

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**COMPATIBILIZAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO
COM O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
- CENTRO INTEGRADO DE EDUCAÇÃO PÚBLICA -**

Mariane Brito Azevedo

2007



COMPATIBILIZAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO
COM O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO,
- CENTRO INTEGRADO DE EDUCAÇÃO PÚBLICA -

Mariane Brito Azevedo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador(es): Nome(s)

Professor Aldo Carlos De Moura Gonçalves

Professor Jules Ghislain Slama

Rio de Janeiro

Março de 2007

COMPATIBILIZAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO
COM O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
- CENTRO INTEGRADO DE EDUCAÇÃO PÚBLICA -

Mariane Brito Azevedo

Orientador Aldo Carlos de Moura Gonçalves

Co-orientador: Jules Ghislain Slama

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:

Prof. Aldo Carlos de Moura Gonçalves, D.Sc – Orientador da Tese

Prof. Jules Ghislain Slama, D.Sc - Co-orientador da tese

Pesquisadora Denise da Silva de Sousa, D.Sc

Rio de Janeiro

Março de 2007

Azevedo, Mariane Brito.

Compatibilização do Conforto Acústico com o Conforto Térmico no ambiente construído, Centro Integrado de Educação Pública/ Mariane Brito Azevedo. Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2007.

vii, 120f.: il.; 31 cm.

Orientador: Aldo Carlos de Moura Gonçalves

Dissertação (mestrado em arquitetura) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2007.

Referências Bibliográficas: f. 110-120.

1. Conforto Acústico. 2. Conforto Térmico. 3. Controle do Ruído. 4. CIEP. I. Gonçalves, Aldo Carlos de Moura. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Compatibilização do Conforto Acústico com o Conforto Térmico no ambiente construído, Centro Integrado de Educação Pública.

DEDICATÓRIA

A todos os professores “heróis” que trabalham com dedicação,
em condições inaceitáveis,
como percebido no CIEP Samuel Wainer
e também a seus alunos,
que mesmo sem perceber, representam o futuro.

AGRADECIMENTOS

A todos que torceram e me apoiaram durante todo esse processo.

Aos meus orientadores, o Professor Jules Slama, que me ajudou a encontrar algumas soluções para o ruído urbano e que enfrentou comigo todos os contratempos que houveram.

O professor Aldo Gonçalves que aceitou com presteza me orientar mesmo diante de uma situação peculiar.

Aos meus mestres, que ampliaram meus conhecimentos, como as Professoras Maria Maia, Maria Júlia de Santos e Claudia Nóbrega. Aos meus professores da graduação que me incentivaram a fazer o mestrado.

A minha mãe, Celia, que além da paciência em aprender todo o conteúdo da tese, fez uma minuciosa revisão.

Ao meu pai, Armando, que participou ativamente de minhas pesquisas.

Aos meus irmãos, sobrinhos e amigos que, carinhosamente, mantiveram-se ao meu lado, sem me deixar desistir.

Ao meu companheiro, João, que passou seus fins de semana e as férias, ajudando-me com seu conhecimento em computação.

E, em especial, a minha avó Guiomar.

RESUMO**COMPATIBILIZAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO
COM O CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
-CENTROS INTEGRADOS DE EDUCAÇÃO PÚBLICA-**

Mariane Brito Azevedo

Orientador: Aldo Carlos de Moura Gonçalves, Doutor pela
Universidade de Paris V, França, 1980.

Co-orientador: Jules Ghislain Slama, Doutor em Acústica pela
Universidade d'Aix Marseille II, França, 1988.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

O objetivo deste trabalho é apresentar propostas visando amenizar o problema acústico existente no projeto dos CIEPs, devido à permeabilidade de suas fachadas e divisórias, buscando harmonizar a ventilação natural com o controle da poluição sonora. Deixá-lo em condições ideais de conforto termo-acústico e de eficiência energética, onde o ruído externo é atenuado ou eliminado, para se preservar a saúde dos professores e criar condições favoráveis para o aprendizado dos alunos. A ventilação e a iluminação naturais devem ser aproveitadas deixando o ambiente ao mesmo tempo agradável e apresentando uma maior economia de recursos.

