sem perfuração

Fonte: MEISSER

Este tipo de absorvente é utilizado para baixas frequências, sendo fácil de calcular e executar. Ele pode ser utilizado como painel de avisos ou suporte para exposição de trabalhos de alunos. A membrana pode ser executada em madeira, placas de gesso ou outro material similar.



Graf. 1.6 Painel ressonador e ressonador de cavidade

Fonte: BISTAFA, MEISSER, JOSSE, ARIZMENDI

O FENÔMENO DE FLUTTER – ÉCHO (ECOS MÚLTIPLOS).

Quando duas paredes paralelas (paredes laterais ou parede e teto) são muito refletoras e as outras são mais ou menos absorventes, a acústica da sala acaba sendo muito desagradável. Com efeito, estas paredes paralelas acabam por favorecer uma ressonância acentuada traduzindo-se em particular, no caso de sons breves, para uma série de ecos muito repetitivos (*flutter-écho*). É necessário que em qualquer projeto evite-se cair neste caso. Nas construções deve-se dar particular atenção a corredores muito compridos com pé direito elevados e revestidos de material pouco absorvente. Eles estarão sujeitos a esse fenômeno, e se tornarão fontes incômodas de propagação de ruído dentro da edificação.

1.5. PRIVACIDADE.

Tomemos por exemplo um projeto de escola. A privacidade da sala de aula é uma das metas principais que o projetista deve buscar no desenvolvimento e execução do projeto. A escolha do material da parede divisória deverá ser feita objetivando-se um bom grau de redução sonora entre os ambientes.

Se conseguirmos condições favoráveis de privacidade em escolas, evitamos que a médio prazo os professores sofram danos em suas cordas vocais e que os alunos tenham dificuldade de assimilar o conteúdo que lhes é explicado. Os problemas vocais aparecem inicialmente nas mais simples formas, como por exemplo, uma breve rouquidão (disfonia). Mas com o tempo este quadro pode evoluir para sintomas mais graves como perda temporária da voz (afonia).

Estes distúrbios são provocados pelo esforço vocal ao qual o professor é submetido ao dar aula em salas barulhentas, podendo provocar o afastamento do profissional temporária ou definitivamente.

Independentemente dos problemas vocais, a privacidade é necessária em projetos residenciais, de escritórios, consultórios médicos entre tantos outros.

1.6. O RUÍDO.

Atualmente já observamos uma crescente preocupação das pessoas com a elevação do ruído nos meios urbanos.

Cada vez mais programas educativos e documentários procuram alertar para os danos provocados pelo ruído à nossa saúde. O ruído interfere no nosso equilíbrio emocional possibilitando reações agressivas de uma pessoa exposta à sua ação por longos períodos o que dificulta a concentração e a consolidação da memória assim como a conversação. E quando atinge níveis elevados (igual ou maior a 100 dB) provoca dor no aparelho auditivo, favorecendo a perda temporária da audição.

Atualmente a partir de pesquisas feitas em outros países já temos conhecimento de que o ruído também propicia o aparecimento de problemas cardiovasculares, diabetes, infecção muscular, problemas articulares, hipertensão, entre outros. Embora pouco se saiba, estudos iniciados há alguns anos por Parrado¹⁴ constataram que crianças recém-nascidas e fetos são os que mais sofrem os efeitos do excesso de barulho.

De maneira geral os efeitos do barulho excessivo podem ser classificados da seguinte maneira:

- Interferência da comunicação verbal;
- Incômodo ou desconforto;
- Alterações irreversíveis do aparelho auditivo;
- Stress;
- Alterações psicológicas;

Crianças expostas ao ruído têm dificuldade no aprendizado escolar e no convívio social. Adolescentes tendem a ficar agressivos. Adultos podem ficar “dopados” pelo ruído, tornando-se apáticos ou instáveis.

O incômodo provocado por um ruído é um dado complexo porque depende do grau de sensibilidade do ouvinte e de sua reação psicológica frente a um determinado ruído. Por exemplo, o choro de uma criança poderá passar despercebido se for encarado como um ruído insignificante, mas para os ouvintes que o associam a alarme, descuido ou sofrimento ele será bastante incômodo. Outro exemplo que pode ser citado é fato real: o Colégio Marista São José, no Rio de Janeiro, tem aos fundos do terreno uma encosta que confronta com o morro do Borel. Quando há tiroteios no morro que ecoam no interior da escola, tem-se a sensação sonora de que a fonte do ruído está lá. O incômodo se torna grande porque a esse ruído associa-se falta de segurança, medo e dor, e raramente alunos e professores se portam com indiferença a ele.

Um ruído também se torna incômodo quando é de grande intensidade e se propaga em um local onde o nível do ruído de fundo do ambiente está em níveis mais baixos (35-40 dB). Por isso, determinados ruídos incomodam mais à noite do que durante o dia.

Além da intensidade, outro elemento de influência é o tom. Estudos mais desenvolvidos concluíram que o ruído agudo é mais nocivo ao aparelho auditivo do que outro de mesma intensidade porém de tom mais grave. Entendemos por agudo os sons de frequências acima de 1500 Hz, no entanto faixas de frequências excepcionalmente baixas (em torno de 100 Hz) também são muito nocivas. A faixa de frequências audíveis pelo homem, conforme já citamos, inicia-se em 20 Hz e se estende até 20.000 Hz.

Também podemos relacionar como incômodos o ruído contínuo, o irregular (com variação de intensidade e frequência) e o ruído periódico. Pessoas que já sofrem de problemas nervosos têm pouca ou nenhuma tolerância a estes dois últimos tipos de ruído.

Em virtude de tantas influências negativas podemos concluir que o ruído não é um elemento bem-vindo em nenhum tipo de local, principalmente naqueles cuja atividade exija concentração e produtividade. Nesse perfil se insere o ambiente escolar que é um local de aprendizado onde a comunicação verbal é o principal instrumento de trabalho.

Se uma sala de aula fica exposta a níveis de ruídos inadequados, fatalmente o professor se verá obrigado a elevar o nível da voz para se fazer entender e manter a atenção da turma. Este tipo de esforço, quando se torna frequente pelo professor, favorece o aparecimento de distúrbios vocais citados anteriormente.

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DO RUÍDO

O incômodo produzido pelo ruído, conforme falamos anteriormente, é algo muito pessoal e que depende de uma série de variáveis interligadas.

Alguns estudos foram feitos com objetivo de estabelecer um método de medir o desconforto através da medida do nível de ruído.

Estabelecer normas de medida do ruído nos auxilia, no caso específico das escolas, a garantir condições aceitáveis de conforto para as pessoas que realizam tarefas nas quais a concentração é necessária. A normatização do local evita que as condições de ruído favoreçam a dispersão e também ajuda a estabelecer as condições adequadas de comunicação no local, pois o ruído de fundo não deve mascarar a palavra nem provocar fadiga.

Cada país tem suas próprias normas e recomendações sobre o índice de níveis de ruído para escolas ou outros tipos de ambientes.

Entre as mais relevantes temos:

- ISO- (International Standard Organization)
1996-1 (2003) 1996-2 (2007)
- BS- (British Standard)
- AFNOR- (Association Francaise of Normalization)
NFS 31-010 (1996)
- ABNT- (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
NBR 10 151 e 10 152/2000

CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Diversas escalas e critérios foram desenvolvidos para quantificar o conforto acústico de um ambiente. No caso geral de projetos, estes critérios devem ser empregados com o objetivo de identificar locais insalubres ou inadequados para receber a implantação da edificação e também para posteriormente (após execução do projeto) verificar se as instalações se encontram em condições acústicas satisfatórias.

CIRCUITOS DE COMPENSAÇÃO A, B, C, E D.

O ouvido humano não é igualmente sensível a todas as frequências. Circuitos eletrônicos de sensibilidade variada com a frequência, de forma a modelar o comportamento do ouvido humano, são padronizados e classificados como **A**, **B**, **C** e **D**.

O circuito **A** aproxima-se das curvas de igual audibilidade (curvas isofônicas – pag. 35) A escala **A** despreza as baixas frequências menos sensíveis ao ouvido humano. Ela simula o ouvido humano.

Os circuitos **B** e **C** são análogos ao circuito **A**, só que empregados para sons de elevado nível de pressão sonora. O circuito **D** foi criado especificamente para sons de ruído de avião. É grande sua utilização em aeroportos.

O que mais se usa é o filtro **A**, uma vez que os filtros **B** e **C** não fornecem uma leitura tão próxima ao ouvido humano como esse filtro.

A conversão de **dB** para **dB(A)** se processa pela adição ou subtração de valores, por faixa de frequência, aos resultados obtidos nas medições, de acordo com a tabela 1.9:

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
-25	-15	-8	-3	0	+1	+1	-1

TAB.1.9 – Conversão de dB para dB(A)

Fonte: BISTAFA

NÍVEL DE PRESSÃO SONORA - dB(A)

É uma grandeza que fornece uma leitura global em dB, ou dB(A), sem informar dados sobre a distribuição deste nível por frequência. É uma medida simplificada que pode ser efetuada com um medidor de nível sonoro de menor porte. Em medidores dotados de filtro de ponderação, esta leitura é obtida com filtro **A**.

As figuras abaixo mostram os tipos de medidores que são empregados para leituras em dB(A).



Fig. 1.17- Medidores de nível de pressão sonora.

NÍVEL DE INTERFERÊNCIA NA COMUNICAÇÃO VERBAL

Uma das consequências do excesso de ruído, como por exemplo, nos ambientes escolares é a baixa produtividade dos alunos e maior agitação em sala de aula, obrigando também que o professor fale muito alto em sala, sacrificando seu aparelho vocal e interferindo nas salas de aulas vizinhas. O sacrifício das cordas vocais também pode ocorrer em ambientes de lazer, como bares e restaurantes mal projetados.

Conforme visto anteriormente é possível calcular o nível de interferência vocal a fim de se obter condições adequadas de inteligibilidade (SIL 4).

Existem outros critérios de uso mais restrito como PNC (Preferred Noise Criteria- Critérios Preferidos de Ruído), as curvas NR (Noise rating), PNL (Perceived Noise Level - Nível de ruído percebido), entre outros. No entanto, a medida na escala de compreensão A (dBA) é a que apresenta melhores resultados. Primeiro por ser simples de medir e junto a isto poder classificar os ambientes de trabalho em salubres ou insalubres, dependendo do nível de ruído do local.

Na verdade, a questão de critérios de ruído transcende os aspectos puramente técnicos. As questões econômicas e o respaldo tecnológico envolvidos também devem ser considerados na escolha de um critério.

CURVAS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO NC (NOISE CRITERIA).

Com a intenção de limitar os níveis de ruído em ambiente de ocupação humana, foram criadas em 1957 as curvas critério de ruído(Noise criteria curves, NC) também conhecidas como “curvas NC”.

Este critério é baseado em uma série de curvas estabelecidas de acordo com levantamentos e estudos detalhados. Através dessas curvas é possível classificar o ruído de fundo admissível para diversas atividades por faixa da oitava.

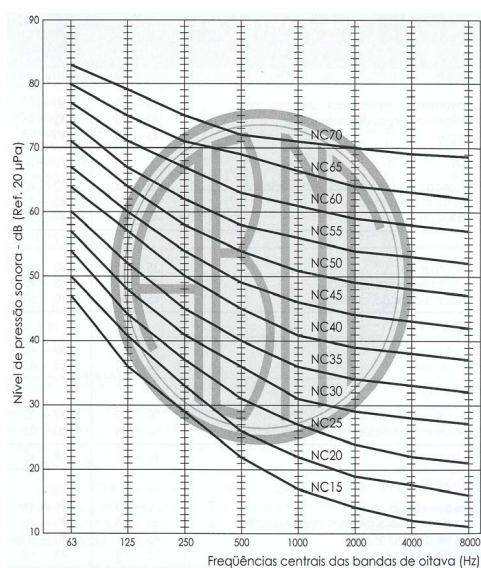


Fig.1.18– Curvas de avaliação de ruído (NC)

Fonte: NBR 10 152

Curvas de avaliação de ruído NC podem ser encontradas na norma NBR 10 152/2000 e na norma ISO 1996-1/2003. No exemplo a seguir apresentamos valores referentes a ambientes de escola.

Locais/Escolas	dB(A)	NC
Biblioteca, S.Musica, Sala Desenho	35 - 45	30 - 40
Sala de aula, Laboratório	54 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 45
Administração	35 - 45	30 - 40
Refeitório	40 - 50	35 - 45
Auditórios	35 - 45	40 - 60
Sala de informática	45 - 65	40 - 55
Ginásio esportivo	45 - 60	30 - 40

Tabela 1.10- valores dBA e NC recomendados em escolas.

Fonte: Cahiers du C.S.T.B.

1.7 TRANSMISSÃO DE RUÍDO.

Os ruídos podem ser transmitidos de um local para outro por meio aéreo ou pelo corpo sólido. É necessário sempre verificar o meio de transmissão de ruído que chega a um ambiente para que se possa em seguida estabelecer o tratamento necessário.

ANÁLISE DOS RUÍDOS.

Um ruído é uma combinação de sons de frequência e intensidades diferentes. Não se pode analisar a altura de um ruído por uma única frequência. É necessário que seja analisado por banda de frequências.

A análise é feita por um sonômetro, e se traduz por uma curva denominada Espectro do Ruído.

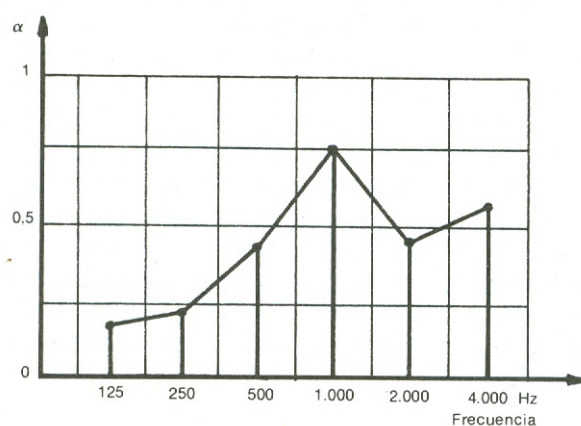


Fig. 1.19 - Espectro do ruído.

TRANSMISSÃO POR VIA AÉREA

São os que nos chegam da rua através dos muros e das aberturas. São também os que vêm da vizinhança através das paredes, portas e janelas.

O ruído da conversação, trânsito, oficinas mecânicas e obras públicas são exemplos de ruídos aéreos identificados em diversos locais.

O índice de redução acústica R define a capacidade de isolamento entre o meio receptor e o meio transmissor. Este índice é expresso em decibéis e está ligado ao fator de transmissão pela relação:

$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

Onde τ é o coeficiente de transmissão:

Material	τ
Laje de concreto, 10 cm com isolamento de 2,5cm	0,000025
Parede de Tijolos, 25 cm, com revestimento comum de argamassa caiada	0,000008
Janela fechada, de vidro simples 5mm	0,0011
Janela fechada, de vidro duplo 5mm	0,00027
Porta fechada de madeira compensada 3,5cm de espessura	0,001

Tab 1.11 – Coeficiente de transmissão

Fonte: SILVA, P.

A transmissão de energia acústica de um local para o outro pela parede de separação é chamada transmissão direta. Ela depende de dois fatores: o índice de redução acústica da parede e a superfície da parede.

A transmissão de energia acústica pelas paredes laterais são chamadas de transmissões indiretas ou transmissões secundárias. Dependem da natureza das paredes laterais e do tipo de ligação destas paredes com a parede de separação.

A natureza mais ou menos reverberante do local receptor tem uma importância sobre o nível sonoro neste local. Se as paredes do local são rígidas e lisas, a energia transmitida direta ou indiretamente ao local permanece durante mais tempo que no caso de paredes absorventes.

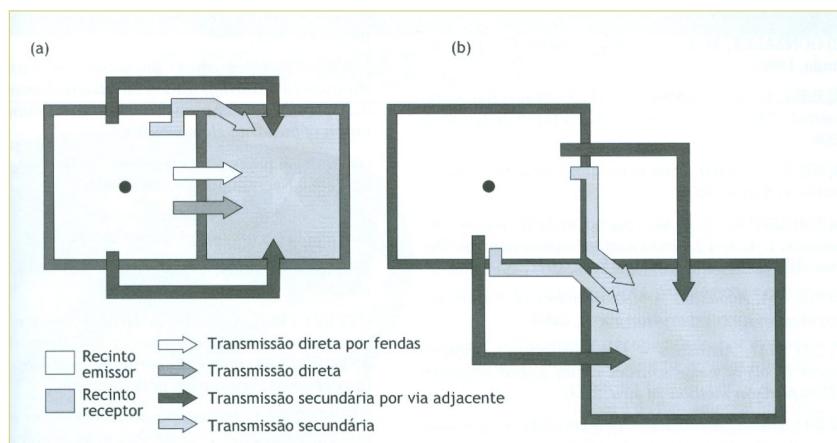


Fig. 1.20 - Transmissões diretas ou indiretas: duas situações de localização de ambientes.

TRANSMISSÃO PELO CORPO SÓLIDO: RUÍDO DE IMPACTO

O nível de ruído de impacto normalizado se calcula a partir do conhecimento do nível L_n do piso, da eficácia (índice de melhoramento) ΔL do revestimento, da direção de propagação (direta ou em diagonal). No caso da transmissão se dar por via indireta (diagonal) considera-se a massa surfática da parede vertical.

O valor ΔL (índice de melhoramento) é determinado em laboratório sobre uma laje de concreto de 14cm sem revestimento cujo $L_n = 83$ dBA. Os materiais submetidos a teste são colocados sobre esta laje padrão, e a medição indica o novo valor L_{n1} do conjunto. A diferença $L_n - L_{n1}$ nos dará o valor de ΔL do material, que expressa a redução em dB pela laje padrão de 83 dBA após a colocação do material.

Segundo Meisser¹⁵ o índice de melhoria de um revestimento de piso colocado sobre uma laje de peso igual ou superior a 350 Kg/m² deve ser superior a 21 dB e quando a laje for inferior a 350 Kg/m² deve ser superior ou igual a 25 dB.

Para se calcular as transmissões diretas e indiretas temos as seguintes fórmulas:

- A) Transmissão direta:

$$L_{nat} = 135 - 30 \log e - \Delta L - 10 \log V$$

Onde: e – espessura da laje em concreto em cm.

L – eficácia do revestimento de piso em dBA.

V – volume do local de recepção em m³

- B) Transmissão em diagonal (indireta):

$$L_{nat} = 135 - 30 \log e - \Delta L - 10 \log V - K$$

Valores de K são dados em função de m'/m ; sendo m' a massa surfática da parede entre as salas e m a massa da laje.

K	m'/m
0	< 0,7 ou parede leve em alvenaria
2	< 0,85 ou parede leve sem ser em alvenaria
4	de 0,85 a 1,09
6	de 1,1 a 1,39
8	≥ 1,4

TAB. 1.12 – valores para K na transmissão indireta

Fonte: CSTB

Espessura	Massa surfacica Kg/m ²	Ruído rosa	Ln
14	340	54	83
18	430	59	78
22	530	62	75

Tab1.13– isolamento de laje em concreto.

Fonte: CSTB

1.8 - ISOLAMENTO AOS RUÍDOS.

Quando a onda sonora encontra uma superfície que separa dois locais, ela se distribui da seguinte forma: parte da energia se reflete para dentro do local de emissão, a outra parte é absorvida pela parede e transformada em calor e uma parte final atravessa a parede (ver figura 1.7).

O isolamento acústico pode ser classificado de diversas maneiras:

- Isolamento acústico bruto ou puro (Db)
- Índice de redução acústica (R), calculado em laboratório.
- Classe de transmissão sonora (CTS)

ISOLAMENTO BRUTO

Para determinar o grau de isolamento para os ruídos aéreos existentes entre dois locais, mede-se o nível sonoro L1 no local emissor (onde está a fonte do ruído) e o nível sonoro L2 no local receptor.

A diferença $L1 - L2$ é chamada de isolamento bruto ou isolamento puro entre locais.

$$Db = L1 - L2 = R + 10 \log A/Sp$$

Onde:

Db: isolamento acústico bruto (dB)

L1: nível de pressão no local de emissão (dB)

L2: nível de pressão no local de recepção (dB)

R: índice de redução acústica da parede que separa os dois locais (dB)

A: área de absorção equivalente do local de recepção (m^2)

Sp: superfície da parede separadora (m^2)

Como citamos anteriormente, a capacidade de isolamento da superfície analisada varia de acordo com sua natureza, superfície e condições de reflexão das paredes do local de recepção.

Esta é a classificação de isolamento mais adequada para avaliação de recintos fechados.

CLASSE DE TRANSMISSÃO SONORA – (STC).

Indicador global das características de isolamento sonoro de uma superfície, analisado por faixa de frequência (índice adotado pelo IPT).

Para caracterizar a perda na transmissão de uma partição por meio de um único número com o objetivo de facilitar a comparação de desempenho de diferentes partições. Originalmente chamado de “*sound transmission class*” (STC).

Classe de transmissão sonora de materiais construtivos *	
Partição	STC
Vidro 6mm de espessura	26
Chapa de madeira compensada de 18mm de espessura	28
Parede dupla de chapa dry-wall de 12mm de espessura fixadas em caibros de 5x10cm	33
Chapa de aço de 6mm de espessura	36
Parede de tijolo de 10cm de espessura	41
Parede de blocos de cimento de 15 cm de espessura	42
Parede de concreto armado de 30 cm de espessura	56
Parede dupla : tijolos de 20cm, cavidade de 5cm, tijolos de 10cm de espessura	65
*valores indicativos. Utilizar valores de STC fornecido pelo fabricante	

Tab. 1.14 – Valores de STC

Fonte: BISTAFA

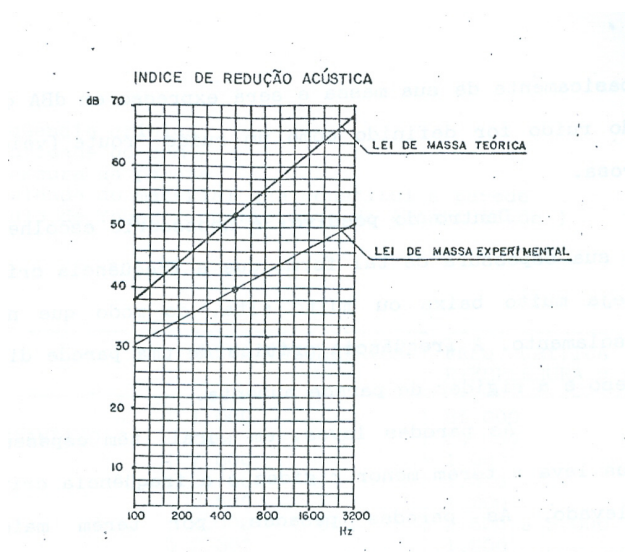
1.9 - ISOLAMENTO AOS RUÍDOS AÉREOS.

LEI DE MASSA

Quanto mais pesada for uma parede, mais ela irá isolar; este é o princípio da lei de massa. Quando as modalidades de construção permitem, deve-se tirar partido deste princípio. Mas o aumento excessivo do peso da superfície não corresponde, na mesma proporção, à redução do ruído.

Podemos dizer que a média de perda por transmissão de uma parede rígida e pesada aumenta de 4 a 6 dBA quando o peso se duplica, tendo a parede massa surfácica de até 150 Kg/m²; acima desse valor o acréscimo na redução sonora será de 12 dB.

Aplicando-se o gráfico da lei de massa, podemos calcular a redução do som.



Graf. 1.7 - lei de massa

Fonte: JOSSE

O nível sonoro do ruído irradiado é tanto menor quanto mais pesada for a parede e também quanto mais alta for a frequência do som incidente.

Lei Experimental da Massa

Massa surfac. (kg/m ²)	Redução (dB)	Frequência (Hz)	Redução (dB)
25	32	125	32
50	36	250	36
100	40	500	40
200	44	1000	44
400	48	2000	48

Tabela 1.15 – lei de massa e lei de frequência

Fonte: MEISSER

PAREDE SIMPLES

Entende-se por paredes simples nos estudos de isolamento acústico quatro tipos distintos:

- Parede simples homogênea – composta por um único material
- Parede simples heterogênea – composta por materiais diversos, porém rigidamente unidos entre si. (parede de tijolo oco com emboço e reboco, revestida com pastilhas.
- Parede simples contínuas – têm a mesma estrutura por toda a superfície (parede cega)
- Parede simples descontínua – há diversidade de material na execução. (parede com vão, ou com janela ou com porta)

Dentro do possível é necessário escolher os materiais e sua espessura de tal forma que a frequência crítica da parede seja muito baixa ou muito alta, de modo que não reduza seu isolamento. A frequência crítica de uma parede diminui quando o peso e a rigidez da parede aumentam.

As paredes leves, em geral, têm espessura pequena, o que leva a terem menor rigidez e a frequência crítica ter valor elevado. As paredes pesadas, por terem maior espessura, apresentam maior rigidez e a frequência crítica situa-se na faixa mais baixa.

Quando a parede é constituída de material oco (tijolo), é difícil avaliar a frequência crítica da parede em função de sua espessura.

A experiência mostra que a frequência crítica de uma parede feita com material vazado é inferior a frequência crítica de uma parede de mesma massa construída de elementos plenos de mesma natureza.

A frequência crítica é a frequência onde se produz a coincidência, quer dizer, o encontro da onda plana aérea e a onda de flexão dentro da parede. Ela fragiliza o isolamento.

$$f_c = \frac{v^2}{1,8e} + \sqrt{\frac{\rho}{E}}$$

Sendo: f_c = frequência crítica.

v = velocidade do som.

e = espessura da parede.

ρ = densidade do material que constitui a parede.

E = módulo de Young (coeficiente de elasticidade)

Material	Massa volumétrica	Frequência Crítica p/ espessura =1cm
Borracha	1000	85000
Poliestireno expandido	14	14000
Aço	7800	1000
Alumínio	2700	1300
Vidro	2500	1200
Tijolo maciço	2000 a 2500	2500 a 5000
Concreto	2300	1800
Gesso	1000	4000
Cortiça	2560	18000
chumbo	10600	8000

Tab. 1.16 – Valores de frequência crítica

Fonte: MEISSER

Paredes	R dB
6 mm madeira compensada	24
12 mm revestimento de gesso	33
22 mm revestimento de gesso sobre tela de metal	37
100 mm bloco de alvenaria com cavidade, leve e com reboco em ambos os lados	40
100 mm tijolo com superfície selada	41
150 mm bloco de cerâmica, com 2 camadas de pintura em cada lado	41
200 mm parede densa de concreto	48

Tab 1.17 – atenuação acústica de paredes

Fonte: ALCAN

PAREDES DUPLAS

O uso de paredes duplas permite obter isolamento acústico superior aos dados pela lei de massa para paredes simples.

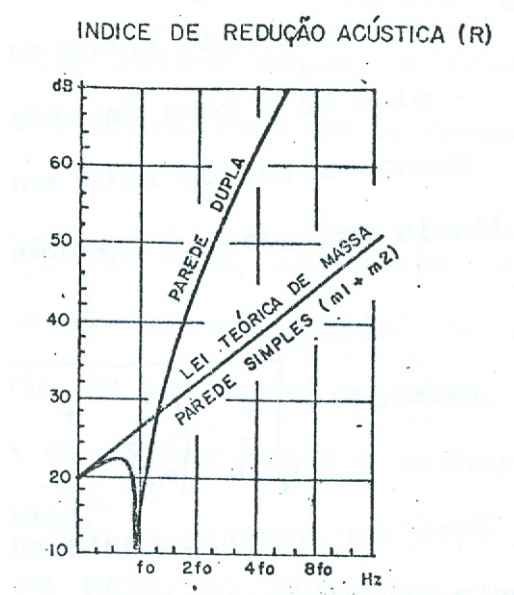
A qualidade do isolamento oferecido por uma parede dupla depende essencialmente:

- da escolha do material;
- da montagem dos elementos da parede;
- da espessura da lâmina de ar;
- da espessura e capacidade de absorção do material escolhido para ser empregado na câmara de ar, que terá a função de atenuar as ressonâncias do sistema.

IMPORTANTE:

O isolamento de uma parede dupla não corresponde à soma dos isolamentos de duas paredes simples que a constituem.

- Variação do isolamento:
O aumento do isolamento acústico de uma parede dupla em função da frequência do som é superior ao obtido por uma parede simples. Em paredes simples o aumento é de 4 a 6 dB por oitava. Em paredes duplas é de 6 a 18 dB por oitava.



Graf. 1.8 Variação do isolamento em paredes duplas
Fonte: JOSSE

FREQUÊNCIA CRÍTICA (f_0).

O isolamento de uma parede simples cai quando a frequência do som incidente corresponde à frequência crítica (ou frequência de ressonância) da parede. No caso de uma parede dupla, cada elemento que a compõe possui uma frequência crítica.

Para esta frequência, o índice de redução de uma parede dupla é menor do que o de uma parede simples de mesma massa. A frequência de ressonância é pequena se a espessura da lâmina de ar é grande e se os painéis são pesados.

Quando a parede está submetida a ondas que chegam com uma **incidência normal**, podemos calcular a frequência de ressonância pela fórmula:

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{1}{d \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}}$$

Sendo: **d** = distância entre as paredes ou painéis em cm.

m1 e **m2** = peso de cada painel em Kg/m².

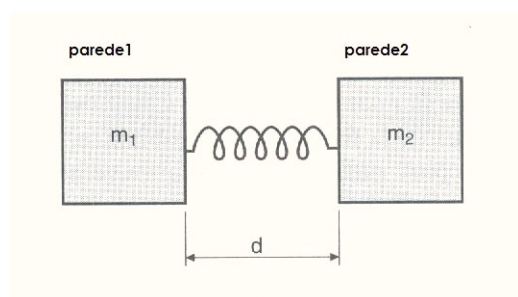
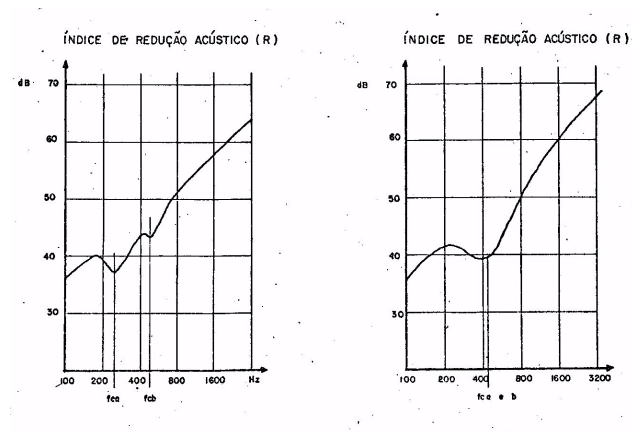


Fig 1.21- Ilustração do efeito mola.

Quando a parede está submetida a ondas que chegam com uma **incidência qualquer**, a frequência de ressonância é calculada por:

$$f_0 = 840 \sqrt{\frac{1}{d \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}}$$

Para ser acusticamente eficaz, uma parede dupla deverá ser composta de elementos de massa e rigidez diferentes.



Graf. 1.9– Índice de redução acústica de uma parede dupla em que os elementos têm frequência crítica diferente e iguais.

Se a frequência do som incidente é **inferior** à frequência de ressonância da parede dupla, a câmara de ar não tem eficácia e o conjunto vibrará como se houvesse uma ligação rígida entre os painéis.

Se a frequência do som incidente é **superior** à frequência de ressonância da parede dupla, a câmara de ar transmitirá mal o movimento de um painel a outro. Neste caso o índice de redução acústica da parede dupla é melhor do que o de uma parede simples de mesma massa.

A presença de um material absorvente entre paredes amortiza o movimento da onda, diminui a ressonância da lâmina de ar que, então, aumenta o isolamento da parede.

A complexidade do mecanismo de transmissão do som por uma parede dupla é muito grande e é difícil estabelecer fórmulas gerais para o cálculo do índice de redução. Uma parede simples bem realizada é preferível a uma parede dupla mal executada de massa igual. Para paredes duplas compostas por painéis leves é conveniente manter uma boa distância entre eles.

De maneira geral, recomenda-se que a frequência crítica (ou de ressonância) seja pequena, próxima a faixas em que o ouvido seja pouco sensível. O ideal é que ela seja inferior a 80 Hz para o uso de painéis leves e superiores a 4000 Hz no uso de painéis pesados.

• FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA DA LÂMINA DE AR

A lâmina de ar comprimida entre dois elementos de uma parede dupla é muitas vezes a sede de ressonâncias. As frequências de ressonância são ligadas à espessura da lâmina de ar. Aumentando-se a espessura da lâmina de ar diminui-se a frequência de ressonância. Inversamente, quando se aumenta a frequência de ressonância é porque se reduziu a espessura da lâmina de ar.

É importante que se escolha a espessura da lâmina de ar de forma que sua frequência de ressonância fique distante do valor da frequência do som incidente, possibilitando com isto que se obtenha um bom isolamento.

As frequências de ressonância da lâmina de ar são dadas pela fórmula:

$$f_0 = \frac{n \cdot c}{2d}$$

Sendo: $n = 1, 2, 3, \dots$ (a ressonância é sobretudo, caracterizada para $n = 1$).

c = velocidade de propagação do som no ar (340 m/s).

d = espessura da lâmina de ar em metros.

Há ressonância quando a frequência do som emitido dentro da lâmina de ar é igual a $c/2d$ ou múltiplo $n \cdot c/2d$, onde:

$$f_0 = n \cdot \frac{340}{2d} = n \cdot \frac{170}{d}$$

• INFLUÊNCIA DAS LIGAÇÕES RÍGIDAS ENTRE PAINÉIS

DOIS PAINÉIS PESADOS:

Se dois painéis pesados estão interligados rigidamente em vários pontos, basta um submeter-se a uma ação vibratória que estas vibrações chegarão rapidamente ao segundo painel.

Haverá transmissão direta do som pelos pontos de contato entre eles, e o conjunto se comportará como uma parede simples com diversas frequências críticas.

Quando os painéis são pesados é conveniente o uso, em um dos painéis de, materiais absorventes acústicos (fibras minerais, vegetais, espumas plásticas, etc.).

UM PAINEL PESADO E OUTRO LEVE:

O painel leve normalmente está fixado sobre barrotes de madeira que estão fixados sobre a parede pesada. Neste caso a parede não pode assemelhar-se a uma parede dupla. As ligações são muitas e um dos painéis é muito leve em relação ao outro. Este sistema permite corrigir certos defeitos da parede pesada. Para isto é suficiente que o elemento de duplicação tenha um índice de redução acústico alto na faixa de frequência crítica da parede pesada.

Contrário a isso, se o elemento de duplicação tem uma frequência crítica mal situada, na zona entre 100 e 3200 Hz, sua presença pode ser problemática.

DOIS PAINÉIS LEVES:

Se não há um material absorvente entre os painéis, a transmissão se dá pelo ar situado na câmara. Em geral os montantes de fixação são superficialmente rígidos para evitar que o painel vibre.

Se o espaço está preenchido com material absorvente, a transmissão se dá principalmente pelos montantes. Neste caso o melhor, na montagem, é que se mantenham as armações independentes.

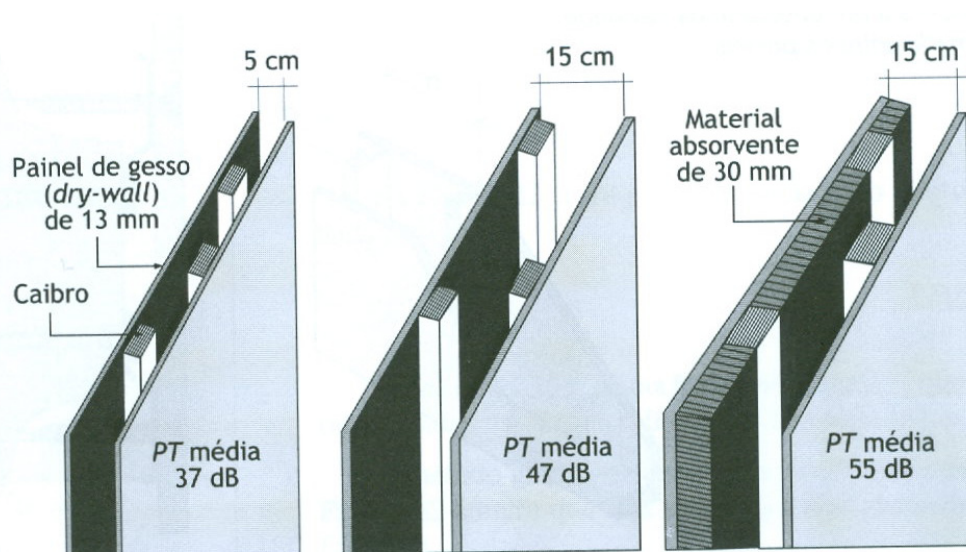


Fig 1.22- Perdas por transmissão (PT).

TRANSMISSÕES INDIRETAS POR PAREDES DUPLAS

Na verdade, é necessário haver cuidado com esta escolha, pois nem sempre seu rendimento é satisfatório. Se as paredes duplas são leves, há aumento de mais uma superfície para transmissão do som. Daí a necessidade de se utilizar uma junta de material elástico para impedir as transmissões indiretas.

Na maioria dos casos é preferível o uso de uma parede simples, pesada e de massa idêntica a das paredes adjacentes.

INFLUÊNCIA DA POROSIDADE DO MATERIAL

Quando uma parede é porosa, as ondas sonoras se chocam com a parede e agitam o ar que se encontra nos poros e nas juntas de união. Essa agitação se transmite entre eles e atravessa a parede. De acordo com o diâmetro dos poros, a parede transmite uma quantidade maior ou menor de energia.

Uma parede de concreto celular, quando submetida a testes, demonstrou as variações que ocorrem em função da lei de massa e porosidade. Primeiramente, conhecendo sua massa (110 Kg/ m^2), previram que seu índice de redução acústica seria de 41 dB nas frequências médias. No entanto, na prática, ao se realizar a medição, este valor caiu para 17 dB.

Acrescentando à parede, em uma das faces reboco caído, sua massa cresce para 125 Kg/ m^2 , e pela lei de massa experimental sua redução é ainda em torno de 41 dB na frequência média. Submetida a outro teste, a parede apresentou o índice de redução acústica de 24 dB.

Podemos concluir que foi a vedação parcial dos poros que permitiu o aumento da redução, pois o peso pouco variou para que se chegasse a um acréscimo de 7 dB.

A lei de massa permite determinar o isolamento de paredes simples, vedadas ao fluxo de ar.

Uma forte porosidade da parede associada a juntas defeituosas, ou rebocos insuficientes, ou material com porosidade grosseira e aberta, formam, juntos, uma queda de isolamento.

TRANSMISSÕES INDIRETAS

Para um estudo completo de transmissão do som entre ambientes é necessário um estudo tanto de transmissão direta quanto outro de transmissão indireta.

As transmissões indiretas serão responsáveis por uma queda no índice de redução da parede divisória entre as salas.

As perdas para as paredes laterais são cerca de 5 dB e a queda no isolamento total vem expressa pela fórmula:

$$D = R + 1 + 10 \log S / A - a$$

Sendo:

$a = 0 \text{ dB} \rightarrow$ parede divisória muito leve.

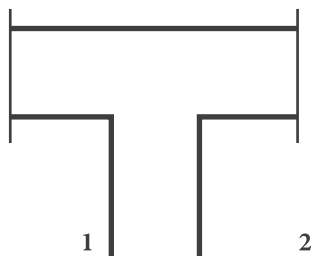
$a = 5 \text{ dB} \rightarrow$ paredes laterais de alvenaria. $M \geq 150 \text{ Kg/m}$

$a = 6 \text{ dB} \rightarrow$ parede lateral (1) de alvenaria. $M < 150 \text{ Kg/m}$

$a = 7 \text{ dB} \rightarrow$ paredes laterais (2). $M < 150 \text{ Kg/m}$

Análise das transmissões indiretas quando:

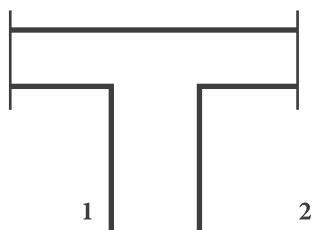
A) TODAS AS PAREDES SÃO PESADAS



Se, por exemplo, o teto está ligado rigidamente à parede de separação, as ondas de flexão que vão de encontro ao teto são atenuadas ao passar pelo fechamento. Há uma reclusão de alguns decibéis nas frequências medidas.

A energia irradiada no local receptor é menor do que se as paredes fossem independentes. No caso de todas as paredes serem pesadas não há necessidade de tornar independente a parede intermediária entre as salas de aula e as adjacentes.

B) UMA DAS PAREDES LATERAIS É MAIS LEVE QUE A PAREDE DE SEPARAÇÃO

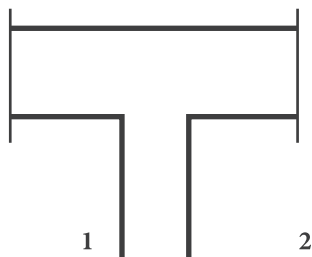


A fonte sonora cria ondas de flexão internas na parede mais leve. Isto torna possível que a energia irradiada pela parede mais leve seja superior à energia transmitida diretamente pela parede divisória entre as salas.

As transmissões indiretas são mais importantes que as transmissões diretas, e são elas que condicionam o isolamento entre dois locais. Neste caso não adianta aumentar o isolamento da parede de separação pois o resultado sofrerá uma queda expressiva.

Na prática observa-se que o que prevalece é o índice de redução das paredes laterais.

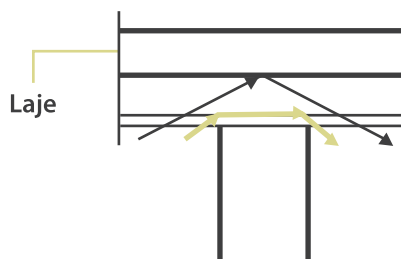
C) AS PAREDES LATERAIS SÃO PESADAS E A PAREDE DE SEPARAÇÃO É LEVE



Haverá um aumento da transmissão do som pela parede divisória entre salas devido ao contato com o teto. As paredes adjacentes praticamente não interferirão.

Para evitar o efeito nocivo das transmissões secundárias, é melhor que a parede localizada entre as salas e as paredes adjacentes tenham valores de redução semelhantes ou, então, que na execução da obra tornem-se elementos independentes.

D) USO DE REBAIXAMENTO NO TETO



Neste caso é conveniente que a parede separadora vá até a laje. Se a parede termina no rebaixo, haverá, além da transmissão pelo rebaixo, reflexões entre o rebaixo e a laje que aumentarão a transmissão de ruído entre as salas.

PAREDES DESCONTÍNUAS

As paredes descontínuas estão compostas por muitos elementos de dimensões e índices de redução diferentes. Estas paredes não têm o mesmo índice de redução acústica por toda sua superfície.

Podemos exemplificar como paredes descontínuas as superfícies dotadas de portas ou janelas, aberturas para ventilação, canalizações e similares.

Para calcularmos o índice médio de redução da superfície precisamos conhecer o índice de redução de cada elemento que a compõe, assim como suas áreas.

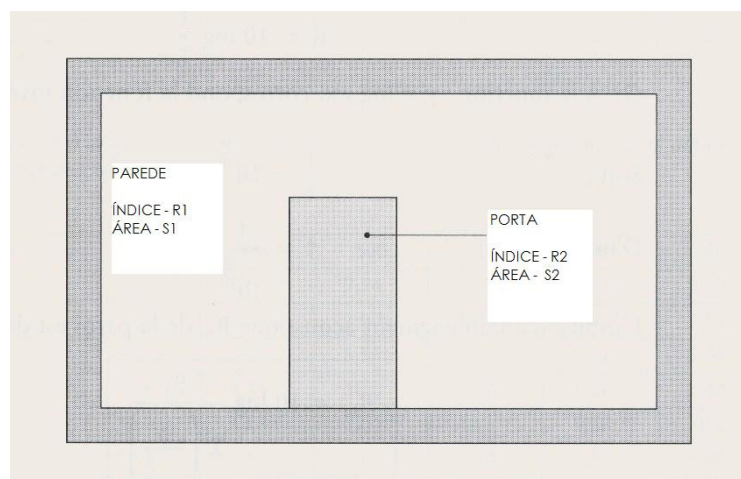
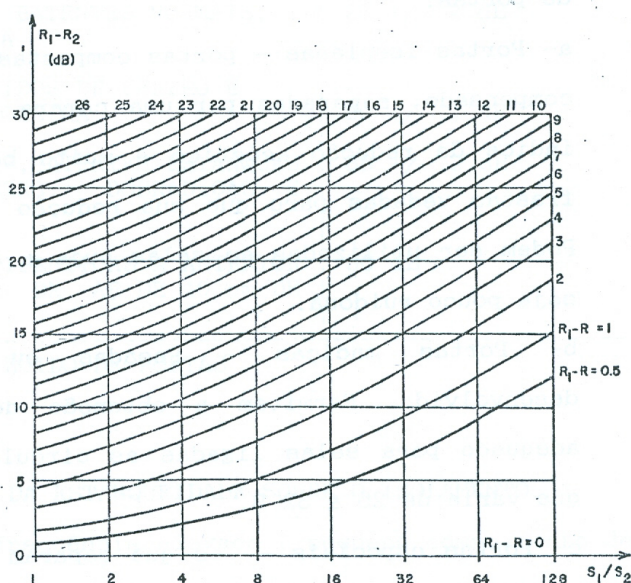


Fig. 1. 23 – Paredes descontínuas.

Fonte: MEISSER

Conhecida a diferença entre R_1 e R_2 , e a relação entre as superfícies S_1/S_2 , podemos entrar com estes dados em um ábaco que nos dará o valor de R , índice de redução acústica médio da parede.



Graf. 1.10 – ábaco para cálculo da redução sonora de paredes descontínuas)

Fonte: MEISSER

PORTAS

Para locais escolares as portas podem situar-se de três maneiras:

- as que separam as salas do corredor, que devem ter um índice de redução (R) igual ou maior a 20 dBA para que o conjunto isole cerca de 26 dBA;
- as que pertencem à parede divisória entre duas salas de aula.
- O isolamento do conjunto deve ficar em 38 dBA e o índice R da sala deve ser superior ou igual a 33 dBA;

Para estas duas disposições podemos adotar dois tipos de portas:

a - Portas isoplanas – portas compostas por duas chapas leves de compensado, separadas por uma câmara de ar no seu interior. O índice de redução acústico é muito baixo, é preciso ter suas frestas vedadas para que sua redução fique em torno de 25 dB.

Podem ser utilizadas em locais cuja atividade em seu interior seja pouco ruidosa.

b - Portas maciças – pesadas ou de composição melhor desenvolvida. Permitem a obtenção de um índice de redução adequado para salas ligadas às circulações. Tem um isolamento que varia de 25 a 32 dB.

c - Portas especiais – as que separam um local particularmente barulhento de outro; devem ter o índice R da porta superior a 40 dB. Essas portas são classificadas como portas acústicas, e devem ser utilizadas em áreas bem específicas. Portas com este padrão não são de simples execução. Requerem mão-de-obra especializada, fechamento sob pressão e ferragens especiais.

Elemento	Atenuação média em dB
Porta comum 6 kg/m ² , batentes normais soleira c/ fresta aberta	18 dB
Idem, com fresta da soleira vedada	24+/- 3 dB
Porta comum 15 kg/m ² , batentes normais soleira c/ fresta aberta	27+/- 2dB
Idem, c/ batentes revestidos de feltro e vedação da fresta da soleira	30+/- 2dB
Porta especial 40 kg/m ² , batentes estanques fechamento de pressão, dobradiças e fechaduras especiais	38+/- 2 dB
Duas portas em série, idênticas à anterior separadas por câmara de ar de 40cm de profundidade	

Tab.1.18 – Redução do ruído de portas

Fonte: KNUDSEN

INFLUÊNCIA DA ESTANQUEIDADE SOBRE O ISOLAMENTO

Os sons de frequência elevada (pequeno comprimento de onda) passam facilmente através dos batentes e das soleiras das portas.

- Existem regras que devem ser observadas:
- ajustar a porta perfeitamente sobre o quadro;
- limitar a fresta de funcionamento a 2 mm;
- dispor as juntas de estanqueidade sobre os batentes; não devem ser excessivamente rígidas nem muito grossas;
- assegurar se a junta de ligação entre a esquadria e alvenaria está bem realizada;
- vedar a fresta formada entre a soleira e a porta.

Muitas vezes é conveniente para o projetista criar uma ante-câmara, onde naturalmente será utilizado o sistema de porta dupla.

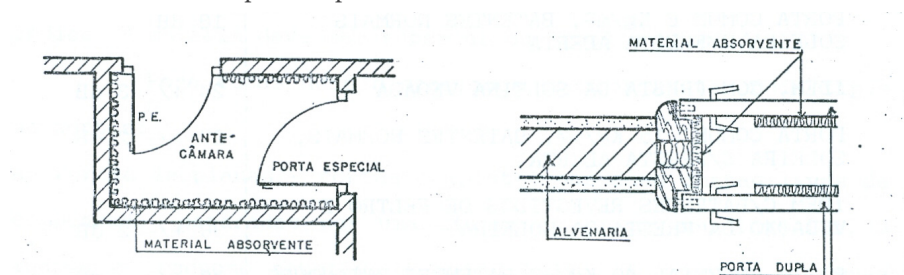
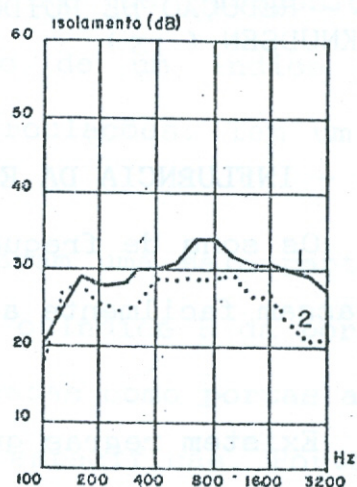


Fig. 1.24- Ante - câmara e porta com material absorvente.

Portas comuns de 4 cm de espessura, oferecem redução sonora em torno de 15 a 20 dBA. Com portas de 80 cm chega-se a obter uma perda de transmissão de 32 dBA.



Graf. 1.11– desempenho do isolamento de porta comum

1-Com vedação das frestas.

2-Sem vedação.

Fonte: MEISSER

Segundo Meisser, se uma parede de 10 m² de área oferece um isolamento de 40 dB ao ser dotada de uma abertura de 1/10 de sua área, o isolamento cai para cerca de 30 dB.

A estanqueidade é um elemento de influência expressiva em paredes compostas. A queda de isolamento provocada pela presença de uma abertura está ligada à frequência do som transmitido.

Uma abertura de pequenas dimensões (frestas, orifícios de pequeno diâmetro, etc.) dá passagem a sons agudos. Isto ocorre em portas que não recebem detalhamento cuidadoso.

Os visores também precisam estar bem vedados. Um visor sem vidro, como infelizmente se vê em algumas escolas, devido ao seu tamanho (15 x 30 cm) permite a entrada de uma faixa diversificada de frequência, comprometendo as condições de isolamento do local.

JANELAS

Os problemas de entrada de ruído da rua e da vizinhança, em geral, podem ser resolvidos efetivamente somente se prescindirmos do uso de janelas abertas. Para construções em climas tropicais, para que se use janela aberta, deve-se antes de tudo procurar posicioná-la corretamente.

Um bom isolamento de janela envolve a estanqueidade do conjunto. Isto implica em vedar batentes com materiais elásticos, cuidar da fixação do vidro e da própria esquadria na alvenaria.

A espessura do vidro é um fator importante e deve-se dar preferência a vidros com espessura igual ou maior a 6 mm. Em áreas excessivamente ruidosas, seria bom o emprego do vidro duplo. Um conjunto em vidro duplo com 4 mm de vidro, 6 mm de ar e 4 mm de vidro oferece a proteção térmica satisfatória e nos dá um índice R compreendido entre 28 dBA e 30dBA para um ruído de tráfego (ruído route).

Janelas de correr oferecem poucas condições de isolamento e não devem ser utilizadas em áreas ruidosas.

Janelas voltadas para área ruidosa	Condição de trabalho	Distancia da abertura ao nível da rua
Sala com janelas abertas (10m ²)	Muito boa, aceitável	+ de 700 m + de 70 m
Sala com janela simples fechada (14m ²)	Muito boa, aceitável	+ de 50 m + de 8 m
Sala com janela dupla(14m ²)	Muito boa	Sem restrição

Tab.1.19- Distâncias recomendáveis em função da janela

Fonte: Cahiers du C.S.T.B

Espessura total	interno	Espaço entre vidros	externo	dB
Vidro simples "float"				
3mm			3mm	23
6mm			6mm	28
12mm			12mm	31
19mm			19mm	36
25mm			25mm	37
Vidro duplo com câmara de ar				
24mm	6mm	12mm	6mm	32
68mm	6mm	50mm	12mm	39
118mm	6mm	100mm	12mm	40
168mm	6mm	150mm	12mm	42
Vidro duplo com câmara de ar com uma das folhas em vidro laminado				
24mm	6mm	12mm	6mm lamin.	36
30mm	6mm	12mm	12mm lamin.	39
43mm	6mm	25mm	25mm lamin.	43

TAB. 1.20- Redução acústica de vidros

Fonte: ALCAN

1.10 RUÍDO POR VIA ESTRUTURAL

São muitas as superfícies sujeitas à ação dos ruídos de impacto em uma escola. São ruídos causados por queda de objetos no solo, arrastar de cadeiras, canalizações, aparelhos de refrigeração e etc.

A superfície normalmente mais sujeita a esta ação de ruído é a horizontal, ou seja, o piso da construção. No entanto a ação de um impacto pode também ser percebida nas superfícies verticais por ação direta (ventiladores, aparelhos de refrigeração) ou de forma indireta.

Em escolas de primeiro grau, basicamente, teremos maior influência do ruído provocado pelas próprias pessoas. Nas de segundo grau profissionalizante, além das pessoas, temos também como fonte de ruído em algumas salas, equipamentos mecânicos.

PRINCÍPIO DE ISOLAMENTO AO RUÍDO

Para se impedir a propagação dos ruídos de impacto é necessário que haja uma capa elástica de proteção sobre o piso sujeito à vibração.

A função da capa elástica é de evitar que a vibração se propague pela laje e vá de encontro às paredes, aumentando com isso, a transmissão do ruído para as salas vizinhas.

Sabemos que o choque sobre solos produz vibração, não só no solo, como também nas paredes que a ele estão interligadas. Assim, se o choque se produz sobre a laje da sala (1), um ruído aéreo na sala (3) é produzido pelo som e pelas paredes. Na sala (4) os ocupantes serão incomodados como os da sala (3) e o mesmo ocorrerá na sala (2)

O USO DA LAJE FLUTUANTE

Chamamos de laje flutuante uma capa de concreto ou outro material de 3 ou 4 cm de espessura, moldada no local, superposta à laje existente, tendo materiais elásticos entre ela e a laje estrutural.

Quando mais espessa for a camada amortizadora, melhor será a redução sonora, dependendo da característica do material empregado.

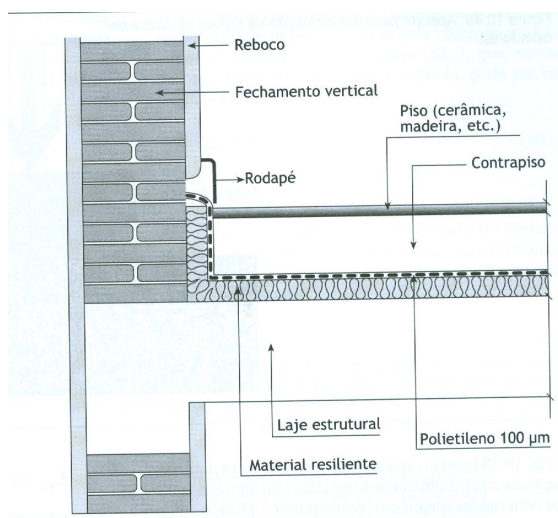


Fig. 1.25- Laje Flutuante: corte esquemático.

• OS MATERIAIS DA CAMADA AMORTIZADORA

Existem diversos materiais que podem ser empregados sob lajes flutuantes. A escolha vai depender do grau de isolamento necessário, da carga atuante, da durabilidade e etc.

Podemos citar como exemplo:

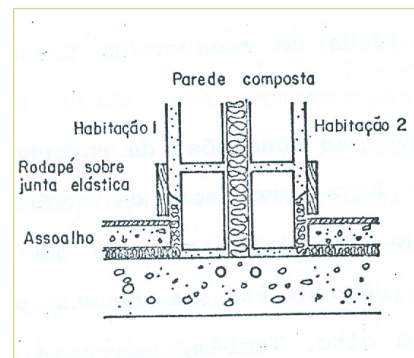
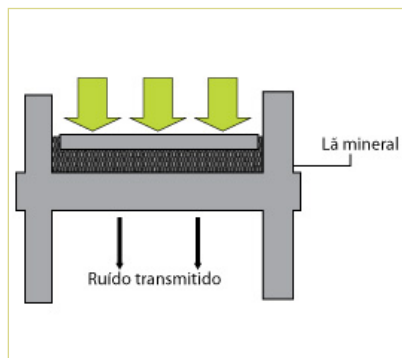
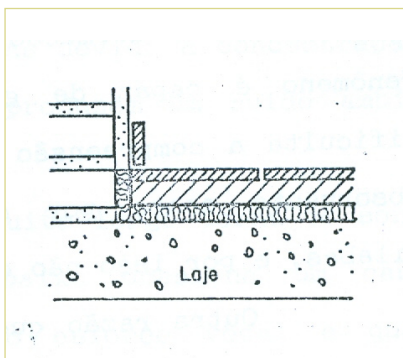
- **Lã de vidro ou de rocha** – apresentada em placas ou rolos de espessura diferente;
- **Fibras de madeira** – em placa, geralmente tratada para se tornar imputrescível;
- **Polietileno** – em rolo, só é sensível a temperaturas muito elevadas

(>80 °C). Como exemplo temos o Ethafoam®;

- **Borracha** – muito elástica, caso este material seja utilizado também no acabamento deve ser protegido dos raios solares e dos vapores ácidos;
- **Cortiça** – em placas, geralmente sob uma camada de asfalto;
- **Molas especiais** – de uso específico em bases de máquinas. Como exemplo temos o Vibrachoc e Vibranihil.

Para uma boa execução recomenda-se que nenhuma parte da laje flutuante tenha contato direto com as paredes da sala; ela deverá ficar “ilhada” sobre o material (ou materiais) resiliente.

Também devemos evitar todas as ligações rígidas entre a laje estrutural e a laje flutuante, tais como tubulações, madeiramentos, etc.



1-piso acabado
2-zona de amortização

Fig 1.26 – lajes flutuantes sobre camada de amortização.

Material Resiliente	espessura	Resultados (*) ΔL em Db
Lã de rocha	0,9	26 (26-38-39)
	2	31 (31-38-37)
Lã de vidro	1,3	28 (28-46-47)
	0,25	23 (23-28-31)
Borracha	0,4	19 (22-19-22)
	1,2	25 (25-35-44)
Poliestireno expandido	1	20 (20-29-32)
feltro industrial	0,8	21 (21-33-40)
(*)os nºs entre parênteses correspondem a frequências graves, médias e agudas respectivamente.		

TAB. 1.21 Teste em lajes flutuantes de 4cm sobre diferentes materiais resilientes. Laje estrutural de 14cm.

Fonte: MEISSER

1.11 APLICAÇÕES PRÁTICAS/ EXEMPLOS DE CÁLCULOS PARA PROJETOS.

O objetivo deste item é dar alguns exemplos de aplicações práticas que podem ser feitas a partir das descrições teóricas desenvolvidas nos itens anteriores. Não se trata de um roteiro de cálculo para um projeto acústico específico, mas são mostras de algumas situações questionadas durante o tratamento acústico de um local.

EXEMPLO DE CÁLCULO DE ISOLAMENTO DE PAREDES SIMPLES

Duas salas são separadas por um anteparo cujo índice de redução R é de 30 Db em 500 Hz. A sala 1 possui uma área de absorção (A_1) igual a 5 m². A sala 2 possui uma área de absorção (A_2) igual a 15 m².

A área (S) da parede divisória é 10 m².

Qual o isolamento bruto (Db) dentro de cada local?

Local 1: Fonte no local 2

$$Db = R + 10 \log A_1 / S_p = L_2 - L_1$$

2 $\rightarrow$ 1

$$Db = 30 + 10 \log 5 / 10 = 27 \text{ dB}$$

Local 2: Fonte no local 1

$$D_b = R + 10 \log A_2 / S_p = L_1 - L_2$$

1 → 2

$$D_b = 30 + 10 \log 15 / 10 = 31,7 \text{ dB}$$

EXEMPLO DE CÁLCULO DE ISOLAMENTO DE PAREDES COMPOSTAS

Qual o isolamento bruto entre duas salas de aula, cuja parede divisória contém uma porta, sabendo-se que:

Sala 1 – área (A_1) = 5 m²;

Sala 2 – área (A_2) = 15 m²;

R1 parede – 30 dB;

S parede – 8 m²;

R2 porta – 20 dB;

S porta – 2 m².

Calcular o índice de redução médio da parede. Calcular o coeficiente de transmissão T de cada material.

$$R = 10 \log 1 / T$$

a) Cálculo do coeficiente de transmissão T da alvenaria:

$$R_1 = 30 \text{ dB}$$

$$30 = 10 \log 1 / T ; \text{ onde } T = 0,001$$

b) Cálculo do coeficiente de transmissão T da porta:

$$R_2 = 20 \text{ dB}$$

$$20 = 10 \log 1 / T ; \text{ onde } T = 0,01$$

c) Cálculo do coeficiente médio de transmissão (T_m) da parede:

$$T_m = \frac{S_{n1} \cdot T_{n1} + S_{n2} \cdot T_{n2}}{S}$$

Sendo:

S – área total da parede em m;

S_n – área de cada material que a compõe m;

T_n – coeficiente de transmissão de cada material que a compõe;

$$T_m = \frac{(0,001 \times 8) + (0,01 \times 2)}{10} = 0,0028$$

d) Cálculo de redução média R_m da parede:

$$R_m = 10 \log 1/T_m$$

Onde:

$$R_m = 10 \log 1/0,0028 = 25,5 \text{ dB}$$

Cálculo do isolamento bruto:

Local 1

$$D_b = R + 10 \log A/S$$

$$D_b = 25,5 + 10 \log 15/10$$

$$D_b = 27,2$$

CONCLUSÃO: Houve um decréscimo de 4,5 dB no isolamento bruto do local 1 devido à existência da porta.

INFLUÊNCIA DA TRANSMISSÃO INDIRETA SOBRE O ISOLAMENTO DA PAREDE

Duas salas de aula (A) e (B) idênticas, de volume igual a 168 m^3 cada, são separadas por uma parede homogênea cujo índice de redução R é igual a 48 dB, na frequência de 500 Hz, e sua área (S) é 24 m^2 .

As duas salas dão para um corredor de acesso (C) cujo volume é 84 m^3 . As separações dão para o mesmo corredor e constituem-se cada por 26 m^2 de fechamento cujo índice R é igual a 30 dB em 500 Hz, e uma porta plana de 2 m^2 cujo índice R é igual a 20 dB.

Analisando-se o som que caminha pela parede do corredor até B, com a porta fechada, temos:

Duração da reverberação dos locais:

- Sala B – 1 segundo em todas as frequências;
- Corredor – 2 segundos em todas as frequências.

Supõe-se que:

- a) A transmissão do som se dá unicamente por intermédio do campo reverberante (as portas estão muito afastadas uma da outra);
- b) As transmissões indiretas de encontro com a superfície vidrada são insignificantes.

O nível de pressão acústica direto do local B resulta de uma transmissão direta pela parede que o separa do local A e de uma transmissão indireta pelo corredor C.

1) Transmissão direta de A para B.

Cálculo de isolamento bruto obtido no local B (transmissão direta)

$$D_b = R + 10 \log A / S_p$$

Sendo S_p – área da superfície da parede (24 m^2)

Cálculo de absorção equivalente (A) no local de recepção

$$A = \frac{0,161 \cdot V}{T}$$

$$A = \frac{0,161 \cdot 168}{1 \text{ seg}} = 26,8$$

Isolamento bruto (D_b)

$$D_b = 48 + 10 \log 26,8 / 24 = 48,4 \text{ dB}$$

2) Transmissão indireta de A para C e de C para B.

Calcular o isolamento obtido direto pelo corredor (transmissão de A para C). O fechamento não é homogêneo, ele é constituído de duas partes, alvenaria e porta, não possuindo o mesmo coeficiente de transmissão do som.

Índice de redução da parede:

$$R_1 = 30 \text{ dB} - \text{alvenaria}$$

$$R_2 = 20 \text{ dB} - \text{porta}$$

3) Cálculo do coeficiente de transmissão médio T_m da parede:

$$R = 10 \log 1 / T$$

Conforme vimos no item 1.13.2., teremos:

$$T_{\text{alvenaria}} = 0,001;$$

$$T_{\text{porta}} = 0,01$$

O cálculo do coeficiente médio de transmissão é:

$$T_m = \frac{(0,0001 \cdot 26) + (0,01 \cdot 2)}{28} = 0,0016$$

Cálculo do índice de redução R da parede entre a sala e corredor:

$$R = 10 \log 1 / 0,0016 = 27,9 \text{ dB}$$

Isolamento bruto obtido dentro do corredor:

$$D_b = R + 10 \log A / S$$

Sabendo que a reverberação (T) no corredor é de 2 segundos, e o volume 84 m³:

$$A = \frac{0,161 \cdot V}{T} = \frac{0,161 \cdot 84}{2} = 6,7$$

$$D_b = 27,9 + 10 \log 6,7 / 28 = 21,7 \text{ dB}$$

Calcular o isolamento bruto (D_b) obtido dentro da sala (B) – transmissão do corredor C para a sala B.

$$D_b = 27,9 + 10 \log 26,8 / 28 \text{ (local de recepção B)}$$

$$D_b = 27,7 \text{ dB}$$

Isolamento bruto final obtido dentro do local B.

A para C para B:

$$21,7 + 27,7 = 49,4$$

O que se constata com este exemplo é que mais energia sonora passa pela via indireta (D_b = 48,4 dB) do que pela via direta (D_b = 49,4 dB).

O nível sonoro dentro do local B decorre do isolamento das duas transmissões. A diferença dos isolamentos obtidos, marcados sobre o ábaco, nos dá um valor em dB que deverá ser subtraído do isolamento de valor mais baixo. Este valor final representa o isolamento bruto na sala B.

Frequência: 500 Hz

D_b transmissão: direta A → B 48,4 dB

D_b indireta: A → C → B 49,4 dB

Diferença dB: 1

Valor obtido no ábaco de isolamento: 2,5 dB (Graf. 1.8)

Isolamento do local B: 48,4 – 2,5 = 45,9 dB

• DETERMINAÇÃO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO DE UMA PAREDE DUPLA

Exemplo:

- Parede dupla construída em tijolo.
- Espessura da 1ª parede: 10 cm;
- Espessura da 2ª parede: 5 cm;

- Espessura da lâmina de ar: 4 cm;
- Massa volumétrica do tijolo: 2000 Kg/m³.
- A lâmina de ar é preenchida por material fibroso.
- Massa surfática dos elementos:
 Primeiro elemento: 200 Kg/m²;
 Segundo elemento: 100 Kg/m².
- Massa total da parede: 300 Kg/m².
- Isolamento previsto pela lei de massa: em 500 Hz – 47 dB;
- Isolamento obtido pela parede dupla: em 500 Hz – 53 dB (47+6);
- Frequência crítica de cada elemento:
 $f_c - \text{primeiro elemento} = 2500/10 = 250 \text{ Hz};$
 $f_c = \text{segundo elemento} = 2500/5 = 500 \text{ Hz}.$
- Queda de isolamento na frequência crítica: 5 a 6 dB.

O material absorvente reduz consideravelmente as frequências de ressonância da lâmina de ar.

Frequência de ressonância do sistema.

$$f_0 = 84 \sqrt{\frac{1}{d \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}}$$

$$f_0 = 84 \sqrt{\frac{1}{0,04 \left(\frac{1}{200} + \frac{1}{100} \right)}}$$

$$f_0 = 51 \text{ Hz}$$

O exemplo apresenta duas frequências críticas mal percebidas dentro da curva de isolamento da parede dupla já que o ouvido é pouco sensível a ambas.

A presença do material absorvente eleva a frequência de ressonância da parede dupla aumentando o afastamento da zona de boa percepção auditiva.

A chegada das transmissões provenientes das paredes adjacentes são superiores àquelas da parede considerada. Dentro deste caso é o conjunto de transmissões (parede, piso, teto) que condicionam o isolamento entre dois locais.

EMPREGO DA ABSORÇÃO.

ADEQUAR O TEMPO DE REVERBERAÇÃO MODIFICANDO O TETO DA SALA

Características do local → Sala de aula

Comprimento → 10 m

Largura → 9 m

Altura → 4 m

Volume → 360 m³

Paredes e tetos → painel de gesso

Piso → 90 m²

Portas comuns → 0,80 x 2,10m

Janelas de vidro simples → 2,00 x 2,5m

Nº de cadeiras → 25 unidades

mobiliário → área de absorção (S α) = 3 unidades de absorção

Calculo da absorção na frequência de 1000Hz			
Superfícies	Área(m ²)	Coefficiente de absorção (α)	Unidades de absorção (Sα)
Parede	133,64	0,03	4,0
Teto	90	0,03	2,7
Piso	90	0,03	2,7
Porta	3,36	0,09	3,02
Janela	15	0,12	1,80
Pessoas	25	0,45	11,25
Mobiliário			3,0
Área de absorção Sα = 28,47			

Duração do Tempo de Reverberação: uso da fórmula de Sabine

$$Tr = \frac{0,161 \cdot V}{\Sigma S\alpha}$$

$$Tr = \frac{0,161 \cdot 369}{28,47} = 2,03 \text{ seg}$$

Consultando o gráfico de tempo de reverberação ideal, verificamos que o valor recomendado é 0,7 seg.

Então a absorção ideal é:

$$0,7 = \frac{0,161 \cdot 360}{\Sigma S\alpha} = 82$$

A sala precisa absorver 82 unidades de absorção.

Desconsiderando o teto no somatório das absorções teremos:

Calculo da absorção na frequência de 1000Hz, sem o teto			
Superfícies	Área(m ²)	Coefficiente de absorção (α)	Unidades de absorção (Sα)
Parede	133,64	0,03	4,0
Teto	90	?	?
Piso	90	0,03	2,7
Porta	3,36	0,09	3,02
Janela	15	0,12	1,80
Pessoas	25	0,45	11,25
Mobiliário			3,0
Área de absorção sem o teto			= 25,77

Para o teto absorver adequadamente teremos:

$$S\alpha = 82 - 25,77 \approx 56 \text{ ua}$$

Sendo sua área 90 m², o material adequado para revesti-lo terá:

$$= 56/90 = 0,63 \text{ na frequência de 1000 Hz}$$

Atenção: Se o teto corretivo estiver suspenso e não colado, ele interferirá

a) Na redução sonora das paredes laterais

b) Na diminuição do volume da sala

Opções : Materiais com coeficiente de absorção em torno de 0,63 em 1000 Hz

a) Chapa perfurada maciça, 12 mm espessa 5 mm da parede (0,61)

b) Chapa leve, lã de madeira, 50 mm, diretamente em parede rígida (0,60)

c) Chapa leve lã de madeira, com espaço de 5 cm, vazio, (0,65).

REDUÇÃO DA REVERBERAÇÃO EM UMA SALA DE AULA QUANDO NÃO É POSSÍVEL

ALTERAR AS CONDIÇÕES DO TETO.

Características da sala:

Volume: 108 m³

superfícies	material	Área S – m ²
Piso	Taco em peroba	36
Teto	Pintura sobre reboco	36
parede	Pintura sobre reboco	43,48
janela	veneziana	6
porta	madeira	2
Quadro-negro	Laminado melamínico	6
mobiliário	madeira	11,52
peessoas		36

CONDIÇÕES DE ESTUDO – sala lotada, veneziana aberta, porta fechada

TR ideal = 0,5 seg.

Fonte: NB- 12 179

SALA ANTES DO TRATAMENTO

superfícies	Área S – m ²	α 500Hz	S α
Piso	36	0,06	2,16
Teto	36	0,03	1,08
parede	43,48	0,02	0,86
janela	6	1,00	6,00

superfícies	Área S – m ²	α 500Hz	S α
porta	2	0,06	0,12
Quadro-negro	6	0,03	0,18
mobiliário	11,52	0,06	0,69
pessoas	36	0,44	15,84
Total	177		26,93

Total das áreas= 177 m²

Total da superfície de absorção=26,93 ua

$$\alpha_m = \frac{\sum S\alpha}{\sum S} = \frac{26,93}{177} = 0,15$$

→ Quando $\alpha_m < 0,5$ usa-se a fórmula de SABINE para cálculo do TR

Fórmula de Sabine

$$TR = \frac{0,161 \cdot V}{\sum S\alpha} = \frac{0,161 \cdot 108}{26,93} = 0,65 \text{ seg}$$

A sala está reverberante. O tempo ideal é 0,5 seg. (inferior ao valor encontrado) – É necessário reduzir o tempo até 0,5 ou no máximo até 0,55 seg.

$$TR_{\text{ideal}} = \frac{0,161 \cdot V}{\sum S\alpha} \therefore S\alpha_{\text{ideal}} = \frac{0,161 \cdot 108}{0,5} = 34,76 \text{ seg}$$

Solução Proposta: adotar painéis absorventes sobre as parede (18 m²), sem modificar os outros materiais existentes.

superfícies	Área S – m ²	α 500Hz	S α
Piso	36	0,06	2,16
Teto	36	0,03	1,08
parede	25,48	0,02	0,50
painel	18	?	?
janela	6	1,00	6,00
porta	2	0,06	0,12
Quadro-negro	6	0,03	0,18

mobiliário	11,52	0,06	0,69
pessoas	36	0,44	15,84
			26,57

Sa sem os PAINÉIS = 26.57

Sa dos PAINÉIS = $34.76 - 26.57 = 8.79$

α dos PAINÉIS = 0,45

Material com desempenho próximo: cortiça ou tapete = 0,37

Sa do painel feito em cortiça ou tapete: $18 \times 0,37 = 6.6$

Sa acrescido dos PAINÉIS

$26.57 + 6.6 = 33.17$

Cálculo do TR da sala, com emprego dos PAINÉIS:

$$TR = \frac{0,161 \cdot 108}{33,17} = 0,52$$

OK tempo aceitável

TR ideal = 0,5 seg. Tolerância + 10% ou - 10%

A opção desse material para os PAINÉIS faz com que eles sejam úteis como mural nas salas de aula.

REDUÇÃO DO RUÍDO EM FUNÇÃO DA ABSORÇÃO.

FONTE DE RUÍDO NO INTERIOR DO LOCAL

Exemplo – Refeitório

Característica do local a tratar:

Comprimento 25 m	Teto – placa de gesso	Portas de 0,80 x 2,10 m	Janelas – 32 m ²
Largura – 9 m	Piso – vinílico	Altura – 3.80 m	Parede – alvenaria com reboco pintado

Nível sonoro ambiente – 70 dB a 1000 Hz (o ruído é exclusivamente reverberante)

Para se obter uma redução do nível sonoro, é preciso aumentar a absorção das superfícies do local. Um teto rebaixado em 30 cm com material absorvente reduzirá bastante a reverberação do local e do nível sonoro.

Cálculo da absorção do local em 1000Hz						
superfícies	Antes do tratamento			Após tratamento		
	S m ²	α	Sα	S m ²	α	Sα
Parede	219,68	0,03	6,59	199,28	0,03	5,97
Teto	225	0,03	6,75	225	0,76	171
Piso	225	0,04	9	225	0,04	9
Portas	6,72	0,09	0,60	6,72	0,09	0,60
janelas	32	0,012	3,84	32	0,012	3,84
		A1	26,78		A2	190,41

Absorção antes do tratamento (A1) 26,78

Absorção após o tratamento (A2) 190,41 m²

Redução do ruído em função da absorção do local:

$$R = 10 \log \frac{A_2}{A_1} \quad R = 10 \log \frac{190,41}{26,78} = 8 \text{ dB}$$

Ou seja, o ruído no refeitório cairá 8dB, ficando em 62 dB.

FONTE DE RUÍDO EXTERNA AO LOCAL

Exemplo – Sala de aula contígua a um atelier barulhento.

Característica do local a tratar:

Atelier em atividade: nível sonoro a 90 dB (A)

Sala de aula: nível de ruído de fundo 48 dB (A) – (Recomendado pela NBR)

Isolamento da parede de separação 30 dB

Nível sonoro na sala quando o atelier está em atividade 60 dB (90-30 dB)

SOLUÇÃO – Tratamento acústico da sala de aula.

- Reforço do isolamento da parede – um ganho em torno de 7 dB é possível com a técnica de parede dupla.

- Redução do nível sonoro do atelier a partir do aumento expressivo de sua absorção (7 dB; por exemplo).

RESULTADO:

- Nível sonoro do atelier após tratamento: $90 - 7 = 83$ dB.
- Isolamento da parede reforçada: $30 + 7 = 37$ dB.
- Nível de ruído proveniente do atelier que se escutará em sala: $83 - 37 = 46$ dB.

CONCLUSÃO – Os ruídos provenientes do atelier ficariam abaixo do ruído de fundo da sala.

CÁLCULO DO NÍVEL DE RUÍDO DE IMPACTO

Calcular o nível de ruído de impacto sobre o piso (L_n), por transmissão direta a partir dos seguintes dados:

e – espessura da laje – 12cm

V – volume do local de recepção – 120 m^3

ΔL – piso vinílico sobre forro – 16 dB

$$L_n = 135 - 30 \log e - \Delta L - 10 \log V$$

$$L_n = 135 - 30 \log 12 - 16 - 10 \log 120$$

$$L_n = 135 - 32 - 16 - 21 = 66 \text{ dB}$$

Para escola $L_n < 74$ dB, onde se conclui que o piso está satisfatório.

Calcular o nível de ruído de impacto sobre o piso (L_n) por transmissão indireta a partir dos dados:

e – espessura da laje – 14 cm

v – volume do local – 120 m^3

ΔL – piso vinílico sobre o forro – 16 dB

m – 340 Kg

m_1 – 200 Kg

$$L_n = 135 - 30 \log e - \Delta L - 10 \log v - k$$

Cálculo do K^{*16} :

$$\frac{m_1}{m} = \frac{200}{340} = 0,58$$

$$0,58 \rightarrow K=0 \text{ (Tab. 1.11 pg 47)}$$

$$L_n = 135 - 30 \log 14 - 16 - 10 \log 120 - 0$$

$$L_n = 64 \text{ dB}$$

Conclusão – O piso atende satisfatoriamente porque $L_n < 74$ dB

EXEMPLO DE CÁLCULO DE ISOLAMENTO VISANDO PRIVACIDADE DA SALA DE AULA.**Cálculo do isolamento de uma parede que separa duas salas**

Objetivo – A redução do som deve ser suficiente para tornar ininteligível toda conversação a voz normal na sala contígua.

Dados: Escola MARC FERREZ – projeto João Filgueiras Lima

Nível de Ruído de Fundo Medido em Faixa de Oitava

Hz	500	1000	2000	4000
Db	48	46	42	40

Níveis mais Altos de Conversação = (Voz do Professor)

Hz	500	1000	2000	4000
Db	68	66	60	55

Índice de Inteligibilidade adotado: IA = 0,1

Solução:

Média do nível mais alto de conversação dentro do local de emissão:

$$\frac{68+66+60+55}{4} = 62,5 \text{ dB}$$

Nível Médio do Ruído dentro do local de recepção:

$$\frac{48+46+42+40}{4} = 44 \text{ dB}$$

Chamamos de x a redução do som entre dois locais, na oitava de 1000 Hz.

Sabendo-se que a variação por oitava é 6 dB (ver item 1.4)teremos:

(x-6) a redução na oitava de 500 Hz

(x+6) a redução na oitava de 2000 Hz

(x+12) a redução na oitava de 4000 Hz

$$IA = \frac{(L-SIL)}{30}$$

A medida do nível máximo da palavra dentro do local de escuta corresponde a $(62,5 - x - 3 \text{ dB})$, sendo que x representa a redução do som sobre a parede intermediária entre local da fonte e local da recepção.

Se o índice de articulação pedido é 0,1, então:

$$0,1 = \frac{(62,5 - X - 3 \text{ Db}) - 44}{30}$$

$$X = 18,5$$

A parede deverá ter uma capacidade de redução ao som em 1000 Hz

de 18,5 . Para efeito de calculo adotou-se 18 dB

Em 2000 Hz ----- 18 dB + 6 dB = 24 dB

Em 500 Hz ----- 18 dB - 6 dB = 12 dB

Em 4000 Hz ----- 18 dB + 12 dB = 30 dB

Classificação da Sala – curva de critério NC 45

Conclusão – como a sala está dentro da curva NC adequada concluímos que, para as paredes com 10 cm de espessura (aproximadamente) que a escola adota em concreto e cujo $R = 40 \text{ dB}$, haverá condições de privacidade satisfatória entre as salas de aula.

1.12 INTRODUÇÃO À ACUSTICA URBANA

Nos itens anteriores compreendemos o comportamento do som sobre as superfícies, os princípios de isolamento ao ruído e o condicionamento acústico dos ambientes. A partir da reflexão, absorção e transmissão do som, verificamos sua inter-relação com a edificação e de posse desse conhecimento podemos projetar ambientes sonoramente confortáveis adequados aos mais diversos usos.

No entanto, não podemos nos esquecer que os edifícios são elementos componentes do meio urbano e a partir do seu desenho, distribuição e localização, influirão também na qualidade sonora do lugar.

A acústica ambiental, ou seja, a conciliação do desenho da cidade com as diversas fontes atuantes não se detém apenas nos aspectos físicos do som. Neste estudo os aspectos sociais, psicológicos, e fisiológicos da comunidade analisada são considerados. A paisagem sonora e o conforto acústico focam a interação da escuta às condições de bem-estar, qualidade sonora ambiental e sociedade. No entanto, para um conforto acústico urbano adequado é imprescindível relacionar o som ambiente às condições microclimáticas do meio.

A acústica urbana tem sua expressão no conjunto edificado. A morfologia do espaço urbano, composta pelos lotes, traçado das ruas, altura das construções, os vazios, a vegetação e o relevo influem diretamente na distribuição dos sons provenientes das mais diversas fontes. Cada um desses elementos interage de forma própria com os sons incidentes. De certa maneira, a acústica urbana tem como princípio direcionador a prevenção ao ruído visando a saúde auditiva e psicológica dos cidadãos. A poluição sonora torna-se um problema evidente e progressivamente mais grave à medida que aumentam o volume do tráfego, o porte da cidade e a densidade da estrutura urbana.

(NIEMEYER,2007).

A bibliografia nacional existente na área de acústica voltada para estudantes de arquitetura não aborda esse tema em profundidade. No entanto, diversos trabalhos apresentados em congressos nacionais e internacionais têm mostrado que há um interesse crescente por parte dos pesquisadores brasileiros nesse tema. As pesquisas desenvolvidas pelo CETUR3 – *Centre D'études Des transports urbains*, nos anos setenta e oitenta embasaram a produção de teses e dissertações voltadas para a acústica urbana possibilitando que parte desse material escrito fosse adaptado e adotado como material didático em algumas instituições. Do mesmo modo, os trabalhos publicados pela Universidade da Catalunha e a pesquisa sobre som urbano contida no Projeto Ruros – *Rediscovering the Urban Realm and Open Space* concluído em 2007 fundamentaram diversos materiais didáticos.

Observa-se que poucos são os cursos de graduação no nosso município que abordam a acústica urbana. Identificamos que, de forma sintetizada, é importante constar do conteúdo programático:

- As fontes sonoras e suas características físicas, sociais, psicológicas e culturais.
- O efeito das construções do entorno e do mobiliário urbano na acústica ambiental
- Característica e uso dos sons mais presentes no meio.
- Legislação relevante
- Relação entre acústica e outros aspectos relacionados ao desenho urbano.

1.12.1 SOM E SAÚDE

A poluição sonora é caracterizada pelo ruído, que é o som indesejado, e é considerada como uma das formas mais graves de agressão ao homem e ao meio ambiente. O limite tolerável de som para o ouvido humano é de 50 dB (A) como estabelece a Organização Mundial de Saúde (WHO), no documento publicado em 1999 – *Guidelines for Community Noise*.

Impacto de Ruídos na Saúde – Volume/Reação Efeitos Negativos			
Exemplos de Exposição			
volume	reação	efeitos negativos	exemplos de locais
até 50 db	confortável (limite da OMS)	nenhum	rua sem tráfego.
acima de 50 db	o organismo humano começa a sofrer impactos do ruído.		
De 55 a 65 Db	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa	Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual.	Rua com tráfego de baixa intensidade.

De 65 a 70 Db (início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente, minando as defesas	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. É por isso que muitas pessoas só conseguem dormir em locais silenciosos com o rádio ou TV ligados. Aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Bar ou restaurante lotado
Acima de 70	O organismo fica sujeito a estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Aumentam os riscos de enfarte, infecções, entre outras doenças sérias	Praça de alimentação em centros comerciais Ruas de tráfego intenso.
Obs.: O quadro mostra ruídos inseridos no cotidiano das pessoas. Ruídos eventuais alcançam volumes mais altos. Um trio elétrico, por exemplo, chega facilmente a 130 Db(A), o que pode provocar perda auditiva induzida, temporária ou permanente			

TAB 1.22 – Impacto do ruído na saúde

Fonte: WHO – Guidelines for Community Noise

Além disso, o organismo humano sofre de estresse, aumentando consideravelmente o risco de doenças como o próprio comprometimento auditivo com ruídos acima de 85 dB (A). É também sabido que, quanto maior o tempo de exposição do ouvinte, maior o risco de sofrer danos auditivos.

Entretanto, se a poluição sonora for restrita a uma determinada região ou área, o problema pode ser considerado localizado e às vezes de pequena proporção, mas quando ela atinge grande parte da cidade, como no caso do trânsito intenso e dos corredores de tráfego, a questão estende-se e generaliza-se por atingir os moradores próximos às vias públicas barulhentas, como também aqueles que por elas passam, tornando-se então problema de saúde pública. As áreas da cidade onde se concentram bares e restaurantes são consideradas, muitas vezes, zonas de elevado índice sonoro no período noturno e, por esta razão, fora dos parâmetros recomendados pela OMS.

A crescente conscientização ambiental sobre o problema do ruído tem dado lugar ao desenvolvimento de diferentes métodos de avaliação de seu impacto na saúde e na qualidade de vida da população. A partir dos anos sessenta, a investigação no campo da saúde vem dando importância à determinação das moléstias derivadas do ruído e, preventivamente, tem elaborado normas que possam evitá-las. Para o interior das edificações a norma NBR-10152, nível de ruído acústico, da ABNT, fixa os níveis de ruído de fundo de acordo com os diferentes tipos de edificações e utilização dos seus ambientes como mostra a tabela 1.23, indicando os níveis sonoros para o conforto através dos seus valores mínimos e máximos toleráveis.

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos	35 – 45	30 – 40
Laboratórios, áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
Escolas		
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aula, laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
Hotéis		
Apartamentos	35 – 45	30 -40
Restaurantes, salas de estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, recepção, circulações	45 – 55	40 -50
Residências		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Salas de estar	40 – 50	35 – 45
Auditórios		
Salas de concerto, teatros	30 – 40	25 – 30
Salas de conferência, cinemas, salas de uso múltiplo	35 – 45	30 -35
Restaurantes	40 – 50	35 – 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 -40	25 – 35
Salas de gerência, salas de projetos e de administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 -60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55

Igrejas e templos (cultos meditativos)	40 - 50	35 - 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Tab. 1.23 Níveis de ruído para conforto acústico. Fonte: ABNT- NB 10 152

O que se reflete nos estudos do campo objetivo do som, através de dados quantitativos, vem definindo o grau de incômodo a partir de suas medições. No entanto, os estudos mais recentes passam também a abordar os aspectos subjetivos relacionados com a apreensão e a representação do ambiente sonoro.

PERCEPÇÃO SONORA

Aragonés ¹⁸(1998) mostra como a resposta ante um determinado estímulo surge não apenas pelo aspecto físico ao qual é submetido, mas também pelo significado que lhe é atribuído pelo próprio sujeito. Ou seja, o sujeito percebe e reconstrói o mundo através de seus próprios valores, suposições, e expressões vitais (Lopez-Barrio ¹⁹2004). Neste sentido, pode-se afirmar que o espaço sonoro é afetado por sentimentos, por fatores comportamentais e culturais e por significados que permitam falar de uma dimensão subjetiva superposta a uma realidade objetiva.

Apesar disso, a incorporação de aspectos subjetivos ao estudo do meio ambiente sonoro, não implica em reduzir o valor do enfoque físico com a qual a acústica tradicional analisa este campo. Trata-se, ao contrário, justamente de enriquecer o campo da física, introduzindo uma nova dimensão: a da imagem subjetiva do espaço sonoro e sua interação entre as pessoas, o som e o meio.

O ruído é hoje considerado como um mal urbano embora a percepção desse problema dependa das expectativas culturalmente variáveis a respeito daquilo que se constitui como negativo. Por ser fácil determinar que o ar é puro ou impuro e que a água está limpa ou suja, pois estas são valores já assimilados pela sociedade, outras formas de degradação do ambiente não são ainda tão facilmente verificadas apesar das duas vertentes que vêm tentando esclarecer o que vem a ser risco em nossa sociedade. A primeira está relacionada aos problemas que se convertem em objeto de preocupação quando impõem um dano significativo aos seres humanos e à natureza; a segunda identificada com a não relação da preocupação ambiental que não está automaticamente relacionada à magnitude do dano, mas ao seu significado deste para a sociedade.

O que nos conduz ao questionamento sobre o próprio significado de ruído? Ele não esgota ou desgasta o ambiente, não “usa” matéria prima, não devasta, mas deteriora o ser humano e seus efeitos (auditivos e extra-auditivos) degradam suas relações sociais.

A sociedade moderna é atraída por sons fortes. E sua elevada intensidade oferece, de fato, prazer. Existe atualmente um culto ao ruído? Nos perfis comportamentais identifica-se que os habitantes dos países nórdicos conformam uma sociedade mais silenciosa e exigente quanto aos padrões sonoros. Os habitantes de países localizados nas áreas tropicais, por característica climática, vivenciam mais os espaços externos, exibindo um comportamento de maior produção e tolerância ao ruído. Danceterias, academias de ginástica, shows, casas de festas, templos religiosos, propagandas em carros de som, e, até mesmo, brinquedos barulhentos permeiam a vida dos cidadãos brasileiros, expondo-os aos efeitos do ruído, tais como: perda auditiva, estresse, doenças gástricas, mudanças de humor; sintomas que dificilmente serão correlacionados por leigos ao ruído.

Por não provocar danos visíveis, o ruído ainda é pouco combatido na nossa sociedade. Porém nem todo som é ruído. É preciso que aprendamos também a ouvir e usar o som de forma positiva, concebendo uma paisagem sonora dinâmica e agradável à audição. No livro *“Arquitectura acústica, poética y diseño”* de Francesc Domènech, encontramos um novo aspecto de estudo acústico. A visão positiva do uso do som a partir da sua percepção nas edificações e nas cidades.

ESPAÇO ACÚSTICO

O espaço acústico define-se por duas situações: aberto e fechado.

O espaço acústico aberto caracteriza-se por um campo sonoro direto (ou campo livre) em que a atenuação do som emitido pela fonte varia em função da distância entre a fonte e o receptor. Como a existência da edificação alteraria a classificação do espaço, pois atuaria como superfície refletora, será desconsiderada esta situação.



Fig. 1.27 – Espaço acústico aberto e fechado.

Espaço Acústico Fechado caracteriza-se por um campo sonoro semi-reverberante. O ruído sofre diversas reflexões - o nível sonoro reduz-se lentamente, sendo mais ou menos o mesmo em todos os pontos do espaço. A perda de energia a cada reflexão ou quando a onda sonora encontra um caminho livre, sem obstáculos, produz a atenuação do nível sonoro. Diferentemente do que ocorre no espaço aberto, o nível sonoro não depende apenas da distância fonte/receptor. No entanto, pode sofrer alterações em função de outras variáveis, como a capacidade de absorção dos planos refletoras. Comparando-se uma mesma fonte, a mesma distância, o nível sonoro percebido em um espaço acústico fechado é superior ao do espaço aberto por ser um somatório do som direto com as múltiplas reflexões. (CETUR 1981, NIEMEYER 1998).

Várias ruas das zonas residenciais do nosso município, independentemente do bairro, se enquadram nesta classificação. A diversidade ocorre quanto ao gabarito das edificações, tipologia, material empregado na fachada e tamanho da caixa de rua.

A VIA

Para o estudo acústico é fundamental distinguir a rua da via. Chamaremos de via o espaço destinado ao deslocamento dos veículos.

As vias de tráfego variam entre si em função de características particulares como largura da pista, tipo de tráfego, relação entre veículos leves e pesados. De acordo com o seu porte são classificadas como via local, coletora, arterial, expressa e rodovia.

O tipo de pavimentação, o uso de juntas de dilatação, a qualidade e o estado de conservação da via resultarão em diferentes formas de percepção do som. A necessidade do uso de quebra-molas ou redutores de velocidade contribui para o aumento do nível sonoro. A velocidade do tráfego e a sinalização adotada para controle da travessia de pedestres (ou dos veículos) influirão diretamente na propagação do som.



Figura 1.28 – A via expressa: Linha Amarela /RJ; Conexão Lagoa-Barra/ RJ.

Uma via margeada de edifícios vai responder a critérios diferentes aos de uma auto-estrada implantada em tecido urbano pouco denso. Infelizmente identificamos casos recentes de intervenção urbana na cidade do Rio de Janeiro onde esta premissa foi ignorada. 6 O planejamento de um espaço urbano não pode desconhecer as vias de circulação próximas, sob pena de comprometer o funcionamento das atividades que nele serão desenvolvidas, do mesmo modo que a implantação de uma via de tráfego pesado, ou o aumento do volume de tráfego que por ela flui, não pode desconhecer as características do tecido urbano que a envolve.

Deste modo, torna-se imprescindível buscarmos exemplos que contemplem essas situações distintas que tornam a percepção do som diferenciada.

A IMPLANTAÇÃO DA VIA NO TRAÇADO URBANO

É necessário que se crie um parâmetro com relação à hierarquização destas vias e seus afastamentos das edificações, ou seja, pode-se priorizar a redução de ruído para as edificações através do afastamento das vias mais ruidosas, adotando, para identificação, a classificação das vias apresentadas anteriormente, definidas como vias de trânsito, vias arteriais, vias de circulação e vias de distribuição, considerando a primeira como a mais ruidosa, devido a maior velocidade, intensidade e percentual de veículos pesados, até a última, nesta ordem, considerada de menor nível ruído.

Esta separação, além de ser feita apenas pelo afastamento, pode também ocorrer em função da hierarquização das edificações de entorno com seus usos específicos, como zonas de comércio ou industriais, que já possuem níveis de ruídos aceitáveis mais elevados, associadas à tipologia das vias como mostra o exemplo na figura 1.29. (CETUR, 1981; MALAFAIA, 2002)

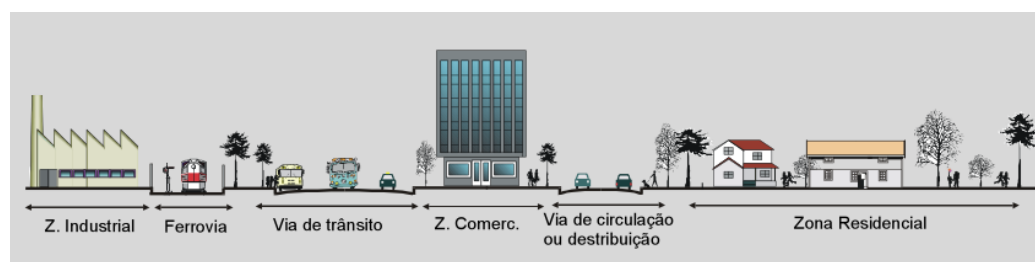


Fig. 1.29 – Hierarquização das vias em relação ao entorno.