Foi desenvolvido um estudo de caso no CIEP Samuel Wainer, com medições do seu nível sonoro e questionários com seus professores e alunos. Os resultados alcançados conduziram a diretrizes propondo intervenções necessárias para amenizar os problemas acústicos. Considerando que o projeto do CIEP é baseado em um modelo único, as diretrizes propostas poderiam ser aplicadas aos demais CIEPs.

Palavras-chave:

1. Conforto Acústico.
2. Conforto Térmico.
3. Controle do Ruído.
4. CIEP.

Rio de Janeiro

Março de 2007

ABSTRACT

*COMPATIBILITY OF THE ACOUSTIC COMFORT
WITH THE THERMAL COMFORT IN THE BUILT ENVIROMENT
- CENTROS INTEGRADOS DE EDUCAÇÃO PÚBLICA -*

Mariane Brito Azevedo

Adviser: Aldo Carlos de Moura Gonçalves. Doctor University de Paris V, France, 1980.

*Adviser: Jules Ghislain Slama. Doctor in Acoustic by the
Aix Marseille II University, France, 1988.*

Abstract of the Thesis submitted to the Post-Graduation Studies in Architecture. College of Architecture and Urbanism, of the Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, as part of the requirements needed to obtain the Master degree in Architectural Sciences.

The purpose of this work is to show propositions that intend to assuage the acoustic problem existing in CIEPs' project, because of the sound permeability through theirs façades and partition walls, trying to put together the natural ventilation and the control of the sound pollution, giving the CIEPs the ideal conditions concerning thermal and acoustic comfort and energetic efficiency, so that the external noise can be diminished or eliminated, in order to preserve the teachers' health and to create good conditions for the learners. The natural ventilation and illumination must be used to provide a pleasant atmosphere at low cost.

In CIEP Samuel Wainer, a case study was developed, with sound level meter and questionnaires for teachers and students. The results obtained led to suggestions for essential to interventions with the objective of assuaging the acoustic problems. Considering that the project of CIEP was the same for all the units, it is suggested that this study should be applied to all the others.

Kew-words:

- 1. Acoustic Comfort.*
- 2. Thermal Comfort.*
- 3. Control Noise.*
- 4. CIEP.*

Rio de Janeiro

March 2007

SUMÁRIO:

Introdução

PARTE I

1. Conforto termo-acústico

1.1 Conforto higrotérmico

1.2 Conforto acústico

1.2.1 O som

1.2.2 O ruído

1.2.3 Controle do ruído

1.2.3.1 Fontes externas

1.2.3.2 Fontes internas

1.2.3.3 Controle do ruído dentro da edificação

1.2.4 Percepção e efeito do ruído

1.2.5 Interferência na comunicação em ambiente escolar

1.2.5.1 Inteligibilidade

1.2.5.2 Privacidade

1.3 Relação entre conforto térmico e acústico no clima tropical úmido

1.4 Efeitos da ventilação natural na propagação sonora

2. Os Centros Integrados de Educação Pública

2.1 Histórico

2.2 Os CIEPs no século XXI

2.3 Os planos para os CIEPs

2.4 O projeto

2.4.1 A termo-acústica

2.4.2 A implantação

2.4.3 O CIEP por seu mestre

PARTE II

3. Controle do ruído no exterior e interior na edificação dos CIEPs

- 3.1 Fachadas e implantação
- 3.2 Barreiras externas e internas
- 3.3 Janelas
- 3.4 Vedação
- 3.5 Materiais absorventes e isolantes

4. Estudo de caso – CIEP Samuel Wainer

- 4.1 Análise por medição do ruído
- 4.2 Análise subjetiva da percepção do ruído
- 4.3 Comentários sobre os resultados
- 4.4 Propostas para o CIEP Samuel Wainer

Considerações finais e diretrizes

Bibliografia

ÍNDICE GERAL

<i>Introdução</i>	1
<i>PARTE I</i>	4
<i>Capítulo 1: Conforto termo-acústico</i>	5
1.1 Conforto higrotérmico	6
1.2 Conforto acústico	16
1.2.1 O som	17
1.2.2 O ruído	19
1.2.3 Controle do ruído	21
1.2.3.1 Fontes externas	25
1.2.3.2 Fontes internas	28
1.2.3.3 Controle do ruído dentro da edificação	30
1.2.4 Percepção e efeito do ruído	33
1.2.5 Interferência na comunicação em ambiente escolar	37
1.2.5.1 Inteligibilidade	38
1.2.5.2 Privacidade	41
1.3 Relação entre conforto térmico e acústico no clima tropical úmido	42
1.4 Efeitos da ventilação natural na propagação sonora	45
<i>Capítulo 2: Os Centros Integrados de Educação Pública</i>	49
2.1 Histórico	50
2.2 Os CIEPs no século XIX	54
2.3 Os planos para os CIEPs	60
2.4 O projeto	61
2.4.1 A termo-acústica	66
2.4.2 A implantação	68
2.4.3 O CIEP por seu mestre	70
<i>PARTE II</i>	72
<i>Capítulo 3: Controle do ruído no exterior e interior na edificação dos CIEP</i>	73
3.1 Fachadas e implantação	74
3.2 Barreiras externas e internas	86
3.3 Janelas	96
3.4 Vedação	105
3.5 Materiais absorventes e isolantes	107
<i>Capítulo 4: Estudo de caso - CIEP Samuel Wainer</i>	114
4.1 Análise por medição do ruído	119
4.2 Análise subjetiva da percepção do ruído	140
4.3 Comentários sobre os resultados	165
4.4 Propostas para o CIEP Samuel Wainer	166
<i>Considerações finais e diretrizes</i>	170
<i>Bibliografia</i>	178
<i>Anexo I</i>	184