Fonte: MALAFAIA

A IMPLANTAÇÃO E A VOLUMETRIA DAS EDIFICAÇÕES

Com relação ao conforto acústico na implantação de uma edificação, pode-se conseguir melhor qualidade sonora projetando-se a distribuição do uso das edificações ou de cada ambiente interno, de acordo com a sua utilização. Deve-se priorizar o maior distanciamento das possíveis fontes ruidosas ou utilizando volumetrias que promovam menor reflexão do som entre elas, como as apresentadas na figura 1.30 comparando várias soluções entre certas e erradas. (MALAFAIA 2002)

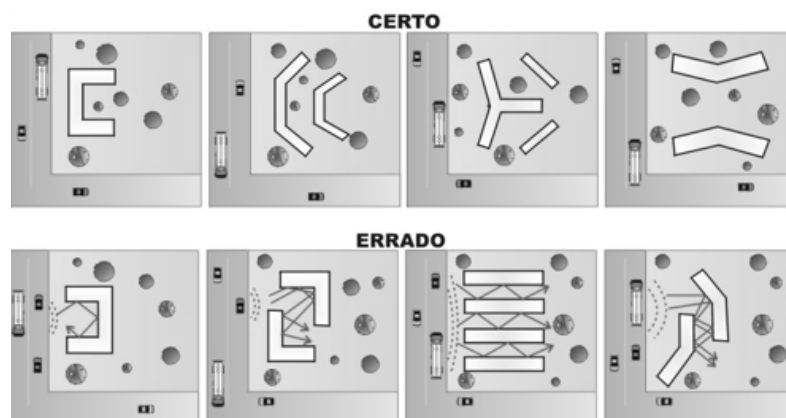


Fig 1.30 – Exemplos de implantação.

Fonte: MALAFAIA

A proteção das edificações em relação aos ruídos pode ser encontrada nas propostas apresentadas pelo CETUR(1981) através do uso de escalonamento entre a edificação fronteira à via e às subsequentes, como mostra a figura 1.31.

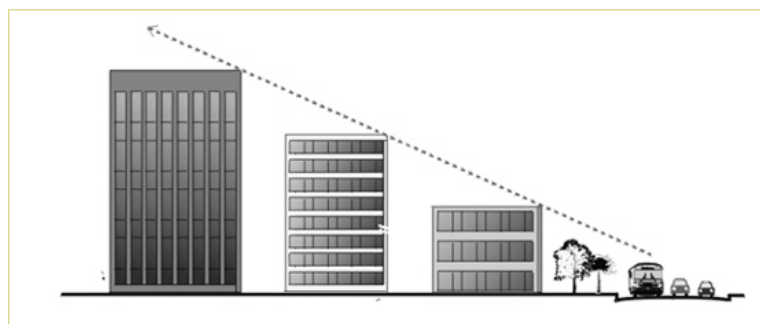


Figura 1.31 – Escalonamento entre as edificações.

Fonte: CETUR, desenho MALAFAIA

Quando a proteção deve ser prevista para a edificação que é confrontante à via, a forma de atenuação do ruído pode ser feita através também de um escalonamento, agora no próprio edifício, como mostra a figura 1.32 reduzindo os níveis sonoros para os andares superiores devido a este recuo.

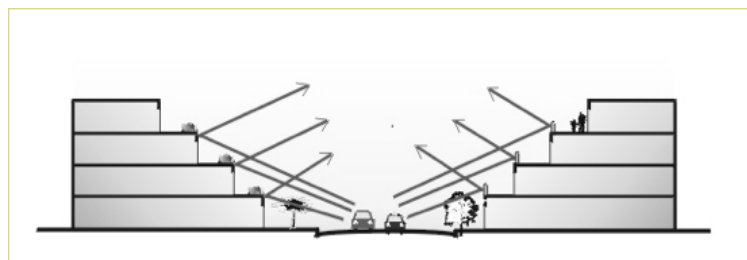


Fig 1.32 – Uso do escalonamento na edificação.

Fonte: CETUR, desenho MALAFAIA

Outra solução pode ser encontrada como forma de proteção, utilizando o isolamento do som para os ambientes internos através de fechamento total e maior espessura das paredes das fachadas voltadas para as fontes de ruído. Ou ainda, localizar nestes ambientes voltados para estas fachadas, espaços de transição como circulações verticais ou horizontais, e, no caso da necessidade de aberturas de vãos, criar varandas com muretas de proteção funcionando como barreiras de som, e utilizando materiais absorventes sobre as paredes e tetos destas varandas, reforçando o efeito de filtro entre a rua e os ambientes internos que devem ser protegidos, não impedindo assim a ventilação e iluminação natural destes compartimentos como acontece na opção por vedação total da fachada.



Fig. 1.33 – Espaços de transição.

Fonte: CETUR, desenho NIEMEYER

A RUA

A rua é o espaço de encontro e de troca (SANTOS, 1988). Como espaço acústico envolve a via de circulação e seu entorno imediato, e as calçadas até o alinhamento das fachadas

É um campo sonoro homogêneo que envolve a fonte. Fonte e receptor estão no mesmo local. O ruído percebido depende das características das superfícies refletoras: a pavimentação da pista e das calçadas, do alinhamento, revestimento, rugosidade e movimentação do plano das fachadas. Em ambiente urbano, os materiais mais freqüentemente utilizados (concreto, vidro, cerâmica, asfalto) possuem baixo coeficiente de absorção sonora, refletindo quase toda a energia incidente. A rua pode, também, ser compreendida como espaço intermediário entre dois elementos urbanos - a via de tráfego e o edifício.



Fig. 1.34- Exemplos de ruas: bairros do Grajaú e Leblon/RJ.

A fachada é um elemento que altera a propagação sonora devido a sua composição e disposição. O ruído percebido na rua é diferente daquele percebido no interior das edificações. A distância entre a fachada e a testada do lote alterará o nível de ruído que chega a edificação. A solução paisagística adotada neste espaço interferirá nos mecanismos de propagação do som.

Duas são as configurações básicas:



Fig 1.35 - Rua em "U" e Rua em "L".

- Rua em "U" : limitada, de ambos os lados, por edificações altas, coladas nas divisas, formando barreiras contínuas. A relação entre a altura dos prédios e a distância entre fachadas é superior a 0,2 ($H/L > 0,2$). O campo acústico é semi-reverberante e as reflexões sobre as fachadas têm grande peso no nível sonoro total.
- Rua em "L" : quando os edifícios formam barreira apenas de um dos lados, ou se a relação entre a altura dos prédios e a distância entre fachadas é inferior a 0,2 ($H/L < 0,2$). A propagação sonora aproxima-se do campo direto ou livre .

Na disposição e configuração dos edifícios nas ruas podemos identificar algumas variações na implantação que possibilitarão percepções variadas tais como: aberta para a zona de ruído, bloqueando a zona de ruído (fig1.36) pátios centrais, pátios opostos à rua e formação de pátios abertos para a rua em que a disposição permite o aumento da intensidade do ruído por reflexão.

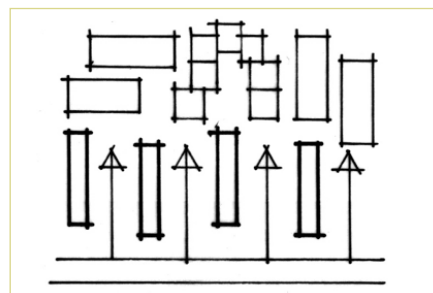
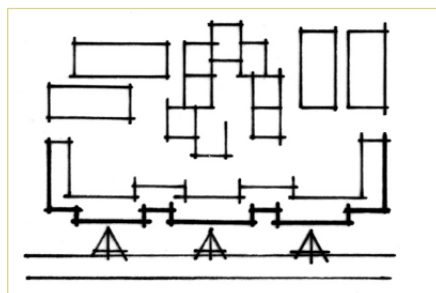


Fig 1.36 - Configuração e disposição dos edifícios nas ruas.

Fonte : PRINZ, desenho NIEMEYER

A QUADRA OU QUARTEIRÃO

No urbanismo moderno encontramos diversas soluções de planificação de núcleos urbanos cuja setorização adequada das atividades auxiliará na qualidade sonora do ambiente.

Do ponto de vista acústico, consideraremos a quadra como uma porção do espaço urbano limítrofe ao local da emissão, porém dele separada por uma barreira que provoca uma ruptura na propagação sonora (SEMIDOR, 1997). A quadra recebe o som que, emitido pela via, é propagado ao longo da rua, e os edifícios que a compõem funcionam como barreira protegendo os espaços, privados ou não, situados no seu interior.

A distribuição das edificações na quadra, quando bem solucionada, permite que haja menor exposição ao ruído (ARIZMENDI, 1983). O quarteirão pode ter no seu espaço interior duas opções fundamentais: uma concepção funcional, que o utiliza como área complementar às necessidades urbanas, e outra que integra o centro do quarteirão como espaço coletivo (Figura 1.37 a e b).

Pouco explorados no nosso desenho urbano, os espaços semi-públicos situados no interior das quadras possibilitam áreas com ambiência acústica agradável, estimulando a permanência de seus usuários (KRIER, 1985).

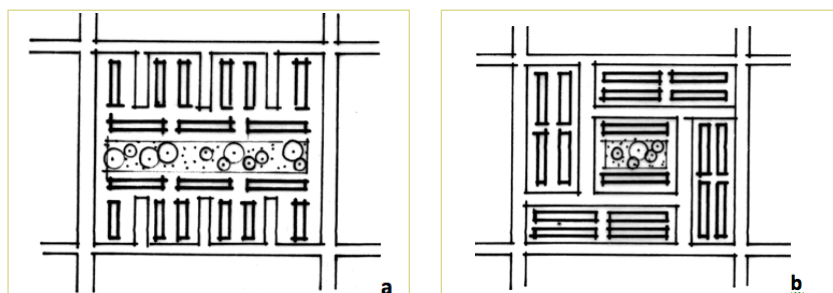


Fig. 1.37- Soluções de organização das vias na quadra.

a – edificações menos expostas ao ruído viário; b – edificações mais expostas

Fonte: ARIZMENDI, desenho NIEMEYER

Certas atividades (comércio, clubes, escolas, bar, estacionamentos) situadas na quadra podem constituir, por si mesmas, fontes de ruído urbano. A quadra é dotada de uma identidade sonora própria, fruto do seu desenho urbano e da cultura local.

A LEGISLAÇÃO

Na esfera federal, o controle da poluição sonora do meio ambiente é regido pela Resolução no 1 do CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 8 de março de 1990.

“A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.(...) São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.” (CONAMA, 1990)

A NBR 10151, adotada como parâmetro para avaliação de impacto sonoro, foi recentemente revisada e os critérios e métodos de medição por ela estabelecidos estão em conformidade com os padrões internacionais adotados pelas normas ISO7 e IEC8. (NIEMEYER 2007)

O Nível de Ruído Ambiente corresponde ao Nível de Ruído Equivalente (LAeq) registrado na ausência do ruído gerado pela fonte potencialmente causadora de impacto sonoro. “Se o nível de ruído ambiente, Lra, for superior ao valor da Tabela para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do Lra” (NBR 10151/2000).

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Vizinhanças de hospitais (200 metros além da divisa)	45	40
Área estritamente residencial urbana	50	45
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito.	55	50
Área mista, vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito.	60	55
Área mista, vocação recreacional, sem corredores de trânsito.	65	55
Área mista até 40 metros ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55
Área predominantemente industrial	70	60

Tabela 1.24 – Níveis Critério, em dB(A) para Ambientes Externos
(NBR 10151/2000)

Em áreas urbanas, com frequência, o ruído ambiente devido principalmente ao tráfego de veículos, ultrapassa os valores recomendados pelo NCA, dificultando a aplicação dos valores recomendados pela norma.

Tipos de Áreas	Período Diurno	Período Noturno	Zoneamento Municipal
Áreas de sítios e fazendas	40	35	Zonas de preservação e conservação de unidades de conservação ambiental e zonas agrícolas ZCVS, ZPVS, Áreas Agrícolas
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45	ZRU
Área mista, predominantemente residencial.	55	50	ZR1, ZR2, ZR6, ZRM, ZOC
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55	ZR3, ZR4, ZR5, ZUM, CB de ZR, ZC, ZCS
Área mista, com vocação recreacional	65	55	ZT, AC, ZP, CB de ZT
Área predominantemente Industrial	70	60	ZPI, ZI, ZIC, CB de ZI
Obs: Os níveis máximos de sons e ruídos permitidos em ZE serão verificados de acordo com os usos previstos em cada sub-zona em correlação com a tabela acima.			

Tabela 1.25 – Níveis (NCA), em dB(A), para Ambientes Externos (NBR 10151/2000)

No Rio de Janeiro, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente através da Resolução nº 198, estabeleceu a padronização dos procedimentos de fiscalização da poluição sonora. Os níveis de ruído ambiental permitido são estabelecidos, por similaridade, entre a NBR 10151 e o Zoneamento Municipal (tabela 1.22).

Os limites de horário para o período diurno e noturno são definidos pelas autoridades municipais, de acordo com os hábitos da população. Na cidade do Rio de Janeiro o período diurno é o intervalo de tempo compreendido entre 7:00 e 22:00 horas do mesmo dia, e o período noturno o tempo compreendido entre 22:00 horas de um dia e 7:00 horas do dia seguinte (Decreto nº 5.412, 1985).

No próximo capítulo, verificaremos de que modo esse conteúdo teórico é cobrado na prática. No início do desenvolvimento do projeto, seu idealizador, seja estudante ou profissional de arquitetura tem de organizar uma série de informações e priorizar suas ações de modo que o objeto concebido no estudo preliminar atenda satisfatoriamente às necessidades do cliente e dos futuros usuários da edificação. Entre os diversos fatores necessários para que haja qualidade no projeto, a acústica deverá estar elencada entre os itens relativos ao conforto ambiental. Vejamos a seguir, no próximo capítulo, como isso poderá ocorrer.

2 A ARQUITETURA ESCOLAR

2.1 INTRODUÇÃO

O lugar do ensino ocupou os jardins e as praças gregas, os mosteiros e as capelas quando a educação era responsabilidade da Igreja, e a própria casa do professor para apenas, no final do século XIX, instalar-se em local próprio voltado para a atividade educacional.

Este interesse para criar, no sentido de construir a edificação escolar surge, segundo Souza¹ (1998):

(...) em determinado momento, políticos e educadores passaram a considerar indispensável à existência de casas escolares para a educação de crianças, isto é, passaram a advogar a necessidade de espaços edificadas expressamente para o serviço escolar. Esse momento coincide com as décadas finais do século XIX e com os projetos republicanos de difusão da educação popular.

No Brasil, com a República instaura-se a idealização do “homem novo” exigindo que se repense seu ambiente mais organizado e higienizado. O espaço físico da cidade como o das escolas requer assim, melhor ordenação. A escola se converte então num lugar de referencia para as cidades que por sua vez a considera como “modelo”. Os edifícios escolares ganham destaque nas cidades, ocupando locais privilegiados, simbolizando “os novos templos da civilização” marcando a paisagem local. Souza² (1998) acrescenta:

(...) o edifício escolar torna-se portador de uma identificação arquitetônica que o diferenciava dos demais edifícios públicos e civis ao mesmo tempo em que o identificava com um espaço próprio – lugar específico para as atividades de ensino e do trabalho docente. (...) O espaço escolar passa exercer uma ação educativa dentro e fora de seus contornos.

Os edifícios escolares surgem então com uma finalidade específica, ou seja, um lugar para a formação do cidadão. Entretanto, somente após a Revolução de 1930, quando Getúlio Vargas assume o poder, a educação passa a ser entendida como prioridade nacional, e a reivindicação dos educadores brasileiros se realiza com a criação, a 14 de novembro, do mesmo ano, do Ministério de Educação e Saúde. Dois anos depois, no Congresso de Educação de 1932, vinte e seis intelectuais envolvidos em campanhas regionais de educação e reforma do ensino, como Anísio Teixeira e o professor Fernando de Azevedo elaboram o “Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova” no qual abordam os problemas do ensino e traçam as devidas diretrizes para sua transformação (BARRADAS³ 2006).

A partir da gestão de Anísio Teixeira como Diretor da Instrução Pública do Distrito Federal, entre 1931 e 1935, na Secretaria de Educação é que o projeto arquitetônico inteiramente focado no edifício escolar visando o ensino nacional brasileiro se materializa. Neste período Anísio Teixeira já acumulava a experiência do cargo de Diretor de Instrução, cargo que exerceu de 1924 a 1929 no estado da Bahia e como explica Noemia Barradas:

[Anísio Teixeira] entendia a educação como uma atividade de caráter preponderantemente técnico e especializado e, como tal, requeria espaços adequados e convenientemente projetados. O edifício escolar era colocado como “base física e preliminar para o programa educacional projetado”. Havia necessidade de uma rede física para sustentá-los. A carência de edifícios para a grande demanda, a precariedade da rede escolar, além dos problemas com a localização e a distribuição, forma e isolamento, iluminação, ventilação

– e uma série de fatores que tornariam impossível a implantação de projetos nos ideários da Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova, em construções existentes.

Ter instalações adequadas significava para Anísio Teixeira sinônimo de trabalho educativo, a base física preliminar para qualquer programa educacional e, indispensável à realização de todos os planos de ensino propriamente dito (TEIXEIRA⁴ 1935).

O mal do Brasil, segundo Anísio Teixeira (1932) não era apenas a falta de escolas mas a própria escola existente. Ele considerava que mais grave do que a negligência em abrir escolas era julgar que o programa escolar limitava-se à simples “alfabetização” - a escola não ensinava a pensar - creditando importância à arquitetura explicando que:

(...) o prédio escolar e as suas instalações atendam pelo menos, aos padrões médios da vida civilizada e que o magistério tenha a educação, a visão e o preparo necessários a quem não vai apenas ser a máquina de ensinar intensivamente a ler, a escrever e a contar, mas vai ser o mestre da arte difícil de bem viver (TEIXEIRA, 1935).

Foi essa ideia de mestres ensinarem a “arte difícil do bem viver” que possibilitou incorporar conquistas pedagógicas às arquitetônicas enriquecendo o programa do segundo campo disciplinar com anfiteatros, bibliotecas, refeitório, jardins e “áreas verdes” o que promoveu, no caso do Rio de Janeiro, a “reapropriação de espaços de sociabilidade crescentemente sonogados às classes trabalhadoras pelas reformas urbanas que lhes empurravam para os morros ou periferia da cidade” (NUNES⁵, 1993).

A escola municipal Argentina, projeto do arquiteto Enéas Silva, foi o marco da moderna arquitetura escolar da cidade daquele período. Localizada no bairro de Vila Isabel, esta escola representa o modelo “platoon”⁶ idealizado por Anísio Teixeira e transposto para a arquitetura através de seu partido em dois eixos ortogonais “desencontrados” definidor das circulações.

Ao escrever para a revista da Prefeitura do Distrito federal em 1935 sobre os projetos desenvolvidos para as novas escolas do governo de Pedro Ernesto, Enéas Silva informa o que balizou a proposta:

Sendo a construção do prédio escolar pela sua própria especialização um problema de ordem mais pedagógica do que puramente construtiva, cabe ao arquiteto a tarefa de integrar completamente na concepção educativa social da organização escolar e pesquisar todas as exigências psicológicas e biológicas da criança, sua mentalidade, maneira de viver, de agir e de julgar as coisas; conseqüentemente concretizar em arquitetura os princípios de segurança, salubridade, expansão, flexibilidade, conveniência, aspecto arquitetônico e economia, características essenciais de eficiência de um prédio escolar⁷.

Apesar dos avanços até então conquistados no campo da arquitetura escolar no antigo Distrito Federal os exemplos mais significativos e inovadores desse tipo de edificação concentraram-se na gestão do Prefeito Mendes de Moraes. Construiu-se nesta gestão, por exemplo, a Escola Edmundo Bittencourt, que integra o conjunto habitacional Prefeito Mendes de Moraes conhecido como Pedregulho, projetada pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy, a qual é considerada por muitos o melhor exemplo da arquitetura moderna brasileira do final da década de 1940.

Outro período próspero para a arquitetura escolar foi a década de 1960. O antigo Estado da Guanabara era governado por Carlos Lacerda e o Departamento de Construções e Equipamento Escolar dirigido pelo arquiteto Francisco Bolonha, antigo colaborador de Reidy, constituindo uma gestão na qual se construíram 231 novas escolas.

Este período, identificado na arquitetura como “o das escolas do Bolonha” não encerra a produção escolar. Entretanto, é possível constatar que o processo de desenvolvimento deste programa, após a gestão de Bolonha, quase sempre sobrepôs a quantidade em detrimento da qualidade. Até mesmo projetos assinados por arquitetos de renome acabam sofrendo a pressão da quantidade, acarretando a perda das qualidades espaciais e comprometimento do conforto ambiental. As escolas intituladas CIEP, popularmente conhecidas como “Brizolões”, executadas na década de oitenta exemplificam os malefícios da produção em série. Contemporaneamente é a “escola padrão”⁸, a nova proposta arquitetônica para as escolas públicas no município do Rio de Janeiro. Dotadas de plasticidade marcante e comprometidas em oferecer espaços mais aprazíveis para a educação, em alguns momentos o resultado fica comprometido por conta das limitações físicas dos terrenos e problemas causados pelo entorno.

2.2 O PROJETO ESCOLAR

A arquitetura escolar, adotada como exemplo de análise desta pesquisa, relaciona-se ao nosso reconhecimento deste espaço como de importância suma na consolidação do homem como cidadão. A escola, mais que a habitação, polariza as aspirações da nossa sociedade para com ela mesma⁹. Sua arquitetura representa papel relevante para a materialização da função pedagógica na formação do sujeito, uma vez que “as relações do indivíduo com o espaço fazem parte dos primeiros aprendizados culturais e não cessam de se desenvolver”¹⁰. São formas de aprendizagem, como nos explica ESCOLANO¹¹ (1993):

[...] el espacio-escuela es además un mediador cultural en relación a la génesis y formación de los primeros esquemas cognitivos y motóricos, es decir, un elemento significativo del curriculum, una fuente de experiencia y aprendizaje. Más aún, la arquitectura escolar, [...] puede ser considerada incluso como una “una forma silenciosa de enseñanza”

Essa arquitetura apontada por Escolano como partícipe de um programa educador invisível e silencioso é aquela que requer espaços com as condições propícias à reflexão, adequada ao uso, tanto para o docente quanto para o discente.

O espaço escolar deve compor-se de um conjunto fisicamente coerente tendo em vista que, como vimos anteriormente, é a partir dele que se desenvolvem as práticas pedagógicas. O espaço arquitetônico produz sensações ricas em significados que marcam, expressivamente ou não, a memória de seus usuários por toda vida. Deste modo, a partir desta qualificação, o espaço físico escolar pode ser interpretado sob uma nova condição, a de um ambiente (LIMA¹², 1989).

Ao analisar-se detalhadamente os projetos para os edifícios escolares, compreende-se o modo como cada arquiteto reflete, questiona e equaciona os diversos problemas na resolução de um projeto escolar e, dentre eles, os sonoros, os quais particularmente interessam nesta pesquisa.

O ambiente físico de uma escola, quer dizer, sua estrutura e suas significações simbólicas são apontadas, em diferentes estudos, como determinantes das experiências dos alunos que a freqüentam, em relação a seu aprendizado e desenvolvimento.

Evidentemente o ambiente físico com finalidades pedagógicas, exigirá que, na elaboração do projeto para uma escola, observe-se rigorosamente inúmeros critérios, dentre os quais os fatores ambientais, cuja influência é determinante para o bem estar dos usuários. Entre estes fatores o som assume papel relevante, pois é parte do mundo perceptivo do qual a edificação faz parte, e interferirá diretamente na comunicação verbal entre professores e alunos.

Os princípios da acústica arquitetônica aplicados em escolas evita 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.

Crianças com dificuldade de concentração em ambientes ruidosos pioram o seu rendimento intelectual. O resíduo auditivo, para os que fazem uso de aparelhos, e a necessidade de gravar as aulas para os que têm limitações visuais, exige ambientes com qualidade sonora. Esta, por sua vez, é fruto de uma arquitetura bem solucionada, em que a sensibilidade do projetista para estas necessidades é peça fundamental. Por isso, o projeto para uma escola não pode ser resumido ao cumprimento de um programa, ao contrário, o objeto arquitetônico deve criar um lugar “onde é bom fazer uma certa coisa”¹³, do modo como explica Louis Kahn:

Eu não conheço melhor serviço que um arquiteto possa prestar, como profissional, do que o de compreender que todo edifício deve servir à instituição do homem, quer seja ela a instituição do estado, quer a da casa, ou a da aprendizagem, da saúde, ou do lazer¹⁴.

(...) Um edifício é um mundo dentro do mundo.

Edifícios que personificam lugares de culto, ou de habitação, ou de outras instituições do homem devem ser feitas ao seu caráter¹⁵.

Desde meados do século XX muito se investigou sobre a relação entre pedagogia e propostas arquitetônicas específicas para escolas. A expansão da construção de edifícios escolares pelo Estado incluiu, no ensino da arquitetura, o projeto de escola como proposta fundamental.

O espaço escolar na sua perspectiva histórica, isto é, considerando-o como obra humana situada no tempo e no território, nos permite ler na sua arquitetura as marcas do seu tempo como um lugar de relações humanas – neste caso, relação pedagógica – traduzindo o modo como a sociedade se organiza, qual visão de mundo é hegemônica e quais suas contradições. O espaço escolar assim se constitui como um documento material, visível, que expressa os modelos, opções estéticas e os costumes, tanto do passado quanto do presente. Então, considerando a representatividade do edifício escolar, elaborou-se neste capítulo uma análise destas edificações, sob o enfoque do conforto acústico.

O International Institute of Noise Control Engineering — INCE — Noise and Reverberation Control for Schoolrooms, é o comitê internacional habilitado a investigar a acústica de escolas, a fim de balizar os critérios e condições mínimas aceitáveis para eficiência acústica das edificações escolares através de estudos (GONZÁLES e PÉREZ¹⁶, 2002). Embora no Brasil inexista um órgão representativo da área de acústica, específico às análises e recomendações de projetos de escolas, direcionamos utilizando a NBR 10152/2000 como suporte para verificarmos se as condições propostas no projeto e após sua execução, estão dentro dos parâmetros recomendados de conforto acústico. Porém, o que um projeto objetiva visando a qualidade acústica pode ser resumido em três fatores:

- Inteligibilidade – garante a boa comunicação verbal entre os usuários, e em especial entre professores e alunos;
- Privacidade – evita a interferência do som entre ambientes;
- Salubridade – previne a saúde auditiva e psicológica dos usuários, tomando como referência as normas estabelecidas.

Assim, seguindo o roteiro básico para o desenvolvimento de projeto, como o utilizado nos ateliês com os alunos, estabeleceu-se uma co-relação das diversas etapas de estudo com o som. Embora as escolas selecionadas para ilustrar este estudo se localizem no município Rio de Janeiro, este procedimento poderá ser aplicado em escolas de qualquer localidade.

2.3 ANÁLISE DOS PROJETOS ATRAVÉS DA ACÚSTICA

Inicialmente faz-se necessário explicar as escolhas das escolas que serão utilizadas como exemplo para o emprego da análise acústica neste capítulo.

Inicialmente foram selecionadas para uma análise um pouco mais detalhada três escolas pertencentes ao município do Rio de Janeiro com qualidades arquitetônicas que ilustram a diversidade de pensamentos por parte dos projetistas na hora de conceber e justificar um projeto.

Duas delas são escolas citadas como referência de projeto escolar por muitos arquitetos, e foram projetadas por profissionais que contribuíram para a história da arquitetura escolar moderna no Rio de Janeiro. No caso da escola Edmundo Bittencourt, do arquiteto Affonso Eduardo Reidy, o conceito do edifício, a composição e a escala do conjunto são alguns dos elementos destacados.

A escola Cícero Penna, do arquiteto Francisco Bolonha, representa um ciclo de racionalização do edifício escolar em que era priorizada a produção do maior número possível de escolas a fim de atender a crescente demanda populacional.

A escola Barão de Itacurussá pertence ao grupo de escolas projetadas no início do Estado Novo. Sua inclusão se deve a qualidade da sua arquitetura que demonstra a possibilidade de integração plena dos princípios acústicos ao projeto. Pertence ao grupo de escolas tombadas pelo município.

Os sítios das três escolas fornecem situações distintas de análise que também são enriquecedoras ao trabalho.

Outras escolas serão citadas como ilustração pontual de alguma situação específica que relacione a acústica ao projeto.

2.3.1 ROTEIRO DE ANÁLISE

- A LOCALIZAÇÃO

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. Como por exemplo, o aumento crescente, ao longo dos anos, do tráfego motorizado, as transformações formais do entorno, o emprego de novos materiais nas edificações circunvizinhas, a variação da topografia, o regime de ventos, os múltiplos usos das construções à volta, a vegetação, a água, fatores que isolados ou em consonância influenciam na paisagem sonora¹⁷ 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.¹⁸ (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. Motivo que influenciará significativamente na escolha adequada do lote para a implantação de uma escola, requerendo a observação das condições atuais do meio e do nível de ruído de fundo que deverá, não apenas atender as exigências da legislação municipal, mas prever possíveis modificações futuras do entorno, para que a proposta não fique inadequada precocemente.

Parte destas transformações, relativas ao impacto do ruído de tráfego em edificações escolares, foi estudada por Fernandes e Viveiros¹⁹ (2002), através da análise dos indicadores de ruído urbano e dos parâmetros de inteligibilidade da fala. Esta pesquisa ressalta que no planejamento das construções escolares, o nível de ruído emitido pelas vias de tráfego próximas deve ser considerado, durante o horário de maior fluxo, no período de atividades escolares. Concluíram 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 rodovias em áreas onde as atividades desenvolvidas têm necessidades acústicas especiais. É importante discutir a projeção de crescimento futuro da via de

tráfego e, conseqüentemente, os futuros níveis de ruído do local que abrigará uma escola, de modo que esta não perca precocemente sua qualidade ambiental (ZANNIN²⁰ et al., 2005).

Esta é uma preocupação importante e deveria ser adotada na cidade do Rio de Janeiro que se localiza em uma região de clima tropical úmido e, por seu perfil climático, requer o máximo de circulação de ar nos ambientes em períodos de temperatura mais elevada. Apesar do vento ser um condicionante necessário no projeto, a permeabilidade adotada para o edifício poderá torná-lo incompatível ao meio face às características sonoras do local. Por outro lado, não é possível ignorar que a escola é uma fonte sonora expressiva na sua vizinhança, e até mesmo considerada como fator de incômodo, principalmente se situada em áreas estritamente residenciais.

A característica topográfica do terreno poderá bloquear ou não os sons provenientes do entorno ou da própria edificação. Por este motivo, recomenda-se, sempre que possível, o uso de taludes e o aproveitamento dos desníveis do próprio terreno. Contudo, o fator de maior influência sonora no local será o volume de tráfego das vias circundantes. Por isso, deverá ser o primeiro item a ser observado.

A atenuação sonora em campo livre, quer dizer em tecido urbano aberto, é da ordem de $6\text{dB(A)}/\text{dd}^{21}$ para fontes pontuais e de $3\text{dB(A)}/\text{dd}$ 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, caso haja à volta do lote vias de grande porte, depende das dimensões do terreno. É necessário que haja afastamento suficiente entre a edificação e a rua para que se consiga uma boa atenuação sonora.

Comparando a implantação das três escolas selecionadas para análise, ilustramos as condições sonoras ocorridas em cada uma delas:



Fig. 2.1 – Escola Municipal Edmundo Bittencourt – Benfica
Fonte: Google Maps

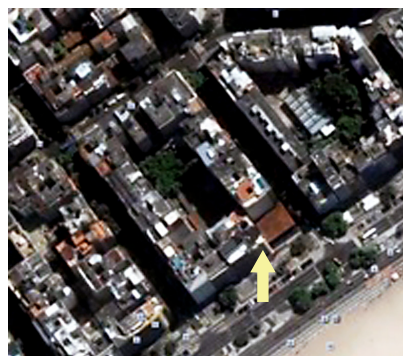


Fig. 2.2 – Escola Municipal Cícero Pena – Copacabana
Fonte: Google Maps



Fig. 2.3 – Escola Municipal Barão de Itacurussá – Tijuca
Fonte: Google Maps

Na figura 2.1, observamos a situação da escola Edmundo Bittencourt, pertencente a conjunto habitacional de baixa densidade em Benfica, construída sobre um terreno não plano com face para três ruas, em uma área de pouco tráfego rodoviário. Embora esteja implantada acima do nível da rua principal – Capitão Félix – e o som, por suas características físicas, propagar-se com movimento ascendente, a escola recebe parte do som refletido desta rua. 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 em Copacabana, figura 2.2, foi construída sobre um lote exíguo, de esquina, mais árido, situado entre a Av. 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. 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 – a Andrade Neves – que faz conexão viária com a área central do bairro da Tijuca, a escola Barão de Itacurussá, figura 2. 3, 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, as salas de aula não estão voltadas para a face frontal do lote, com isso, há uma redução da captação dos sons externos.

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. As empenas dos edifícios vizinhos atuam como superfícies refletoras, tornando o meio um campo reverberante. Por ser, no entanto, um bloco único, com as aberturas distribuídas por toda periferia do volume, ela fica totalmente exposta aos ruídos da rua.

Terrenos destinados a escolas deveriam ter grandes dimensões com localizações previstas em um plano diretor, de modo que fossem selecionados em áreas resguardadas da degradação sonora. Nas escolas destinadas ao ciclo pré-escolar e ensino fundamental, lotes exíguos e expostos a ruídos excessivos comprometem a qualidade do trabalho pedagógico. Da mesma forma que entendemos ser inaceitável uma escola em que a iluminação é insuficiente, uma escola exposta ao ruído também não se justifica²². (NELSON, 2000)

OS ELEMENTOS COMPONENTES DO PROGRAMA

É imprescindível que o arquiteto compreenda minuciosamente a dinâmica das atividades que serão desenvolvidas no interior da edificação por ele projetada. Na fase de elaboração do programa ele reconhecerá quais ambientes necessitam de maior privacidade e aqueles que atuarão como fonte sonora, pelo tipo de atividade nele desenvolvida. Esta divisão é, a grosso modo, analisada na organização dos setores que conformam o próprio programa:

- Setor administrativo/técnico pedagógico
- Setor pedagógico
- Setor de vivência
- Setor de serviços

Integrando estes setores, existem as circulações e acessos.

O setor administrativo interliga a escola com o exterior. É um setor movimentado onde o contato com o público em geral é permanente. Telefonemas, reuniões, atendimento aos familiares dos alunos e fornecedores, enfim, uma área em que há uma produção de som razoável, sem que necessite de alto grau de privacidade. Por isso mesmo, em muitas soluções de implantação é usado como área de transição entre a rua e o setor pedagógico.

O setor pedagógico por sua própria natureza exige condição favorável à percepção do som ambiente porque atua no processo educacional, mas ao mesmo tempo deve ser resguardado dos excessos sonoros que possam comprometer a comunicação verbal entre alunos e professores.

A comunicação verbal é quesito fundamental em qualquer sociedade humana. A interferência na comunicação da palavra perturba atividades profissionais, educacionais ou domésticas comuns; cria um ambiente desfavorável ao convívio e torna-se um grande incômodo.

A tabela abaixo indica as condições em que se obtém uma inteligibilidade mínima aceitável em função da distância e nível de voz necessário.

Distância(m)	Normal	Alto	Muito alto	Grito
Valores em decibel (dB)				
0.30	65	71	77	83
0.6	59	65	71	77
0.9	55	61	67	73
1.2	53	59	65	71
1.5	51	57	63	69
3.6	43	49	55	61

Tabela 2.1 – Nível de Voz em dB

Fonte: GERGES, S.N. Y. 1992

Também não podemos ignorar os malefícios que o ruído pode causar à saúde, tanto no campo físico quanto no emocional. O relatório da Environmental Protection Agency – USA (KRYTER²³,1985) concluiu que o ruído não afeta somente a audição, podendo também causar a não percepção de outras comunicações sonoras, interferência na atenção, na concentração e no trabalho mental, modificação de humor, perturbação do relaxamento mental.

As salas de aula do tipo universal, assim como os laboratórios, deverão ocupar a zona privilegiada do terreno, quer dizer, resguardada do ruído externo, e também isoladas entre si para manter a privacidade das atividades desenvolvidas em seu interior. Os laboratórios de química e biologia, por exemplo, em virtude do uso de válvulas para a despressurização de gases utilizados nas experiências, geram ruídos. Em escolas dotadas de oficinas de carpintaria ou similar, que use equipamentos geradores de ruídos, estes espaços deverão ser afastados daqueles que necessitam de maior privacidade. As salas multiusos, salas de música ou outras com características sonoras semelhantes também devem ficar afastadas das salas universais.

Em muitos estudos, já foi constatado que as fontes sonoras internas aos ambientes escolares, por vezes, são mais perturbadoras do que as fontes sonoras externas. Compete então, ao projetista atenção especial com todos os ambientes geradores de ruído. No entanto, é importante que o som não seja visto apenas como vilão. Independentemente das exigências da NBR 10 152/98, que estabelece os níveis máximos de ruído em alguns ambientes de ensino, é imprescindível que o arquiteto tenha sensibilidade para explorar o lado positivo do som.

Uma prática educacional salutar para a criança em formação é proporcioná-la possibilidades para que desenvolva sua percepção sonora de forma natural. DOMÈNECH²⁴, nos diz que:

“los niños necesitan experimentar por si mismos cómo suenan las cosas que los rodean. Este espíritu lúdico sonoro se conserva poco, a consecuencia de la educación que se

recebe, que tiende a eliminar casi todo el sonido superfluo o que no sirve para la estricta comunicacion pautada”.

Criar ambiências na área do projeto, onde os sons da natureza possam ser percebidos, exercitando a capacidade sonora e a concentração dos alunos, sem dúvida é um ganho significativo na proposta projetual.

Para que o ambiente de estudo funcione adequadamente sem interferências internas, é necessário que seja dada atenção especial à localização da área de vivência da escola. Este setor é composto por espaços recreativos, de socialização e de atendimento à saúde dos alunos. Conforme a solução dada haverá maior ou menor grau de liberdade de uso dos espaços com a escola em atividade.

Na escola Edmundo Bittencourt, o arquiteto Reidy localiza a área esportiva em posição oposta às salas de aula e o pátio de recreação no piloti, abaixo do bloco de ensino. No entanto, por ser esta escola pequena, o recreio se realiza num único horário, não interferindo nas atividades de sala de aula. Não se pode também ignorar a influência da piscina como superfície de reflexão sonora. Quando exposta ao ar livre, deve estar localizada afastada da área pedagógica, porque ao ser utilizada, os sons de vozes e do impacto na água serão reforçados. Se colocada em áreas cobertas, a alta umidade do ar deteriora rapidamente os materiais absorventes que possam ser empregados sobre o teto para reduzir as reflexões.

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.

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 setor de serviço é uma fonte de ruído interno um pouco menos expressiva que os pátios recreativos, ginásios e 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 estacionamento.

O partido adotado para a escola municipal Barão de Itacurussá, quanto a este aspecto sonoro, teve a vantagem da localização do conjunto — pátio, cantina e refeitório — na 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 e descarga, e estacionamento. Em escolas, estes ambientes têm um grau de influência expressivo na qualidade acústica da edificação.

Quando se define a circulação, há sempre uma preocupação em torná-la confortável para o usuário, segura e próxima aos pontos de escape, evitando-se, assim, percursos muito longos. Para a acústica, alguns destes princípios também são significativos, pois com circulações mais curtas há a redução de sons propagados. Se for possível resolver o problema das circulações sem que haja paralelismo entre as superfícies, melhor será o resultado sonoro. Paredes paralelas mantêm a reflexão do som por mais tempo, favorecendo o seu reforço, e, com isso, sua permanência por mais tempo no local, tornando o ambiente sonoramente desagradável. Strumf²⁵ (1984) relata que as soluções arquitetônicas para as circulações ou corredores baseiam-se no planejamento geral. Quanto maior o seu comprimento, a sua altura, e menor a sua largura, o resultado será pior acusticamente por favorecer a excessiva reverberação. Um corredor situado entre a fonte de ruído e a sala de aula ajuda a reduzir os níveis de ruído:

- Corredor fechado sem tratamento acústico - reduz de 1 a 2 dB;
- Corredor aberto para um lado, sem tratamento acústico - reduz de 2 a 3 dB;
- Corredor fechado com tratamento acústico - reduz 3 dB;
- Corredor aberto com tratamento acústico - reduz de 3 a 4 dB.

O fluxo em uma escola não deve ser desprezado. Alunos e professores mudam de sala com a finalidade de desenvolver novas atividades em outros locais, e, raramente, o deslocamento do grupo consegue ser feito sem barulho. Hoje em dia, com o uso de celulares, é muito comum professores e alunos se deslocarem, em alguns estabelecimentos de ensino, em direção à circulação, a fim de atender às chamadas telefônicas. Também nas áreas de aglomeração como o átrio, *halls* e *foyer* haverá aumento da propagação do som em função do volume do local.

Pode-se minimizar o excesso de reflexão nesses ambientes reduzindo a área das superfícies refletoras. Isto quer dizer, inicialmente, resolver a forma - adotar como solução as circulações não paralelas, e em seguida, fazer uso complementar de elementos absorventes conforme as ilustrações abaixo:



Fig. 2.4 – Circulação com o uso de jardim auxiliando na absorção sonora

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br>; consulta em 12/04/2008



Fig. 2.5 – Circulação com teto não plano e uso de material absorvente sobre as paredes

Fonte: *Educational Facilities 1995-96, The American Institute of Architects Press*



Fig. 2.6 – Circulação com parede não ortogonal

Fonte: <http://11870.com/pro/lois-architecture>, consulta em 08/10/2008



Fig. 2.7 – Vista da circulação com paredes não paralelas
Fonte: www.arqchfoundation.org; consulta em 08/10/2008

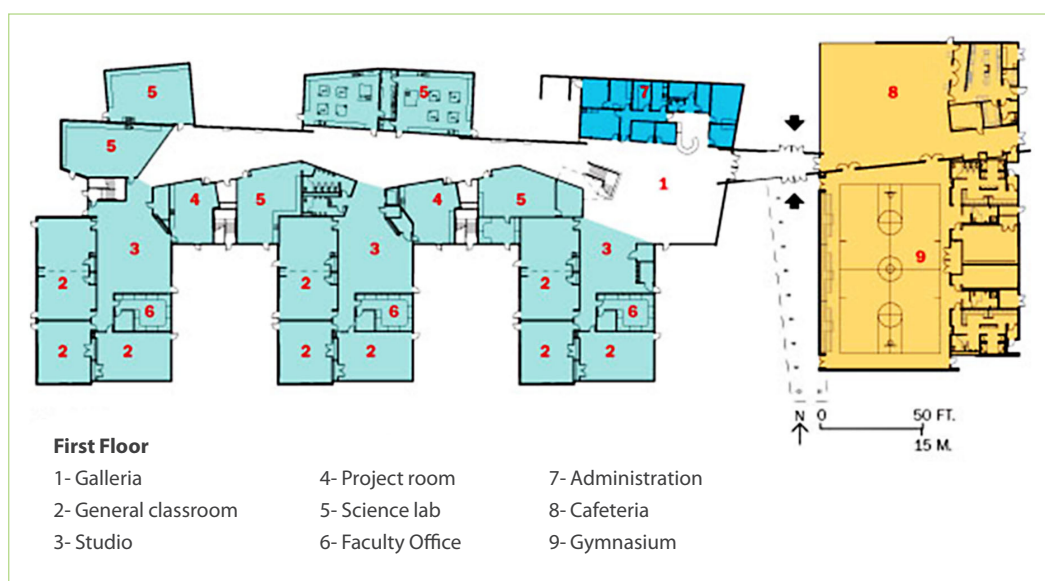


Fig. 2.8 – Circulação com paredes não paralelas, em planta
Fonte: www.arqchfoundation.org; consulta em 08/10/2008

A IMPLANTAÇÃO

A implantação de uma edificação 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 da edificação. Nas escolas, quando ocorre a ação de um ruído prejudicial ao desenvolvimento das atividades em uma sala de aula, se este for aéreo, o usuário será obrigado a fechar portas e ou janelas para barrá-lo. Se for de impacto, deverá interromper a ação na fonte.

Ao ignorar a influência dos sons provenientes do entorno, a qualidade do projeto pode ser seriamente comprometida. Para um nível de ruído incômodo, que comprometa a comunicação verbal entre alunos e professores, só restará ao usuário o confinamento. 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 condicionado, não é uma proposta afinada com o conceito de sustentabilidade tão presente na arquitetura deste século.

Iniciar uma proposta corretamente sob a ótica da acústica implica em reconhecer às 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.

A disposição e configuração do edifício influem diretamente na maior ou menor exposição dos ambientes da escola aos sons propagados na área.

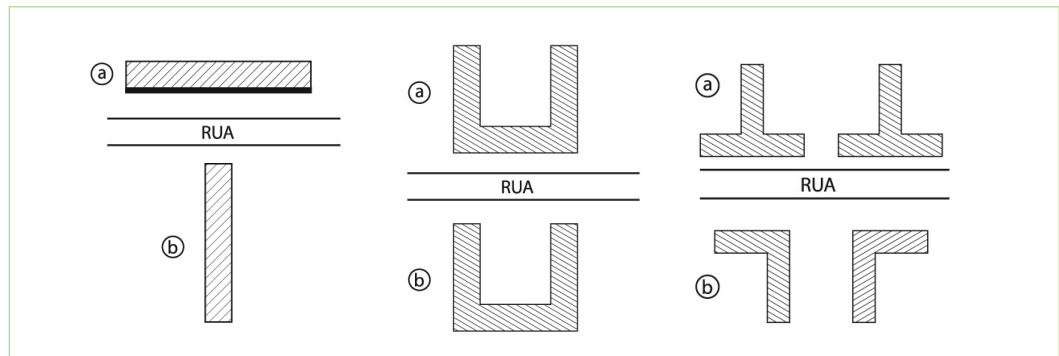


Fig. 2.9 –Variação da área da fachada exposta ao ruído da via – a e b indicam situações distintas de implantação.

Fonte: Desenho de Ana Paula Santos.

Nos grandes centros urbanos a rarefação de terrenos com boas dimensões, que permita a proposição de edifícios escolares com espaços externos generosos, tem dificultado a aquisição de lotes adequados para este fim. Os espaços livres no afastamento são significativos porque atuarão como zona de defesa aos ruídos externos.

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. Da mesma maneira, a falta de sensibilidade por parte de urbanistas, tem promovido o “assassinato” acústico de algumas. O exemplo abaixo ilustra uma tentativa de correção do problema sonoro que acarretará perdas para a ventilação e iluminação do edifício.

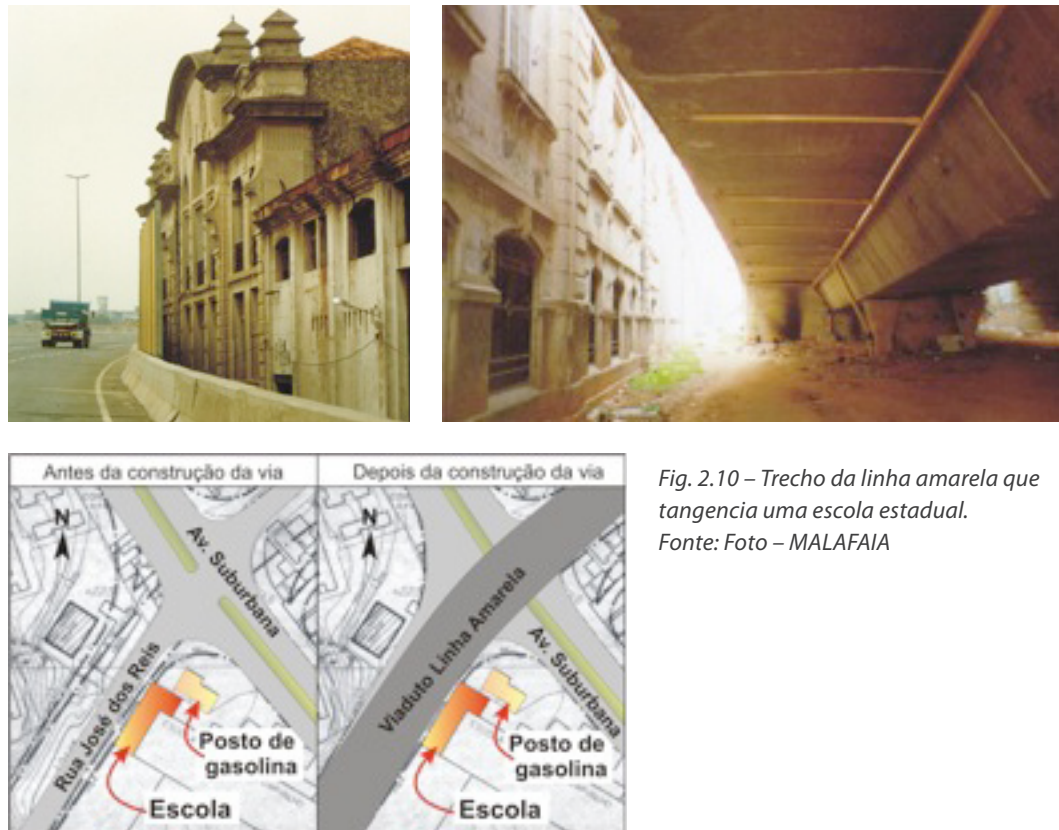


Fig. 2.10 – Trecho da linha amarela que tangencia uma escola estadual.