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

<i>Ilustração 1: Arquitetura como proteção do usuário.</i>	6
<i>Ilustração 2: Variação de temperatura.</i>	7
<i>Ilustração 3: Trocas higrótérmicas entre o homem e a construção</i>	10
<i>Ilustração 4: O ar frio mais denso desce e o ar quente menos denso sobe, dentro da construção criando uma camada quente estacionária próximo ao teto, provocando trocas por radiações complementares.</i>	12
<i>Ilustração 5: Brisas marítimas, diurna e noturna, respectivamente.</i>	13
<i>Ilustração 6: Ventilação natural feita por movimentação do ar através das aberturas e pelo efeito chaminé.</i>	14
<i>Ilustração 7: O som pode ser produzido por objetos vibrando, como o diafragma de um alto-falante ou um diapasão, representados na figura acima.</i>	17
<i>Ilustração 8: Curva senoidal demonstrativa do movimento harmônico simples,</i>	18
<i>Ilustração 9: Dois sons de mesma altura e intensidade emitidos por fontes diferentes, distinguem-se pelo timbre.</i>	18
<i>Ilustração 10: A curva a é resultante da soma das curvas b (primeiro componente de frequência, f) e c (com frequência 2f).</i>	18
<i>Ilustração 11: Sons agradáveis ou desagradáveis.</i>	19
<i>Ilustração 12: Fontes internas ou externas.</i>	21
<i>Ilustração 13: Ruído direcional ou omnidirecional.</i>	22
<i>Ilustração 14: Soma de sons.</i>	23
<i>Ilustração 15: Ocultamento de um som pelo outro.</i>	23
<i>Ilustração 16: O ruído de impacto é transmitido pela estrutura e dela para o ar,</i>	28
<i>Ilustração 17: Efeitos e causas dos ruídos.</i>	34
<i>Ilustração 18: Inteligibilidade x privacidade.</i>	37
<i>Ilustração 19: Comunicação entre o exterior e o interior da construção.</i>	42
<i>Ilustração 20: Redirecionamento da luz solar em conjunto com a ventilação.</i>	43
<i>Ilustração 22: O som modificado pelo vento.</i>	45
<i>Ilustração 23: Raios sonoros resultantes para gradiente de temperatura crescente,.</i>	46
<i>Ilustração 24: Raios sonoros resultante para gradiente de temperatura decrescente..</i>	46
<i>Ilustração 25: Raios sonoros resultantes da combinação de temperatura crescente com ventos.</i>	47
<i>Ilustração 26: Raios sonoros resultantes da combinação de temperatura decrescente com ventos.</i>	47
<i>Ilustração 27: Redução do ruído nas laterais e fundos da construção.</i>	48
<i>Ilustração 28: Planta do CIEP</i>	63
<i>Ilustração 29: Croqui de Oscar Niemeyer.</i>	71
<i>Ilustração 30: Fachada: elemento que separa o interior do exterior.</i>	74
<i>Ilustração 31: No andares superiores os ruídos vêm de longe.</i>	75
<i>Ilustração 32: Ângulo de incidência do som na fachada.</i>	75
<i>Ilustração 33: Salas voltadas para as ruas.</i>	76
<i>Ilustração 34: A varanda funciona como atenuador do ruído.</i>	77
<i>Ilustração 35: Espaço de transição.</i>	77
<i>Ilustração 36: Tipos de implantação em “U” de uma edificação.</i>	78
<i>Ilustração 37: Implantação paralela à via.</i>	79
<i>Ilustração 38: Implantação perpendicular à via.</i>	79
<i>Ilustração 39: Os efeitos do vento.</i>	80
<i>Ilustração 40: Campo refletido e campo direto.</i>	83
<i>Ilustração 41: Possibilidade de implantação com pátio interno e espaço de transição.</i>	85
<i>Ilustração 42: Atenuação do ruído através de uma barreira acústica.</i>	86
<i>Ilustração 43: Espaço transparente em uma barreira.</i>	86
<i>Ilustração 44: Zona de sombra.</i>	87
<i>Ilustração 45: Via: calçada mais as faixas de rolamento.</i>	88
<i>Ilustração 46: Linha de sombra: liga a fonte ao topo da construção, assim pode-se construir uma barreira eficiente.</i>	89
<i>Ilustração 47: Cada 100 metros de vegetação, reduz o ruído em 10dB.</i>	91
<i>Ilustração 48: Movimentos de terras funcionam como barreiras acústicas.</i>	91
<i>Ilustração 49: Casa servindo de barreira para prédio de 5 andares.</i>	93
<i>Ilustração 50: Prédios em escalonamento servindo um de barreira para o outro.</i>	93
<i>Ilustração 51: Andares em escalonamento e varandas com peitoril fechados, assim um pavimento</i>	94
<i>Ilustração 52: Janela: a ligação da construção com o exterior.</i>	96
<i>Ilustração 53: Diferentes estratégias de iluminação natural.</i>	99
<i>Ilustração 54: Brisas solei verticais fixos e horizontais móveis do MEC no Rio de Janeiro.</i>	100