Fonte: Foto – MALAFAIA

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

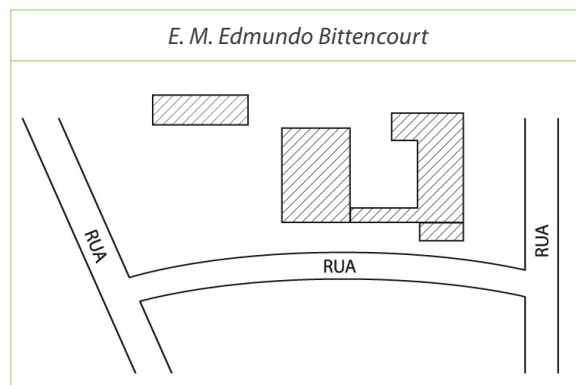


Fig. 2.11 – Salas de aula afastadas dos setores mais ruidosos e voltada para área com maior arborização. No bloco das salas existem duas zonas de transição: a varanda e a circulação. Há conforto.
Fonte: O autor

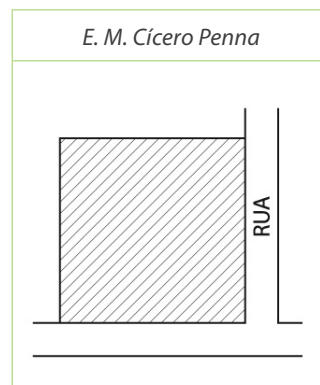


Fig. 2.12 – Salas de aula periféricas, voltadas para as áreas externas com grande movimento de tráfego. Não há zona de transição. Alto desconforto.
Fonte: O autor

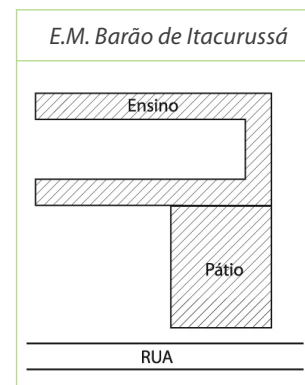


Fig. 2.13 – Salas de aula resguardadas do som exterior, voltadas para o interior do lote. Há uma zona de transição que isola as salas do ruído da rua e do pátio. Alto conforto.
Fonte: O autor

O PARTIDO

Conforme vimos na introdução deste capítulo, para Anísio Teixeira, a arquitetura escolar exerce papel preponderante no processo pedagógico. O espaço edificado deve ser proposto de forma a atuar como estimulador dos sentidos dos alunos auxiliando-os no desenvolvimento de sua criatividade, sociabilidade e afetividade. Ele influi no comportamento de docentes, discentes e funcionários; deve ser adaptado à diversidade de usos e às novas práticas pedagógicas que se desenvolverão ao longo dos anos.

O partido arquitetônico é o caminho escolhido para resolver os problemas detectados no programa, no sítio, na legislação, etc. Ao assumir o partido, o arquiteto escolheu entre tantas soluções possíveis a que melhor se adequa às necessidades específicas do projeto, sem ignorar a característica do entorno. Modelos horizontais em um ou dois pavimentos ficam mais resguardados dos ruídos difundidos pela vizinhança. Já os modelos verticais inseridos em locais de edificações mais baixas ficam mais sujeitos aos ruídos distantes. (ARIZMENDI 1980; JOSSE 1975)²⁶ Ou seja, salas de aula localizadas nos andares mais altos estão mais propícias à ação dos ruídos do entorno.

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.

Em geral, dos componentes ambientais, o arquiteto, costuma fazer referência ao que de fato vê: a luz e a insolação. Sobre este aspecto o arquiteto Richard Neutra²⁷ reconhece que a visão humana é, dos sentidos, o mais desenvolvido, e o de maior influência sobre a consciência, propondo que “devemos rejeitar a noção de que somente a percepção dos sentidos fácil e conscientemente registrados é que conta”. Para o arquiteto,

“são raras as influências ambientais cuja percepção consciente é garantida; entretanto, podem tornar-se particularmente perniciosas se faltar consciência para corrigi-las, ou neutralizá-las”.

No memorial do projeto para a escola Edmundo Bittencourt, que é muito bem resolvida quanto à acústica, não há quaisquer comentários que ressalte este aspecto no projeto. A setorização do espaço de vivência e do conjunto pedagógico antecipadamente soluciona os problemas relacionados aos ruídos internos, muito comuns em edifícios escolares. Porém, analisando o texto sobre o projeto, observa-se que os aspectos pedagógicos, a insolação e ventilação foram os condutores da proposta:

“A escola primária é sem dúvida, um dos mais importantes elementos da comunidade. [...] A transformação quase radical dos métodos de ensino acarretou naturalmente profundas modificações no plano do edifício escolar.[...] A sala de classe é um elemento básico de uma escola moderna. Sai do tipo tradicional para constituir uma unidade individual que permite uma relação mais íntima entre mestres e aluno, maior flexibilidade na disposição do mobiliário e maior contato com o exterior, utilizando espaços ao ar livre imediatamente ligados às mesmas.[...] As condições locais do terreno, bem como o propósito de orientar as salas de classe para o sul – lado da sombra –, levou-nos a adotar a forma quadrada para as mesmas. O corredor de circulação, no lado norte, guarnecido por peças de terracota que o protegem do excesso de insolação, permite o estabelecimento da ventilação cruzada [...] As salas de classe prolongam-se em amplos terraços ao ar livre, nos quais, nos dias mais quentes, são realizados trabalhos escolares” (BONDUKI²⁸ 1999).

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. A decisão de voltar a superfície vazada para o pátio da Bandeira, local de uso esporádico com pouca propagação de ruído, também é uma boa solução acústica.

Observando-se outra escola do arquiteto, o Colégio Experimental Paraguai-Brasil, constata-se que apesar de continuar não fazendo menção sobre o som na descrição do projeto, a implantação e a setorização contemplam a boa acústica.

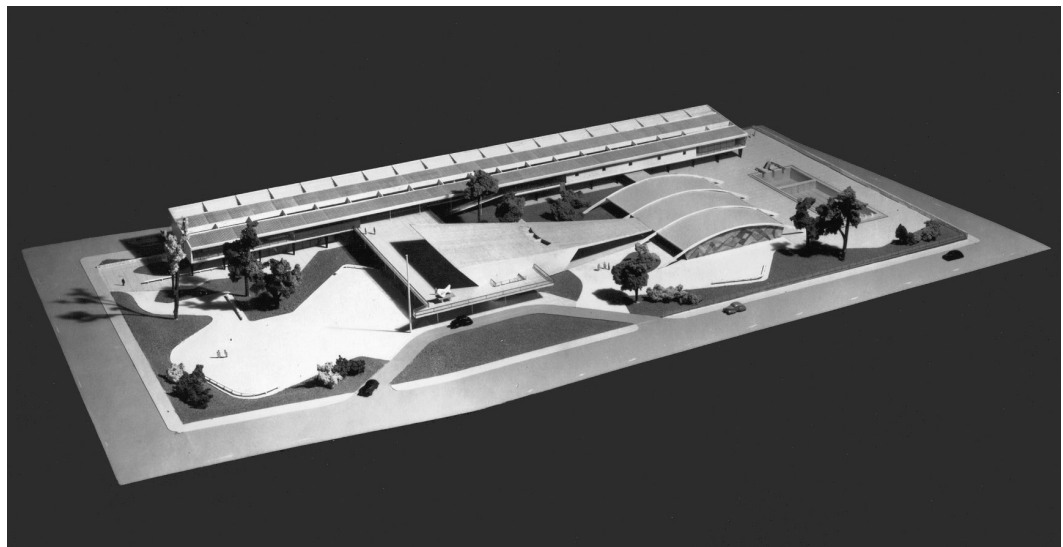


Fig. 2.14 – Foto da maquete do Colégio Experimental Paraguai-Brasil
Fonte: Arquivo NPD/FAU/UFRJ

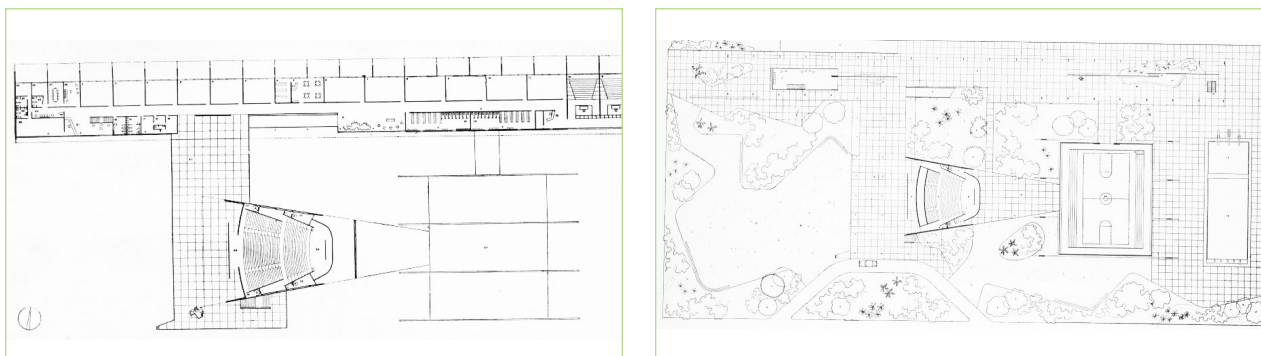


Fig. 2.15 – Planta do primeiro piso: observa-se que as salas são posicionadas na face oposta da área de vivência; afastadas da entrada, do ginásio e do parque aquático.

Fonte: Arquivo NPD/FAU/UFRJ

Nas três escolas adotadas como exemplo, observamos partidos distintos que resultaram em maior ou menor grau de privacidade sonora.

No entanto, a variação do programa, as condições do sítio e o conceito proposto podem gerar outros partidos arquitetônicos.



Fig. 2.16 – Agrupamento

Fonte: O autor



Fig. 2.17 – Bloco único

Fonte: O autor



Fig. 2.18 – Pavilhonar

Fonte: O autor

No Rio de Janeiro, a dificuldade de encontrar bons terrenos que atendam as demandas na área de ensino público exige que se desenvolva um estudo mais consciencioso da influência do som na construção de futuras escolas. Exemplificamos nas escolas abaixo ilustradas, que a solução de implantação adotada dificulta uma proposta de correção acústica com baixo custo orçamentário.

O CIEP Samuel Wainer foi implantado entre duas ruas de grande movimento no bairro da Tijuca.

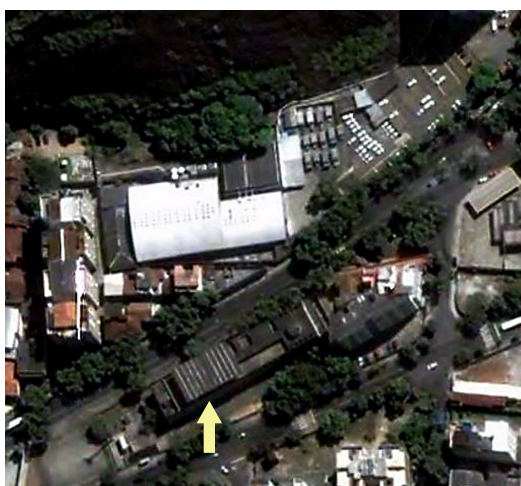


Fig. 2.19 – CIEP Samuel Wainer – Tijuca – Vista aérea do sítio e elevação

Fonte: Google Maps



Fig. 2.20 – Escola Padrão Sérgio Vieira de Mello – Leblon – Vista aérea do sítio e elevação

Fonte: Google Maps / www.skyscrapercity.com, consulta em 10/10/2008

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 redução significativa da entrada de ruídos no interior das classes. Com isso, o nível de intensidade sonora no interior da escola fica acima do máximo recomendado pela NBR²⁹, prejudicando a saúde psicológica e auditiva de alunos e professores.

Na escola municipal Sérgio Vieira de Mello, localizada num 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.

A FORMA

A arquitetura, para diferentes autores, é compreendida como a arte da concepção de espaços. Acrescenta-se que a arquitetura é a arte e a técnica de bem pensar espaços humanos. E como toda arte implica numa forma e numa técnica para a materialização de um objeto. A concepção, ou o processo de reflexão na arquitetura se realiza através de desenhos, formando a representação gráfica de um determinado objeto que representará um estabelecimento, identificado como o projeto. Este, por sua vez, será materializado após sua construção em um Edifício, que por premissa, deverá funcionar perfeitamente, quer com o lugar no qual foi edificado, quer por seu uso prático, tanto funcional quanto pelas técnicas e materiais com os quais foi construído.

Entretanto, o valor adquirido por um objeto da arquitetura, pelo conjunto de atributos que o torna singular, residirá, na maioria absoluta dos casos, em seus aspectos visuais, ou seja, pelo desenho que confere sua forma, o que distingue os edifícios entre si permitindo agrupá-los por tipos. A forma é, em última análise, a experiência direta entre leigos, especialistas e a arquitetura. Mas, para que a forma adquira significado arquitetônico deverá ser entendida conforme Henry Focillon: “como estrutura essencial e interna, como construção do espaço e da matéria”³⁰, como adotado por Montaner, ou seja, “a expressão de uma estrutura interna”³¹ perfeita.

Esta idéia também se expressa para Louis Kahn³² da seguinte maneira:

“La arquitectura no consiste meramente en cubrir las áreas prescriptas por el cliente. Es la creación de espacios que evoquen el sentimiento de su uso adecuado. [...] La forma implica una armonía de sistemas, un sentido de orden y de lo que individualiza una existencia. La forma no tiene figura ni dimension. La forma en arquitectura, caracteriza una armonía de espacios adecuada para cierta actividad del hombre. [...] concibo a la escuela como um médio ambiente constituido por espacios en los cuales se puede estudiar satisfactoriamente.”

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, 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.

A composição 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.



Fig. 2.21 – Bloco das salas de aula e o piloti

Fonte: Foto do autor



Fig. 2.22 – Pátio da Bandeira, Fachada da área de circulação

Fonte: Foto do autor

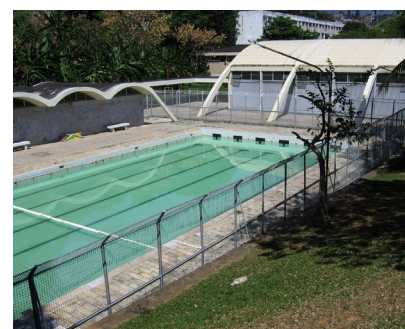


Fig. 2.23 – Parque aquático e vista do Ginásio

Fonte: Foto do autor

Já a solução em bloco único adotado para a Escola Municipal Cícero Penna, composto por superfícies planas e ortogonais entre si, como a maioria das edificações escolares favorece as múltiplas reflexões devido ao paralelismo que combinado com a rigidez do material resulta em um ambiente reverberante. A constância do material e da espacialidade, complementadas por aberturas distribuídas por todos os planos de fachada, contribuem para que haja pouca diversidade sonora na edificação. A ausência de espaços de transição na fachada expõe as salas de aula diretamente ao ruído externo.



*Fig. 2.24 – Escola Municipal Cícero Penna – bloco único com grande permeabilidade aos sons externos
Fonte: Foto – Arquivo NPD/FAU/UFRJ*

A Escola Municipal Barão de Itacurussá, também composta por planos ortogonais com pouca variação de materiais, surpreendentemente permite a percepção de sonoridades distintas. O tamanho do lote, em parte, favorece a diversidade. No desenho da sua concepção ocorreram pequenas modificações espaciais entre ambientes que foram suficientes para criar sonoridades diferenciadas entre alguns deles.

É possível reconhecermos auditivamente o pátio de entrada com pé direito elevado, a cantina com poucas aberturas e recoberta por ladrilhos, a secretaria localizada na mesma fachada do pátio, mas com dimensões inferiores, o auditório e as áreas de circulação, ora abertas, ora fechadas.



*Fig. 2.25 – Escola Barão de Itacurussá: vista da entrada para secretaria e pátio coberto
Fonte: Foto do autor*

A forma é um fator de estímulo visual e auditivo para os alunos. A aproximação entre projetista e usuários pode fazer da arquitetura escolar um instrumento perceptivo rico e complementar aos trabalhos pedagógicos desenvolvidos nas classes.

ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Todos os fatores relacionados anteriormente – compreensão dos elementos componentes do programa, setorização, implantação e partido – conjugados aos aspectos construtivos do projeto estruturaram uma arquitetura voltada para o bem estar dos seus usuários quando elaborada criteriosamente.

Ao se conceber uma escola, projetamos um conjunto de ambientes dotados de formas, com dimensões próprias, iluminação adequada às múltiplas atividades desenvolvidas no interior do edifício, condições térmicas coerentes com o micro clima local, assim como com condições acústicas favoráveis ao desenvolvimento das atividades. É imprescindível que os ambientes projetados ofereçam

condições de privacidade, proteção, aconchego, tranquilidade e segurança, entre tantas outras solicitações, de forma que o espaço projetado cumpra seu fim.

Parte da adequação do ambiente projetado tem suporte no seu sistema construtivo. Composto pela estrutura, fechamentos e preenchimentos dos espaços que darão suporte à forma, o sistema conjugado aos materiais definirá a sonoridade do local. Os materiais, por sua vez, deverão atender às solicitações térmicas, acústicas, decorativas e estar adequados ao princípio construtivo proposto.

Quando 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.



Fig. 2.26- Escola Fazendária – Maceió

Face NO voltada para rodovia AL 101 norte: poucas aberturas e domínio da alvenaria.

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br>, consulta em 12/04/2008



Fig. 2.27 – Escola Fazendária – Maceió

Face SE voltada para o mar, menor ação de ruído; material menos isolante, maior integração com o exterior.

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br>, consulta em 12/04/2008

Os materiais empregados nas superfícies internas precisam garantir a privacidade do local, evitando a transmissão do som entre as salas através do seu índice de isolamento e permitir que, na comunicação verbal, as reflexões do som ocorram dentro de um tempo que não prejudique a compreensão das palavras. A utilização de elementos construtivos duros e lisos que incorrem em altos tempos de reverberação do som, compromete a inteligibilidade da fala e com isso, o processamento das informações (GONZÁLEZ e PÉREZ, 2002; CARBONE e MERCANTI, 2003)³³.

Quando a tecnologia empregada na execução de escolas priorizava o uso de tijolos maciços ou blocos de concreto, a falta de privacidade não era um problema muito grave. Com a necessidade de diminuir os custos da construção civil, as empreiteiras impuseram paredes menos espessas executadas com materiais leves que oferecem redução mínima do ruído. Ainda pouco empregada nos edifícios públicos, a tecnologia de paredes secas – *dry-wall* – sofre resistência em função do seu peso reduzido e de sua espessura, sugerindo que não oferecem bom isolamento. Pesquisas na área de materiais nos mostram que espessuras diferentes das chapas componentes das paredes do tipo *dry-wall*, associadas ao material empregado no seu interior e ao cuidado na montagem do sistema, conseguem ter bons índices de STC³⁴, semelhantes e por vezes superiores aos materiais convencionais.

Conforme vimos no capítulo anterior, a teoria da acústica nos mostrou que o recomendável em escolas é que a fachada deva ter paredes com STC não inferior a 45, as janelas e portas externas devem apresentar STC por volta de 30. Os pisos desses cômodos, entre unidades distintas superpostas, devem ter STC I em torno de 50.

Os materiais de acabamento têm um papel complementar altamente significativo para a acústica. Conjugarão o desempenho técnico do material, representado por sua capacidade de absorção, com a humanização dos espaços, possibilitando criar ambientes eficientes e visualmente agradáveis.

Relembrando, os materiais interferem diretamente na reverberação das salas. Quanto maior a sua capacidade de absorção, menos reflexões ocorrerão no local. Nossa realidade econômica restringe muito o orçamento da obra em edifícios públicos para ensino na fase de acabamento, no entanto, se a escola abriga alunos com dificuldades visuais, a textura e sonoridade dos materiais serão relevantes na compreensão do espaço por elas.



Fig. 2.28 – O material de revestimento contribuindo na percepção do espaço. O movimento da superfície evita a formação de ecos no local.

Fonte: [http:// archrecord.construction.com/schools](http://archrecord.construction.com/schools)

Portanto, além dos materiais industrializados convencionais, cabe ao arquiteto buscar soluções criativas com menor custo que possam auxiliar na absorção do som nos locais onde esta se faz necessária.



Fig. 2.29 – sala de informática, revestimento das paredes com material absorvente, uso de poltrona estofada auxiliando na redução da reverberação.

Fonte: foto de Carolina Serra



Fig. 2.30 – sala de estudos – uso de material absorvente sobre a janela, no piso, no teto e em parte do mobiliário.

Fonte: foto de Carolina Serra

2.4 ESPAÇOS ESPECÍFICOS

A SALA DE AULA OU SALA UNIVERSAL

A sala de aula, principal elemento componente do setor pedagógico, precisa atender eficazmente todas as atividades desenvolvidas no seu interior. Duas falhas de projeto que devem ser evitadas na concepção de salas de aula dizem respeito à privacidade, ou seja, a interferência do ruído externo e a reverberação que interferirão na inteligibilidade da fala. O primeiro atributo é que garante o direito de desenvolver a atividade pedagógica de forma livre sem interferir ou sofrer interferência dos ambientes vizinhos. Então, cantar, bater palmas, tocar algum instrumento, correr, enfim, poder experimentar diversas formas de comunicação e expressão deve ter a cumplicidade da arquitetura. Esta corrobora com a liberdade de uso do espaço através da solidez das suas vedações, ou seja, lajes, paredes e portas devem ter bons índices de isolamento. E preferencialmente, a sala deve estar voltada para uma área de vista e sonoridade aprazível de forma que o ruído de fundo não mascare a voz do professor, evitando que os ambientes limítrofes abriguem atividades muito ruidosas. As salas do tipo “paisagem”, interessantes sob a ótica da integração, não oferecem bons resultados acústicos e interferem radicalmente no comportamento dos seus usuários.



Fig. 2.31 – Salas de aula “paisagem”, redução das condições de privacidade, exigem alto controle disciplinar e nível de voz pouco intenso.

Fonte: Educational Spaces, v2, A Pictorial Review

A recomendação para ruído de fundo expresso pela curva NC ou Critério de Ruído, de modo que se garanta uma excelente compreensão da fala, é que este deve variar entre 30-35 (REYNOLDS et al. 1992 apud PERKINS 2001)³⁵. Também podemos adotar como diretriz o valor de 35 dBA como referência para o Nível de Ruído da sala, evitando ultrapassá-lo.

Local	dB(A)	NC – Critério de ruído
Salas de aula, Bibliotecas, pequenas salas de conferência, salas de atendimento privado na secretaria	35 - 45	30 - 35

Tabela 2.2 – Valor dB(A) e NC recomendados em escolas

Fonte: ABNT, NBR 10152/2000

A inteligibilidade da fala é garantida quando se alcança valores adequados para o tempo de reverberação e também para a relação sinal/ ruído (S/R)³⁷. Uma sala de aula com 0,5 segundo de TR e + 10 dB de S/R terá aproximadamente 90% de inteligibilidade da fala. Se o TR permanece com 0,5 segundo, mas, a relação S/R varia para 0dB, a inteligibilidade cai para 55%. Se há aumento do TR, o grau de compreensão da fala também se modifica. Vejamos, se o TR é de 1,5 segundo e a relação S/R é +10 dB, a inteligibilidade cai para 75%, e com o mesmo TR se a relação S/R cai para 0dB, a inteligibilidade é reduzida para 30% (SEEP; GLOSEMEYER; HULCE; LINN; AYTAR, 2002)³⁸.

No fundo da sala, próximo a aparelhos de ar condicionado, próximo a janelas e portas, a relação S/R é menor.

É importante relembrar que os materiais especificados pelo arquiteto influirão diretamente no TR, do mesmo modo que a localização da sala a exporá a uma maior ou menor quantidade de ruído que definirá a relação S/R.

Para salas de 50m² recomenda-se distâncias máximas entre aluno e professor variando de 7 à 10m, quando esta conduz simultaneamente toda a turma. Quando esta é composta por pequenos grupos, e a relação é mais intimista, o recomendado é de 1 à 3m (STRUMPF 1984)³⁸.

Quanto à reverberação, mais uma vez reforçamos que será obtida com a especificação adequada dos materiais associados a uma volumetria compatível com o número de alunos que utilizarão as salas. Salas de aula com pé direito alto, pisos e paredes reflexivas são problemáticas. A combinação desses elementos produzirá uma sala sujeita a ecos e reverberações o que inviabilizará a inteligibilidade, principalmente em turmas de pré-escola.



Fig. 2.32 – Espaço “cafauzão” sem tratamento acústico: pouca absorção, tempo de reverberação elevado. Dificuldade de comunicação verbal e alto desconforto acústico.

Fonte: Foto – João Parucher

No Brasil não temos norma de recomendação para TR em salas de aula, no entanto, a American Speech-Language-Hearing Association (ASHA) e a American National Standards Institute (ANSI) dos EUA, estabelece como TR ideal para classes, 0.4 à 0.7 segundos com S/R de + 15dB. Para volumes até 283m³ a ANSI recomenda um TR de 0.6 segundos e salas com volume entre 283 m³ e 566 m³, o TR de 0.7 segundos.

Pode parecer técnico em excesso, mas, com o uso de material absorvente no teto e localizando a sala de aula em área pouco ruidosa, consegue-se atingir estas condições. Ruído de fundo elevado e tempo de reverberação produzem efeito adverso no processo de aprendizado. Crianças entre 6 e 13 anos exigem um maior nível sonoro na comunicação. Crianças pequenas são menos atentas que os adultos, exigindo ambientes muito tranquilos e com ótimas condições de audição e compreensão da palavra, principalmente aquelas que tenham problemas de aprendizado ou distúrbios comportamentais.

A SALA DE MÚLTIPLOS USOS

Considerada como sala “curinga” sob a ótica funcional, ela aparece no programa de escolas como uma sala para abrigar qualquer atividade complementar como música, interpretação, dança, reunião de pais, etc. Em acústica, a diversidade de uso em um mesmo ambiente não é considerada uma boa proposta porque, de acordo com a fonte e o tipo de atividade, as solicitações relativas ao som serão diferentes. Por exemplo, o tempo de reverberação para a fala e para a música em um mesmo volume de sala é diferente. Um saxofone e uma pessoa cantando têm intensidades diferentes. A voz humana falada está contida em uma faixa de frequência menor que a faixa de frequência de um instrumento musical. Então, de certo modo, será o uso da música que predominará na decisão acústica de uma sala de múltiplo uso. Essas diferenças se refletem na seleção de materiais de revestimento, que precisam atender ao TR, materiais de vedação, que devem ter STC elevado de modo a evitar a vibração das superfícies e, com isso, barrar a transmissão do som, no detalhamento de piso, portas e janelas e na localização da sala que deverá ficar afastada das chamadas salas universais ou qualquer outro ambiente que requeira maior grau de privacidade.

GINÁSIO

O ginásio esportivo é uma fonte de ruído expressiva para a escola e sua vizinhança sempre que está em atividade. Sua localização deverá facilitar o acesso de visitantes e o seu escoamento, sem que perturbe outras atividades que ocorram simultaneamente na escola. Na proposição, três questões precisam ser solucionadas antecipadamente: o controle da reverberação que será alta devido à volumetria, a redução da transmissão sonora para o exterior que deverá ser compatibilizada com a ventilação natural, assim como o ruído gerado pelo fluxo de pessoas.

É possível reduzir a propagação do som no interior do ginásio com o emprego de *baffles* (que são fixados sobre a estrutura metálica que sustenta a cobertura) e com o uso de material absorvente na parte mais alta das paredes.

Sua localização deve ser afastada do setor pedagógico e de outros ambientes que necessitem de maior privacidade. No entanto, podem-se abrigar salas sobre o ginásio, desde que a laje intermediária tenha elevado STC I e a atividade não exija nível sonoro muito reduzido. Na relação vertical entre os ambientes deve ser adotado um espaço tampão, que pode ser utilizado como depósito ou circulação.

AUDITÓRIO

O auditório é a expressão máxima da acústica porque nele o conjunto de princípios físicos – forma das superfícies, o isolamento e a reverberação – combinados e bem solucionados o tornam um ambiente adequado para os diversos tipos de atividades que possa vir abrigar. Nele, o arquiteto identifica que o desenho nasce a partir dos três conceitos físicos e que a especificação dos materiais, assim como sua distribuição no ambiente, interferirão no resultado sonoro final do recinto. É um dos poucos espaços em que os projetistas reconhecem ser necessário o conhecimento teórico de acústica, não só para as definições do desenho e especificações, como para a escolha do sistema de refrigeração do ar, cuja velocidade não deve gerar ruído na sala da iluminação artificial e de sonorização.

É projetado de modo que o seu TR atenda à fala e à música respectivamente, e o desenho do teto favoreça a distribuição do som por todo local. A necessidade de difusão do som interage com as soluções plásticas dos painéis difusores, e a curva de visibilidade complementa tecnicamente o espaço. O isolamento aos ruídos externos é imprescindível ao bom funcionamento da sala para a qual o NC recomendado pode ser visto na tabela abaixo.

Local	dB(A)	NC – Critério de ruído
Grandes auditórios e teatro	25 - 30	20 - 25
Pequenos auditórios, salas de conferência, pequenas salas de apresentação	30 - 35	25 - 30

Tabela 2.3 – Valor dB(A) e NC recomendados em ambientes de escolas
Fonte: ABNT, NBR 10152/2000

Semelhante ao ginásio esportivo, o auditório tem vida própria no edifício podendo ser utilizado em horários simultâneos com as atividades de ensino. Por isso, mais uma vez, citamos a influência na definição do percurso do fluxo de pessoas e da carga e descarga que atuarão como fonte de ruído.



Fig.2.33 – Auditório com paredes em tijolo maciço, placas absorventes, teto direcionando o som
Fonte: Educational Facilities 1995-96, The American Institute of Architects Press



Fig. 2.34 – Aplicação de placas difusoras na parede lateral, curva de visibilidade acentuada.
Fonte: Foto Carolina Serra

O PÁTIO

Quando nos referimos ao ambiente escolar não podemos ignorar que este é constituído por seus espaços internos e externos, entre os quais reconhecemos no pátio um dos locais que marcam o edifício de ensino.

Nos grandes centros urbanos, com a transformação da rua, a perda dos quintais na habitação unifamiliar, o adensamento excessivo e as modificações comportamentais da sociedade que se refletem na segurança, a cada dia é mais comum a permanência por um longo tempo das crianças nas instituições de ensino. Com isso, para muitas delas, o pátio da escola é o único espaço externo seguro para exercerem diversas atividades recreativas e pedagógicas em que a psicomotricidade, a cognição e a socialização são desenvolvidas (FEDRIZZI, 2002, FERNANDEZ & ELALI, 2008)³⁹.

No entanto, na maioria das escolas brasileiras, o pátio é compreendido apenas como local transitório, em que as crianças usam no momento em que não têm aula. Espera-se de um pátio bem projetado que ele propicie a integração entre os alunos, estimulando a socialização e, com isso, o compartilhamento. Seu dimensionamento, materiais, multifuncionalidade de equipamentos e espaços associados ao desenho permitirão maior ou menor envolvimento entre os alunos, não esquecendo que a densidade elevada levará a stress e conflitos (ELALI, 2003)⁴⁰.



Fig. 2.35 – Diversidade de áreas e materiais em um pátio para ensino fundamental
Fonte: <http://ecoprojecto.edu>, consulta em 07/06/2008

Levando em consideração tais aspectos em que educadores, psicólogos e paisagistas reconhecem no pátio uma área essencial ao pleno desenvolvimento infantil, em que a comunicação verbal é estimulada como parte do seu processo de desenvolvimento, o som propagado no seu interior não pode ser inibido. Por isso mesmo, sua localização, seja o pátio coberto ou descoberto, será sempre o primeiro fator a ser considerado no momento da sua proposição. Pátios cobertos são mais reverberantes devido às múltiplas superfícies de reflexão. Sempre que possível, deve-se empregar material absorvente no teto e reduzir as superfícies verticais de modo que se reduza o excesso de reflexão do som.

ESPAÇOS DE LEITURA E BIBLIOTECAS

Cada escola, com a especificidade de séries que atende, terá uma variação na escala da biblioteca. Nas edificações que abrigam a pré-escola, o cantinho da leitura contido no grande espaço da sala de aula pode ser compreendido como a escala inicial. Em seguida esse espaço vai sofrendo modificações e se converte na área da biblioteca conforme tradicionalmente a reconhecemos. De qualquer forma, esse é um espaço que requer muita sensibilidade na sua proposição e na solução da sua arquitetura de interiores.

Espaços de leitura que podem ser integrados visualmente e sonoramente à natureza, produzem uma atmosfera mais relaxante e favorável à prática da atividade. Quando são obrigados a um maior grau de confinamento imposto por um entorno ruidoso, é necessário que também se controle a reverberação de forma que não haja excesso de reflexão no seu interior. Um espaço de leitura deve ser rico de opções de mobiliário para os seus usuários. Com isso, o uso de estofados, almofadas e forrações no piso contribuirão para a proposição de ambiente mais aconchegante e menos reverberante. Para a área administrativa da bibliotecária, assim como a área para estudos em grupo, pode-se adotar a solução de boxes transparentes, ou, se opacos, complementados com visores que tenham boa capacidade de isolamento, com absorção no teto.



Fig. 2.36 – Roda da leitura na sala de aula. Tratamento de piso diferenciado no local auxilia na identidade do espaço e na acústica
Fonte: *Educational Facilities 1995-96*, The American Institute of Architects Press



Fig. 2.37 – Canto da leitura, o uso de material absorvente no piso torna o local mais aconchegante e auxilia no controle da reverberação

Fonte: *Educational Facilities 1995-96, The American Institute of Architects Press*

REFEITÓRIOS E COZINHAS

Refeitórios são categorizados como espaços de vivência, o que significa área de convívio e socialização, além de cumprir a sua função básica como espaço de alimentação. É um espaço conjugado ao pátio coberto e à cozinha de onde provêm os alimentos que serão servidos aos alunos. A integração ao pátio favorece os dias de evento em que a escola recebe visitantes e necessita de maior acomodação de pessoas. Alguns arquitetos integram o refeitório ao espaço de eventos, flexibilizando seu uso. Justamente por ser uma área de convívio, é necessário que se observe as condições de reverberação, de forma que o ambiente não se torne sonoramente incômodo e inóspito. Como há uma prevalência de materiais rígidos recomendados para atender às solicitações de higiene dos ambientes e facilitar a sua manutenção, será necessário aplicar como recurso a absorção no teto ou, então, adotar superfície vazada nos fechamentos de forma que, com a difração do som, as reflexões sejam reduzidas. O NC recomendado é 35 – 45 o que nos dá uma variação de 40 -50 dB (A).



Fig. 2.38 – refeitório em espaço multiuso

Fonte: *Educational Facilities 1995-96, The American Institute of Architects Press*



Fig. 2.39 – refeitório de uma escola padrão do Rio de Janeiro

Fonte: www.skyscrapercity.com, consulta em 10/10/2008

Na cozinha, por abrigar um número menor de pessoas, e por ter volume inferior ao refeitório, não há necessidade de empregar materiais absorventes, o que, de algum modo, seria inadequado por causa do vapor propagado na zona de cocção.

Uma leitura sobre a obra de Louis Kahn auxiliou na visão crítica do papel da escola tanto na formação do arquiteto como na sua atuação profissional, e reforçou a sua escolha ao ser inserida neste trabalho para análise. Para o arquiteto, a instituição é definida do seguinte modo:

[...] A razão inicial da “instituição” é de importância capital, pois não são as características atuais que importam, uma vez que estas só nos dão a indicação de necessidades passageiras. O consenso geral é o sinal daquilo que subsiste apesar das acometidas do tempo. Quando um edifício não obtém essa aprovação e suas formas não possuem qualidades indiscutíveis, a arquitetura, conquanto obedeça sumariamente a uma função, é insuficiente para resolver todos os problemas que se lhe apresentam; ela deve ir além dos dados do programa e tornar-se tão exemplar quanto uma instituição.[...] A fé na “instituição”, com o que tal noção tem de incondicionado, origina-se do mesmo espírito que inspira o arquiteto que leva a sério sua missão.⁴¹ [...]

No próximo capítulo, aplicou-se um questionário cujo objeto de investigação é a representação da acústica para estudantes de arquitetura e arquitetos no projeto de escola. Relacionou-se alguns aspectos do projeto escolar neste capítulo com a intenção de mostrar que mesmo sem ser especialista é possível e imprescindível pensar o som em todas as fases do projeto; ou como nos diz Kahn, “ir além dos dados do programa”. Em especial, o que se defende é que ele seja considerado desde o estudo preliminar, a partir da implantação, evitando correções tecnicamente possíveis, mas de custo exorbitante. As respostas obtidas poderão nos esclarecer se há, hoje em dia, uma maior consciência por parte daqueles que projetam que a acústica não pode ser negligenciada.

- ¹ SOUZA, ROSA F. Templos de Civilização; a implantação da escola primária graduada no estado de São Paulo: (189-1910). São Paulo: Fundação UNESP, 1998. p.122.
- ² SOUZA, op. Cit. p.123;
- ³ BARRADAS, N. L. F. Arquitetura Escolar Carioca: Edificações Construídas entre 1930 e 1960. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) PROARQ - Universidade Federal do Rio de Janeiro 2005, p.20 e 29.
- ⁴ TEIXEIRA, A. S. O sistema escolar do Rio de Janeiro, D.F. Rio de Janeiro: Departamento de Educação da Diretoria Geral de Instrução Pública p. 39.
- ⁵ NUNES C. A escola redescobre a cidade: reinterpretação da modernidade pedagógica no espaço urbano carioca – 1910-1935. Niteroi, RJ, UFF. p. 120.
- ⁶ Escola platoon -- O sistema “platoon” era constituído de salas de aula comuns e salas especiais para auditório, música, recreação e jogos, leitura e literatura, ciências, desenho e artes industriais; e o seu funcionamento dava-se pelo deslocamento dos alunos, através de “pelotões”, pelas diversas salas, conforme horários pré-estabelecidos.
- ⁷ OLIVEIRA, B.S. – A modernidade oficial: A arquitetura das escolas públicas do Distrito Federal (1928-1940) Dissertação de mestrado, USP, 1991, p.190.
Grifo nosso nos princípios de salubridade e conveniência, que podem ser relacionados a acústica.
- ⁸ Escola padrão - Teresa Rosolem de Vassimon é a autora do projeto arquitetônico, que adota a verticalização e a concepção modular. O objetivo, segundo a arquiteta, é oferecer uma estrutura física moderna, mais ampla e funcional, com ambientes especiais para leitura, vídeo, informática e áreas para lazer e esporte.
- ⁹ OLIVEIRA, B. S, op. cit.,
- ¹⁰ CLAVAL, Paul. A geografia Cultural. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.p.189
- ¹¹ ESCOLANO, Agustín. La arquitectura como programa. Espacio-Escuela y currículum in Historia de La educacion. Salamanca: Edições Universidade de Salamanca. 1993-4.
____ e VIÑAO FRAGO, A., Currículo, espaço e subjetividade: a arquitetura como programa. Tradução: Alfredo Veiga Neto. Rio de Janeiro:DP&A, 1998.
- ¹² LIMA, M. M. S. A cidade e a criança. São Paulo: Nobel. 1989
- ¹³ KAHN, Louis Conversa com estudantes, Barcelona: Gustavo Gilli, 2002, p.31.
- ¹⁴ Ibidem KAHN, op. Cit. p. 21.
- ¹⁵ Ibidem, KAHN, op. Cit. p. 31.
- ¹⁶ GONZÁLES, V. E. G.; PÉREZ, J. M. L. Estudio de inteligibilidad en aulas de navarra. In: Proc. of the Int. Forum Acusticum Sevilla, Sevilla, 2002.
- ¹⁷ 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.
- ¹⁸ 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.

- 19 FERNANDES A. G.; VIVEIROS, E B. Impacto do ruído de tráfego em edificações escolares: uma metodologia de avaliação para o planejamento urbano. In: XX Encontro da SOBRAC, II Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações – SIBRAMA, Rio de Janeiro, 2002.
- 20 ZANNIN, P.H.T. et all. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. Ambiente e sociedade, vol. 8, nº2, Campinas, Julho / dezembro 2005
- 21 dd –indica dobro da distância
- 22 NELSON, Peggy B. – Improving Acoustics in American Schools, Language, Speech, And Hearing Services In Schools • Vol. 31 • 389–390 • October 2000
- 23 KRYTER, K.D. The effects of noise on man. Menlo Park: Academic Press INC., 1985. p.37
- 24 DOMENÈCH, F. D. Arquitectura acustica , Poetica y diseño, Edicions UPC, 2002 p.38
- 25 STRUMPF, M.F. Acoustic in schools. The Institute for the Developement of Education & Welfare Buildings. Telaviv, 1984.
- 26 ARIZMENDI, Luis J. Tratado Fundamental de Acústica en La Edificacion, Pamplona, EUNSA, 1980.
JOSSE, R La Acústica en la Construcion, Ed. Gustavo Gilli SA, Barcelona, 1975
- 27 NEUTRA, R; in SCHIMID, A. L. A idéia de conforto – reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba, Pacto ambiental, 2005 p.99
- 28 BONDUKI, N – Affonso Eduardo Reidy, São Paulo, Instituto Lina Bo e P.M. Bardi 1999
- 29 NBR – norma brasileira
- 30 FOCILLON, Henry A vida das formas, Lisboa: Edições 70, 1997, p.8.
- 31 MONTANER, Josep Maria As formas do século XX, Barcelona: Gustavo Gilli, 2002, p.10.
- 32 KAHN, Louis I. Forma y Diseño, Ed. Nueva Visión 2003, p. 8.
- 33 GONZALES e PEREZ – op.cit.
CARBONE, C.; MERCANTI, A. Evaluation of acoustic treatment carried out in school canteens in the municipality of Rome. In: Proc. of the Int. Euronoise Naples, Itália, 2003. p. 1-5.
- 34 STC – Sound Transmission Class ou Classe de Transmissão Sonora
- 35 PERKINS, L.B. Elementary and secondary schools. USA. Wiley & Sons. 2001
- 36 Na maioria dos ambientes de ensino, o mais importante para a exata percepção da fala não é isoladamente o valor do nível de ruído do local e sim a relação entre a intensidade do sinal(fala) e a intensidade do ruído local. Esta relação é referida como sinal/ruído (S/R). Por exemplo, um ambiente muito bom para ensino teria um S/ R + 12dB, ou seja, o nível de intensidade da voz de um emissor (professor ou aluno) estaria acima do ruído de fundo, 12 dB.
- 37 SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; HULCE, E.; LINN, M.; AY TAR, P. Acústica de salas de aula. Revista de Acústica e Vibrações, n. 29, 2002.
- 38 STRUMPF, M.F. Acoustic in schools. The Institute for the Developement of Education & Welfare Buildings. Telaviv, 1984.

- ³⁹ FEDRIZZI, B. (2002). A organização espacial em pátios escolares grandes e pequenos. In V. Del Rio, C. R. Duarte & P. A. Rheingantz (Orgs.), Projeto do lugar: Colaboração entre Psicologia, Arquitetura e Urbanismo (pp. 221-229). Rio de Janeiro: Contra Capa.
- FERNANDES, O.S.; ELALI, G.A. Reflexões sobre o comportamento infantil em um pátio escolar: o que aprendemos observando as atividades das crianças. Paidéia (Ribeirão Preto) v.18 n.39 Ribeirão Preto 2008
- ⁴⁰ ELALI, G. A. O ambiente da escola: O ambiente na escola: Uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil. Estudos de Psicologia, 8(2), 309-319. 2003.
- ⁴¹ GIURGOLA R. e MEHTA, J : Louis I . Kahn, São Paulo, Martins Fontes, 1994 – (coleção arquitetos)

3 A ACÚSTICA NA COMPREENSÃO DE ESTUDANTES E ARQUITETOS

A partir da hipótese que os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto, adotou-se realizar um trabalho investigativo junto ao grupo de estudantes e arquitetos, a fim de compreendermos o modo como as questões sonoras são, por eles, entendidas. Como princípio metodológico adotamos a coleta de dados por entrevistas e questionários, posteriormente analisados objetivando a compreensão do modo como este grupo reage à inclusão da acústica no processo projetual.

3.1 METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido segundo a metodologia de pesquisa qualitativa, que é uma tentativa de compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentada pelo entrevistado¹ (RICHARDSON, 1999)

Dividimos a metodologia em duas partes:

- **Revisão teórica** – visou o aprofundamento dos temas relacionados ao objeto estudado através da realização de uma pesquisa bibliográfica e eletrônica nos campos da acústica, arquitetura, psicologia ambiental e do método qualitativo de pesquisa.
- **Pesquisa de campo** – objetivou a compreensão do problema através de pesquisa com um grupo específico, composto por estudantes e profissionais da arquitetura selecionados para responder o questionário. Esta pesquisa visou o esclarecimento das questões consideradas importantes para a constatação do problema.

Organizamos três tipos de questionário: um específico para a equipe de professores de ensino do projeto, em que as perguntas abertas foram aplicadas sob a forma de entrevista diretiva². Outro, voltado para os alunos e um terceiro com entrevista diretiva aplicada a um grupo de arquitetos. O questionário foi estruturado por perguntas abertas e fechadas.

Estruturou-se o questionário seguindo as orientações contidas em Richardson (1999). Mesmo conhecendo os limites do emprego deste instrumento de pesquisa, a sua principal vantagem é a obtenção de informações por um número expressivo de pessoas em um tempo relativamente curto.

Nossa grande preocupação relacionava-se à veracidade das respostas. Seriam os entrevistados, ou os respondentes dos questionários, verdadeiros em suas respostas, ou estes apenas expressariam o que o entrevistador gostaria de ouvir? (BAUER & GASKEL, 2002)³ Por isso evitamos durante a construção das perguntas a abordagem direta sobre o som, decidindo desenvolvê-las a partir de um objeto arquitetônico para assegurar a idéia ressaltada por Bauer e Gaskel:

“a amostragem, [assegura] eficiência na pesquisa ao fornecer uma base lógica para o estudo de apenas partes de uma população [que], no entanto é necessário [para] que haja representatividade [e] que os resultados sejam aceitos sem contestação”⁴.

OS COMPONENTES PESQUISA

Ao decidir-se que haveria um grupo de estudantes compondo parte do grupo pesquisado, e ao verificarmos que no município do Rio de Janeiro temos sete Instituições de ensino que oferecem o curso de arquitetura, estabelecemos nosso recorte da população respondente a partir de duas

imposições prévias: alunos que tivessem cursado a disciplina “conforto acústico” e, simultaneamente, na disciplina de projeto, o tema, “arquitetura de escolas”.

Entretanto, ao analisar as grades curriculares das instituições, verificamos que tanto no Instituto Metodista Bennet como nas Universidades Estácio de Sá, Santa Úrsula e PUC a disciplina de conforto acústico é ministrada independentemente do período em que é oferecida a disciplina projeto escolar.

Verificou-se que o tipo de população que queríamos selecionar para compor a mostra de estudantes encontrava-se apenas nos cursos de arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/FAU e Universidade Gama Filho - UGF, nas quais o tema - “arquitetura de escola” é ministrado após o término do conteúdo básico de conforto ambiental, onde se insere a acústica, no qual são também abordados os aspectos térmicos e visuais do projeto. Ressaltamos também, que na disciplina “Conforto Ambiental 2” da FAU/ UFRJ, são introduzidas as primeiras noções de acústica do curso de arquitetura.

Apesar da coincidência do tema e de período, nas duas Instituições, o número de alunos inscritos e de professores ministrando a disciplina é superior na FAU/UFRJ. E em virtude de, no período de nossas entrevistas, existirem no quinto período do curso da FAU/ UFRJ seis turmas da disciplina PAIII – Projeto de Arquitetura III, com doze alunos em média, nosso foco restringiu-se aos limites do curso ministrado nesta Instituição, por ser referência no ensino de arquitetura e conformar um grupo significativo para nossa análise.

Logo, tanto os alunos como professores, participaram da pesquisa no término do primeiro semestre letivo, imediatamente após a entrega da etapa final do projeto da escola. Este foi um momento adequado para a formulação das respostas, pois todos ainda estavam com o processo do desenvolvimento do projeto presente em suas memórias. Dos setenta questionários distribuídos, recebemos cinquenta e três respondidos.

Ao todo foram onze arquitetos entrevistados, e este grupo compôs-se de seis professores de projeto e de cinco arquitetos selecionados a partir da sua produção. Todos têm escritórios ativos no município do Rio de Janeiro e já projetaram escolas. Neste grupo incluem-se arquitetos de distintas gerações, cuja experiência profissional, por si só, já justificava a escolha.

A FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES

O questionário aplicado aos alunos tem, inicialmente, perguntas abertas objetivas sobre o trabalho desenvolvido na disciplina de projeto. Um questionário similar foi dirigido especialmente aos professores, objetivando compreender se, no discurso referente à prática do ensino de projeto, a acústica está presente. Porém, as questões abertas foram aplicadas sob a forma de entrevista diretiva aos onze arquitetos: professores e não professores. Os três grupos, complementando a série de perguntas, respondem a três perguntas fechadas relativas à prática de projeto. No entanto, os alunos têm acrescentado aos seus questionários duas perguntas fechadas abordando interdisciplinaridade.

As questões abertas, aplicadas aos alunos, compunham-se de perguntas relativas às suas intenções e resultados obtidos no trabalho prático desenvolvido durante o período letivo, sublinhado pelas dificuldades enfrentadas, e pelo conteúdo interdisciplinar explorado. Intencionou-se obter respostas reveladoras sobre o entendimento do projeto para um edifício de ensino, bem como a definição das prioridades adotadas no seu desenvolvimento.

Para reforçar a importância da interdisciplinaridade, elaboramos questões fechadas, organizando as opções de resposta em escala de atitude⁵, de modo que, a princípio, o aluno reconhecesse entre as disciplinas aquelas que mais o ajudaram no desenvolvimento do projeto. Em seguida, com intuito de identificarmos se a questão sonora é reconhecida e priorizada no projeto fora dos padrões técnicos

tradicionais, desenvolvemos questões baseadas em situações ou em elementos relacionados ao projeto onde, indiretamente, a influência do som deveria ser percebida.

Finalmente, vinham as afirmativas relativas à setorização, dimensionamento, e materialidade, onde a opção para as respostas restringia-se à concordância ou à discordância. Em cada uma das afirmativas, subliminarmente há um princípio acústico que influi na qualidade do ambiente.

O questionário destinado aos professores foi organizado de modo análogo ao realizado com os alunos. Os encontros foram individuais e as respostas às questões gravadas. Ao término da gravação, os professores preencheram o formulário referente questões de múltipla escolha. As questões formuladas aos professores da disciplina de Projeto de Arquitetura III tiveram como fio condutor cinco questões relativas ao trabalho desenvolvido no atelier.

3.2 Os RESULTADOS

3.2.1 O QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS

AS QUATRO QUESTÕES ABERTAS

Conforme anteriormente explicado, foram elaboradas quatro questões a fim de que, a partir de suas respostas, pudessemos reconhecer quais eram os elementos significativos, para os alunos, adotados da concepção ao desenvolvimento do projeto de um edifício escolar.

O primeiro passo da análise visou a compreensão crítica do sentido empregado nas respostas e a identificação do significado de algumas expressões subjetivas. Em seguida, como metodologia de análise, as respostas produzidas por este grupo foram organizadas por categorias. Adotamos esta técnica, sugerida por Bardin⁶ (1977), a fim de reduzir o volume de informações obtidas. Através de palavras-chaves, compreendemos o significado aferido pelos alunos.

Como inicialmente explicamos, o grupo de estudantes cursava o quinto período do curso de graduação em arquitetura e desenvolviam durante o semestre um projeto para uma escola de primeiro e segundo graus, referenciada no programa do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro – CAP- UFRJ.

3.2.1.1 AS RESPOSTAS ÀS QUESTÕES ABERTAS

As respostas à questão 1A : “Qual a meta de um projeto de edifício para o ensino?” revelaram que, para os estudantes, este tipo de projeto deve atender a objetivos situados nos mais diversos campos que, a partir das palavras chave extraídas do próprio texto por eles produzidos, proporcionou a organização das quatro categorias a seguir:

1 CATEGORIA TÉCNICO-FUNCIONAL

No campo da arquitetura a função é, para um edifício, um elemento vital. É justamente através da função, do caráter do uso de um objeto arquitetônico que o arquiteto estabelece sua primeira comunicação com o cliente, solicitante de um projeto, assim tornando-se sua função geradora. Tratando-se da condição primeira de um edifício, com o caráter de uso que expressa as necessidades e condições que o tornam habitável (MARTINEZ 2000)⁷.

A idéia de função não é simples. A função pode ser objetiva ou subjetiva. Existem vários tipos inter-relacionados de funções, tais como as necessidades práticas ou materiais dos ocupantes de um edifício, a expressão funcional da construção, as necessidades psicológicas de seus ocupantes

a função social e a função simbólico-monumental da arquitetura. O funcionalismo é associado geralmente aos dois primeiros: “necessidades práticas ou materiais dos ocupantes de um edifício” e “a expressão da construção”.⁸ (ZURKO 2005)

Os termos ou as expressões: **“prático, acessível, seguro, integrado, inclusivo, adequado para a atividade de ensino, que tenha boas condições espaciais, boas condições ambientais, escala adequada, conforto térmico e conforto acústico”** foram por eles expressas para definir a meta a ser alcançada no projeto. Mas qual seria o significado destes termos ou expressões na linguagem projetual?

Entendemos que ter um **“edifício prático”** como meta, expressa o desejo de criar um objeto de fácil manutenção, **“adequado”** a sua atividade fim, cuja planta se componha por circulações lógicas e bem definidas, facilitando a leitura do objeto arquitetônico concebido. O termo adequado também incorpora outro citado que também se refere à necessidade de ter um objeto arquitetônico, uma **“escala adequada”**. Isto quer dizer que ter um edifício bem dimensionado implica em possuir **“boas condições espaciais”** adequadas a todas as atividades de destino de seus usuários. O que se visa à possibilidade de um edifício ter as condições favoráveis de **“acessibilidade”**, noção também sinônima de **“inclusivo”**. Um edifício inclusivo é aquele que previamente foi pensado para o abrigo e uso, interno e externo, e com segurança por alunos com limitações físicas. A **“segurança”** é também associada à relação do edifício com seu entorno. Os muros, os portões, as boas condições de visibilidade interna e externa ao edifício associam-se à segurança tanto para as escolas como para todos os outros tipos de edificações. No entanto, outra meta a ser atingida no projeto é a de que a segurança não deva prejudicar a **“integração”** do edifício, fato que pode ocorrer na relação entre o interior e o exterior de duas maneiras quer intramuros, quer extramuros.

Quanto ao aspecto ambiental, no qual a acústica se insere, as colocações do grupo foram distintas. Há respostas genéricas objetivando as condições ambientais no projeto para o edifício escolar. Ou seja, o projeto deve contemplar boas condições térmicas através de trocas térmicas favoráveis resultantes das reações dos materiais construtivos, envolvendo, não apenas as condicionantes ventilação e insolação, como também a boa condição de iluminação natural a fim de proporcionar ao usuário as condições ideais no desenvolvimento de atividades de escrita e leitura, entre outras, em ambientes adequados às condições sonoras dentro dos padrões recomendados.

Existem também as respostas cuja meta projetual foi o conforto, ou indicaram as condições de conforto que, na primeira leitura, podem ser entendidas como uma expressão da arquitetura de interiores, embora paulatinamente confirmem que também relacionam-se ao conforto ambiental em função das combinações contidas no texto, como por exemplo: **“a meta foi conseguir ter o conforto associado à plástica do edifício”** ou então **“ter conforto no projeto conseguindo boa insolação e evitando ruídos”**, além dos que explicitamente utilizaram o termo conforto térmico e conforto acústico.

Entretanto a afirmativa de que **“a meta de um projeto para o edifício de ensino era ser funcional”** é em geral expressa de forma significativa. Esta repetição nos permitiu então estabelecer várias combinações com os seguintes pares declarados: “funcional e acessível, funcional e agradável, funcional e confortável, funcional e interessante, funcional e diferente”. O termo funcional foi compreendido como um atributo técnico rígido do projeto necessitando ser complementado por outro que expressasse as sensações dos usuários.

2 CATEGORIA SENSACÃO/VIVÊNCIA

Esta segunda categoria de respostas relacionou como meta para o projeto, os aspectos subjetivos derivados de situações por eles vivenciadas e que, em seu entendimento, são significativas para os usuários. Considerando a relação homem-espço, o edifício construído deixa de ser visto apenas por suas características físicas (construtivas) e passa a ser avaliado e ou discutido como espaço

“experenciado”, quer dizer aquele que é sujeito à ocupação, à leitura, à reinterpretação e modificações pelos usuários (ELALI, 1997)⁹.

Os aspectos subjetivos são aqueles considerados por Malard (1993)¹⁰ como os captados pela composição dos materiais, das cores, das texturas e das formas do ambiente, em conjunto com as condições térmicas, acústicas, lumínicas e dimensionais vivenciadas no espaço configurado, caracterizando os aspectos comportamentais.

Assim, ao selecionarmos os termos desta categoria decidimos por: **“aconchegante”**, **“acolhedor”**, **“confortável”**, **“agradável”** e **“bem-estar”** presentes em quase todas as respostas, e entendemos que para a maioria dos estudantes é imprescindível que o projeto seja prazeroso aos sentidos dos usuários. Os seus significados, verificados nos dicionários da língua portuguesa¹¹, expressam sentidos análogos, traduzindo “necessidade de estar amparado fisicamente, sem tensões ou stress”.

No entendimento de Nogueira (2005)¹²,

(...) a reação do homem diante de um sistema espacial arquitetônico é uma das molas-mestra que deveria prevalecer e mover a construção de um edifício. O “sentir” e “vivenciar” os espaços para os leigos é a condição de fruição real para terem uma visão mais completa, da percepção e concepção dessa realidade espacial.

Para Alvar Aalto (1982)¹³ uma arquitetura pensada para não resolver os problemas psicofísicos do espaço, mas seus problemas formais por exemplo, é contra o homem, é reacionária. Cabe ao arquiteto estar atento a tudo que está em torno do homem e às suas necessidades. Portanto, intencional uma arquitetura confortável, reflete a preocupação do profissional com as condições de bem estar físico e emocional do homem o que tem influência de seis fatores: luz, cor, som, aroma, textura e forma, os quais para GAPPELL (1995)¹⁴ terão grande impacto no psicológico como no físico humano.

Neste conjunto de fatores que exercem influência direta sobre o humano, o som representa um papel de extrema significância, relacionando-se diretamente com a forma e a textura dos ambientes, bem como nas dimensões espaciais e os materiais utilizados em sua execução como ressaltou MALARD (1993)¹⁵.

Apesar de no primeiro momento o contato com as expressões subjetivas empregadas nas respostas não exibirem claramente a intenção almejada no projeto, foi nesta categoria de respostas que verificamos as preocupações relativas aos usuários, por parte dos alunos.

3 CATEGORIA MOTIVAÇÃO

A arquitetura, segundo Louis Kahn: (2003)¹⁶

(...) não consiste meramente em cobrir as áreas prescritas pelo cliente. É na criação de espaços que evoca o sentimento de uso adequado (...). Concebo a escola como um meio ambiente constituído por espaços nos quais se pode estudar satisfatoriamente (...). Reflita então sobre o significado de escola, em contraste com uma escola ou instituição (...) o espírito Escola, a essência da vontade de ser – é o que o arquiteto deve expressar com seu desenho.

Esta teoria de Khan sobre a importância de se compreender a essência de um tema projetual foi verificada num grupo de respostas manifestas através de expressões ou princípios que objetivem,

no projeto, o estímulo de seus usuários, ou propicie: “o interesse dos alunos”, “o aprendizado”, “a criatividade”, “a boa formação do indivíduo”, “o ensino”, reconhecendo que o edifício deva cumprir um papel, e que este é a expressão de sua função social.

Um pensamento que se complementa através a idéia de Norberg-Shulz, quando afirma que: “O meio projetado, cumpre um fim na comunicação entre os homens: cria expectativas, guia o pensamento e o comportamento, desilude ou satisfaz” (NORBERG-SHULZ, 2001)¹⁷.

O projeto para um edifício escolar é intrínseco a sua própria proposição com complexas solicitações. Entretanto aquela que melhor relaciona a proposta pedagógica à edificação se traduz no fio condutor para a concretização final do objetivo central, embora sejam as soluções espaciais arquitetônicas aquelas que melhor representarão as respostas positivas, ou as negativas, por parte dos usuários.

Quer dizer, um ambiente que se constitui pelo emprego técnico de cores, luz, som e vegetação e na resposta emocional que estes oferecem terá grandes possibilidades de estimular seus usuários a vivenciar o espaço de modo positivo, e estabelecendo, por isso, um canal de comunicação entre todos, favorecendo o envolvimento dos alunos na participação dos eventos promovidos pela escola. No entanto, parte deste processo de integração entre o edifício e o usuário pode ser rompido se, acusticamente, o meio for repulsivo.

É importante ressaltar que a percepção dos sons integra o processo pedagógico dos alunos. Conseguir distinguir sons, perceber os sons da natureza, ter condições de estabelecer a comunicação verbal em níveis sonoros adequados faz parte do processo de formação do aluno. O ruído dificulta substancialmente a concentração, comprometendo o interesse dos alunos e, conseqüentemente, a qualidade do ensino. É imprescindível que desde a concepção projetual, isto é, da fase inicial do projeto, as fontes sonoras nocivas sejam bem identificadas e, de modo criativo, o arquiteto exerça o controle na fonte ou no meio de propagação do som.

4 CATEGORIA EXPRESSÃO/LINGUAGEM

Em outro grupo de respostas, encontramos as palavras: “com plasticidade”, “diferente”, “interessante,” “com identidade” “de fácil entendimento” para expressar o que eles queriam alcançar com o objeto proposto. Entre elas, as palavras “criativo e convidativo” se repetiram em diversos questionários indicando a preocupação dos alunos em produzir algo novo, mas com capacidade de atrair pessoas.

As idéias manifestam-se e se exteriorizam por meios como a fala, a escrita e o desenho, e signos aos quais identificamos como linguagem. Assim como a lingüística, esse sistema simbólico, no viés da semiótica ou da semiologia, é também utilizado no campo da arquitetura para se compreender o significado de seus objetos: os edifícios. A linguagem apresenta variações de acordo com as culturas das sociedades no tempo e, por ser evolutiva, está sempre sujeita a transformações. Assim, através dos símbolos procura-se aproximar o objeto da idéia. Embora não exista uma lógica taxonômica neste processo, uma vez que a interpretação de idéias contenha o componente subjetivo além de variar com o tempo, esta linguagem deverá ser clara, a fim de se constituir como um veículo-mensagem da própria idéia.

A reflexão sobre o significado do espaço construído para edifícios escolares implica em inicialmente observar que ele só pode ser apreendido se relacionado a um status diferente, ou seja, que ele é proposto para ser assumido como um **espaço para a formação e para a produção do conhecimento**, independente das condições que possa representar: público, especializado, superior, fundamental, entre outros. Analisar o espaço escolar é, de certo modo, entender os sentidos que deverão ser despertados nos usuários e verificar de que maneira suas proposições espaciais e formais serão por eles compreendidas, como explica Elvan Silva:

Para o uso corrente basta entender que a percepção espacial é, fundamentalmente, um ato sensorial, decorrente da resposta provocada por estímulos visuais, **auditivos**¹⁸, táteis e sinestésicos presentes nos elementos da expressão arquitetônica [...]. Em tais condições, conclui-se que ao arquiteto compete, na realidade, descrever com precisão a forma a ser construída; sua particular “concepção do espaço” se materializará no efeito produzido pela forma arquitetônica, e carecerá de significado pela forma. (SILVA, 1983)¹⁹.

A escola é investida de valores que são simbolicamente construídos por duas dimensões que lhe dão amplo sentido. A primeira refere-se à sua contribuição com o desenvolvimento intelectual do cidadão — valor de base — e a segunda refere-se à estrutura emocional dos alunos, na qual o som atua significativamente. Por estes motivos, os edifícios não são objetos indiferentes ou neutros, ao contrário, eles inserem-se na paisagem urbana cotidiana dos indivíduos, na imagem da cidade e, conseqüentemente, na própria imagem da escola que poderá ser convidativa, interessante, diferente, como expuseram os estudantes entrevistados sobre suas intenções projetuais.

O edifício escolar é a manifestação de uma linguagem para a contemplação dos transeuntes. Razão pela qual os estudantes entrevistados expressaram que tinham como meta projetual criativa conceber um edifício de “**fácil entendimento**”, dotado de “**plasticidade**” e com “**identidade**”.

Essa imagem “metafórica” é aquela que comunica a função, o significado plástico e icônico do edifício, tanto para seus usuários como para os transeuntes, afirmando sua presença no contexto no qual se insere, o que suscitará no público em geral sentidos que variarão de acordo com a aparência geral do objeto e sua sonoridade. Ou seja, a arquitetura se manifesta por sua localização no tecido urbano, por sua materialidade através da cor, da textura, da transparência, da opacidade, da geometria e pela dinâmica do todo que o objeto deseja comunicar, no qual se inserem os sons.

• QUESTÃO 1 B - O TRABALHO REALIZADO ATINGIU SEU OBJETIVO?

Para os estudantes entrevistados responder esta questão não foi muito confortável. Esta formulação os obrigou a refletir sobre o que produziram durante o semestre letivo, reconhecer até que ponto avançaram no campo do conhecimento, seu ritmo de produção e as circunstâncias que os levaram ao produto final. De qualquer modo, tiveram que verificar os atributos utilizados que os fizeram realizar corretamente ou não seu projeto.

Algumas respostas foram referentes ao exíguo tempo do período letivo para realizar o trabalho, cumprindo os prazos estabelecidos pelos professores da disciplina como fator de impedimento à qualidade do projeto realizado.

Para parte dos alunos, que perseveraram até o final, a sensação de ter alcançado o objetivo do projeto se confirmou ao terem conseguido cumprir plenamente o programa, adotando como foco especial os alunos, atores de todas as decisões empregadas e, para os quais as proposições priorizavam “**estimular o convívio**”.

Outro grupo de respostas considerou a funcionalidade do edifício como o fator de alta expressividade na conquista da meta final. Para estes, as soluções consideradas adequadas como, “**a setorização, a relação espacial entre os ambientes, a definição das circulações, o dimensionamento dos ambientes, a ventilação, a iluminação natural, a integração do edifício com as áreas livres e a detalhada análise do entorno,**” foram os fatores que os auxiliaram concretizarem satisfatoriamente suas propostas. Houve também aqueles que consideraram importantes “**a resolução das questões térmicas do edifício, observada desde sua orientação, na fase de implantação, até as soluções**

plásticas adotando elementos de sombreamento nas fachadas.”, o que lhes fez reconhecer o resultado positivo do seu projeto, pois para eles, **“adequou a solução formal às necessidades do conforto ambiental, incluindo o conforto lumínico.”**

Outro aspecto apontado como objetivo do projeto foi a forma. Bem resolvida para alguns, mas frustrante para outros. Neste grupo, o uso da cor se insere como um dos aspectos da forma. Em relação aos significados, alguns ressaltaram **“ter conseguido dar identidade ao edifício”**. Para outros este alcance se realizou justamente por terem **“desenvolvido espaços de fácil compreensão, agradáveis e diferentes”**.

Entretanto, quanto à acústica, de extrema significância neste tipo de arquitetura, observou-se a partir das respostas que não foi objeto de interesse desses estudantes do curso de arquitetura. O uso do som no espaço escolar jamais foi mencionado, nem explorando os sentidos dos usuários, nem sobre seu controle, quando os níveis sonoros atingirem patamares insuportáveis.

De um modo geral, referem-se ao conforto ambiental, entretanto essa abordagem é facilmente identificável como relativa às condições climáticas do local.

• QUESTÃO 1 C – QUAL A MAIOR DIFICULDADE ENFRENTADA POR VOCÊS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO?

A dificuldade inicial relatada foi a de **“atender todos os itens do programa proposto”**. Para alguns, o desafio foi manter a taxa de ocupação determinada e dimensionar de modo coerente os espaços, de modo que se adequassem aos usos, respeitando a legislação. A segunda dificuldade se relacionou à proposição formal que deveria ficar **“coerente com o conceito proposto”** e, este, por sua vez, com o uso da edificação. A forma deveria ser **“inovadora”, “icônica”, “integrando o ginásio ao corpo do edifício principal, conciliando as escalas”**.

O ginásio de esportes é, por alguns, identificado como uma fonte de ruídos. Houve aqueles que se referiram explicitamente à **“dificuldade em localizar corretamente o ginásio a fim de evitar que a escola ficasse exposta a barulhos”**.

No entanto, para vários interrogados a dificuldade localizava-se na **“organização dos setores e no modo de integrá-los”**. Isto é, como resolver as circulações de maneira que os percursos fossem os menores possíveis para que o edifício fosse adequado à escala da criança e de sua acessibilidade?

Alcançar as condições de conforto é o constante desafio apontado, quer para orientar o edifício no terreno, quer para resolver plasticamente as proteções das fachadas, atendendo às necessidades térmicas de todos os ambientes. Ao conforto, somam-se a questão da integração do interior com o exterior, solucionando adequadamente o paisagismo, integrando-os as questões pedagógicas exigidas pelo projeto. Para tanto, **“foi necessário um expressivo número de horas de trabalho”** a fim de obterem resultados satisfatórios. Razão pela qual o tempo para a elaboração do projeto foi ressaltado como o grande obstáculo a ser vencido.

• QUESTÃO 1 D – QUAIS FORAM OS ASPECTOS INTERDISCIPLINARES POR VOCÊ CONSIDERADOS AO DESENVOLVER SEU PROJETO?

Como explicamos anteriormente, nossas entrevistas realizaram-se com alunos cursando o quinto período do curso de arquitetura e urbanismo. Neste estágio, já possuem no conjunto das disciplinas cursadas, razoável representação de todos os departamentos da faculdade. Logo, ao formularmos nossas questões, o intento era verificar o modo como interligavam as informações obtidas nos períodos anteriores e as do período em curso com sua produção no atelier de projeto de arquitetura.

Nas respostas verificamos que parte dos discursos anteriores se repetia, ao descreverem os desafios enfrentados para atingir a bom termo seu projeto. Embora o destaque da relação interdisciplinar sobre o conforto ambiental fosse quase unanimemente apontado, não reconheceram a acústica como parte da disciplina, nem tampouco sua importância, sobre a qualidade do ambiente construído. Com os fatores térmicos, mostraram grande preocupação em tornar o edifício “confortável”. Quer dizer, para a maior parte dos entrevistados há uma ruptura entre o conforto térmico, o que privilegiam, e o acústico, porque, talvez, julguem que deva ser solucionado à *posteriori*.

O termo conforto ambiental é utilizado de maneira genérica, indicando a intenção de atingir níveis adequados de iluminação natural e ou artificial, de cores que favoreçam à reflexão da luz e à sensação térmica, às condições de temperatura e umidade, compatíveis ao clima e às estações do ano nos trópicos, em utilizar materiais adequados às trocas de calor que ocorrerão no meio, em explorar adequadamente a ventilação natural através de modelos de aberturas e suas disposições nas fachadas, a utilização de ventilação mecânica ou ar-condicionado quando necessário.

Quanto ao universo sonoro, muito poderia ser explorado no campo sensorial. É importante que se entenda o som, inicialmente, como algo positivo, rico em informações subjetivas que podem auxiliar no processo educacional.

Desta maneira, a arquitetura também é capaz de mostrar **o que não é realmente visível**, e despertar associações do que não tínhamos consciência antes. Se conseguirmos produzir uma arquitetura que seja capaz de incorporar diferentes níveis, de tal modo, que as diversas realidades, tal como encontradas nas diversas camadas da consciência, possam ser refletidas no projeto, então o ambiente arquitetônico poderá visualizar essas realidade e dizer algo “sobre o mundo” aos usuários. (HERTZBERGER, 1999).²⁰

As outras disciplinas também citadas foram os “sistemas construtivos e estruturais”. O que foi pertinente, tendo em vista que, no quinto período, eles adquiriram o conhecimento das técnicas construtivas, sobre os materiais e compreenderam como interage a estrutura com a forma da edificação.

Nesta fase, aprendem as propriedades dos materiais de construção e seus respectivos papéis na construção do edifício, suas propriedades acústicas de isolamento do som subdivididas em isolamento do ruído aéreo e o do impacto, segundo nossa explicação no capítulo anterior. No caminho, entre a fonte sonora e o receptor, muitas soluções podem ser dadas para reduzir a transmissão sonora. Além disso, os materiais têm propriedades de absorver e refletir o som incidente sobre as superfícies. Portanto, quando o projetista define os materiais, em parte, ele está criando a ambiência sonora do edifício.

Sobre a disciplina paisagismo, responderam que a partir do trabalho prático desenvolvido nos ateliês, conseguiram compreender e visualizar as soluções que favoreciam a maior integração do interior com o exterior do edifício. Sob a ótica da acústica, esta disciplina possibilita aos estudantes aplicar conceitos sonoros que estão relacionados ao uso da vegetação, da terra e da água. Estes aspectos possibilitam a exploração do caráter sensorial do edifício nos jardins, hortas, equipamentos recreativos das áreas de lazer, nas fontes ou espelhos d’água, locais nos quais o som sempre estará presente de alguma forma.

3.2.1.2 As QUESTÕES FECHADAS

Conforme citamos anteriormente, elaboramos questões fechadas, voltadas inicialmente, para uma identificação parcial do conteúdo curricular e em seguida questões voltadas para o projeto.

QUESTÃO 2 A E 2B – CLASSIFIQUE O GRAU DE IMPORTÂNCIA DAS DISCIPLINAS ATÉ AGORA CURSADAS, SEUS RESULTADOS SOBRE O PROJETO E AQUELAS QUE VOCÊ CONSIDEROU IMPORTANTES E OU MUITO IMPORTANTES, INDICANDO TRÊS, E ASSINALANDO O DEPARTAMENTO QUE AS OFERECE.

Tendo em vista que ambas as questões são complementares, as respostas foram então analisadas em conjunto.

Na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ as disciplinas se organizam dentro da estrutura de seis departamentos, a qual, apesar das diversas críticas recebidas, ainda se mantém. Estes departamentos são: Análise e Representação da Forma — DARF; de Estruturas — DE, de Tecnologia da Construção — DTC—, de História e Teoria — DHT, de Projeto de Arquitetura — DPA e o de Planejamento Urbano e Regional — DPUR.

Os estudantes, ao ingressarem no quinto período, já tiveram experiências com disciplinas de todos os departamentos da FAU, adquirindo com isso uma visão crítica dos conteúdos nelas desenvolvidos. Nosso particular interesse era detectar se, tanto a disciplina de conforto ambiental, como o departamento ao qual pertence correlacionavam-se, com o modo como os entrevistados expressavam esta correlação. Constatamos que o DHT foi o departamento apontado pelos estudantes como aquele no qual inexistia qualquer interface com o projeto; o DARF, o DE e o DTC foram considerados importantes por reconhecerem que o conteúdo das disciplinas oferecidas por estes departamentos são aplicáveis na prática do projeto nos ateliês.

Na escolha das disciplinas oferecidas por estes três departamentos, a única, cuja escolha foi quase unânime, foi o Conforto Ambiental I e II, seguida de Processos Construtivos, ambas oferecidas pelo DTC. As duas disciplinas escolhidas guardam estreita relação com a acústica, apesar de não ter sido mencionada a interdisciplinaridade entre elas e o projeto.

O DPA foi, para os entrevistados, considerado o departamento mais significativo, não somente por abrigar um conjunto de disciplinas práticas — Projeto de Arquitetura I à V além das complementares obrigatórias e optativas — nas quais efetivamente aplicam e reúnem o conhecimento adquirido nas disciplinas de outros departamentos, nos projetos que desenvolvem nos semestres do curso. Além desta experiência, o DPA lhes é importante por entenderem que nele se conjugam as atividades fim, características da profissão do arquiteto: a reflexão sobre o ato de projetar.

Departamento	Sem importância	Pouco importante	Importante	Muito importante	Frequência média
	Número de respostas				
DPA			5	48	3.90
DARF		7	25	21	3.26
DTC		9	26	18	3.16
DE		13	25	15	3.03
DHT	5	26	19	3	2.86

Quadro 01 - Grau de importância dos departamentos de acordo com os alunos entrevistados

Quadro resumo das respostas:

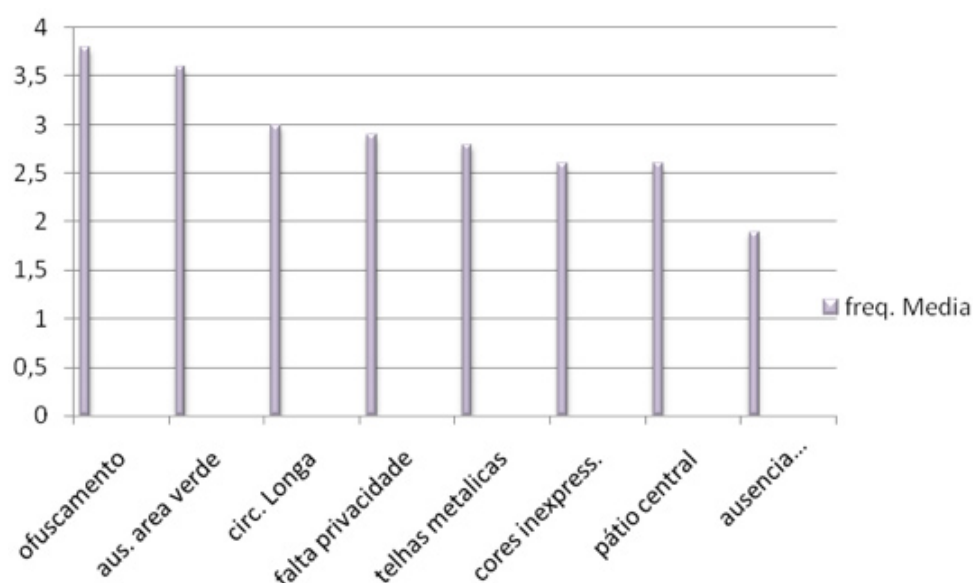
- As questões fechadas relativas ao projeto de escolas aplicadas aos alunos

As três últimas questões fechadas relacionaram-se, diretamente, ao projeto de escola. No capítulo 2, apresentou-se grande parte da teoria de projeto sobre o tema, relacionando-a a teoria da acústica, de forma que auxiliasse na leitura crítica das respostas dadas a estas questões. Para que as respostas não ficassem vagas, sem um respaldo teórico, após a apresentação do quadro de respostas, foram acrescentadas observações referentes aos elementos componentes das perguntas.

QUESTÃO 2 C – EM SUA OPINIÃO EM QUE MEDIDA OS PROBLEMAS ABAIXO RELACIONADOS TÊM INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO ESPAÇO ESCOLAR? — OPÇÕES DE RESPOSTA: MUITO, MÉDIO, POUCO, SEM IMPACTO.

Escala de avaliação	Muito	Médio	Pouco	Sem impacto	Frequência média
	Número de respostas				
Ofuscamento na sala de aula	44	7	2	0	3.8
Ausência de área verde	38	11	4	0	3.6
Circulações longas	16	26	11	0	3.0
Falta de privacidade na sala	14	25	11	3	2.9
Uso de telha metálica simples	16	20	13	4	2.8
Cores inexpressivas	8	27	17	1	2.6
Pátio de recreação central	7	23	20	3	2.6
Ausência de estacionamento	3	5	30	15	1.9

Quadro 02 - problemas arquitetônicos e sua influência na qualidade do espaço escolar



Graf. 3.1 – frequência média das respostas dos alunos

- Justificando a formulação da pergunta

A questão sobre os problemas relacionados à concepção espacial e suas influências na constituição da qualidade do espaço escolar iniciou a série de perguntas aos entrevistados. A interpretação do conceito de qualidade na arquitetura foi descrita por NOGUEIRA(2005)²¹ como sendo aquela que

[...] apreendida em um edifício refere-se ao conjunto de propriedades e características que satisfaçam as exigências programáticas, explícitas ou implícitas, requisitadas por seu usuário principal [...] ela é também a resposta do sistema de espaços de um edifício adequado às atividades exercidas no interior de um objeto arquitetônico, construído com perfeição e precisão ligadas a sua própria existência.

As exigências relativas ao sistema de espaços inserem-se nos itens elaborados para as entrevistas. A sua formulação privilegiou sobretudo, os problemas projetuais organizados em dois grupos ,nos quais o som adquire no primeiro, importância substancial e, no segundo, relativa. No primeiro grupo as questões se identificam com aquelas do próprio conteúdo básico da disciplina acústica, na qual se atrelam a constituição material de uma edificação e as necessidades acústicas decorrentes. São eles:

- circulações longas,
- falta de privacidade na sala de aula,
- o uso do pátio de recreação central,
- ausência de área verde,
- uso de telha metálica simples

Cabe informar que o item área verde representa área externa arborizada, com solo não pavimentado, dependente das dimensões do lote.

Os demais itens que não estabelecem uma relação tão direta com o som são:

- ofuscamento luminoso na sala de aula,
- paredes revestidas com cores inexpressivas,
- ausência de estacionamento.
- A teoria relativa a cada item que compõe as perguntas

Os cinco problemas nos quais verificamos uma relação significativa com o som são identificados no conteúdo básico de acústica. Os alunos do quinto período já dominam parte desse conteúdo, mesmo que não tenham cursado a disciplina eletiva “conforto acústico”.

Como eles, ou os profissionais, podem associar o conteúdo de acústica ao desenvolvimento do projeto? A explanação que se segue está relacionada especificamente a esta questão e procura mostrar a interface entre acústica e projeto. As demais perguntas componentes do questionário serão apresentadas da mesma forma.

OBSERVAÇÕES TEÓRICAS RELATIVAS A QUESTÃO 2C.

Primeiro grupo de respostas : fatores mais relacionados ao som

1 CORREDORES LONGOS

As circulações compõem o sistema distributivo dos edifícios, sendo um elemento significativo no estudo funcional. Os grandes percursos confinados tornam os deslocamentos monótonos, pouco atrativos, exaustivos e ruidosos conforme exposto no capítulo anterior. Dependendo das proporções adotadas e dos materiais decididos para o revestimento, o resultado sonoro pode ser neutro ou incômodo. Por exemplo, com uma gargalhada ou com o som emitido pelo tipo de sapato com o qual se circula, o resultado sonoro poderá ser suficiente para perturbar o meio. O excesso de reflexão poderá ser reduzido quando for possível adotar materiais absorventes no teto ou em parte das paredes laterais, apesar disto, o desconforto físico permanecerá. O deslocamento cotidiano através destas circulações provocará reações sonoras difíceis de serem controladas por seus usuários e tanto as crianças quanto os adultos, de algum modo, manifestarão este desagrado. Embora seu aspecto negativo seja melhor identificado pelos alunos muito mais pelo aspecto da acessibilidade, do que propriamente do sonoro. O fato é que a adoção das extensas circulações resultará em consequências nefastas para o edifício.

2 FALTA DE PRIVACIDADE NAS SALAS

A privacidade é uma necessidade vital para o bom funcionamento de uma escola. Salas sem privacidade permitem que os sons dos ambientes vizinhos sejam ouvidos, do mesmo modo que o som propagado no seu interior é ouvido por estes. Quanto maior a clareza do som percebido nos espaços contíguos, piores serão as condições de privacidade do ambiente. Ambientes de ensino que, em geral, adotam anteparos de meia altura são exemplos de como a baixa privacidade interfere conforto sonoro desses locais. Os professores são obrigados a falar alto porque os sons dos espaços vizinhos invadem o seu ambiente de trabalho e, ao mesmo tempo, travam uma luta constante para manter a concentração dos alunos nas atividades desenvolvidas em classe. Tecnicamente, a baixa privacidade está diretamente relacionada ao índice de isolamento do ambiente. Ele varia de acordo com o desenho da superfície, com a característica do material empregado nos fechamentos e com a tipologia das esquadrias.

Lamentavelmente a privacidade não foi um item considerado pelos estudantes como relevante à qualidade do espaço, o que demonstra pouca associação da acústica à rotina de uma sala de aula na compreensão do projeto. Nas salas de aulas, nos auditórios, nas salas de orientação educacional, entre outros, a privacidade é fundamental para seu funcionamento pleno. É ela que garante que sons provenientes das conversações, do canto, dos instrumentos musicais e das caixas de som fiquem restritos aos ambientes ao qual são destinados, gerados, sem interferência, nos espaços vizinhos. A privacidade é justamente o item que nos detém no estudo e reflexão exaustiva na composição dos setores, nas distâncias entre os ambientes que atuam como fonte sonora ou como receptores de som, nos percursos das instalações de ar-condicionado, nos modelos de esquadrias, espessura das paredes de vedação e lajes de piso e teto. Parece que a privacidade foi interpretada como condição oposta à integração. Como na primeira questão aberta, a integração é considerada meta de projeto por muitos alunos, crê-se que este mesmo grupo não entende que a falta de privacidade é tão importante quanto a integração no projeto e ambas podem e devem ser objetivo nos projetos.

3 QUANTO AO USO DE TELHAS METÁLICAS SIMPLES

As telhas, como sabemos, podem ser utilizadas com ou sem forro abaixo delas. Comumente são adotadas como cobertura de pátios ou em ginásios, sustentadas apenas por treliças metálicas. No campo sonoro este material, altamente reflexivo, cuja velocidade do som sobre ele é muito mais alta que no ar, ao receber qualquer estímulo sonoro, propagará com muita facilidade o som incidente, criando ambientes altamente reverberantes. Aqueles que tiveram a experiência de um período com chuvas intensas, abrigados sob um espaço cuja cobertura foi executada com telhas metálicas simples, não terão dúvidas sobre o grave problema acústico, causado pelo som das águas sobre a cobertura. O metal, por ser um excelente condutor sonoro, facilitará a propagação do som, que poderá atingir níveis sonoros acima de 80 dB. Mesmo tendo conhecimento deste problema, os entrevistados apenas associaram as telhas com recheio de poliuretano à redução térmica da transmissão calor. No entanto, as telhas com recheio garantem a qualidade térmica e acústica dos ambientes construídos.

Foi interessante observar que, para os entrevistados, a ausência de áreas verdes traz para o projeto piores consequências do que o uso de telhas metálicas simples. O que nos leva a crer que desconhecem o desempenho deste material. Uma vedação em alvenaria apresenta um isolamento de cerca de 40 dB, enquanto a telha com recheio isola cerca de 15dB do som incidente e a telha metálica simples não oferece condições de isolamento.

A utilização de forro, caso seja adotado no projeto, reduzirá parcialmente o ruído. Porém, por existirem outros caminhos de penetração do som propagado além do teto, será imprescindível verificar todas as possibilidades de entrada e/ou saída do som.

4 PÁTIO DE RECREAÇÃO CENTRAL

Conforme abordamos no capítulo anterior, num programa de necessidades para uma escola, sobretudo aquelas destinadas ao ciclo fundamental, o pátio é um dos itens fundamentais solicitados. Ele é considerado o espaço para a descontração plena, é o lugar no qual ocorrem as manifestações espontâneas, por isto sua localização deverá prever que a atividade nele desenvolvida não interfira sonoramente nos outros ambientes.

A localização centralizada auxilia no controle visual dos estudantes, no entanto, seguramente ocasionará perturbações sonoras na sua vizinhança imediata durante os momentos de recreação. Se for coberto, o som será reforçado pelas reflexões sobre o teto, aumentando seu tempo de permanência no meio, ocasionando um ambiente ainda mais barulhento.

Uma vez que, comumente, este espaço é utilizado para ensaios de festas da escola, atividades físicas complementares e, por vezes, aulas ao ar livre, esta opção pode criar restrições quanto ao horário e o tempo de uso do pátio de forma que não interfira nas atividades pedagógicas.

A relação entre as dimensões do pátio e altura do edifício deve ser considerada - quanto mais alto for o edifício, maior será a dificuldade para o som se extinguir em função das múltiplas reflexões sobre as superfícies internas.

Curiosamente, os entrevistados manifestaram-se apontando que o uso do pátio central tem pouca influência na qualidade do projeto, colocando-o no mesmo patamar das cores inexpressivas, aparentando pouca reflexão sobre os aspectos acima mencionados.

5 AUSÊNCIA DE ÁREA VERDE

Caso o terreno de uma escola não tenha área suficiente para a inclusão de área verde ou se, por opção do projetista, este não quiser adotá-la no programa de necessidades, a sua ausência não impede que haja qualidade acústica no edifício. Este item tem expressão quanto ao valor que lhe é atribuído por parte dos usuários, principalmente nas áreas urbanas. As áreas externas, quando são parcialmente pavimentadas com área gramada, reduzem a reflexão do som sobre o piso externo. O uso de cercas vivas, ou renques de árvores, ajudam a filtrar parte do som, mas não são barreiras significativas para ruídos de intensidade elevada. Gerges (2000)²² conclui que para uma atenuação de 2 dB em 1kHz é necessário uma área com alta densidade de árvores à dez metros de distância da fonte e com uma largura igual a vinte metros. Quando a grama for densa e houver folhagens no solo, essa atenuação pode aumentar para 4 dB. A vegetação, mesmo oferecendo pouca atenuação sonora em função da área que ocupa, pode servir como barreira visual, ocasionando um efeito psicológico mais favorável ao receptor. Tem um efeito razoável na ambiência sonora do meio urbano pelos efeitos da absorção e do mascaramento. Desempenham a mesma função de um revestimento absorvente quando aplicada sobre o solo ou faces da edificação atenuando os sons agudos.

Para a maioria dos entrevistados, este é um fator de grande significado. Quer pelo aspecto mais humanizado que as áreas verdes podem conferir ao edifício, tornando a paisagem exterior mais atrativa e envolvente, ou pelas correções climáticas que elas podem oferecer ao objeto arquitetônico agindo, sobretudo, na proteção da insolação. Apesar de propiciar momentos de percepção do vento através da sonoridade das folhas e galhos em movimento, dos pássaros atraídos pelas espécies vegetais, ou quando utilizada como revestimento de pisos e paredes externas reduzindo, como explicamos anteriormente, parte da reflexão dos sons incidentes, ainda assim é incorreto interpretar que as massas verdes reduzirão os sons de grande intensidade se não estiverem associadas a distâncias consideráveis. As áreas verdes são bem-vindas na integração entre o espaço exterior e o interior, entretanto, sob o foco da acústica, é possível pensar um edifício acusticamente excelente sem que este seja dotado de áreas verdes. No entanto, como a arquitetura exige um pensamento sensorial pleno, a vegetação é muito expressiva aos cinco sentidos.

Segundo grupo de respostas : fatores menos relacionados ao som

Os outros problemas propostos, embora não se relacionem de forma muito significativa com a acústica do edifício, são elementos ainda expressivos para a qualidade do projeto de espaço para ensino. São eles:

6 OFUSCAMENTO DA SALA DE AULA

Fenômeno relacionado à luz natural ou artificial, o ofuscamento produz um alto incômodo visual quando detectado em áreas de trabalho. É provocado pelo excesso de luz derivada da incidência direta do sol sobre o plano de trabalho ou do uso inadequado de uma luminária.

Considerado, pela maioria dos respondentes, como o item de maior relevância para que o espaço escolar tenha qualidade, é reconhecido pelos estudantes como fator de alta influência nos ambientes podendo atuar negativamente na execução de todas as tarefas pedagógicas.

Como a visão é dominante no processo de ensino e aprendizado contemporâneo, nada mais coerente que o ofuscamento seja selecionado como o problema mais importante. Porém, esta resposta deveria ser seguida imediatamente do problema relacionado ao som – a privacidade. Afinal vivemos em uma sociedade áudio-visual, em que a imagem desprovida de som não tem impacto. Ao assistirmos a um documentário sobre arquitetura, sem som, ou sem imagem, a nossa imaginação produzirá a complementação necessária, de forma certa ou errada.

7 CORES INEXPRESSIVAS.

A maioria das respostas indicou que este fator tem pouca relevância e influência na qualidade do espaço, no que discordamos inteiramente. Embora as cores para alguns, seja exclusivamente decorativa, elas exercem uma influência psicológica nos usuários, influenciando no aumento ou na diminuição do nível de estímulo do aluno no ambiente. Kandinsky²³ afirma que a cor provoca uma vibração psíquica. E associa esta vibração ao eco ou ressonância de um instrumento musical cujas cordas agitadas por um outro instrumento vibram por sua vez. Para ele, o olho está associado a todos os outros sentidos.

8 AUSÊNCIA DE ESTACIONAMENTO

Dependendo da localidade em que a escola será inserida e do número de funcionários que tem, este é um problema que causará grande impacto na funcionalidade do projeto. Este item foi considerado, entre todos, o menos relevante para a qualidade do espaço escolar.

O estacionamento só interfere acusticamente no edifício de ensino se estiver mal localizado. É necessário que na implantação ele se posicione longe das salas de aula ou de outro ambiente cuja atividade exija maior concentração. No entanto, a sua inexistência não garante que ruídos de veículos não interfiram na escola. É preciso considerar a característica do tráfego das vias circunvizinhas, as localizações destas em relação ao lote, os afastamentos da edificação e o posicionamento das suas aberturas. Dentre as opções propostas, considerar a ausência de estacionamento pouco significativa é concebível, afinal ela não compromete as condições básicas para o bom uso e funcionamento da edificação.

QUESTÃO 2 D — CONSIDERANDO A FASE DO ESTUDO PRELIMINAR DO SEU PROJETO, CLASSIFIQUE POR ORDEM DE IMPORTÂNCIA OS ASPECTOS ABAIXO (SEND O 1 O MAIS IMPORTANTE E 8 O MENOS IMPORTANTE)

Sem mencionar diretamente o som, se confortável ou desconfortável, selecionamos oito fatores dos múltiplos a serem observados por arquitetos no desenvolvimento de um projeto, entre os quais o som constava explicitamente a fim de verificar como os entrevistados valoravam nele a significância da acústica.

Assim em um universo de elementos possíveis selecionamos oito importantes na organização inicial: o sentido da via de tráfego, a insolação, as árvores frutíferas existentes no terreno, a topografia, as fontes sonoras oriundas do entorno, os ventos dominantes, a legislação edilícia e urbanística e as edificações no entorno imediato.

O quadro 03 nos dá o resumo das respostas, nos mostrando o modo de compreender a acústica, pelos entrevistados.

Escala de importância	1	2	3	4	5	6	7	8
Elementos de influência	Número de respostas							
Insolação	33	16	1	1		1		1
Fontes sonoras pertencentes ao entorno	4	21	8	10	5	1	4	0
Ventos dominantes	3	10	17	3	5	5	5	5
Topografia	8	1	5	10	4	10	7	7
Edificações existentes no entorno imediato	2	2	6	9	19	6	5	4
Sentido da via de tráfego	1	0	8	4	5	12	11	12
Árvores frutíferas existentes no terreno	1	0	4	4	9	6	14	15
Legislação	4	3	10	8	6	11	6	5

Quadro 03 - Ordenação dos elementos de influência no estudo preliminar do projeto

OBSERVAÇÕES TEÓRICAS RELATIVAS À QUESTÃO 2D.

- Sentido da via de tráfego

O sentido da via de tráfego guarda estrita relação com o local do projeto, pois definirá a distribuição dos acessos à edificação. Estes demarcam os pontos de transição em que se passa de um sistema espacial urbano ao arquitetônico, e influirá diretamente na decisão para a distribuição funcional do edifício escolar. Entre as opções de resposta, o sentido da via de tráfego não é significativo quando correlacionado à acústica.

- Árvores frutíferas existentes no terreno

A preservação das espécies vegetais existentes no local do projeto é sempre um desafio para o projetista. Árvores frutíferas têm valor paisagístico e finalidade pedagógica neste tipo de edificação. Se existem em grande quantidade, formando uma massa arbórea, auxiliam na absorção do som, na purificação do ar, e contribuem na formação de áreas de sombra.

- Fontes sonoras pertencentes ao entorno

Colocamos explicitamente em um dos itens o som como um dado para avaliação dos respondentes, e, de acordo com a sua pontuação, poderemos averiguar se ele é expressivo para o projetista. Reconhecemos como fonte sonora a interferência do tráfego rodoviário, ferroviário e metrô, o tráfego de aviões, atividades comerciais geradoras de ruídos, assim como outras. A legislação urbana, através do zoneamento, previne a salubridade do local que receberá a escola, coibindo atividades produtoras de ruído muito próximas ao terreno, e estabelecendo valores máximos para o ruído de fundo. No entanto, é preciso considerar que a escola é também fonte sonora, desta forma as edificações existentes no entorno imediato ficarão sujeitas aos ruídos provenientes desta edificação do mesmo modo que esta ficará sujeita aos ruídos produzidos no entorno.

- Edificações existentes no entorno imediato

Esse item, em particular, é muito rico no que se refere às suas influências, pois não apenas traduz a interferência sonora através das reflexões sobre as superfícies externas dos elementos que compõem o entorno em conjunto com os sons produzidos pelas edificações, como também influi no sombreamento, no bloqueio dos ventos, no calor irradiado e na visão da paisagem produzida por estas construções, entre outras.

Os edifícios, assim como a topografia, podem cumprir o papel de barreira acústica e bloquear parte dos sons provenientes do entorno.

- Topografia

A topografia também se relaciona com o som de modo particular. Como ele se propaga de forma ascendente, terrenos em altura ficam mais sujeitos aos sons de longa distância. Por outro lado, de maneira oposta, terrenos em declive ficam dentro uma zona de sombra sonora, podendo ficar resguardados de ruídos provenientes das vias de tráfego e construções localizadas em pontos mais altos. No entanto, a topografia tende a ser vista, inicialmente, como um fator de localização da edificação, raramente sendo considerada como um fator correlacionado ao som.

- Ventos dominantes

Os ventos dominantes refletem inicialmente uma preocupação climática e relacionam-se diretamente ao conforto térmico do edifício. No entanto, a localização de uma abertura pode ser excelente para as entradas de vento e a circulação do ar, e desastrosa quanto à acústica, principalmente se o entorno for ruidoso. O primeiro reflexo de defesa, por parte do usuário, será fechar a abertura, comprometendo a ventilação do ambiente.

- Insolação

É compreensível que em um clima tropical o sol seja priorizado no projeto, de modo que seja evitado o aquecimento excessivo dos ambientes de maior permanência. Podemos desenvolver diversos dispositivos de sombreamento, plasticamente interessantes para o edifício para serem empregados em fachadas que ficam sujeitas à uma insolação inadequada. No entanto, quando identificamos no terreno uma zona sujeita a ruídos intensos, mesmo que tenha uma insolação favorável, o melhor que fazemos é evitar ou reduzir ao máximo os vãos abertos para esta direção. Seria uma falha de projeto

permitir que grandes aberturas em salas de aula fiquem voltadas para uma insolação privilegiada, mas expostas aos ruídos do entorno, se estes atingem níveis inadequados. É mais fácil criar elementos compositivos para proteger a edificação da incidência do sol, que dos ruídos...

- **Legislação**

Existe um conjunto de leis que submetem os projetos de escolas, mas que variam entre estados e municípios. Essas leis, regidas no âmbito municipal, estadual e federal, referem-se a variadas exigências que têm de ser cumpridas para que o projeto seja aprovado. A legislação, em parte, deveria garantir a qualidade dos projetos, mas, infelizmente, nem sempre é o que vemos na prática. No nosso município, em particular, temos um código de posturas confuso e pouco eficiente. No código de obras e edificações, leis e decretos, definem o que é permitido na construção ou no meio urbano. No âmbito da acústica, as normas não contemplam todos os ambientes de uma projeto, desta forma, caberá ao projetista ter sensibilidade e conhecimento para propor adequadamente as soluções. No município do Rio de Janeiro, o código de zoneamento da cidade permite a construção de escolas em ZR1 – zona estritamente residencial. Nesse caso a legislação é falha porque ignora a escola como fator de impacto ambiental na área que será implantada.

COMENTANDO AS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES RELATIVAS A QUESTÃO 2D

Destacaram-se como os elementos mais relevantes para o projeto seguindo a ordem de importância: **a insolação, as fontes sonoras e os ventos**. Em seguida, da quarta a oitava classificação, isto é, os menos importantes: topografia, os edifícios existentes nas vizinhanças, o sentido das vias e as árvores.

Vários entrevistados manifestaram-se sobre a possibilidade de pontuar mais de um elemento como o mais importante, pois para eles, a insolação, as fontes sonoras e os ventos seriam selecionados com o mesmo grau de importância. Como esses três elementos interferem e sofrem interferência do entorno, a opção “edifícios existentes no entorno imediato”, ao se posicionar no quinto lugar da escala de importância, demonstra que não há compreensão da relação entre a edificação e as características ambientais do entorno. Não podemos ignorar que os edifícios fazem sombra, que seus usuários produzem sons agradáveis ou desagradáveis, bloqueiam ou permitem a circulação dos ventos

Surpreende a legislação não se firmar em nenhuma opção definitiva. Ela não chega a ser subestimada pelos respondentes, no entanto, entre as escolhas, reflete a dúvida dos estudantes em reconhecê-la como parte do projeto. Em parte, isso demonstra que elementos que dependem de regulação na arquitetura, como a acústica, o sol e os ventos ficam um pouco à margem do conjunto. De modo geral, na arquitetura européia, para exemplificar, o rigor do cumprimento das exigências relativas à edificação impostas aos arquitetos faz que estes priorizem a legislação tanto nos projetos profissionais quanto nos acadêmicos. A norma ISO – *International Organization for Standardization* - Avaliação de Desempenho em Edifícios, (ISO 6241 : 1984 *Performance Standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered* e ISO 7162 : 1992, *Performance standards in building. Contents and format of standards for evaluation of performance*) é um dos principais instrumentos para que a legislação seja cumprida.

Esta indiferença também pode ser interpretada como parcial desconhecimento, por parte dos estudantes, das diversas normas relacionadas às edificações e ao meio urbano, na qual a acústica se insere.

Na análise do conjunto de respostas, aferimos que o conteúdo de conforto ambiental é bem assimilado pelos estudantes, exercendo forte influência na etapa inicial do estudo projetual.

Entretanto, à primeira impressão, nos pareceu que há dificuldades para reconhecer o som como partícipe do projeto. Isto é, reconhecem a importância do som, no entanto não identificam de que maneira a acústica está presente no projeto. Como o sol é mais visível, e a resposta corporal evidencia mais rapidamente o desconforto provocado por ele no nosso clima, é compreensível que esteja em primeiro lugar.

QUESTÃO 2 E — ASSINALE O QUE PENSA SOBRE AS AFIRMATIVAS ABAIXO: CONCORDO INTEGRALMENTE, CONCORDO PARCIALMENTE, DISCORDO INTEGRALMENTE OU DISCORDO PARCIALMENTE.

Essa questão foi proposta considerando a possibilidade de concordância ou discordância das afirmativas por parte dos respondentes. Nove afirmativas referentes a aspectos funcionais e técnicos do edifício foram propostas. Em cada uma delas existe uma relação com o som, no entanto, em uma primeira leitura essa conexão pode ser inibida por fatores funcionais mais explícitos. Vejamos o que existe nas entrelinhas:

A resposta correta, sob a ótica da acústica, obteve valor quatro, a resposta incorreta valor um, e as intermediárias três e dois. O resultado nos mostrou que do máximo de 36 pontos ao mínimo de 9 pontos que poderiam alcançar na questão, das respostas contabilizadas, verificamos que os respondentes atingiram o mínimo de 18 pontos e o máximo de 33 pontos.

Estabelecemos na escala de pontuação as seguintes classificações:

- De 9 a 15 – BAIXA
- De 16 a 22 – REGULAR
- De 23 a 29 – BOA
- De 30 a 36 – Alta Consideração dos Aspectos de Acústica

Essa pontuação geral nos sinaliza que há, de modo geral, por parte dos alunos participantes da pesquisa, uma percepção razoável dos problemas que algumas decisões arquitetônicas podem provocar. No entanto, observa-se na maioria das respostas, pouco conhecimento teórico relativo às questões sonoras.

Opiniões	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
Afirmativas	Número de respostas			
1-O edifício escolar deve ser permeável	11	34	4	4
2-Ginásio esportivo deve estar próximo ao bloco de ensino	3	14	18	18

Opiniões	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
Afirmativas	Número de respostas			
3- As características do entorno influenciam no partido arquitetônico	19	25	3	6
4- Oficinas, salas de música e grêmios, devem ficar integrados às salas tipo.	14	27	3	9
5- Na localização do refeitório e cantina deve ser priorizada a redução do percurso dos alunos em relação às salas	8	24	7	14
6- Salas muito profundas são adequadas para viabilizar uma grande população de alunos	1	12	29	11
7- O pátio coberto centralizado, com as salas à sua volta é a melhor opção de localização porque favorece o controle visual durante o recreio ou outra atividade	6	19	12	16
8- Revestimentos cerâmicos no piso e paredes são as melhores opções neste tipo de edificação.	6	31	4	12
9- Pé direito acima de 4m ajuda no conforto acústico das salas	9	18	15	11

Quadro 04- Escala de opiniões / atitudes.

	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
Afirmativas	Pontuação atribuída a cada resposta			
01	3	4	1	2
02	1	2	4	3
03	4	3	1	2
04	1	2	4	3
05	1	2	3	4
06	1	2	4	3
07	1	2	4	3
08	1	2	4	3
09	1	2	4	3

Quadro 05- Pontuação atribuída a cada resposta .

OBSERVAÇÕES TEÓRICAS RELATIVAS A QUESTÃO 2E.

- O edifício escolar deve ser permeável

As conseqüências do emprego da permeabilidade, comumente adotada 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 do lugar no qual a escola será implantada ou construída, seu resultado poderá ser adequado ou não. Embora a permeabilidade esteja associada primeiramente ao uso da luz natural, aos ventos e a fruição da paisagem natural, podendo trazer resultados interessantes para o projeto, a parceria entre ela e o som nem sempre propicia um resultado satisfatório. Se no entorno imediato houver a ação de fontes sonoras agressivas, ela deve ser abolida, porém, se o nível de intensidade do som do local for aceitável, ela será recomendável. No entanto, o exercício perceptivo para o reconhecimento dos sons existentes no entorno, assim como a medição do seu nível de intensidade, é essencial.

Essa questão, conforme citou-se anteriormente, foi proposta de modo que pudéssemos verificar se os respondentes associam entre as afirmativas, situações de projeto em que o desconforto sonoro se faz presente, e por isso devem ser evitadas.

A primeira afirmativa “o edifício escolar deve ser permeável” recebe concordância irrestrita de onze alunos, demonstrando que estes ainda não associam às aberturas à possibilidade de entrada e saída do som, e com isso, expor o edifício ou a vizinhança, aos sons ou ruídos que serão propagados no meio. Também desconsideraram outros fatores ambientais que não foram citados, assim como aspectos comportamentais. Para concordar plenamente, o respondente necessitaria de mais dados descritivos sobre o local do projeto e sobre as características da edificação.

No entanto, um pouco mais da metade da população entrevistada “concorda parcialmente” com a afirmativa, ou seja, reconhece que por outros fatores de projeto tais como, o clima, a luz, a paisagem, o conceito, ele pode ser permeável. Porém, existem características do lugar que impõem que esta permeabilidade seja controlada, como por exemplo, a presença do ruído.

As respostas — “discordo parcialmente e discordo totalmente” — receberam quatro votos cada. Nesta questão, discordar totalmente de uma afirmativa genérica, sem ter no mínimo dados do entorno, é radicalizar desnecessariamente. Para uma edificação proposta em clima tropical úmido, onde a integração visual é importante, não se justifica pensar o edifício negando por princípio torná-lo permeável. Discordar parcialmente demonstra que o projetista, inicialmente, prefere um edifício mais fechado, o que é bom para que fique resguardado da influência dos sons externos à escola, mas péssimo para a ventilação e fruição da paisagem. Porém, tolera que ele estabeleça um maior contato com o exterior, face a outras imposições do projeto.

- Ginásio esportivo deve estar próximo ao bloco de ensino

Essa opção de vizinhança é problemática. Os ginásios esportivos são inegavelmente fontes sonoras com influência significativa no entorno quando se exercem atividades em seu interior. Apitos, ruídos do impacto de bolas sobre as superfícies, vozes, todas estas fontes isoladas ou em conjunto reverberando produzem ruídos que ultrapassam os limites físicos do ginásio pela área de ventilação permanente. O ginásio, é por natureza, um objeto espacial reverberante por suas próprias dimensões e volumetria. Ele é também um objeto, que necessita de alta taxa de circulação do ar, o que implica na adoção de grandes aberturas, facilitando o escape do som produzido internamente por atividades esportivas ou de lazer às áreas externas.

O tratamento acústico em ginásios, através do uso de matérias absorventes é possível (PERKINS, 2001)²⁴, embora o custo dessa decisão certamente seja muito alto. Para evitar este tipo de problema e outros futuros, é importante se estudar mais demoradamente a setorização do projeto. O que é mais correto, simples e barato.

A resposta correta seria discordar terminantemente. Do total de entrevistados, dezoito discordaram totalmente da proposta, valor igual aos que optaram por discordar parcialmente. Contudo, não é possível ignorar que dezessete alunos acreditam não existir problemas na questão proposta, demonstrando que não reconhecem a influência sonora de um ginásio sobre sua vizinhança.

- As características do entorno influenciam no partido arquitetônico

Considerando que um projeto origina-se de uma concepção abstrata, os elementos existentes no lugar serão condicionantes para a delimitação dos limites da intervenção arquitetônica. A característica do entorno influenciará nas decisões formais, funcionais e técnicas do edifício. Identificar a presença do som nesta fase projetual e associá-la ao desenho de concepção de um objeto permitirá que na relação entre os três elementos — forma, aspectos funcionais e técnicas construtivas — haja equilíbrio e, com isso, obtenha-se um objeto arquitetônico com a qualidade ambiental ideal. O diagnóstico detalhado, considerando modificações futuras no meio urbano, precedido do desenho, evita que ocorram modificações significativas na edificação após a obra, a fim de corrigir as falhas sonoras (PERKINS 2001)²⁵

Não devemos subestimar as características do lugar. Ao contrário, precisamos aumentar a nossa sensibilidade para seus componentes. Em parte já identificamos que a indiferença ao meio vem se reduzindo. Isso tem se modificado com o passar dos anos. Hoje compreendemos que a arquitetura se insere em lugares que são definidos por substantivos, pela qualidade dos seus elementos, por valores simbólicos e históricos; é ambiental e está fenomenologicamente com o corpo humano. (MONTANER 2000)²⁶

Verifica-se que cerca de dezenove alunos concordam totalmente que o entorno influi no partido arquitetônico e vinte cinco concordam parcialmente. Somados, formam um grupo expressivo.

Relembrando as respostas das questões anteriores, em especial a 2D, onde estão relacionados os elementos ambientais, os estudantes apontaram a insolação como o fator mais importante no estudo preliminar. Por isso, é provável que, ao deterem-se na análise do entorno, tenham observado tanto o sombreamento provocado pelas edificações, como as características sonoras do lugar. Durante a visita feita ao local escolhido para a implantação do projeto, ao produzirem o diagnóstico da área, costumam observar as fontes sonoras e relatar se os níveis sonoros são desconfortáveis ou não.

Lembramos que na época das entrevistas, o diagnóstico era realizado para um terreno existente na Avenida Maracanã no bairro da Tijuca. Um local de entorno consolidado, com um canal que marca de modo dominante a paisagem, complementado por edifícios altos e grande fluxo de veículos. O local abrigaria o projeto de uma escola de primeiro e segundo graus.

Nove respondentes, ou seja, quase vinte por cento do grupo entrevistado, discordam da afirmativa, enfatizando a baixa compreensão da área na qual projetaram e sua influência sobre o objeto projetado.

- Oficinas, salas de música e grêmios, devem ficar integradas às salas tipo

As salas tipo ou as salas universais são consideradas como aquelas que receberão os alunos para as atividades teóricas cotidianas. Nelas, o projetista concentra suas atenções a fim de criar um espaço adequado e propício ao aprendizado. Já as oficinas são espaços para o ensino de disciplinas que exijam equipamentos específicos para o desenvolvimento de aulas práticas. Por exemplo, em uma escola para o ensino fundamental são usuais as oficinas de arte, que caracterizam um espaço para a criação; já em uma escola técnica, as oficinas abrigam a prática de mecânica, elétrica, marcenaria, entre outras. Em que são semelhantes? Nos ruídos de suas atividades, que podem atingir níveis indesejados e inadequados ao conforto acústico das escolas. O grêmio tem características semelhantes, por ser um espaço para a livre conversação e integração social. Estes três tipos de salas de aulas, não devem ficar próximos às salas universais. Isso indica que as respostas corretas devem estar inseridas no grupo que discorda totalmente ou então naquele que discorda parcialmente. Essa última opção é uma resposta aceitável, tendo em vista que há possibilidade das salas pertencerem ao mesmo setor, sem que haja aproximação física entre elas.

As respostas, surpreendentemente apontaram a opção “concordo parcialmente” e “concordo totalmente”, demonstrando a inexistência de domínio e compreensão das atividades desenvolvidas nas salas de aulas, tampouco, a percepção dos sons produzidos nestes ambientes.

A palavra integração é muito presente na questão 1A, na qual justificaram a meta do projeto. Portanto, parece que para a maioria dos alunos é inaceitável pensar na possibilidade de criar ambientes não integrados, mesmo havendo perdas na qualidade dos espaços. Por outro lado, há um reduzido número de estudantes que aceita o risco de não integrar, selecionando as afirmativas mais corretas: discordo totalmente e discordo parcialmente.

- Na localização de refeitório e cantina deve ser priorizada a redução do percurso dos alunos em relação às salas de aula

O sistema distributivo de um edifício é responsável pelos fluxos de homens, máquinas e equipamentos através das zonas funcionais. Ele é uma resposta da proposição arquitetônica à ligação entre os diferentes setores que compõem todo projeto. A redução do percurso é sempre positiva, desde que a aproximação das zonas não influa de modo nocivo nas atividades desenvolvidas no interior dos ambientes.

Os refeitórios e cantinas são, reconhecidamente, ambientes nos quais o comportamento dos alunos é mais expansivo, pois são usados em momentos de descontração. São locais nos quais os alunos podem rir, usar a voz num tom mais elevado, ou até mesmo terem outras manifestações sonoras. (PERKINS 2001)²⁷ Além do comportamento dos usuários, os equipamentos utilizados nestes espaços tais como louças, talheres e garrafas, entre outros, também contribuem para maior propagação do som. Priorizar a redução do percurso, neste caso, favorece a perda do conforto acústico, pois aproxima do setor pedagógico um ambiente ruidoso.

No percurso dos alunos já ocorre uma produção intensa de ruído originado pela conversação entre eles. O dimensionamento de refeitórios deveria incluir, preferencialmente, toda a população da escola, pois, ao contrário, se o uso for feito por parte da população em intervalos regulares, isto ocasionará grandes conflitos sonoros. Afinal, o deslocamento de cada grupo produzirá ruído na circulação que será somado aos do próprio refeitório.

As respostas demonstraram que a maioria dos alunos não identifica os compartimentos apontados na questão como áreas de interferência sonora. Por isso, priorizam a redução do percurso, até porque estão envolvidos com as exigências relativas à acessibilidade. Do total, trinta e duas respostas concordaram que o caminho entre salas e refeitório deve ser o menor possível. E apenas vinte e um discordam, incluídos nesse grupo, apenas sete respostas corretas, referentes à opção “discordo parcialmente”. Por que esta resposta é considerada a mais correta? Porque se a população for reduzida, todos irão ao refeitório simultaneamente, sem que haja prejuízo no conforto sonoro das salas; se for uma pré-escola, a atividade dirigida não é prejudicada pelo percurso de outras crianças; os ambientes podem estar próximos, mas em oposição na localização.

- Salas muito profundas são adequadas para viabilizar uma grande população de alunos.

Em uma escola, as salas de aula precisam ter ótima iluminação e ventilação, excelentes condições de visibilidade e ótima compreensão das palavras emitidas. Para os alunos que ficarem situados mais ao fundo do ambiente, em salas com este tipo de solução, a visão do quadro ou da tela de projeção será ruim e haverá dificuldade de interação com o professor. Em função da volumetria, serão reverberantes, não permitindo a boa inteligibilidade dos sons sem que haja um tratamento específico para a correção do tempo de propagação destes. (ARAU 1999) Em resumo, mesmo que a legislação de ensino permita uma população superior a quarenta e cinco alunos em sala, o arquiteto sabe que o espaço físico terá de receber uma atenção especial quanto ao seu dimensionamento, detalhamento, e especificação.

O perfil do teto, que quase nunca é considerado, pode favorecer a audibilidade ao fundo da sala, porque reduz a diferença entre a distância percorrida pelo som direto, e o refletido.

Vinte e nove alunos escolheram a resposta mais adequada: discordaram totalmente. E onze discordam parcialmente. Provavelmente consideraram a dificuldade visual causada pelo excesso de profundidade, ou ainda, pela própria capacidade numérica de alunos na sala, que por si, é desagradável e pouco pedagógico.

Como nas questões anteriores, um número expressivo de respondentes não reconheceu a existência significativa de ruídos provenientes do ginásio, e do refeitório, e é pouco provável que identifiquem as dificuldades acústicas que este tipo de sala gera. Parte desse grupo está presente nas treze respostas que concordam com essa configuração de sala. Este desenho, combinado com os materiais rígidos dos seus revestimentos, propicia a formação de diversos fenômenos acústicos, que comprometem a qualidade do som emitido. Por isso, haverá dificuldade de compreensão da fala do professor nas últimas fileiras de carteiras.

- O pátio coberto centralizado, com as salas à sua volta é a melhor opção de localização porque favorece o controle visual durante o recreio ou outra atividade.

Esta opção, voltada para o controle visual dos alunos é uma das solicitações exigidas ao arquiteto em projetos para as escolas municipais face ao quadro restrito de funcionários auxiliares que controlam os espaços externos aos das salas de aula.

Não perder o aluno de vista é sempre uma questão imposta durante o processo projetual. Porém, o pátio centralizado, coberto ou não, toda vez que nele se praticar uma atividade, ela interferirá nos ambientes à sua volta. Se estas atividades puderem ser controladas através do horário e do tempo de uso, sem que haja prejuízos para os membros da escola, o pátio central será adequado. No entanto, se o horário de uso for restrito e, se ao utilizá-lo, o comportamento dos alunos for excessivamente controlado, afirmamos que esse pátio está erroneamente localizado.

Para Reis-Alves (2003)²⁸ existe entre o pátio e as salas de aulas uma relação dicotômica. Pois para que o pátio possa exercer sua função plena de lazer, é melhor que se localize afastado da área pedagógica. Desse modo assegura-se que os sons ou os ruídos produzidos no pátio durante o período de recreação não afetem as salas de ensino e ou as áreas de atendimento ao público, como secretaria e direção. Mesmo em se adotando circulação periférica, formando uma zona de transição entre o pátio e as salas para auxiliar na redução da transmissão sonora entre essas duas áreas, não é recomendado que o pátio **recreativo** situe-se no centro da edificação. No entanto, um pátio **contemplativo**, com jardim, fonte ou espelho d'água, não é inadequado na localização central.

A maioria das respostas a esta questão se distribuiu entre opções opostas. Dezenove alunos concordam parcialmente e dezesseis discordam parcialmente. A maior pontuação entre as respostas foi dada para a opção “discordo totalmente”, que foi opção de doze alunos.

Um pátio recreativo é uma fonte de ruído significativa quando estiver em atividade. Não há como conciliar seu uso com as salas de aula. Concordar totalmente é reiterar que a visão é mais importante entre todos os sentidos, sublinhando que muitos estudantes não reconhecem o pátio como um elemento de perturbação do edifício. Concordar parcialmente demonstra que mesmo os alunos reconhecendo, parte dos problemas que irão surgir, por conta desta decisão, eles não querem arriscar uma nova proposição. Digamos que, este, é um “modelo tradicional de implantação” e atende satisfatoriamente ao conceito de centralidade.

- Revestimento cerâmico no piso e nas paredes são as melhores opções neste tipo de edificação

O conhecimento das propriedades dos materiais propiciará o uso correto destes para cada situação arquitetônica. Os materiais de construção, entre tantos papéis aos quais irão responder, tais como: estrutural, de vedação ou de cobertura, de preenchimento, de proteção contra as intempéries, de isolamento térmico, decoração, de preservação e de transmissão de luz, tem também um papel sonoro a cumprir, (WESTON, 2003)²⁹. É fundamental que o material de vedação isole o som aéreo, e que o piso seja proposto de forma que se reduza o ruído de impacto.

A manutenção é um fator primordial no edifício escolar. Para o arquiteto é um desafio conciliar as necessidades técnicas e estéticas que são expressas pelo material, associados ao custo do empreendimento e a imposição de durabilidade. Pisos e paredes especificados em cerâmica, para alguns gestores, reduzem o custo de manutenção feita com pintura, cujo desempenho acústico é semelhante. Porém, as cerâmicas são mais duráveis e podem ser esteticamente interessantes à composição. O problema é que por não terem porosidade significativa, quase não absorvem o som incidente, tornando o local sujeito a excesso de reflexões. Alguns elementos complementares, tais como quadro de avisos em material poroso ou prateleiras com livros, podem auxiliar na absorção do local. No entanto, não são componentes frequentes em todas as salas. Portanto, para especificar este material, é relevante que o arquiteto saiba se o valor do tempo de reverberação (SILVA 2005)³⁰ está adequado ao volume da sala.

Como os materiais influem no valor do TR, a simulação do cálculo, antes de uma decisão final, auxiliará o projetista a optar pela melhor solução. Caso haja verba, o tratamento do teto com forros absorventes é o mais recomendado e não apresenta tantos conflitos com a durabilidade.

Materiais rígidos, por sua pouca porosidade, têm baixa capacidade de absorção sonora, alcançando a faixa de frequência de 500Hz (que é a da frequência da voz humana) um coeficiente de absorção inferior a cinco por cento do som incidente (ARAU,1999)³¹.

Ora, se revestimos uma sala de aula com pisos e paredes em material cerâmico, o resultado sonoro será desagradável. A absorção estará desequilibrada quanto à distribuição dos materiais, propiciando uma elevada reverberação na sala de aula. Quer dizer, na prática teremos uma sala de aula com superposição sonora, resultante do excesso reflexões do som, o que dificultará a compreensão das palavras.

As respostas revelam que os estudantes ainda não discutem plenamente a influência dos materiais na arquitetura. Falta questionar mais sobre a decisão tomada. A maioria das escolhas expressa preocupação apenas com um fator — a durabilidade, associada ao menor custo de manutenção— desconsiderando os demais fatores, que em conjunto, interferem na qualidade do ambiente.

Outras perguntas podem ser feitas, independentes da questão sonora, para confirmar se esta é a melhor opção, como por exemplo: Qual será a sensação de estar numa sala com esta especificação? Parecerá um ambiente de ensino? Encostar-se à parede nos dias de inverno, será muito incômodo? Visualmente é atrativa? Troca de instalações, caso seja necessária algum dia, é simples com esse material?

Embora, no universo de respostas, a maioria tenha decidido por “concordo parcialmente”, esta não é a resposta mais correta, mas revela ao menos que o grupo entende que não é só a manutenção que define escolhas de materiais. Há um número reduzido de discordantes e entre eles, apenas quatro, “discordam totalmente”. Quer dizer, apenas este restrito grupo de alunos, reconhece efetivamente que esta solução é inadequada para o local.

- Pé direito acima de 4,00 m ajuda no conforto acústico das salas

O pé direito de uma sala é um elemento influente na sua volumetria. Associado a uma boa distribuição de aberturas, e a detalhamentos pertinentes, a altura auxilia na ventilação natural, na iluminação e afasta do usuário a zona de calor que se forma próxima ao teto. Porém, associado à largura e ao comprimento da sala, o pé direito em salas retangulares, pode produzir uma relação geométrica que cria um ambiente sonoramente desconfortável, com ecos e ressonâncias. (ARAU 1999)³².

O conforto acústico em um ambiente implica na adequação do tempo de reverberação à atividade que nele se desenvolve, aliado a uma forma que favoreça a distribuição equânime do som para os ouvintes, além da sua localização e os materiais empregados na sua estruturação possibilitarem o isolamento necessário dos ruídos.

O pé direito associado à largura e ao comprimento da sala define o volume do vazio, ficando este valor, diretamente proporcional ao tempo de reverberação. Porém, será a característica do revestimento das superfícies que definirá se o som incidente será mais ou menos absorvido. Como, de modo geral, no nosso país, adota-se como solução para as salas de aulas a pintura sobre a alvenaria, cuja absorção é reduzida, o uso de pé direito elevado implica num ambiente reverberante. Considerando-se que para a fala, os ambientes reverberantes são inadequados por afetar a inteligibilidade das palavras, concordar com a afirmativa não é a resposta mais correta.

A maioria das construções residenciais executadas a partir dos anos oitenta, no Rio de Janeiro, teve o pé direito bastante reduzido com o aval da legislação municipal. É possível que grande parte

dos respondentes, por morarem nessas edificações, vivencie todo o desconforto de um ambiente de altura reduzida e acredite que maiores alturas sejam adequadas ao projeto. Porém, a pergunta é objetiva quanto à acústica, não cabendo, neste caso, outra associação.

Através das respostas desta questão, vê-se que o conhecimento acústico por parte dos estudantes ainda é muito pequeno. Mais da metade dos entrevistados concordaram com a afirmativa. Considerando que aparentemente eles se preocupam mais com o conforto térmico dos ambientes, é provável que este grupo de respondentes tenha raciocinado a partir das necessidades em resolver os problemas da ventilação dos ambientes por ser uma solução compatível ao clima local.

3.2.2 O QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFESSORES

A equipe de PA III é composta por seis professores efetivos com mais de dez anos de experiência docente. Essa disciplina, após a modificação do currículo em 2004, teve sua carga horária reduzida para 90 horas semestrais objetivando sua melhor integração com a disciplina de conforto ambiental para que os alunos, ao desenvolverem seus trabalhos, utilizassem os equipamentos do laboratório de conforto. Atualmente o laboratório atende a parte de conforto térmico, com Heliodon e alguns *softwares* para a simulação térmica, além de *softwares* destinados a simulação do desempenho da luz natural nas edificações.

Segundo os professores da disciplina de projeto, a primeira parte do curso é dedicada à fundamentação do tema. Nesta, os alunos trabalham uma série de exercícios sob forma de seminários voltados para a formação de seu pensamento teórico e crítico sobre o projeto a ser posteriormente desenvolvido.

A equipe docente organizou uma programação de curso bastante detalhada da qual retiramos os critérios de avaliação adotados para que possamos entender quais foram, para eles, os elementos considerados significativos do projeto durante o desenvolvimento do trabalho dos alunos, posteriormente empregados na etapa de avaliação. Esses critérios foram:

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Ao início de cada trabalho deverão ser explicitados com clareza os critérios a ser avaliados na avaliação dos trabalhos. Como critérios gerais serão verificados os seguintes pontos:

- a) processo projetual: conceituação/fundamentação teórica que embasam as propostas/estudos; evolução da idéia, coerência e adequação na integração da proposta projetual com os condicionantes culturais, geográficos, técnico construtivos, **ambientais**, econômicos e culturais.
- b) coerência entre os valores e conceitos expressos no memorial e a proposta projetual;
- c) qualidade estética: composição, volumetria, relação com o entorno urbano, relação e hierarquia entre ambientes internos e externos (privados, semi-públicos e público);
- d) viabilidade técnico-construtiva (construtibilidade) adequação e coerência entre: materiais, sistemas e elementos construtivos; entre programa arquitetônico e concepção arquitetural; da linguagem /representação dos elementos estruturais, de cobertura, de embasamento, das vedações e dos materiais de acabamento;
- e) **adequação ambiental**: atendimento às recomendações para configuração e implantação do edifício e dos seus principais elementos, privilegiando a **ventilação natural e o controle da radiação solar**;

- f) adequação, coerência e hierarquia dos aspectos físico-funcionais: dimensionamento e organização dos ambientes externos e internos; do seu mobiliário/equipamento; acessos e fluxos; circulações horizontais e verticais;
- g) participação em sala de aula, interesse pelo tema, pontualidade
- h) apresentação do projeto: organização, clareza, expressão oral, escrita, gráfica e maquete

Outro dado significativo para nossa pesquisa foi o “roteiro de visita” fornecido aos alunos. De acordo com a organização do curso, as turmas são subdivididas em quatro grupos para facilitar a organização dos relatórios produzidos após observação em campo dos quais são analisados os quatro itens seguintes:

- a) aspectos funcionais;
- b) aspectos históricos e de evolução urbana;
- c) **aspectos ambientais** e paisagísticos;
- d) aspectos arquitetônicos e urbanísticos.

O item “c”, especialmente relacionado a aspectos ambientais e paisagísticos, solicita que o aluno observe “aspectos do meio ambiente local” considerando a insolação, ventilação, poluição (sonora, atmosférica, visual, etc.), indicando focos de poluição e focos de atratividade.

Após compreendermos a metodologia adotada, os exercícios aplicados e os critérios de avaliação, iniciamos a entrevista. Nossa intenção fundamentou-se em detectar se o som aparecia como um fator significativo do projeto no discurso dos professores e no seu trabalho de orientação desenvolvido nos ateliês.

3.2.2.1 As QUESTÕES ABERTAS

- Primeira pergunta: No trabalho produzido no atelier, o que norteou o desenvolvimento do projeto de escola?

O projeto desenvolvido na disciplina seguiu o programa do CAP – Colégio de Aplicação da UFRJ que atende do ensino fundamental ao ensino médio. Para a maioria dos professores, o que direcionou seu trabalho no período, foi “ênfasis que um espaço para ensino é fruto da linha pedagógica adotada pela escola que, bem compreendido pelo autor do projeto, originará ambientes agradáveis e adequados às diversas atividades desenvolvidas no seu interior”.

Esses professores também iniciam seus alunos na percepção do contexto urbano, do qual devem retirar as informações que justifiquem suas decisões sobre os espaços públicos e privados, sobre a identidade do edifício, e a hierarquia dos volumes. Organizam palestras e visitas às escolas públicas no intento de facilitar a compreensão do conceito, programa, legislação e tecnologia para embasar as propostas dos alunos.

Neste processo de formação “há uma intenção de estimular o aluno a trabalhar os elementos abstratos que influenciam no projeto, ou seja, que eles dediquem um tempo de reflexão sobre o que é a escola, seu papel na sociedade, seu significado para a comunidade, de que modo exercerá influência no local que será implantada, entre outros

No início dos trabalhos, “eles recebem a orientação dos professores da equipe sobre o roteiro da visita ao terreno cujo relatório deverá abordar aspectos urbanos em que o uso do solo e a legislação têm peso expressivo, assim como as características ambientais do local, onde será inserido o projeto.”

Nessa análise do entorno são observadas a insolação e a ventilação que, para a maioria dos professores, são os elementos mais significativos do conforto ambiental, além da vegetação e das fontes de ruído.

Alguns professores acreditam ser, o quinto período, “um momento importante para o exercício crítico sobre a legislação,” por isso solicitam aos alunos que desenvolvam uma pesquisa para posteriormente verificar as contradições existentes no conteúdo da edificação vigente.

É importante frisar que “a orientação geral sobre o trabalho a ser desenvolvido é, antecipadamente discutida e definida por todos os docentes da equipe.”

Eles também procuram mostrar aos alunos a existência de uma metodologia de desenvolvimento do projeto que os acompanhará sempre, independentemente do tema proposto. Apesar disto, “o trabalho no atelier varia de acordo com as características metodológicas e valores projetuais individuais de cada professor” embora, fique claro, que todos dedicam muita atenção ao processo construtivo e ao partido estrutural. Em comum acordo, adotam como objeto arquitetônico de referência a escola municipal Edmundo Bittencourt, projetada pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy, pertencente ao conjunto Pedregulho em Benfica.

“A escolha desta escola relacionou-se ao fato de pertencer a um conjunto arquitetônico que é um marco na arquitetura moderna do país,” muito visitada por arquitetos e estudantes estrangeiros que vêm ao Brasil estudar a nossa arquitetura.

“O primeiro elemento valorizado nesta obra é o da sua resistência ao tempo; com mais de cinquenta anos ela se mantém atual em suas soluções formais, funcionais e técnicas. Por ser uma escola pequena, com seis salas de aula, é fácil compreender e memorizar sua organização espacial facilitando as futuras discussões em sala de aula sobre o edifício.”

A sua escala favorece a observação de particularidades que auxiliarão na orientação dos projetos desenvolvidos posteriormente pelos alunos.

O uso do brise-soleil, as varandas integradas às salas de aula permitindo a flexibilidade do espaço pedagógico, as soluções de ventilação cruzada que não compromete a privacidade das salas, são os itens apontados pelos docentes que justificam torná-la uma referência para os alunos.

Um dos professores observa que “nas palestras sobre edifícios escolares municipais e estaduais oferecidas aos estudantes inscritos na disciplina, entre os aspectos funcionais do edifício o conforto ambiental foi também abordado”. No entanto, no entendimento deles, “os alunos custam a compreender os princípios de conforto que se manifestam no processo de implantação do edifício, tais como a insolação e a ventilação”. Infelizmente, muitas vezes, “essa dificuldade continua presente no TGF – trabalho final de graduação.”

Na visita feita pela equipe de PA III à escola Edmundo Bittencourt, os docentes aproveitaram para mostrar as boas soluções de conforto adotadas por Reidy, contrapondo-as com escolas que também adotaram a ventilação cruzada, mas têm um problema acústico grave devido à localização dos vãos.

“O intuito das visitas é mostrar aos alunos as modificações marcantes ocorridas na arquitetura de escolas ao longo do tempo, enfatizando a possibilidade da adoção de soluções simplificadas conferirem identidade ao edifício, de como conseguir boa iluminação natural e sombreamento nas salas de aula”.

Para os entrevistados, “os espaços de ensino por eles vivenciados antes do ingresso na faculdade, exercem uma influência muito forte sobre suas decisões de projeto, e alguns alunos acabam por reproduzi-los sem questionamentos. Observa-se uma tendência comum entre os alunos quanto ao uso do pátio central no edifício proposto e a adoção de espaços compartimentados, pouco flexíveis, impeditivos às novas experimentações.”

Este problema, adicionado ao da escassez de livros nacionais específicos sobre o tema, segundo alguns entrevistados, “dificulta uma visão plena do que é produzido no país, no entanto, a bibliografia internacional revela que em outros países a arquitetura de escolas é mais atrativa, humanizada e tecnologicamente mais diversificada do que a que produzimos no Brasil”. Além dos investimentos na execução e manutenção dos edifícios serem muito maiores, diferentemente do que ocorre entre nós.

Para os professores da disciplina, “o trabalho desenvolvido durante o semestre nos ateliês visa, sobretudo, despertar os alunos para essa reflexão,” ou seja, “a produção da arquitetura dentro da nossa realidade cultural e social, fortalecendo neles as argumentações que justifiquem suas propostas, além das questões arquitetônicas próprias ao projeto em curso”.

- Segunda pergunta: O trabalho desenvolvido pelos alunos atingiu o objetivo proposto?

Para a equipe docente os alunos envolveram-se e participaram com entusiasmo no trabalho desenvolvido no atelier apesar da heterogeneidade entre eles. Para um dos professores, por sua turma ser homogênea, foi fácil conduzir as discussões e obter resultados que integrassem diversos aspectos do projeto, inclusive os relacionados ao conforto ambiental. No entanto, para os outros professores, pelo fato de alguns aspectos de conforto ainda causarem dúvidas entre os discentes, “alguns elementos são apenas reproduzidos, impelindo-os a adotar soluções pouco adequadas para um edifício público, como por exemplo, o telhado verde.”

De qualquer modo, a observância da insolação é o fator mais cobrado. Um dos professores lamenta que haja pouca referência bibliográfica sobre acústica integrada ao projeto, principalmente sobre auditórios, por isso costuma trabalhar o tema junto aos alunos a partir de problemas construtivos identificados em ambientes de ensino como, por exemplo, escolas que adotaram paredes de meia altura na sala de aula, comprometendo a privacidade do local, ou as que empregaram material construtivo único como o concreto, que produzirá ambientes excessivamente reflexivos.

Outros professores salientam que, “é muito gratificante acompanhar a evolução da proposta ao longo do período. O trabalho no atelier obriga que o aluno exercite sua capacidade de argumentação ao receber e formular crítica aos projetos.” As defesas são feitas através de seminários, e, por vezes, o trabalho que será desenvolvido ao longo do período é escolhido pelos colegas de sala entre três soluções apresentadas. “Porém, há um fator limitador nos resultados que provém do desenho de arquitetura que, de modo geral, é muito fraco entre os alunos”

“A boa conceituação do projeto, que alguns alunos conseguem definir, nem sempre resulta em um objeto exequível.” De modo geral o aluno ainda não domina e não é atento ao aspecto técnico do projeto, mas “há uma evolução nas soluções formais do edifício e na compreensão da sua função.” Para alguns professores “há criatividade nas propostas apresentadas pelos discentes, no entanto, o resultado formal da maioria dos projetos, é modesto”.

- Terceira questão: Na sua visão de orientador, qual a maior dificuldade que os alunos enfrentaram durante o projeto?

“**Expressar o conceito do projeto.** No geral, resolver as questões relacionadas a soluções técnicas e aos aspectos construtivos da edificação (sistemas, materiais, técnicas).”

“**A espacialidade** é outro problema a ser enfrentado. Entender que existem espaços para muitas, poucas e pouquíssimas pessoas e que ele precisa ser compatível a estes quantitativos.” O baixo domínio da visão espacial também cria dificuldades, segundo os professores, na proposição dos volumes e acessos verticais e, de modo geral, os alunos insistem em definir o projeto só com o estudo em planta baixa.

O mau hábito de trabalhar a idéia a partir da planta sem o estudo tridimensional é combatido através da solicitação da maquete. “Por não dominar o desenho de representação, o aluno não consegue expressar graficamente sua idéia de forma clara. Deste modo, a maquete entra como instrumento complementar que o auxilia na compreensão tridimensional do objeto”.

“Alguns dedicam muito tempo às questões plásticas e conceituais não elaborando a execução do projeto.” Com isso, vão se distanciando do aspecto utilitário do edifício.

Observa-se que “as questões abstratas do entorno, tais como a morfologia, seu histórico, e a diversidade de implantação dos edifícios nos lotes, não são assimiladas pelos alunos”, por isso alguns professores dedicam um número de horas do projeto ao estudo das áreas externas e sua relação com o edifício.

Outra dificuldade apontada se refere à resistência dos alunos em inovar o espaço de ensino, mantendo-o muito rígido e compartimentado. “Ignoram ou não aceitam as novas possibilidades das práticas de ensino e, com isso, deixam de propor espaços mais integrados, flexíveis e menos especializados. Custam a se libertar da influência dos espaços vivenciados por eles até o ensino médio, retardando a experimentação de novas propostas”.

Por último, constata-se nos depoimentos que o tempo de desenvolvimento para o projeto foi mais um dos obstáculos a ser vencido.

- Quarta questão: Quais os aspectos interdisciplinares que foram trabalhados no projeto?

A equipe de PAIII desenvolve um trabalho pedagógico que procura resgatar o conhecimento adquirido nas disciplinas cursadas nos períodos anteriores e estimula a integração do projeto com as outras disciplinas oferecidas no período. Observa-se que há um emprego dos conteúdos desenvolvidos nas disciplinas do Departamento de Representação da Forma - DARE, através dos conceitos e estudos volumétricos da edificação. Entre as disciplinas oferecidas através do Departamento de Tecnologia da Construção - DTC, os conteúdos de instalações hidráulicas e saneamento básico, desenvolvidas no período, são aplicados no projeto, assim como alguns conteúdos das disciplinas do Departamento de Estrutura - DE. No entanto, segundo os professores, “os alunos ainda são tímidos na proposição de vãos, balanços e espaçamento de pilares não relacionando a proposta estrutural à proposta construtiva.”

“Os professores de conforto ambiental facilitaram a integração da sua disciplina aos projetos desenvolvidos à medida que aplicaram neles os conceitos de insolação e ventilação.” Segundo os docentes, “na palestra sobre as escolas do CIEP e na visita feita à escola Edmundo Bittencourt, pertencente ao conjunto habitacional do Pedregulho, eles tiveram algumas orientações sobre as condições acústicas do projeto a partir da análise do emprego da ventilação cruzada nas salas de aula.”

Foi solicitado pelos professores que eles aplicassem o conhecimento adquirido nas disciplinas de materiais e técnicas construtivas na especificação do trabalho produzido nos ateliês. Enfim, a intenção da equipe de orientadores é “recuperar os conteúdos que se aplicam imediatamente ao projeto e despertar o aluno para a importância de continuar a trocar informações com o corpo docente da FAU”.

- Quinta questão: As disciplinas dadas até o período de PAIII (5º período) dão base para o desenvolvimento de um bom trabalho? Por quê?

“A maior parte dos alunos vem com boa base conceitual e teórica em termos formais e funcionais, porém encontram dificuldades na solução de problemas relacionados aos aspectos técnicos da edificação, tais como estruturas, telhados e instalações entre outros tantos”.

Quanto a esse aspecto, há uma crítica aos conteúdos já desenvolvidos, que não incluíram visitas a obras em andamento. “A experiência adquirida no Trabalho Integrado, junto ao PAII, que desenvolveram no período anterior, auxiliou muito na compreensão por parte dos alunos de que ninguém projeta sem trocar conhecimento.” Desta forma, reforça-se a importância dos conteúdos desenvolvidos nas disciplinas dos departamentos de Tecnologia, Estruturas e Forma. “No entanto, é preciso que se estimule o aluno a buscar informações com outros professores. Ele precisa pensar na caixa d’água, na cisterna, no lixo, no reservatório de incêndio, nos materiais que pode usar em um auditório ou em outra parte do edifício.”

Observa-se na maioria das falas, a necessidade de tornar aplicável, por parte do aluno, o conhecimento adquirido anteriormente. “Ele precisa dominar os conteúdos que informam sobre o tamanho da calha que usará, a altura e largura da viga onde empregará no auditório da escola material absorvente ou refletor.” Porém, segundo alguns entrevistados, “se não houver da nossa parte, um direcionamento sobre o que ele precisa definir no projeto, o resultado acaba sendo muito superficial.”

“A maquete é uma ferramenta de auxílio no desenvolvimento dos trabalhos, por isso é importante que eles saibam fazer”. Os que dominam a técnica conseguem ir ajustando o produto, até obter um bom resultado. “Porém, de modo geral, a expressão gráfica é lastimável. Parece que os alunos temem desenhar, fazer croqui, gastar papel. Por reconhecermos que o desenho de arquitetura é muito fraco, retardamos o uso da representação gráfica por computador que, por consequência, também não é boa”.

Em parte, isso compromete o resultado das turmas. “Por vezes acompanhamos trabalhos cuja idéia e partido arquitetônico são, no conjunto, muito interessantes. No entanto, devido à dificuldade de expressão gráfica, o resultado é frustrante.”

O uso de programas que contêm simulações como o *sketch-up* permite que eles estudem o percurso do sol e verifiquem as sombras projetadas no terreno, pois “no nosso clima, ignorar o sol é uma falha injustificável.” Eles podem obter a mesma resposta utilizando o heliodon, no entanto, na opinião dos professores consumiria muitas horas de trabalho. Para testar a proposta no laboratório de conforto, “é necessário que antecipadamente façam as maquetes da edificação e dos elementos componentes do entorno e, nesse caso, é fundamental saber gerenciar o tempo.”

Alguns professores adotam a prática de solicitar aos alunos que tragam o projeto que desenvolveram no período anterior. Com isso, esperam “compreender as carências dos alunos e atacar os pontos deficientes logo no início dos exercícios”. Reconhecem que haverá maior unidade nos conteúdos teóricos à medida que haja diálogo com a equipe de professores de projeto do período anterior.

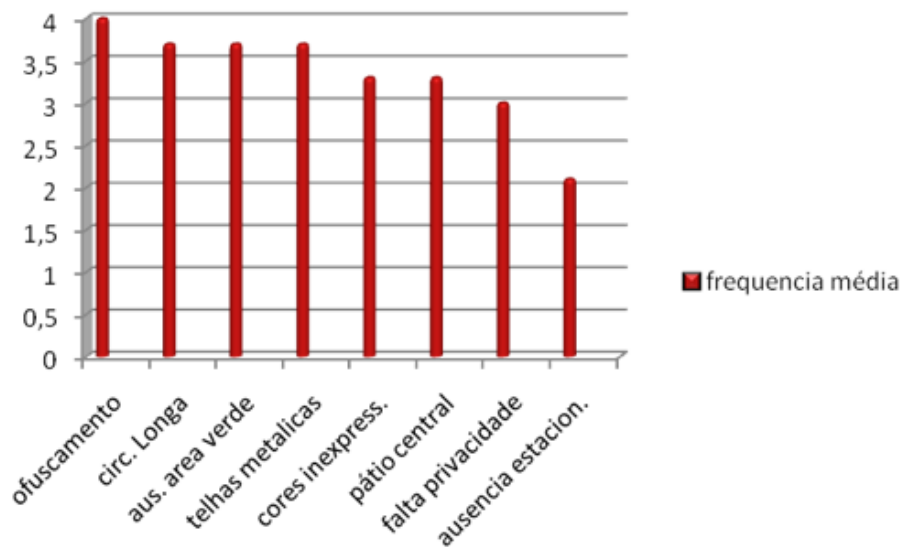
Terminada a etapa de entrevistas, foram aplicadas aos professores três questões fechadas, idênticas às respondidas pelos alunos. Omitimos os comentários referentes à construção das questões e a teoria de acústica relacionada, porque estes já foram feitos quando abordamos as respostas dos alunos no item 3.2.1.2.

3.2.2.2 As respostas dos professores relativas às questões fechadas:

QUESTÃO 2C – EM SUA OPINIÃO EM QUE MEDIDA OS PROBLEMAS ABAIXO RELACIONADOS TÊM INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO ESPAÇO ESCOLAR? — OPÇÕES DE RESPOSTA: MUITA; MÉDIA; POUCA, SEM IMPACTO.

Escala de importância	Muito	Médio	Pouco	Sem impacto	Frequência
Problemas	Número de respostas				
Circulações longas	4	2	0	0	3.7
Ausência de área verde	4	2	0	0	3.7
Ofuscamento na sala de aula	6	0	0	0	4.0
Cores inexpressivas	0	5	1	0	3.3
Falta de privacidade na sala	2	2	2	0	3.0
Uso de telha metálica simples	4	2	0	0	3.7
Pátio de recreação central	2	4	0	0	3.3
Ausência de estacionamento	1	1	2	2	2.1

Quadro 06 - problemas arquitetônicos e seu grau de influencia na qualidade do espaço escolar



Gráf. 3.2 – Frequencia média das respostas dos professores

Observamos nas respostas dos professores que o ofuscamento continua como o elemento de maior preocupação no projeto da escola. Em seguida, equivalentes, os problemas causados por extensas circulações, ausência de área verde e uso de telha metálica simples. A falta de privacidade na sala de aula é considerada menos problemática do que o uso de cores inexpressivas, que está no mesmo patamar de incômodo causado pelo uso do pátio central.

Mais uma vez, as respostas reforçam o domínio da visão sobre a audição. Também sugerem que há um “mascaramento” do som pelos elementos que atuam imediatamente nas decisões contidas no processo de desenho da edificação. Entre os que aparecem de forma difusa na questão 2C, temos :

- o conceito - pátio central
- o fluxo - circulações longas
- a luz - ofuscamento nas salas e cores inexpressivas
- o paisagismo - ausência de áreas verdes

QUESTÃO 2D - CONSIDERANDO A FASE DE ESTUDO DO SEU PROJETO, CLASSIFIQUE POR ORDEM DE IMPORTÂNCIA OS ASPECTOS ABAIXO (SENDO 1 O MAIS IMPORTANTE E 8 O MENOS IMPORTANTE)

Escala de importância	1	2	3	4	5	6	7	8
Problemas :	Número de respostas							
Insolação	5	1	0	0	0	0	0	0
Fontes sonoras pertencentes ao entorno	0	4	1	1	0	0	0	0
Ventos dominantes	0	0	3	1	2	0	0	0
Topografia	0	0	1	3	2	0	0	0
Legislação	0	0	0	0	1	3	0	2
Árvores frutíferas existentes no terreno	0	0	0	0	0	0	5	1
Sentido da via de tráfego	0	0	1	0	0	2	0	3
Edificações existentes no entorno imediato	1	1	0	1	1	1	1	0

Quadro 07- Ordenação dos elementos de influência no estudo preliminar do projeto

Nesta questão, a insolação, as fontes sonoras e os ventos dominantes são considerados, para os entrevistados, os três aspectos mais significativos na fase do estudo preliminar. Os três juntos compõem o tripé de conforto ambiental.

É interessante observar que nesta questão, como se faz referência ao som de forma direta, ele aparece como o segundo componente da escala de importância. No entanto, na questão anterior, ao citarmos a falta de privacidade nas salas, opção em que ele aparece um pouco “camuflado”, o seu grau de importância, para os respondentes, é diluído entre as oito opções. Na frequência das respostas, a privacidade aparece como menos importante do que a ausência de áreas verdes.

Por outro lado, ao fazermos uma comparação entre as respostas das questões 2C e 2D, verificamos que para a maioria, na 2C, a ausência de áreas verdes era muito significativa. No entanto, nesta questão, a vegetação (representada por árvores frutíferas) cai para a penúltima classificação na escala de importância. Aparentemente esta queda acontece, porque a existência de árvores frutíferas no terreno pode, dependendo da localização, ser mais um desafio que o projetista não quer enfrentar face a tantos outros mais impeditivos à qualidade do projeto..

Outro aspecto curioso diz respeito à composição do entorno. O grau de importância a ele atribuído não se consolida em nenhum valor. No entanto, as edificações componentes do entorno, de acordo com sua altura e distribuição na quadra, associadas às características das fontes sonoras locais, tornarão o local mais, ou menos ruidoso. Também influirão diretamente na insolação e nos ventos.

Então, nos parece que, apenas quando o som é citado de forma direta, ou quando o incômodo provocado por ele é reconhecido rapidamente, como no exemplo das telhas metálicas simples, é que se toma representativo, e com isso ocorre uma conscientização da sua interferência no projeto.

A legislação, mais uma vez mostra-se inexpressiva na escala de valores, mas está mais bem definida entre os professores do que entre os estudantes.

QUESTÃO 2 E - ASSINALE O QUE VOCÊ PENSA DAS AFIRMATIVAS ABAIXO:

Opiniões	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
Afirmativas:	Número de respostas			
1-O edifício escolar deve ser permeável.	2	4	0	0
2-Ginásio esportivo deve estar próximo ao bloco de ensino.	0	0	4	2
3- As características do entorno influenciam no partido arquitetônico.	4	2	0	0
4-Oficinas, salas de música e grêmios, devem ficar integrados às salas tipo.	1	4	0	1
5-Na localização do refeitório e cantina deve ser priorizada a redução do percurso dos alunos em relação às salas.	0	5	0	1
6-Salas muito profundas são adequadas para viabilizar uma grande população de alunos.	0	1	3	2
7-O pátio coberto centralizado, com as salas à sua volta é a melhor opção de localização porque favorece o controle visual durante o recreio ou outra atividade	0	2	0	4
8-Revestimentos cerâmicos no piso e paredes são as melhores opções neste tipo de edificação.	1	4	0	1
9-Pé direito acima de 4m ajuda no conforto acústico das salas.	0	1	5	0

Afirmativas	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
	Pontuação atribuída a cada resposta			
01	3	4	1	2
02	1	2	4	3
03	4	3	1	2
04	1	2	4	3
05	1	2	3	4
06	1	2	4	3
07	1	2	4	3
08	1	2	4	
09	1	2	4	3

Quadro 09- Pontuação atribuída a cada resposta .

Conforme vimos anteriormente, estabelecemos, na escala de pontuação, as seguintes classificações:

- De 9 a 15 – BAIXA
- De 16 a 22 – REGULAR
- De 23 a 29 – BOA
- De 30 a 36 – Alta Consideração com os Aspectos Acústicos

As respostas dos professores atingiram o mínimo de vinte pontos e o máximo de trinta pontos.

COMENTANDO AS RESPOSTAS:

Como os alunos, na questão relativa à permeabilidade, os professores em sua maioria, concordam parcialmente com a afirmativa.

Em função das necessidades do nosso clima, e do tipo de atividade em análise, justificamos anteriormente que o emprego da permeabilidade é aceitável quando há pouca interferência dos ruídos externos. Há também os que adotam a permeabilidade (capacidade da forma físico- espacial para permitir a integração e acessibilidade) como conceito- meta do projeto.

A concordância parcial, conforme já justificamos, é a opção mais correta, porque indica que o respondente observará as condições locais antes de tomar uma decisão, ou então, no caso da permeabilidade ser o conceito proposto para o projeto, analisará sua adequação. Aqueles que concordam totalmente com a afirmativa dão a impressão de que para eles, o conceito é o fator dominante para o qual converge toda a proposição. Por isso, postergam as discussões funcionais.

Na década de sessenta nos EUA, houve alguns experimentos de escola cuja proposta partiu do conceito de permeabilidade. Justificava-se no memorial, maior integração entre alunos e professores. No entanto, passado algum tempo verificaram que a solução interferia significativamente no comportamento de todos, ocasionando alguns conflitos, motivo pelo qual a idéia, aos poucos, foi abandonada.

Quanto ao ginásio, por ser uma fonte sonora facilmente reconhecida, ninguém concorda com a afirmativa. Porém, as oficinas e salas de música não são entendidas da mesma forma. Parece que ao

inserir-se na pergunta a palavra “integração”, esta acaba sugestionando a maioria dos respondentes a interpretar que a proximidade entre as salas é adequada.

Entre os professores, as características do entorno são reconhecidas como elemento de influência na proposição de novas edificações. A maior parte dos respondentes “concorda totalmente” com a afirmativa. No entanto, alguns têm algumas reservas quanto a esta opção. Não crêem que apenas as características do entorno influam no partido. Que elementos podem ser complementares ao entorno? As questões relativas à acessibilidade, os fatores culturais, a tecnologia e o custo da obra são alguns exemplos.

O pátio centralizado e coberto divide as opiniões. De qualquer modo, a opção “discordo parcialmente” prevalece entre os respondentes. Essa resposta tira um pouco a prioridade do controle visual, quase sempre imposto na localização do pátio. Os respondentes abrem espaço para novas reflexões quanto à localização de áreas recreativas em edifícios escolares. A idade dos usuários e as características do seu comportamento durante o período de recreação orientarão o projetista na decisão.

Quanto ao revestimento cerâmico, entendemos que, ao escolherem revestimento cerâmico para piso e paredes, as prioridades são a manutenção e a resposta visual do ambiente projetado. O som nem é cogitado. Porém, quando se faz menção ao conforto acústico das salas com pé direito acima de quatro metros, quase todos reconhecem que não é a melhor solução.

3.2.3 As ENTREVISTAS COM OS ARQUITETOS

As entrevistas destinaram-se exclusivamente a um grupo de cinco arquitetos que projetaram, nos últimos anos, escolas públicas ou privadas.

O corpo da entrevista compôs-se de onze questões, todas direcionadas à prática do projeto. Inicialmente respondiam explicando sobre sua maneira, em geral, de projetar, para em seguida explicar sobre o projeto para o edifício escolar especificamente.

A decisão da escolha de profissionais pertencentes a gerações variadas fundamentou-se na diversidade das suas formações acadêmicas e vivência profissional. Desse modo, verificaríamos se refletiriam diferenças em suas observações sobre o desenvolvimento de projetos e, principalmente, se no discurso proferido haveria alguma referência ao som.

As onze questões que constituíram o corpo da entrevista foram todas direcionadas para a prática projetual e organizadas de modo que, inicialmente, o respondente explicasse de forma geral sua maneira de projetar para em seguida responder às perguntas específicas sobre o projeto para o edifício escolar. As respostas foram transcritas em conjunto, representando a visão do grupo de profissionais. Codificamos cada arquiteto com a sigla A1, A2,... A5, a fim de preservar suas identidades.

3.2.3.1 As RESPOSTAS DOS ARQUITETOS RELATIVAS ÀS QUESTÕES FECHADAS.

- Quais as prioridades que você estabelece ao iniciar um projeto?

A1 - A prioridade é o cliente. O que ele pensa, deseja e espera do arquiteto será o fio condutor do meu trabalho. Mesmo que sua forma de pensar seja muito diferente do que eu penso sobre um determinado tema de projeto, ainda assim, procurarei respeitá-lo.

A2 - O cliente, que pode ser privado ou público e o programa. O programa tem que estar muito bem construído para não prejudicar o desenvolvimento da proposta arquitetônica. No Canadá, o programa é uma fase de projeto paga independentemente.

A3 – Parto do princípio que todos os projetos são iguais. No entanto, cada caso é um caso, em que irão variar as prioridades. Vejo quatro elementos a definir: espaço, função, forma e técnica. O tema mais o cliente implicam em prioridades que terão de ser atendidas. Lembrando que é fundamental compreender o cliente, suas necessidades e sua rotina.

A4 – Ouvir o cliente, entender qual o desejo dele. Elaborar um bom programa e cuidar dos aspectos relativos à ventilação e insolação. Estudar o usuário socialmente.

A5 – Compreender o cliente e verificar se suas solicitações são pertinentes.

- Em um projeto de escola isso se mantém ou sofre alguma variação?

A1 - O projeto de escola é fruto da linha pedagógica que será desenvolvida. Cabe ao arquiteto compreender o que é esse projeto, para que o edifício reflita esta intenção. O cliente pode ser público ou privado, mas ambos têm de ser ouvidos e atendidos nas suas solicitações.

A2 – O cliente de escola é um pouco complexo porque é um cliente não usuário. O cliente é a Diretora e ou a Secretaria Municipal, Estadual ou a União devidamente representados, que interpretarão os alunos. Então, o projeto precisará ter flexibilidade para atender a este usuário desconhecido. A experiência que tive com a empresa municipal Rio Urbe foi um pouco traumática. Os prazos impostos eram exíguos para o desenvolvimento de um trabalho criterioso. Com isso gerou-se um desconforto muito grande, porque não pudemos trabalhar a linguagem do edifício.

A3 - Escola é um tema que por si só já é um caso específico. Receberá influência do cliente, do lugar e da cultura. Nesse tipo de projeto o importante é não errar quanto a saúde do usuário, sua segurança e seu bem-estar. Segurança em escola é fundamental. Reflete-se na altura do peitoril, no controle dos acessos, enfim, está relacionada a questões funcionais. A imagem do edifício, a sua cor, também são fatores expressivos relacionados ao tema.

A4 - Em um projeto de escola eu tenho que entender qual o desejo da diretora, dos alunos e qual o sítio em que vou projetar, pois ele será um dos comandantes da solução. Em seguida tenho que olhar com atenção os usuários e estudá-los socialmente. Lembrar que são pessoas que você está ajudando a formar. É preciso entender sua faixa etária, pois mudando a idade, muda a proposta.

A5 – Trabalhei durante muitos anos na Prefeitura executando e desenvolvendo projetos de escolas. Havia uma solicitação por parte das professoras que pediam modificações no programa e nos projetos. A partir do levantamento de dados sobre as escolas existentes pudemos verificar as necessidades e as reformas necessárias. Então, o cliente, que nesse caso é a Secretaria de Educação, continua sendo a prioridade no projeto. No entanto, pudemos ter algumas experiências em que a comunidade (representando o usuário) participou opinando e dando sugestões que auxiliaram na adaptação de novos programas.

O que difere, no caso específico das escolas municipais, é que o cliente (a diretora) exerce um papel cerceador pela falta de infra estrutura, como de funcionários. Como têm responsabilidade civil sobre os alunos até o raio de 1 km do edifício, ela assume um papel controlador sobre a segurança do aluno que acaba se refletindo na arquitetura. Ela também assina o habite-se da escola, reforçando sua responsabilidade e poder frente ao projeto.

- Em sua opinião qual o objetivo de um projeto de edifício escolar?

A1 - Tornar o aluno um cidadão, despertar sua consciência política, e o edifício atuar como palco na formação desse aluno. Penso a escola como uma cidade onde o pátio é a praça que possibilita as manifestações públicas.

A2 – Creio que trabalhar a flexibilidade e sua expressão arquitetônica. Mostrar que a arquitetura é mais abrangente do que a idéia de um gestor que, dentro de alguns anos, não estará mais à frente do espaço construído. Vou dar um exemplo: iniciando a carreira, atendi sem contestação o desejo de um diretor que não queria piscina na área de lazer do espaço cultural que estava sendo proposto, porque, na sua visão, isso traria uma série de problemas de manutenção e controle. Anos depois, o novo diretor, que toma posse com o edifício já executado, quer a piscina. E os usuários que nunca foram ouvidos também querem... O que quero destacar é que a arquitetura é muito maior do que a opinião absoluta de um diretor transitório.

A3 – Além de atender ao trio saúde, segurança e bem-estar, conseguir uma solução simples, ser legível, ou seja, fácil de circular, legível, clara e didática. O aluno pode aprender várias coisas na escola. Aprende a interagir e a viver nas cidades. O pátio é um tipo existente em todos os temas e muito presente na memória dos alunos. É um espaço vazio aglutinante que move a escola. É o espaço de interação social onde se junta o externo com o interno normalmente. Mesmo que o cliente não peça, é bom constar no projeto.

A4 – O objetivo é que ele tenha espaços de vivência interessantes que integrem os usuários. É necessário que tenha boa iluminação, ventilação, insolação e um bom programa. Em especial, a minha atenção se volta para os espaços que o aluno usa quando não está em aula. Recuperando na memória o Colégio Pedro II, onde estudei, lembro como os alunos usavam o pátio, os cantinhos... Do mesmo modo o pátio do Instituto de Educação, a área de espera dos pais, a cantina... O que vivi anteriormente auxilia na resolução de questões projetuais. Há um processo de sedução pelo espaço quando o projeto é bem feito. É importante entender o perfil do usuário porque ele se rebete no espaço exterior. Para o aluno, o espaço mais interessante é fora da sala. É onde ele brinca, come e se comunica com outros.

A5 – Oferecer aos usuários um espaço adequado ao desenvolvimento das suas atividades. Portanto é imprescindível que tenha boas condições de iluminação, ventilação e insolação. A escala é também outro fator significativo. Infelizmente temos algumas escolas públicas com sérios problemas de dimensionamento, sem áreas de recreação, verdadeiros caixotes. Outras se perdem no super dimensionamento das áreas externas, tornando o pátio uma área opressiva e intimidadora.

- Em projetos de escolas há a necessidade de trabalhar com consultores? Quais e por quê?

A1 - Inicialmente trabalhamos com consultores da área pedagógica que nos orientam quanto ao comportamento dos alunos e de que modo eles utilizam o espaço de ensino. Também consultamos profissionais da área de iluminação, instalações em geral e estrutura, porque não somos especialistas nesses assuntos. Cabe à equipe do escritório desenvolver os estudos relativos ao projeto, como por exemplo, a insolação.

A2 – Sim, como em qualquer projeto. Não sei se existem consultores específicos de escola, até porque nos projetos que desenvolvi, conforme foi citado, os prazos não permitiam maiores aprofundamentos. Sei que existem para conforto e acústica, mas para outras coisas eu desconheço. O município tem um interlocutor pedagógico, mas não é um consultor. O melhor consultor de projeto é um arquiteto que domina o assunto.

A3 – Sim. Porém, como domino o tema, adoto menos consultores do que em outros projetos. Tenho para paisagismo, sinalização, instalação hidro-sanitária/esgoto, cozinha industrial, instalações elétricas, TV, para-raio e aterramento da rede, gerador lógica comunicação, telefone, legislação, estrutura, calculista de concreto, ferro e madeira, infra-estrutura de solo/fundações. Às vezes, uma casa tem um maior número de consultores do que uma escola. Por exemplo, consultor de *marketing*, *facilities* e segurança não são comuns em projetos de edifícios para ensino. No entanto, hoje em dia, são contratados por incorporadores em projetos multifamiliares e em projetos comerciais.

A4 – Depende do projeto. Até hoje não precisei de consultor da área educacional porque os clientes são educadores. Na PUC tivemos um professor doutor da área de sociologia como cliente. Os consultores com quem trabalhei nos projetos de escola são os mesmos que consulto em outros projetos. Instalações, estrutura, ... No projeto que fiz para a Nigéria um especialista do ICP – Instituto de Ciências para o Petróleo que nos orientou e a MHA³³ (que está fazendo o CENPS no Fundão) nos deu o apoio técnico complementar para os assuntos específicos.

A5 – A Secretaria de Educação, o setor de engenharia do município, o IPP e o INEPAC quando necessário.

- Em que momento do projeto você os contrata?

A1 - No caso da escola pública, os pedagogos pertencem à Secretaria de Educação e são contatados no início do desenvolvimento do programa, e os outros profissionais contratados na fase de desenvolvimento do anteprojeto.

A2 – Não sei se para escola eu teria um consultor. Sei que teria para conforto, acústica...

A3 – Conforme citei, sobre o que domino não contrato consultoria e penso que o arquiteto tem obrigação de dominar alguns aspectos técnicos do edifício como, por exemplo, a iluminação. Porém, consultores podem ser solicitados nas três fases de projeto. Em geral, não há consultor na fase de estudo preliminar. A fase de projeto legal é uma fase de entrada de muitos consultores como, por exemplo, o corpo de bombeiros, que nos orientam sobre sprinklers, entrada de água, e legislações específicas. Vencido o projeto legal entra o anteprojeto com as suas necessidades, enfim, de acordo com a particularidade do lugar e suas condições entram mais ou menos consultores, quando, inicialmente desenvolvem os conceitos específicos às instalações.

A4 – Todos entram na fase de execução.

A5 – A SME, INEPAC e SMU, IPP³⁴ no estudo preliminar, a engenharia na fase de anteprojeto e na execução.

- Há algum projeto de escola que seja referência para você? Por quê?

A1 - Para mim a grande referência, mesmo não sendo escola, são os projetos hospitalares do arquiteto João Filgueiras Lima - Lelé para a rede Sarah, porque traduzem todas as preocupações com a qualidade do edifício. A intenção de tornar o espaço mais humano para o cliente explorando sensações distintas, o uso da luz natural e a tecnologia adotada priorizando a modulação são elementos marcantes que se adequam ao edifício para ensino. Como minha mãe é professora, lembro das vezes que a acompanhei à escola municipal na qual trabalhava e isto, de algum modo, me serve de referência. Lembro que havia problema de escala, era barulhenta, não gostava do material de construção do edifício e sua ausência de cor, no entanto, adorava o refeitório, que transmitia com a cozinha integrada um ar caseiro.

A2 – Minha referência é um projeto publicado na Revista Domus de 1979 de uma escola na Áustria do arquiteto Hans Holain. A escola é composta por vários volumes. É um edifício pós-moderno que abdica do bloco único. Não retrata essa escola atual que temos no Rio de Janeiro, que é reflexo de uma legislação exagerada que poupa excessivamente o aluno.

A3 – Os bons projetos de escola que conheço são frutos da cultura. Podemos citar os escandinavos, os alemães, os holandeses e americanos. Hans Scharoun, Herman Hertzberger, Aldo van Eyck, Arne Jacobsen e Richard Neutra são nomes de referência cujos projetos devem ser vistos e revistos.

No Brasil temos a escola do conjunto Pedregulho, do Reidy, simples e eficiente. Porém, Scharoun trabalha a diversidade entre o rígido e o informal. Adota sala de aula interna e externa. Diferentemente

do Pedregulho em que a varanda é acrescentada a sala como proteção ao sol, ele usa o espaço ao ar livre como sala de aula no verão. O espaço ao ar livre também é usado para interação social dos alunos. Há campo de futebol, horta, áreas de encontro, e o arquiteto explora muito a iluminação zenital em todo o edifício. Continua sendo um projeto muito atual.

As escolas brasileiras são muito esquemáticas. As escandinavas são mais livres. As que foram projetadas por Bolonha, considero certas coisas boas ... Ele assume o telhado; gosto dos fechamentos cobogós, venezianas, no entanto não gosto do monobloco. As Proto-Modernistas, como a escola Argentina e Getúlio Vargas, lembram os italianos e escandinavos - são interessantes volumetricamente.

A4 – Não. No Brasil não! Nossos prazos são muito curtos, por isso nem sempre o resultado é o melhor. O melhor no Brasil seria a USP, mas ainda não o considero como o melhor. De acordo com os prazos estabelecidos para a entrega de um projeto não há tempo para se estudar adequadamente outro considerado como referência. Eu tenho certa reserva com o termo “referência projetual” porque me parece um vocabulário para justificar cópia. Não vou abrir o livro do Louis Kahan, porque não vou seguir, mas com ele aprendi a fazer uso da luz. No entanto, não vou adotar suas janelas redondas porque é o olhar dele naquele momento que gerou esta solução. No meu modo de projetar nunca parto do conceito. Tenho uma biblioteca muito grande no escritório, e estamos sempre estudando. Desse modo, os projetos são consultados independentemente do tema. É importante agregar o seu olhar ao projeto consultado ou a uma situação vivida.

A5 – Não tenho dúvida que é a escola do conjunto Pedregulho – a Edmundo Bittencourt. Considero este projeto do Reidy uma jóia da arquitetura. A solução do Ginásio é sensacional para o que era feito na época. Eu a conhecia de livros e revistas de arquitetura. No entanto, a primeira vez que eu fui visitá-la fiquei deslumbrada com a solução.

- Revisando sua produção arquitetônica, qual o projeto de escola que você consideraria o melhor e por quê?

A1 - Recentemente vivenciamos três experiências distintas. Projetamos uma escola privada dentro de um condomínio classe AA, voltada para alunos estrangeiros, muito diferente dos padrões adotados nas escolas brasileiras e fora da nossa realidade social. Depois recebemos a solicitação de um projeto de escola profissionalizante com muita ênfase na tecnologia e, por ser reforma de um edifício existente, com muitas limitações estruturais que nos obrigou a adotarmos uma arquitetura mais fechada, contrariando nossa premissa de que a arquitetura de escola deve ser integrada ao exterior.

A escola pública que projetamos em Recife é a que mais gosto, mesmo não sendo perfeita devido ao seu caráter social que é muito marcante. Situamos o edifício próximo à rua de forma que estivesse perto da comunidade e se tornasse referência para ela. O sítio fica em uma linha divisória de moradias voltadas para classe média e baixa renda. Nosso escritório, por formação, valoriza muito o conceito dos projetos e não há como escapar de sua proposição na fase de concepção do edifício. A escola é um dos temas de projeto mais complexos e com o qual o arquiteto pode trabalhar porque desperta a consciência do cidadão. É um tema que emociona, envolve e obriga o arquiteto refletir sobre a sua contribuição social. Partimos do conceito de “janelas e portas abertas para o conhecimento” e isso é explorado no projeto, que com o uso dos *brises* horizontais criou uma linguagem compositiva que traduziu a importância dada a esse elemento arquitetônico. A escola é simples, seu custo foi de aproximadamente R\$ 600,00 o m², mas o resultado final ficou dentro das nossas expectativas. O que mais gostamos nela é sua expressão formal.

A2 – Não considero as experiências que tive projetando escolas municipais como projetos qualitativos. Foram projetos de cunho político, com prazo de finalização previsto para coincidir com o calendário de eleições. Foram executados com estrutura metálica e gesso cartonado para atender ao cronograma. Para o empreiteiro estes materiais não são convenientes porque aceleram o fluxo de

caixa, em função da redução do tempo. As condições de entorno eram muito diferentes, em uma delas, o anexo que estava sendo proposto teve de ficar colado a escola existente por falta de espaço, comprometendo a entrada de luz e a ventilação. Na outra escola que ficava em centro de terreno, foi dado maior valor a área esportiva que era muito usada pelas crianças.

A3 – O projeto que fiz para Aparecida de Goiânia resultou em uma boa escola. É uma escola eclética. Tem modernidade, tem tradição... O programa é voltado para a pré-escola e fundamental. Não há ensino médio. Devido a um terreno difícil acabou resultando em uma escola com composição movimentada. Os materiais ofereceram bom resultado. Usei paredes de alvenaria que me garantem as condições acústicas e piso de alta resistência feito com desenho que tornou o espaço interessante. Cabe ao arquiteto conhecer os materiais que especifica; ele tem de ter domínio sobre o que projeta. Ela recebe influências e interpretações da obra do James Stirling, do Alvar Aalto, e dos brasileiros que já citei.

A primeira escola que fiz para Osasco foi um acréscimo, também ficou muito boa e é a que considero melhor. Adotei como solução formal o que Franco Purini chama de “promiscuidade tipológica”. Ou seja: pátio + pavilhão + monoblocos – tudo forma a escola. Um projeto de escola é a definição de paredes e telhado, isso é o essencial. No entanto, que alvenaria, que revestimento que proporção? Isso o torna arquitetura.

A4 – São propostas distintas. O que desenvolvi para a Nigéria é um Instituto de Ciências e Petróleo, composto por dez laboratórios. É um projeto muito técnico, fechado, pesado... Uso concreto e *brises* metálicos que são materiais de fácil manutenção. É um projeto minimalista em que adoto a modulação clássica de 1,25m herdada da escola de Chicago, onde a luz natural assume importância. Tanto pode estar na Nigéria como no Arizona porque uso elementos de proteção ao sol e aproveito a orientação sul para alguns laboratórios. No IAG da PUC a solicitação foi de um espaço de vivência para os alunos da pós-graduação. Para a escola Corcovado, a proposta é de um edifício anexo ao existente para abrigar os alunos do ensino fundamental.

Esta escola é a que mais gosto devido a sua localização e a solução formal que encontramos que é muito leve. É composta por um conjunto de decks entrelaçados. Há várias alternativas em uma única rotação. O sítio tem como vizinhança mata e edificações. É um projeto que além de ser solto, leve, orgânico e provocador conseguiu obter sua própria identidade e está contextualizado. Não fere a topografia do terreno, ele acompanha as curvas suavemente. Está assentado no nível +25m, mas não é agressivo.

A5 – A Escola Municipal Lins de Vasconcelos teve o projeto sob a minha coordenação. Considero ser um bom projeto porque respeita as características do lugar, consegue um bom dimensionamento, tem um espaço para a educação infantil, e na solução paisagística manteve uma mangueira adulta existente no terreno integrando-a a rampa de acesso. É divertido para as crianças observar a mangueira quando está com frutos, ao circularem pela rampa.

- Analisando o seu projeto quais os aspectos interdisciplinares que foram trabalhados?

A1 - O conhecimento pedagógico, o conforto ambiental para controlarmos a luz das salas de aula e a estrutura.

A2 – Estrutura

A3 – Penso que é interessante trabalhar com um paisagista e com um artista plástico desde o início. A interdisciplinaridade com o artista plástico é para a adoção da obra de arte na escola. No modernismo o arquiteto definia onde haveria a intervenção do artista, como os painéis do Pedregulho, mas creio que o artista é que deve definir. Com isso podem ser explorados aspectos sensoriais do edifício a partir dos materiais, das texturas e sons que podem ser percebidos. Na arte você junta todo o conhecimento, é uma questão didática importante.

A4 – A topografia e a questão ambiental. No entanto, a Secretaria do Meio Ambiente está dificultando sua aprovação.

A5 – Aspectos pedagógicos relacionados ao projeto são definidos logo no início pela Secretaria de Educação. Este projeto, por ser de edificação nova, trocou muita informação com o setor de engenharia do município. No entanto, quando trabalhamos com reformas de edifícios tombados temos de considerar os diversos aspectos relativos à restauração.

- Qual o aspecto que mais o satisfaz ao termino do projeto?

A1 - A reação do usuário, seu envolvimento com o edifício, o uso do espaço. Ver as crianças correndo no pátio, vivenciando o edifício, foi muito emocionante. Do mesmo modo foi descobrir que a escola incentivou os moradores da vizinhança a cuidar das suas casas e outras construções. Pintaram fachadas, recuperaram telhados para ficarem “à altura” do novo edifício.

A2 – Honestamente? Nenhum. Por questões de segurança, não consegui sequer voltar para ver o projeto executado porque ficavam em área de risco.

A3 – O espaço, proporção e a espacialidade resultante. Aalto e Zevi citam nas suas obras a importância desses dois elementos no edifício. Quando vi o pátio da escola de Aparecida concluído, cercado parcialmente por edifícios de três andares, mas abrindo em um dos pontos para a paisagem, gostei do resultado espacial. A proporção é muito importante. É preciso estudar no local adotando a escala real. Na Suíça, antes de aprovar uma casa, em algumas regiões, é necessário que seja feita sua simulação volumétrica com linha para que o projeto seja aprovado pela comunidade.

Nossa escola de Aparecida ficou mais colorida, diferente, compatível com o lugar e atendendo às imposições do projeto. Uma escola é instituição, é soma de espaços, tudo tem de estar direito e arrumado. Mas quem responde melhor esta questão é o usuário. Foi emocionante em uma visita, ver um garotinho abrindo o armário dele, guardando seus pertences com todo cuidado para ir para outra atividade na escola.

Em Osasco, o terreno da escola fica em uma área denominada “Rio de Janeiro de Osasco” por causa da violência. Surpreendentemente, após a inauguração da escola e sua introdução na comunidade local, o índice de violência baixou 30%. É muito difícil para o arquiteto retornar ao projeto executado para analisá-lo, mas precisa ser feito. No entanto, quando se faz essa revisão a gente reflete sobre o que projetou e com isso vamos aprimorando nossas soluções e reduzindo nossos erros.

A4 – O resultado compositivo do edifício do IAG³⁵ da PUC e verificar que o bar pertencente ao térreo é super freqüentado pelos alunos e visitantes.

A5 – Ver as crianças usando o espaço. A expressão facial delas mostrava que estavam aprovando o projeto. Outro dado também marcante foi verificar que as construções vizinhas foram melhoradas pelos seus proprietários procurando ficar “à altura” da nova edificação.

- Existiu alguma dificuldade a ser enfrentada durante o seu desenvolvimento?

A1 - A maior dificuldade foi lidar com a construtora que era péssima. Ignoraram detalhamentos, o acabamento das janelas ficou abaixo do desejado, não respeitaram as especificações do projeto paisagístico...

A2 – As empreiteiras

A3 – Tempo de projeto e prazo. Na nossa realidade os prazos são atropelados e, na maioria dos casos, o projeto sai precocemente para obra. Cada caso é um caso. Em Roraima tivemos problemas de drenagem. Felizmente na visita inicial foi possível detectar. Foi necessário mexer na cota do terreno,

rever vários níveis. Também tivemos dificuldades relativas à legislação local que era muito confusa. Outro fator foi a influência ambiental. A localização do terreno era muito próxima da rodovia e como a questão ambiental interfere no meu desenho, tive de adotar uma barreira de árvores e voltar as salas de aula para parte interna do edifício para que não ficassem expostas ao ruído.

A4 – No Colégio Corcovado: enfrentar a burocracia da Secretaria de Meio Ambiente do município.

Na da Nigéria: obter as informações técnicas necessárias como, por exemplo, dados do nível de sondagem do solo. O local é inóspito e politicamente tenso.

A5 – A construtora e os fiscais que nem sempre são muito atentos. A dificuldade de comunicação entre os engenheiros e os arquitetos na execução da obra acaba comprometendo a qualidade de execução do projeto. É fundamental que se desenvolva um caderno de encargos detalhadíssimo para que não haja dúvidas e nem se cometa erros desnecessários.

- O projeto atingiu o objetivo proposto? Sim, Não, por quê?

A1 - Sem dúvida. Porque despertou no usuário o sentido de valor. Ele entendeu que tem direito de receber do estado o que é bom para ele. Então, nosso projeto, de algum modo, contribuiu para a formação da consciência desse sujeito. Pode ser que entre as professoras haja alguma insatisfação porque não pudemos ouvi-las tantas vezes como gostaríamos, mas creio que conseguimos transmitir com a arquitetura dessa escola o valor que ela deve ter perante a sociedade.

A2 – Não, porque foram projetos sem expressão arquitetônica.

A3 - As escolas executadas são aprovadas pelo conselho do banco a partir da exibição do projeto. Em muitos casos, por ser fora do Rio, só é possível ir verificar a obra três vezes durante a sua execução. Então é preciso desenvolver um projeto básico muito bem feito, e isso nós produzimos com muito cuidado. Nós temos que fazer um pacote técnico de desenho muito claro para os executores. E felizmente conseguimos que eles compreendam todas as informações contidas nos desenhos que compõem o projeto. Então, na minha visão, nós conseguimos atingir o objetivo.

A4 – Atingiu. Porque a resposta dos clientes foi a melhor possível. No projeto da Nigéria eu precisei modificar a solução formal que anteriormente era mais leve. Se adotada, resultaria na necessidade de uma viga de transição, inviável quanto ao custo e tempo de execução. No projeto feito para a PUC, o uso contínuo do espaço atesta que foi bem aceito pelos usuários.

A5 – Atingiu. No entanto é preciso relativizar esta resposta considerando a ótica da Secretaria. A resposta dada por um arquiteto relaciona os aspectos arquitetônicos que tornam o projeto adequado e interessante para os usuários. A resposta dada por um técnico da Secretaria estará visando o aspecto quantitativo do edifício. Ou seja, para o técnico, o que conta é o número de salas que o arquiteto conseguiu para abrigar o número de vagas que serão oferecidas no próximo período letivo. Para os gestores do município a quantidade de escolas ou de salas de aula em um mesmo edifício é estatisticamente mais significativa do que a qualidade dos seus espaços.

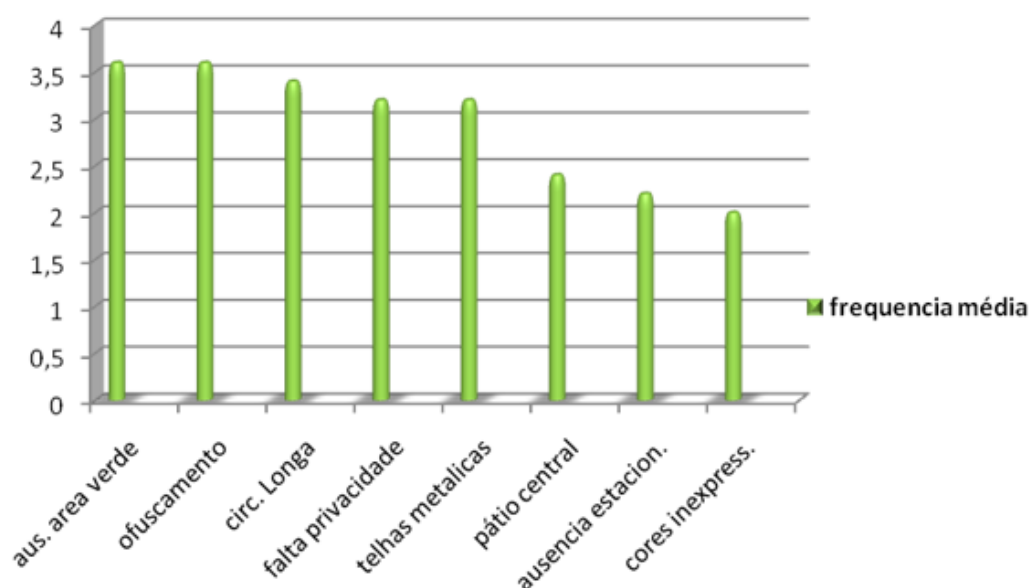
Reiterando as explicações anteriores: as questões fechadas destinaram-se a alunos, a seus professores de Projeto de Arquitetura III e a arquitetos que projetaram escolas, sem qualquer envolvimento com a disciplina de projeto, lembrando que a parte teórica destas questões aparece justificada no item 3.2.2.1 referente às respostas dos alunos. Apresentaremos então, os resultados obtidos e subsequentemente os comentários sobre as respostas dos arquitetos .

3.2.3.2 A S RESPOSTAS DOS ARQUITETOS RELATIVAS ÀS QUESTÕES FECHADAS:

QUESTÃO 2 C)- EM SUA OPINIÃO, EM QUE MEDIDA OS PROBLEMAS ABAIXO INFLUENCIAM A QUALIDADE DO ESPAÇO ESCOLAR?

Escola de avaliação	Muito	Médio	Pouco	Sem impacto	Frequência média
Problemas	Número de respostas				
Ausência de área verde	3	2	0	0	3.6
Ofuscamento na sala de aula	3	2	0	0	3.6
Circulações longas	4	0	0	1	3.4
Falta de privacidade na sala	2	2	1	0	3.2
Uso de telha metálica simples	2	2	1	0	3.2
Pátio de recreação central	1	3	0	2	2.4
Ausência de estacionamento	1	0	3	1	2.2
Cores inexpressivas	1	1	2	1	2.0

Quadro 10 - problemas arquitetônicos e seu grau de influência na qualidade do espaço escolar



Graf. 3.3 – frequência média das respostas dos arquitetos

Mais uma vez confirma-se a preocupação com as condições visuais do ambiente. O ofuscamento, acompanhado da ausência de área verde são os primeiros na escala de importância dos arquitetos. Comparando com as respostas dos professores, a privacidade ganha um pouco mais de importância neste grupo, ocupando o mesmo lugar na escala de importância que o incômodo causado pelo uso de telhas metálicas. No entanto, considerando que as duas representam o som quase que de forma direta, podemos interpretar que este ainda não alcança o mesmo grau de importância para os arquitetos, como questões relacionadas ao fluxo e acessibilidade. O pátio central de recreação não impressiona pelo ruído provocado quando estiver em atividade. Para os projetistas, é mais significativa a integração favorecida pela sua localização central. E as cores inexpressivas, para este grupo, são menos inconvenientes aos usuários do que a falta de estacionamento. Particularmente, essa ordenação final é um pouco contraditória com o discurso geral proferido na entrevista, no qual é valorizada a questão cultural e o desejo do usuário. E nesse contexto, a cor assume mais importância que o estacionamento.

QUESTÃO 2D - CONSIDERANDO A FASE DE ESTUDO DO SEU PROJETO, CLASSIFIQUE POR ORDEM DE IMPORTÂNCIA OS ASPECTOS ABAIXO (SENDO 1 O MAIS IMPORTANTE E 8 O MENOS IMPORTANTE)

Escala de importância	1	2	3	4	5	6	7	8
Problemas	Número de respostas							
Insolação	2	2	0	1	0	0	0	0
Ventos dominantes	0	0	2	2	1	0	0	0
Edificações existentes no entorno imediato	1	0	1	1	2	0	0	0
Fontes sonoras pertencentes ao entorno	0	1	1	0	0	2	0	1
Sentido da via de tráfego	0	0	0	0	0	2	1	2
Árvores frutíferas existentes no terreno	0	0	0	0	0	0	3	2
Topografia	1	1	1	1	1	0	0	0
Legislação	1	1	0	0	1	1	1	0

Quadro 11- Ordenação dos elementos de influência no estudo preliminar do projeto

As respostas dos arquitetos na questão 2D retratam uma maior valorização dos elementos climáticos conjugados às características do meio urbano. Os quatro itens mais importantes são ocupados pela insolação e ventos. Em seguida aparecem as edificações existentes no entorno. A correlação entre esses três elementos é inteiramente coerente a partir da ordem de importância estabelecida pelos respondentes. Afinal, sol e vento podem ser bloqueados pelas edificações.

O som neste grupo é pouco valorizado. Ocupa a mesma escala de importância que o sentido da via de tráfego que, conforme já analisamos, interferirá apenas na decisão de parte dos acessos.

A topografia não consegue se firmar em nenhum ponto marcante da escala. Cada respondente a considera de forma diferenciada. No entanto, ocupa melhor posição entre os projetistas do que a legislação. Esta, mesmo sendo cobrada ao final do projeto para a obtenção da autorização de uso não é, no conjunto de respostas, um fator expressivo no processo de concepção do projeto.

Mais uma vez, entre profissionais, as árvores existentes no terreno ocupam a sétima colocação. Desta forma, mostram que a sua existência no terreno, não influi nas decisões relativas ao partido arquitetônico e implantação, mesmo que estas contrariem a sua preservação.

QUESTÃO 2E - ASSINALE O QUE VOCÊ PENSA DAS AFIRMATIVAS ABAIXO:

Opinião	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
Afirmativas	Número de respostas			
1-O edifício escolar deve ser permeável.	1	3	0	1
2-Ginásio esportivo deve estar próximo ao bloco de ensino.	0	2	1	2
3- As características do entorno influenciam no partido arquitetônico	3	1	1	0
4-Oficinas, salas de música e grêmios, devem ficar integrados às salas tipo.	2	1	0	2
5-Na localização do refeitório e cantina deve ser priorizada a redução do percurso dos alunos em relação às salas.	1	2	1	1
6-Salas muito profundas são adequadas para viabilizar uma grande população de alunos.	1	0	3	1
7-O pátio coberto centralizado, com as salas à sua volta é a melhor opção de localização porque favorece o controle visual durante o recreio ou outra atividade	1	3	0	1
8-Revestimentos cerâmicos no piso e paredes são as melhores opções neste tipo de edificação.	2	2	0	1
9-Pé direito acima de 4m ajuda no conforto acústico das salas	0	3	2	0

Quadro 12- Escala de opiniões/ Atitude

Afirmativas	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Discordo totalmente	Discordo parcialmente
	Pontuação atribuída a cada resposta			
01	3	4	1	2
02	1	2	4	3
03	4	3	1	2
04	1	2	4	3
05	1	2	3	4
06	1	2	4	3
07	1	2	4	3
08	1	2	4	3
09	1	2	4	3

Quadro 13- Pontuação atribuída a cada resposta.

COMENTANDO AS RESPOSTAS:

Os arquitetos, tal e qual os alunos e os professores, em sua maioria, “concordam parcialmente” com a primeira afirmativa. Há também aqueles que discordam. Apesar da resposta ser coerente sob o aspecto sonoro, não podemos esquecer que em um projeto temos de atender a um conjunto de solicitações. Neste caso, o clima do Rio de Janeiro, a necessidade de integração visual, e a acessibilidade não devem ser esquecidos. Por isso, a resposta “discordo parcialmente” recebe pontuação inferior.

Quanto ao ginásio, por ser uma fonte sonora potente, não deve ficar próximo do bloco de ensino. Por isso, a opção de resposta pode ser – “discordo totalmente, ou então, discordo parcialmente”. A maioria dos respondentes pensa desse modo. Porém, há quem “concorde parcialmente” como opção. Nesse caso, se estão priorizando o percurso dos usuários, terão alguns problemas acústicos, cuja correção posterior acarretará maior custo na obra. Mais uma vez, as oficinas e salas de música ainda não são entendidas como áreas ruidosas por todo grupo. A maioria concorda com a afirmativa. Não se dá conta que esta será uma integração problemática. O grêmio, por pertencer ao setor vivência, não se justifica no setor pedagógico. Na FAU/UFRJ, convive-se com situação semelhante por falhas cristalizadas ao longo dos anos na organização e distribuição dos espaços.

As características do entorno, mais uma vez, entre os profissionais, é vista como um elemento de influência na proposição do partido. Porém, o som, conforme vimos nas respostas da questão 2D, não é reconhecido como componente influente deste entorno. Então, pode-se entender que serão as edificações, através da sua escala e tipologia, a insolação, os ventos, a morfologia da área, a topografia e a vegetação entre outros, que estarão atuando simultaneamente nas decisões do partido.

O pátio centralizado e coberto é considerado uma boa opção. O maior número de respostas indica as afirmativas “concordo totalmente e parcialmente”. Mais uma vez, os aspectos funcionais relacionados ao fluxo e a visibilidade que se inserem no conceito de centralidade são os elementos que direcionam as respostas. No entanto, neste grupo, em função das respostas obtidas nas entrevistas, podemos entender melhor a escolha, mesmo que esta não contemple a teoria acústica. Para os arquitetos que projetaram para o estado, o controle visual é praticamente um quesito obrigatório, reforçado pelo limitado número de servidores que irão compor o quadro funcional de apoio. Para os arquitetos que projetaram escolas pertencentes à rede privada, a realidade é outra. Dependendo do perfil do curso e do usuário, o pátio central pode ser proposto sem prejuízo ao conforto sonoro. Como, por exemplo, em edificações para pós-graduação.

Semelhante aos professores quando escolhem o revestimento cerâmico para piso e paredes, as prioridades são a manutenção e a resposta visual do ambiente projetado. O som nem é cogitado. Esse “esquecimento” do som se confirma na última afirmativa. Quando se faz menção ao conforto acústico das salas com pé direito acima de quatro metros, a maior parte dos respondentes concorda parcialmente com a afirmativa. Ora, se adotamos um pé direito excessivamente alto, aumentamos a reverberação da sala. Então, nessa questão, se somos atentos a interferência dos sons nos ambientes, não podemos concordar nem totalmente, nem parcialmente com esta afirmativa.

Quanto à profundidade das salas, as respostas demonstram que para os arquitetos é um pouco mais evidente a baixa qualidade espacial de salas muito profundas. Por experiência, muitos ainda lembram o quanto era ruim as antigas salas de curso de vestibular, que abrigavam mais de cinquenta alunos. Nesses espaços, quem se posicionava mais ao fundo da sala, normalmente encontrava dificuldade para ver e ouvir o professor. Como nem sempre a ventilação era boa, o uso do ar condicionado comprometia ainda mais a compreensão das palavras.

No entanto, no exemplo do refeitório e cantina, mais uma vez prevalece a preocupação com o fluxo, então, a maioria concorda com a redução do percurso. Atualmente, com as exigências decorrentes da legislação referente à acessibilidade, fica muito difícil para o arquiteto aceitar que alguns percursos precisam ser aumentados visando proteção sonora. No entanto, é uma discussão que precisa ser estimulada entre projetistas.

3.3 DISCUSSÃO

Observamos nesse capítulo, três visões distintas a partir do grupo selecionado para a pesquisa: estudantes de arquitetura, professores e arquitetos.

As respostas dos estudantes apontam para a complexidade de informações que têm de ser conjugadas para a obtenção de um bom projeto. Ao definirem a meta que pretendiam alcançar, as suas respostas foram subdivididas em quatro categorias. Nelas, eles conseguem expressar uma grande preocupação em obter um edifício que satisfaça aos usuários, e que os satisfaça como projetistas. No entanto, não há, em nenhuma delas, respostas diretas em que façam referência ao som e indique ele que está presente entre as suas preocupações.

Nas respostas pertencentes à categoria técnico-funcional, quando falam sobre “a necessidade de obter conforto ambiental” deixam transparecer, pelo cruzamento das respostas, que é o aspecto térmico e lumínico que querem resolver corretamente. Até porque são conteúdos muito marcantes na expressão do edifício, contribuindo nas discussões relativas à sua plasticidade.

Ao abordarem as sensações que podem ser obtidas com a arquitetura, deixam transparecer que não percebem que o som relaciona-se diretamente com a forma, dimensões e texturas. Porém ao desejarem “projetar um ambiente sem tensões ou stress”, de alguma forma, estão aspirando um ambiente em que o som contribua para o bem estar dos usuários.

Reconhecem que um ambiente de ensino precisa motivar seus usuários, mas falta associar que os ruídos, ou sons indesejáveis, podem gerar um meio repulsivo e inóspito à produção intelectual, comprometendo o desejo de projetar “um ambiente que estimule o aprendizado”.

Ao analisarem se alcançaram a meta proposta, afirmam que conseguiram e fazem referência aos mais diversos fatores, no entanto, o que prevalece nos discursos é a consecução do cumprimento do programa de necessidades. Aliás, esse é um dos grandes desafios do trabalho do atelier de projeto a cada período, entender e cumprir o programa relativo ao tema da edificação.

A localização do ginásio esportivo foi, para alguns, o maior obstáculo a ser enfrentado devido ao barulho produzido no seu interior. Pela primeira vez, demonstram ter consciência da existência do

som e da sua conexão com o projeto. Porém, ao responderem sobre interdisciplinaridade, reforçam a importância da disciplina conforto ambiental, entretanto, mais uma vez demonstram que só reconhecem nela o conforto térmico.

Apesar da disciplina conforto ambiental ser composta pelo tripé – conforto térmico, lumínico e acústico – na maior parte das vezes, por todo o desconforto térmico que temos em alguns meses do ano no Rio de Janeiro, as características do seu clima desperta discussões nos ateliês. E as soluções para a correção ao desconforto provocado são imediatamente rebatidas através de desenhos, na forma da edificação e no tratamento das fachadas. Ou seja, são sensações rapidamente assimiladas e memorizadas pelos projetistas, posteriormente transpostas para a linguagem arquitetônica com facilidade.

No conjunto de questões fechadas, inicialmente, apontam a disciplina de projeto, conforto ambiental e processos construtivos como as mais importantes. E nas questões subsequentes, caracterizam o ofuscamento como o maior problema que influi na qualidade do espaço escolar, confirmando que a visão é, para eles, o sentido mais valorizado por ser melhor percebido.

Em seguida, conforme as respostas da questão 2B reiteram que o conforto ambiental é muito importante ao indicarem que a insolação, as fontes sonoras do entorno e os ventos são os três fatores mais importantes a serem considerados no início do estudo preliminar.

Nas respostas referentes à escala de atitude, grande parte dos respondentes não reconhece o pátio como fonte sonora, os problemas sonoros causados por pé direito elevado, a interferência sonora de refeitório e cantinas próximos às salas de aula, assim como salas de música e oficinas. Ou seja, a percepção sonora deste grupo ainda está “adormecida”. Eles atendem às tradicionais imposições do projeto, sem maiores questionamentos sobre a adequação, percurso reduzido, visibilidade e dimensionamento favorável a ventilação.

As perguntas que surgem a partir das respostas dos alunos reportam-se a hábitos e costumes da nossa sociedade. Será que a baixa percepção ao som ocorre justamente porque todos estão vivendo em uma cidade barulhenta?

O meio urbano está cada vez mais ruidoso e, da mesma forma, muitas edificações. São veículos, obras, ambulantes, telefones celulares que oferecem toques cada vez mais potentes, as pessoas falam cada vez mais alto nas ruas, bares, e nos shoppings populares. Os aparelhos MP3, que muitos usam para “mascarar” outros sons, estão tornando algumas pessoas um pouco surdas. Enfim, o bombardeio é tão intenso que, por defesa, se fecha o canal perceptivo com consequências limitadoras para o projeto.

Nas cinco perguntas abertas destinadas aos professores, verificou-se que, também para o corpo docente, a acústica ainda não é um elemento de influência no processo de concepção do projeto.

Ao orientarem os alunos para a visita ao terreno, os elementos ressaltados no grupo dos fatores ambientais foram apenas a insolação e a ventilação. A solicitação do levantamento de fontes sonoras do entorno demonstra que há uma intenção de considerar o som, mas esta acaba se perdendo entre outras tantas exigências feitas aos alunos, pois se observa que sua repercussão ao longo dos discursos inexistente.

Ao afirmarem que o objetivo foi atingindo, algumas ressalvas aparecem, entre estas, a de um professor lamentando a exígua referência sobre acústica em escolas, principalmente sobre soluções que possam ser empregadas em auditórios. Segundo ele, durante sua orientação, algumas situações problemáticas e pontuais sobre o som são ilustradas com situações reais como, por exemplo, o emprego da ventilação cruzada entre salas. Este tema - ventilação cruzada – costuma ser um tema abordado nas palestras proferidas por arquitetos convidados, em que, comumente, adotam como exemplo as escolas do CIEP.

Apesar das tentativas individuais de inserir a acústica na elaboração do projeto, ela ainda é insuficiente. Falta material didático proposto com linguagem clara e ilustrado com situações de projeto que estabeleçam a conexão entre os fenômenos sonoros e a arquitetura.

Abordar a questão sonora em qualquer tempo do projeto é sempre positivo. Porém, quanto mais precocemente isto for feito, melhor. A necessidade de adoção da ventilação natural nos edifícios impõe uma discussão paralela sobre o som. Porém, este é um, entre tantos outros aspectos significativos, que entrelaçam a acústica às decisões do projeto, e que necessitam ser aplicados desde o início dos estudos. Por outro lado, no cronograma do curso, quando a acústica é abordada na disciplina de conforto ambiental, o estudo preliminar do projeto de escola já está numa etapa avançada, dificultando a revisão da proposta e a colaboração dos especialistas no tempo adequado.

Nas respostas dos arquitetos, durante as entrevistas, destacam-se duas grandes preocupações: o usuário e a qualidade do espaço. Todos, indistintamente, querem, de alguma maneira, oferecer o melhor espacialmente para alunos, professores e visitantes. Preocupam-se com os elementos climáticos, com as características do sítio, com a identidade do edifício e seu papel político na formação do aluno, com suas dimensões, com a segurança dos discentes e com os espaços de vivência. Entretanto, nenhum se referiu ao som, elemento substancial na qualidade espacial de escolas.

Na abordagem sobre o objetivo do projeto, os arquitetos mesclam preocupações com o indivíduo e com as soluções na arquitetura a fim de tornar os espaços adequados e estimulantes para os usuários. E novamente referem-se apenas ao sol, a luz e aos ventos como os elementos ambientais que precisam ser bem solucionados no projeto. Não há reconhecimento do som como um dos componentes do tripé de conforto ambiental. Exatamente como os alunos e professores, os arquitetos só valorizam dois sentidos : visão e tato.

Quanto à contratação de consultores, diferentes profissionais são relacionados, porém o único arquiteto que mencionou a acústica, apenas informa que tem ciência de que existem consultores dessa área, mas que não trabalhou com nenhum. Inicialmente alguns pensam em profissionais da área pedagógica. Porém, fica muito evidente, a partir da lista de consultores descrita, que a estrutura e as instalações em geral que priorizadas. As respostas não deixam transparecer se os arquitetos não contratam um consultor em acústica porque dominam o tema ou porque a desconsideram. No entanto, tomando por base respostas anteriores, parece que não contratam porque não vêm relação significativa com o som. Se o tema fosse, por exemplo, teatro a associação seria imediata.

Os projetos citados como referência foram ilustrativos para compreendermos o que os arquitetos valorizam nos projetos. Dos exemplos citados, podemos entender, por analogia, que prezam a expressão formal e a tecnologia, a permeabilidade, a durabilidade e a flexibilidade dos espaços.

Algumas escolhas também indicam que, para alguns arquitetos, a acústica não faz parte do elenco que qualifica uma boa arquitetura.

Os projetos de arquitetos europeus e americanos citados trazem como marca comum a aplicação de novos conceitos formais e pedagógicos. Nos europeus, por vezes, a funcionalidade se sobrepõe à forma. No entanto, por pertencerem a culturas muito diferentes da nossa, fica difícil estabelecer um comparativo no campo sonoro, porque o comportamento dos usuários se modifica radicalmente. Inclusive a legislação urbana e edilícia é muito mais rigorosa quanto à questão sonora. Porém, observa-se que são arquiteturas que se voltam mais para o interior do lote criando uma atmosfera independente do entorno. As dimensões dos terrenos são mais generosas e as localidades, em muitos casos, menos adensadas. De certa maneira, todas essas características parecem ser desejadas pelo arquiteto.

Ao perguntarmos aos arquitetos sobre o melhor projeto de escola desenvolvido por cada um deles, nossa intenção era ter, em alguma resposta, a qualidade sonora da edificação destacada, entre outros predicados do edifício. Porém, apenas um, entre os cinco respondentes mencionou a acústica,

relacionando-a a escolha do material construtivo adotado na edificação. Todas as outras citações que justificavam os projetos eram pertinentes, embora demonstrassem que, para a maioria, o conforto em escolas está associado apenas à luz e à insolação.

No item relativo à interdisciplinaridade, o conforto é também ressaltado, no entanto, enfocando mais uma vez apenas a luz natural.

Quanto ao aspecto do projeto que mais os satisfaz, as respostas variaram entre o prazer de observar a reação dos usuários no edifício, o resultado espacial da edificação e a influência desta sobre a vizinhança, estimulando a melhoria de outras construções.

Quanto às questões fechadas, observa-se na questão (2C), dois itens que se relacionam com o som (circulações longas e ausência de área verde) foram apontados pela maioria dos profissionais como os problemas que mais influenciam na qualidade do edifício para ensino, seguidos do pátio central, cuja localização é considerada pela maioria como um problema de média importância na qualidade do projeto.

Entretanto, quando cruzamos esta resposta com a questão (2E), verificamos que a maioria dos respondentes “concordam parcialmente” que o pátio coberto central é a melhor opção de localização no projeto, indicando que o controle visual dos alunos é uma questão prioritária.

Na questão (2D), a maioria das respostas nos mostram que as fontes sonoras do entorno não são significativas para os arquitetos, deste modo, podemos interpretar que, para os que aprovam a localização central dos pátios, o som incidente nos ambientes à volta não é considerado como um elemento influente no projeto. Com essa resposta, conclui-se que na questão (2C), quando apontaram a circulação longa como um problema muito significativo para a qualidade do espaço de ensino, o que motivou a escolha foi prioritariamente o fator dimensional do corredor e a acessibilidade.

Por analogia, deduzimos que, no segundo item (ausência de área verde), por tudo que observamos anteriormente, a escolha foi feita a partir de diversos aspectos relacionados ao bem estar dos alunos, no entanto, entre eles o som não estava incluído.

A maior parte dos entrevistados (alunos, professores e arquitetos) reconheceu que as características do entorno têm importância na etapa do estudo preliminar, porém, entre eles, há os que concordam que oficinas, salas de música e grêmios devem ficar próximos às salas de aula.

A maioria dos respondentes também afirma que refeitório e cantina devem ficar próximos ao setor de ensino, priorizando a extensão do percurso em detrimento do conforto sonoro. Então, quando algumas respostas indicam que o ginásio esportivo deve ficar afastado do bloco de ensino, temos a impressão de que esta é uma decisão condicionada, sugerida pelos diversos edifícios de ensino que adotam esta solução a partir dos anos trinta no Brasil, sem que, de fato, haja uma percepção de que o som influiria na sua localização.

Esta impressão é reforçada quando quase todos os respondentes concordam que revestimento cerâmico sobre pisos e paredes é uma boa solução para salas de aula. Como já citamos na análise da resposta dos alunos, a cerâmica tem baixo coeficiente de absorção, e a sala, conforme sua dimensão, tenderá a ser reverberante. Concordar que esta opção de revestimento é a melhor opção nos indica que não há uma consciência plena das consequências relativas à escolha do material. E que antes de tudo, conduzem o raciocínio do projeto focando a manutenção do edifício.

O que identificamos nas respostas dadas é que há pouca percepção do som em situações de projeto. Entre os sentidos há uma supremacia da visão e do tato. Se tivéssemos citado em alguma pergunta um outro elemento componente do programa, como por exemplo, o auditório, imediatamente ocorreria a associação com o som. No entanto, espaços e materiais poucas vezes são discutidos relacionando-os à acústica, dificultando para os “não iniciados” uma co-relação dos fenômenos ao processo projetivo.

Dentro do grupo entrevistado, o que as respostas nos mostram é que para a maioria dos arquitetos e estudantes de arquitetura, a acústica ainda é pouco associada ao processo de projeto e pouco explorada como ferramenta inicial. Se o grupo fosse sabatinado sobre questões específicas relativas ao som, provavelmente dariam respostas corretas. No entanto, no campo associativo é que se perdem.

Tudo indica que não é uma questão de saber ou não saber acústica. E sim, da forma como o pensamento sobre o projeto é organizado. O que é priorizado pelo projetista e por quê?

O controle físico é um dos aspectos mais estudados entre as incumbências de uma edificação. A acústica, a iluminação, e o ar condicionado se converteram em especialidades altamente desenvolvidas, nas quais o arquiteto, só em parte, é competente. Como ele entende que é difícil dominar todas as especialidades, aquelas com que tem menor empatia ou interesse, ele delega a outro a solução dos problemas. Como nos dias atuais a imagem é um elemento forte na nossa sociedade, o arquiteto, inicialmente, sente-se um pouco mais seduzido em resolver as questões visuais do projeto. No entanto, ele também sabe que o resultado do projeto deve relacionar-se com todas as percepções sensoriais do espaço. É como se travasse constantemente uma luta interna em que tem de enfrentar contradições e oposições na sua lógica de projeto. Diante de tantas solicitações que têm de atender, alguns elementos, como a acústica, acabam sendo empurrados para o fim da fila.

- 1 RICHARDSON, R.J. Pesquisa social, métodos e técnicas. São Paulo, Ed. Atlas AS, 1999
- 2 Na entrevista diretiva desenvolve-se a partir de perguntas pré-formuladas e com uma ordem pré-estabelecida.
- 3 BAUER, Martin W. e GASKEL, George, Pesquisa Qualitativa com Texto , Imagem e Som – Um manual prático, Petrópolis, RJ: Vozes, 2002
- 4 op.cit.
- 5 As escalas de atitude são basicamente questionários aos quais são atribuídos valores numéricos graduados a um conjunto de expressões verbais previamente escolhidas.
- 6 BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Lisboa, Edições 70, 1977
- 7 MARTINEZ, Alfonso C. Ensaio Sobre o Projeto. Brasília: Editora UNB, 2000
- 8 ZURKO Apud NOGUEIRA, Mauro Neves, Da análise ao Projeto : Elementos Invariantes da Qualidade, Tese defendida na USP em 2005, p. 166
- 9 ELALI, Gleice Azambuja . Psicologia e Arquitetura: em busca do locus interdisciplinar Estudos de psicologia (Natal) vol.2 no.2 Natal July/Dec. 1997 acesso em <http://www.scielo.br/> 2007
- 10 MALARD, Maria Lúcia. Os Objetos do Cotidiano e a Ambiência. In: 2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, ANAIS. Florianópolis: ANTAC, ABERGO, SOBRAC, 1993.
- 11 HOUAISS, A. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, consultado em <http://biblioteca.uol.com.br> - acesso em 2008
FERREIRA, A. B. H. Novo dicionário Aurélio, consultado em <http://aurelio.ig.com.br> - acesso em 2008
- 12 op.cit.
- 13 AALTO, Alvar. La humanizacion de la arquitectura. 2 ed. Barcelona: Tusquets, 1982
- 14 GAPPEL, Millicent. Psychoneuroimmunology. In; Symposium on Healthcare Design, Boston, 1991.
Innovations in Healthcare Design: selected presentations from the first five Symposia on Healthcare Design. New York: Sara O. Marberry, 1995.
- 15 MALARDI, M.L. op.cit.
- 16 KAHN, Louis I. Forma y Diseño. Buenos Aires, Ed. Nueva Visión, 2003
- 17 NORBERG-SCHULZ, C. Intenciones em Arquitectura, 3ª ed, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 2001 , p.78
- 18 grifo nosso
- 19 SILVA, Elvan. Uma introdução ao projeto arquitetônico. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS; Brasília, MEC/SESu/PROED, 1983.
- 20 HERTZBERGER, Herman. Lições de arquitetura. 2 ed. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1999
- 21 NOGUEIRA, M.N.N. op. cit.

- 22 GERGES, S. N. Y. – Ruído – Fundamentos e controle, 2ª Ed. NR Editora, Florianópolis, 2000
- 23 KANDINSKY, W. Do Espiritual na Arte e na pintura em particular. 2ª tiragem., São Paulo, Martins Fontes, 2000
- 24 PERKINS, L.B. Elementary and secondary schools. USA. Wiley & Sons. 2001
- 25 Op.cit
- 26 Op.cit.
- 27 Op.cit.
- 28 REIS-ALVES, Luiz Augusto dos ; PORTO, Maria Maia ; NIEMEYER, Maria Lygia Alves de . Características do espaço sonoro em pátios internos. In: X Encontro nacional de conforto no ambiente construído, 2003,
- 29 WESTON,R. Materiales,Forma y Arquitectura, Ed. Blume,Barcelona,2003
- 30 SILVA, Pérides – Acústica arquitetônica e condicionamento de ar. 5 ed. Belo Horizonte: EDITAL, 2005
- 31 ARAU,H. ABC de La Acústica arquitectónica Ed. Ceac, SA, 1999
- 32 Op.cit.
- 33 A MHA é uma empresa de consultoria na área de automação e redes
- 34 SME – Secretaria Municipal de Educação
INEPAC – Instituto Estadual do Patrimônio Cultural
SMU – Secretaria Municipal de Urbanismo
IPP – Instituto Pereira Passos
- 35 IAG –Escola de Negócios da PUC Rio

Ao término dessa pesquisa, após um período tentando constatar, se, de fato, os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto, e onde a acústica se situa na sua escala de valores, é hora de avaliar o caminho percorrido.

No capítulo 1, ao reproduzir-se o conteúdo da disciplina de acústica, baseado nas ementas dos cursos de arquitetura, verifica-se que, tecnicamente, o profissional adquire conhecimento suficiente para reconhecer os fenômenos sonoros no desenvolvimento do projeto. Então, por que não o aplica rotineiramente em qualquer tema de projeto? Por que só pensa na acústica quando é solicitado a projetar os tradicionais temas a ela relacionados como auditório, teatro, cinema, ou sala de concerto?

Um, entre outros fatores, que contribuem para a desconsideração do emprego da acústica no processo de concepção, pode ser detectado ainda na fase de formação profissional. Ao fazer-se a revisão do conteúdo teórico, observa-se que há uma linguagem “dura” e pouco integrada às situações de projeto, que é pouco associativa ao processo de desenho, desestimulando seu uso posterior na prática profissional por um arquiteto não especialista. Facilitaria para o estudante uma interpretação e conversão dos conteúdos para uma linguagem que pudesse ser rapidamente assimilada e utilizada em trabalhos práticos, desenvolvidos tanto nos ateliês como, futuramente, nos escritórios de arquitetura. Seria uma adaptação do material didático, integrando a teoria à prática, a fim de que a acústica se insira verdadeiramente como um instrumento participativo do processo projetual.

O modo como a acústica se interliga ao projeto foi sublinhado no capítulo 2.

Adotando como exemplo a arquitetura escolar, constatou-se que em cada decisão tomada, desde a fase de implantação até ao detalhamento, a acústica está presente e integrada ao processo de desenvolvimento do projeto. Porém, nem sempre o projetista se dá conta deste fato. Parece que o arquiteto, em função das inúmeras solicitações que tem de atender durante a produção dos primeiros desenhos, acaba priorizando aquelas que, de algum modo, são imediatamente notadas e cobradas para a aprovação da proposta ou que terão mais peso na imagem final da edificação, descuidando-se de empregar os princípios básicos relativos ao comportamento do som.

Ao se consultar livros e periódicos de arquitetura, raramente em um memorial justificativo redigido pelo arquiteto ou na crítica feita a uma edificação em análise, a questão sonora é abordada. Observa-se, então, que desconsiderar a acústica é uma prática comum, não sendo característica de um grupo específico de arquitetos.

Descreve-se sobre a forma, sobre a luz, sobre as cores, os materiais e a estrutura, sobre a espacialidade, enfim, sobre os aspectos visíveis os quais a foto irá registrar. Deste modo, consolida-se uma maneira de pensar o projeto em que o invisível é ignorado, embora exista, atue e influa nos ambientes.

A hipótese de que os arquitetos não consideram a acústica como condicionante essencial no processo de concepção do projeto, confirmou-se nas pesquisas realizadas com estudantes de arquitetura e profissionais da área.

Inicialmente, na análise das respostas do questionário aplicado aos estudantes, obteve-se parte da confirmação. Nas questões abertas, dentro da categoria de respostas técnico-funcionais, poucos alunos manifestaram, de forma direta, que tinham como meta criar um edifício escolar com conforto acústico, evitando ruídos. Outros optaram nas suas respostas por palavras que expressam necessidades relacionadas ao prazer dos sentidos. Elas não indicam diretamente que o som esteja entre suas preocupações, mas ao desejarem propor uma escola “confortável, agradável e acolhedora,” entre outros adjetivos, indiretamente estão manifestando o desejo de obter um ambiente sonoramente adequado. No entanto, este não é um processo mental consciente. A preocupação com a acústica ocupa parte do pensamento dos estudantes, mas ainda não se manifesta no discurso de forma clara e direta.

Observa-se também, que o conforto ambiental é muito citado. Inicialmente como um dos objetivos a ser alcançado no projeto, e, depois, como uma das disciplinas mais significativas no trabalho interdisciplinar incentivado no atelier. Porém, fica muito evidente na análise das respostas que, quando se referem a conforto, na maioria das vezes ele está associado apenas ao clima, e as trocas térmicas. Como se justifica tal procedimento?

Inicialmente pela própria solicitação do clima do município do Rio de Janeiro; segundo, porque no discurso de sustentabilidade, hoje tão valorizado na definição dos projetos, a questão energética é muito mais presente e, portanto, mais cobrada do que a questão sonora. As características do percurso do sol e as necessidades lumínicas do edifício são fatores que personalizam as soluções propostas para a definição das fachadas, dando oportunidade para o projetista criar elementos plásticos, que também auxiliam na composição do edifício. Nesse aspecto, as soluções para redução sonora nas fachadas são menos desafiadoras.

No conjunto de questões fechadas, as respostas revelam que a visão e o tato são os sentidos mais percebidos, e, por isso mesmo os que, inicialmente, inspiram maior cuidado no projeto. A sensação de calor sobre a pele, o aquecimento dos materiais que serão tocados, associados à excessiva luminosidade do meio são situações de desconforto imediatamente assimiladas. Então, por perceberem melhor estes dois sentidos, priorizam na qualidade do espaço escolar o ofuscamento, as áreas verdes, os corredores longos e os ventos. Da mesma forma, reagem os professores e os arquitetos entrevistados.

Ao classificarem os fatores mais importantes que interferem no desenvolvimento do estudo preliminar, o som, por ser colocado de forma explícita na questão, consegue ser selecionado como um fator de influência. No entanto, só professores e alunos se dão conta da sua importância. Ele não faz parte das escolhas da maioria dos arquitetos, que valorizam mais a interferência dos elementos climáticos.

Nas respostas à entrevista, o fato é confirmado. Praticamente não é feita nenhuma referência ao som. Apenas dois arquitetos fazem uma rápida menção, mas sem maiores aprofundamentos.

Ao assinalarem as afirmativas, os três grupos demonstraram que sempre que há um confronto entre percurso dos usuários e acústica, integração e acústica, facilidade de manutenção e acústica, o som fica em segundo plano.

Integração, manutenção e percurso são três elementos marcantes nas decisões arquitetônicas e, em especial, na arquitetura escolar. Compreende-se a dificuldade do projetista em reconhecê-los como coadjuvantes, em algumas situações específicas em que a acústica torna-se o referencial. As respostas relativas à localização do ginásio, da cantina e do pátio demonstraram o quanto é difícil, para a maioria, aceitar novas argumentações para justificar decisões de projeto apoiadas nos princípios de conforto.

A equipe de arquitetos selecionados para participar deste trabalho é altamente qualificada, e laureada em seu currículo, com ampla experiência profissional e acadêmica. São extremamente cuidadosos com a qualidade da informação transmitida a seus alunos ou estagiários. Formaram-se em instituições consideradas de excelência. Então, por que se “esquecem” da acústica quando descrevem o que priorizam na arquitetura escolar? Porque, ao apresentarem os primeiros esboços do projeto ao cliente, eles sabem que este, não espera daqueles informações técnicas sobre o projeto. O cliente antes de tudo quer ver o edifício e vai discutir o que é mais fácil para ele perceber. E a acústica, apesar de agir diretamente sobre as sensações, geralmente, é trabalhada de forma técnica, rígida e pouco envolvente.

Se o centro das atenções é o cliente, e sua segurança, saúde e bem-estar, (conforme foi citado por um dos entrevistados) não podem ser descuidados, fica implícito que o som precisa ser tratado com bastante atenção nos projetos. Afinal, ambientes barulhentos ou ruidosos contribuem para o estresse dos usuários. E ambientes silenciosos, por vezes, são angustiantes.

Uma das últimas cenas do filme “*Dancer in the Dark*” do diretor Lars von Trier é muito marcante, por conta do silêncio da cela na qual a personagem principal está isolada, e da angústia transmitida por ela (que está perdendo a visão) ao tentar ouvir algum som na saída do tubo de exaustão, para ter certeza de que há vida a sua volta.

Sabe-se que as necessidades humanas não se limitam à sobrevivência física, mas também incluem as decorrentes da natureza espiritual do homem. A arquitetura atende a estes dois grupos. Interagimos emocionalmente com os sentidos da visão, do tato (onde se inclui o calor), da audição e do olfato. A arquitetura é espaço, forma, função e técnica, e nela se equilibram valores relacionados aos sentidos. Para criar uma arquitetura plena é necessário contemplar todos os sentidos e esse é um dos grandes desafios impostos ao projetista.

Na nossa cultura, a beleza é uma questão fundamental. Vivemos em uma sociedade em que a imagem é muito valorizada. E este valor é transmitido para todas as coisas que nos envolvem. Muitas vezes abdicamos de um determinado objeto, correto na sua funcionalidade, mas pouco atrativo visualmente.

A maioria dos arquitetos entrevistados, ao indicarem do que mais gostaram nos seus projetos, optaram pela forma. E, ao responderem sobre o que mais os satisfaz, destacaram a reação emocional dos alunos. Um elemento está relacionado ao outro.

Ao destacarem a forma, alimentam a esperança de que ela possa gerar uma emoção positiva nos observadores. Um ambiente impressiona pelas sensações que causa nos seus usuários, e estas se ligam imediatamente à memória. Alguns autores defendem a idéia de que o verdadeiro material da arquitetura não é a construção em si — é o comportamento das pessoas. Por isso, trabalhar o som na arquitetura é dar possibilidade para que um ambiente venha a ser memorizado auditivamente de forma positiva, coerente ao seu uso e função, permitindo que haja uma reação de prazer entre seus usuários. Não esquecendo que ele é complementar aos outros sentidos e, juntos, alicerçam a proposta de conforto.

Para que o arquiteto seja o elo na integração dos conceitos acústicos ao projeto, é imprescindível que ele tenha inicialmente uma consciência holística do conforto¹ e da importância do seu papel na consecução da qualidade de vida da sociedade.

Em seguida, é necessário que ele reconheça que o projeto, para ser pleno, deve relacionar-se com todas as percepções sensoriais do espaço, do qual som é parte constituinte e significativa para o bem estar dos usuários e com nível de importância idêntico ao tato e à visão, expressos pelo conforto térmico e lumínico dos ambientes. Porém, compreendendo que o ambiente construído é muito mais rico e abrangente do que o cartesianismo que as normas nos impõem.

A hipótese deste trabalho foi, pouco a pouco, ao longo de seu desenvolvimento, sendo comprovada. A importância desta constatação não se limita a si própria. Ela foi também significativa no desencadeamento de reflexões sobre os procedimentos possíveis que a ela se imbricam, a fim de avançar os estudos que propiciem o entendimento e a adoção efetiva da acústica em projetos da arquitetura e do urbanismo.

¹Consciência holística do conforto visa atender as necessidades do conforto físico, necessidades psico-espirituais, sócio-culturais e o conforto ambiental.

Assim sendo, a partir da realização desta pesquisa verificou-se a possibilidade de seus desdobramentos em outras futuras pesquisas, enfocando estudos sobre:

- A percepção sonora na arquitetura.
- A interdisciplinaridade na arquitetura.
- O emprego do som como contribuição pedagógica na arquitetura dos ambientes escolares.
- O conteúdo de acústica desenvolvido nas escolas de arquitetura.
- O ensino de acústica e as novas formas de integração dos seus conteúdos teóricos ao projeto.

Outros desdobramentos poderão surgir a partir da contribuição crítica de outros leitores. Mas, é importante destacar que, neste trabalho, também confirmamos a partir das respostas dos profissionais, que a arquitetura é extremamente rica e diversificada para se restringir simplesmente a duas opções – certo ou errado. Na arquitetura o princípio da adequação cabe melhor. A adequação pede que o ambiente sonoro seja coerente com a atividade nele desenvolvida.

Depois do elemento humano, o que deve ser priorizado na arquitetura será sempre um desafio para o projetista, e sofrerá variações de acordo com as circunstâncias do projeto. Neste trabalho não há a pretensão de querer tornar a acústica o centro do projeto, até porque iria de encontro à livre escolha do arquiteto. O que se espera é que ela possa ser reconhecida como partícipe das decisões projetuais, e contribua para a obtenção de ambientes saudáveis e expressivos. Reforça-se a importância do trabalho pedagógico, ainda na fase de formação dos profissionais, que deverá estimular a interdisciplinaridade entre acústica e projeto; para, posteriormente ter o arquiteto como agente da aplicação do conhecimento teórico na prática projetual.

BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA

LIVROS

AALTO,A. **La humanizacion de la arquitectura**. 2 ed. Barcelona: Tusquets, 1982

ALVES, N. **O Espaço escolar e suas marcas: o espaço como dimensão material do currículo**. Rio de Janeiro: DP&A, 1998.

ARAGONÉS, J. I. & AMÉRIGO, M. (Orgs.). **Psicología Ambiental**. Madrid: Pirámide. 1998.

ARAU,H. **ABC de La Acústica arquitectónica** Madrid: Ed. Ceac, SA, 1999

ARIZMENDI, L. J. **Tratado Fundamental de Acústica en La Edificacion**, Pamplona: EUNSA, 1980

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, **Educational Facilities 1995-96, Review**, Rockport Publishers, Inc. Massachusetts, 1996

BADIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977

BAUER, Martin W. & GASKEL, George, **Pesquisa Qualitativa com Texto , Imagem e Som – Um manual prático**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002

BERANEK, L.L. **Noise and Vibration Control** . New York: Ed. Mc Graw-Hill, 1971

BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2006

BONDUKI, N. **Affonso Eduardo Reidy**. São Paulo: Instituto Lina Bo e P. M. Bardi 1999

BRASIL. Ministério da Educação e da Cultura. **Manual para construções escolares**. Brasília: MEC/SEB. 1985

BRASIL. Ministério da Educação e da Cultura. **Parâmetros básicos de Infra-Estrutura para Instituições de Educação Infantil**. Brasília: MEC/SEB 2006, disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos.pdf/Educinf/eduinfparinfestencarte.pdf>, acesso em 2007

BRUAND, Y. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo: Ed. Perspectiva S.A., 1981

CAHIERS du CSTB, **Acoustique dès bâtiments**. Edition 1984

CETUR - Centre D'études les transports urbains :
1978 – **Recomendations Techniques pour lès ouvrages de protection contre le bruit**
1981 – **Bruit et formes urbaines**

CHING,F. D. K **Arquitetura - Forma, Espaço e Ordem**. São Paulo: Ed. Martins Fontes Editora, 1998

CLAVAL, P. **A geografia Cultural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

DOMENÈCH, F. D. **Arquitectura acustica , Poetica y Deseño**, Edicions. UPC, 2002

DUARTE, C. & P. A. RHEINGANTZ (Orgs.), **Projeto do lugar: Colaboração entre Psicologia, Arquitetura e Urbanismo**. Rio de Janeiro: Contra Capa. 2002

EGAN, M. David. **Concepts in Architectural Acoustics**. New York: Mc Graw-Hill, 1972.

FRAGO, Antonio Viñao & ESCOLANO, Agustín. **Currículo, espaço e subjetividade: a arquitetura como programa**. Tradução: Alfredo Veiga-Neto. Rio de Janeiro: DP&A, 1998.

BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA

FEDRIZZI, B. **A organização espacial em pátios escolares grandes e pequenos.** In V. Del Rio, C. R. Duarte & P. A. Rheingantz (Orgs.), Projeto do lugar: Colaboração entre Psicologia, Arquitetura e Urbanismo Rio de Janeiro: Contra Capa. 2002

FOCILLON, H. **A vida das formas.** Lisboa: Edições 70, 1997

GIURGOLA R. E MEHTA, J : **Louis I . Kahn.** São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1994 – (coleção arquitetos)

HALL, Edward T. **La Dimension oculta – enfoque antropológico del uso del espacio.** Madrid: Instituto de Estudios de Administration Local, 1973.

HERTZBERGER, H. **Lições de arquitetura.** 2 ed. São Paulo: Ed. Martins Fontes, 1999

HORN, M.G.S. **Sabores, cores, sons, aromas. A organização dos espaços na educação infantil.** Porto Alegre: Artmed, 2004

JOSSE, R. **La Acústica en la Construcion.** Barcelona: Ed. Gustavo Gilli SA, 1975

KAHN, Louis I. **Forma y Diseño.** Buenos Aires: Ed. Nueva Visión, 2003

KRYTER, K.D. **The effects of noise on man.** Menlo Park: Academic Press INC., 1985.

LAHIT, L. **Alvar Aalto: 1898-1976.** Taschen, 2004

LIMA, M. M. S. **A cidade e a criança.** São Paulo: Nobel, 1989
_____**Arquitetura e Educação.** São Paulo: Nobel, 1995

MARCO, C. S. **Elementos da acústica arquitetônica.** São Paulo: Ed. Nobel 1992

MARTINEZ, Alfonso C. **Ensaio Sobre o Projeto.** Brasília: Editora UNB, 2000

MEISSER, M. **Acustica de los edificios.** Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1973

MERLEAU-PONTY, M. **O visível e o invisível.** São Paulo: Ed. Perspectiva SA, 2003

MONTANER, J. M. **Arquitectura y Critica.** Barcelona: Gustavo Gilli, 2000
_____**As formas do século XX.** Barcelona: Gustavo Gilli, 2002

NEPOMUCENO, L. X. **Acústica.** São Paulo: Ed. Blucher Ltda. 1977

NORBERG-SHULZ, Christian – **Intenciones em Arquitectura.** GG Reprints, 3ª ed., Barcelona: Editorial Gustavo Gilli, 2001

PERKINS, L.B. **Elementary and secondary schools.** USA: Wiley & Sons. 2001

ROMERO, M.A. B. – **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público.** Brasília: Ed. UNB, 2002

SANTOS, C. N. F. **A cidade como um jogo de cartas.** São Paulo: EDUFF, Projeto Editores, 1988

SCHIMID, A. L. **A idéia de conforto – reflexões sobre o ambiente construído.** Curitiba, Pacto Ambiental, 2005

SEMIDOR, C.- **A l'ecoute d'une ville signaux sonores de Bordeaux. Aspect du confort urbain.** Bordeaux, Ecole d'architecture et de paysage. ERIAC 1997

BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA

SOMMER,B. & SOMMER,R. **Tools and Techniques**. New York: Oxford University Press, 1997

SOUZA, ROSA F. **Templos de Civilização; a implantação da escola primária graduada no estado de São Paulo: (189-1910)**. São Paulo: Fundação UNESP, 1998.

SILVA, E. **Uma introdução ao projeto arquitetônico**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS; Brasília, MEC/SESu/PROED, 1983.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de ar**. 5ª ed., Belo Horizonte, EDITAL LTDA, 2005

STRUMPF, M.F. **Acoustic in schools**. The Institute for the Developement of Education & Welfare Buildings. Telaviv, 1984.

TEIXEIRA, A. S. **O sistema escolar do Rio de Janeiro**, D.F. Rio de Janeiro: Departamento de Educação da Diretoria Geral de Instrução Pública ,1932

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS PRESS, **Educational Facilities 1995-96, Rewiew** Massachusetts: Rockport Publishers Inc.1996

THE IMAGES PUBLISHING GROUP PTY – **Educational Spaces, A Pictorial Review**. Melbourne, Austrália, 2000

WESTON,R. **Materiales, Forma y Arquitectura**. Barcelona, Ed. Blume, 2003

DISSERTAÇÕES DE MESTRADO

BARRADAS, N. L. F. **Arquitetura Escolar Carioca: Edificações Construídas entre 1930 e 1960**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. PROARQ. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) 2005.

MALAFAIA, C - **Barreiras acústicas: um estudo de sua integração no contexto urbano**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. PROARQ. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) 2000.

NIEMEYER, M.L. A. **Ruído Urbano e Arquitetura em clima tropical-úmido**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. PROARQ. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) 1998.

OLIVEIRA, B.S. de. 1991. **A modernidade oficial: a arquitetura das escolas públicas do Distrito Federal (1928-1940)**. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)

SANTOS, M.J.O. **Ruído no ambiente escolar: causas e consequencias**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ. PROARQ. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) 1992.

TESES

NIEMEYER, M.L. A **Conforto acústico e térmico, em situação de verão, em ambiente urbano - uma proposta metodológica**. Rio de Janeiro: COPPE- Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) 2007.

NOGUEIRA, M. N. **Da análise ao Projeto : Elementos Invariantes da Qualidade São Paulo:** Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP.Tese (Doutorado em Arquitetura) 2005

BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA

ARTIGOS

Acoustical Society of America. 1999. **Guidelines for Classroom Acoustics in New Construction**. Disponível em <http://www.nonoise.org/quietnet/qc/workshop/dec97shp/guide.htm>

AMBROGI, Ingrid H. **A Arquitetura Escolar Moderna na Cidade de São Paulo e Sua Proposta Para Pensar o Cotidiano Escolar de 1949 A 1959** Revista Mackenzie Educação, Arte e História da Cultura, ano 3/4, n. 3/4, 2003/2004, Page 161
disponível em www.mackenzie.br/Revista_Arte, acesso em 2007

American National Standards Institute. (2002). S12.60-2002, **Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools**. Disponível em <http://asastore.aip.org.lynx.lib.usm.edu/> acesso em 2007

ARIAS, C.R.; BIANCHI, G.; PINA, S. A. M. G.; KOWALTOWSKI, D. C.K.K.; LABACK L., **Avaliando Sentidos: Espaços para Surdo/Cegos e Múltiplo Deficiente**. In: ENCAC 2007 IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de conforto no ambiente construído, Ouro Preto, MG. 2007. p. 122-131.

BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K. **Environmental Comfort in School Buildings: A Case Study of Awareness and Participation of Users: Environment and Behavior**. Environment and Behavior, v. 38, n. 2, p. 155-172, 2006.

BUTIN, Dan. **Classrooms**. 2000. Disponível em <http://www.edfacilities.org/pubs/classrooms.pdf>, acesso em 2007.

CARBONE, C.; MERCANTI, A. **Evaluation of acoustic treatment carried out in school canteens in the municipality of Rome**. In: Proc. of the Int. Euronoise Naples, Itália, 2003.

CONDURU, R. **Par Ímpar**. Teias; Revista da Faculdade de Educação /UERJ, Rio de Janeiro: v.1, n.2, p.147-152, jul./dez. 2000. Disponível em www.inep.gov.br/pesquisa

DÓREA, C. R. D. **Anísio Teixeira e as Políticas de Edificações Escolares no Rio de Janeiro (1931-1935) e na Bahia(1947-1951)**. 23º Reunião anual da ANPED, 2000, disponível em <http://168.96.200.17/ar/libros/anped/0206P.PDF>, acessado em 2007

DUARTE, H. **O problema escolar e a arquitetura**. Habitat. São Paulo, n. 4. p. 4-5, 1951.

ELALI, G. A. **O ambiente da escola: O ambiente na escola: Uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil**. Revista Estudos de Psicologia, V.8, n.2, Natal, 2003

ELALI, G.A. **Psicologia e Arquitetura: em busca do locus interdisciplinar**. Revista Estudos de psicologia. vol.2 ,n.2, Natal, 1997 disponível em <http://www.scielo.br/>, acesso feito em 2007

FERNANDES A. G.; VIVEIROS, E. B. **Impacto do ruído de tráfego em edificações escolares: uma metodologia de avaliação para o planejamento urbano**. In: XX Encontro da SOBRAC, II Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações – SIBRAMA, Rio de Janeiro, 2002.

FERNANDES, O. S. **Necessidades em parques de pré-escolas**. Anais da Semana de Humanidades, [resumos] 13, 85. 2005.

BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA

FERNANDES, O. S.; ELALI, G. A. **Reflexões sobre o comportamento infantil em um pátio escolar: o que aprendemos observando as atividades das crianças.** Paidéia (Ribeirão Preto) v.18 n.39 Ribeirão Preto 2008

FUNARI, T. B. S.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.. **Arquitetura Escolar e Avaliação Pós-Ocupação.** In: ENCAC 2005 VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, AL.. 2005. p. 2255-2257.

GONZÁLES, V. E. G.; PÉREZ, J. M. L. **Estudio de inteligibilidad en aulas de navarra.** In: Proc. of the Int. Forum Acusticum Sevilha, Sevilha, 2002.

HAGEN, M.; HUBER, L.; KAHLERT, J. **Acoustic school easing.** In: Proc. of the Int. Forum Acusticum Sevilha, Sevilha, 2002.

LOPES-BARRIO, I. **Influencia del significado en las preferencias sonoras.** Estudios de psicologia, vol 25/n.1, abril 2004, p. 73/88

MALARD, Maria Lúcia. **Os Objetos do Cotidiano e a Ambiência.** In: 2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, ANAIS. Florianópolis: ANTAC, SOBRAC, 1993

NELSON, P. B. **Improving Acoustics in American Schools.** Language, Speech, and Hearing Services in Schools • Vol. 31 • 354–355/389-390 • October 2000 Disponível em <http://lshss.asha.org/cgi/content/citation/31/4/389>

OBLINGER, D. (Ed.) **Learning Spaces.** [S.I.]; Educause, 2006. Disponível em <http://www.educause.edu/LearnigSapaces>. acesso em novembro de 2008

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.

PEDROSO, L. A. P. **Ruídos Urbanos. Contribuições para o seu estudo no Rio de Janeiro.** separata da revista Tecnologia, 1960

REIS-ALVES, L.A ; PORTO, M.M. ; NIEMEYER, M.L.A. . **Características do espaço sonoro em pátios internos.** In: X Encontro nacional de conforto no ambiente construído, 2003, Curitiba. X Encontro nacional de conforto no ambiente construído, 2003. p. 162-168.

SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; HULCE, E.; LINN, M.; AY TAR, P. **Acústica de salas de aula.** Revista de Acústica e Vibrações, n. 29, 2002.

SEGAWA, H. 1986. **Arquiteturas escolares.** Projeto. São Paulo, n. 87

SOLER, C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S.A. M. G.; BERTOLI, S. R.. **Avaliação Pós-Ocupação em Auditórios Universitários: O Conforto e a Qualidade do Projeto.** In: ENCAC 2005 VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, AL.. 2005. p. 1940-1949.

ZANNIN, P. H. T.; FERREIRA, J. A. C.; SCHULLI, R. B.; DINIZ, F. B. **Acústica em edificações – predição computacional e medição in situ de parâmetros acústicos.** Engenharia e Construção, Curitiba, n. 72, p. 49, 2003.

BIBLIOGRAFIA E FONTES DE PESQUISA

REVISTAS E PERIÓDICOS

Habitat – Revista de Artes no Brasil, São Paulo, nº 10, jan./mar. 1953.

Revista Arquitetura e Engenharia , nº 24, jan. /fev. 1953),

Revista Módulo/ arquitetura e arte nº 91, maio/jun./julh. 1986

Progressive Architecture, February, 1971

Revista Projeto/Design, nº 257, julho de 2001

Revista Projeto/Design, nº 296, outubro de 2004

Revista Projeto/Design, nº 317, julho de 2006

SITES ACESSADOS

Acoustical Society of America Technical Committees, <http://asa.aip.org/committees.html>, acessado de 2006 à 2008

Arcoweb, <http://www.arcoweb.com.br/>, acessado de 2006 à 2008

Arquitextos/Vitruvius, <http://www.vitruvius.com.br>, acessado de 2006 à 2008

WHO – World Health Organization 1999 - **Guidelines for Community Noise**; disponível em www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html, acesso em 30/11/08

DICIONÁRIOS ELETRÔNICOS

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio**. Disponível em <http://aurelio.ig.com.br> - acesso em 2008

HUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Disponível em <http://biblioteca.uol.com.br> - acesso em 2008

NORMAS DA ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

NBR 10151 - **Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade**. Procedimento, Rio de Janeiro, 2000

NBR 10152 – NB 95 - **Níveis de ruído para conforto acústico**. 1987

NBR 12179 – NB 101 – **Tratamento Acústico em Recintos Fechados**. 1992