<i>Ilustração 55: Brises solei verticais fixos na Faculdade de economia e educação da USP.</i>	100
<i>Ilustração 56: Louvre: veneziana acústica.</i>	101
<i>Ilustração 57: Ressonador de quarto de onda.</i>	107
<i>Ilustração 58: Conjunto de ressonadores.</i>	108
<i>Ilustração 59: Tipos de paredes e divisões.</i>	111
<i>Ilustração 60: Planta do CIEP Samuel Wainer.</i>	115
<i>Ilustração 61: Corte do CIEP Samuel Wainer como se apresenta hoje.</i>	115
<i>Ilustração 62: Croqui da setorização.</i>	119
<i>Ilustração 63: Croqui representativo do setor 1.</i>	120
<i>Ilustração 64: Croqui representativo do setor 2.</i>	120
<i>Ilustração 65: Croqui representativo do setor 3.</i>	120
<i>Ilustração 66: Croqui representativo do setor 4.</i>	120
<i>Ilustração 67: Croqui da cobertura com o posicionamento das medições. Fonte: da própria autora</i>	121
<i>Ilustração 68: Croqui do segundo pavimento com o posicionamento das turmas nas salas.</i>	123
<i>Ilustração 69: Croqui do primeiro pavimento com o posicionamento das turmas nas salas.</i>	128
<i>Ilustração 70: Croqui do térreo com o posicionamento das medições.</i>	132
<i>Ilustração 71: Croqui do primeiro pavimento com o posicionamento das medições.</i>	135
<i>Ilustração 72: Croqui da rampa com o</i>	139
<i>Ilustração 73: Croqui do o CIEP com a colocação de uma barreira acústica (muro fechado com 3,5m)</i>	166
<i>Ilustração 74: Croqui do o CIEP com a colocação de uma barreira acústica (muro fechado e curvo com 5,0m)</i>	167
<i>Ilustração 75: Colocação de varanda como espaço de transição.</i>	167
<i>Ilustração 76: Implantação com pátio interno e circulação como espaço de transição.</i>	172
<i>Ilustração 77: Setorização para uma escola.</i>	172
<i>Ilustração 78: Superfícies refletivas para reforçar a voz do professor, combinado com materiais absorventes para minimizar a reflexão e reduzir os níveis de ruído.</i>	174
<i>Ilustração 79: Exemplo de laje flutuante.</i>	176

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1: Calor emitido por uma pessoa em calorias e em vapor d'água.</i>	7
<i>Tabela 2: Proporções das quantidades de calor emitidas por uma pessoa normal, em repouso ou trabalho comum.</i>	8
<i>Tabela 3: Índice de reflexão térmica das cores.</i>	11
<i>Tabela 4: Coeficientes de reflexão térmica dos materiais.</i>	12
<i>Tabela 5: Níveis de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).</i>	19
<i>Tabela 6: Níveis sonoros para conforto e aceitáveis.</i>	20
<i>Tabela 7: Fontes de ruídos originados por veículos.</i>	26
<i>Tabela 8: Máximo de ruído emitido por cada categoria de veículo.</i>	27
<i>Tabela 9: Valores em dB(A) para tipos de conversação.</i>	28
<i>Tabela 10: Níveis de tolerância ao ruído.</i>	36
<i>Tabela 11: Distância de inteligibilidade da fala para um esforço vocal determinado.</i>	38
<i>Tabela 12: Quantificação dos CIEPs do Rio de Janeiro.</i>	55
<i>Tabela 13: Utilização dos CIEPs.</i>	59
<i>Tabela 14: Ganho de atenuação em dB para fachada com e sem emboço de acordo com o ângulo de incidência θ.</i>	75
<i>Tabela 15: Exemplo de coeficientes de absorção sonora em função da frequência.</i>	84
<i>Tabela 16: Redução em dB(A), de acordo com a espessura e materiais.</i>	90
<i>Tabela 17: Coeficientes de absorção de acordo com o material.</i>	92
<i>Tabela 18: Coeficientes de absorção térmico em função da cor.</i>	100
<i>Tabela 19: Índice de Redução Sonora (IRS) para diversos tipos de esquadrias.</i>	101
<i>Tabela 20: Tipologias de janelas.</i>	103
<i>Tabela 21: Redução do isolamento sonoro por inclusão de portas.</i>	105
<i>Tabela 22: Influência das frestas.</i>	106
<i>Tabela 23: Os materiais acústicos e os Índices de Absorção Sonora α por faixa de frequência – Hz.</i>	109
<i>Tabela 24: Valores do isolamento acústico de diversos materiais.</i>	112
<i>Tabela 25: Tabela de custo - benefício de materiais de esquadrias.</i>	167

ÍNDICE DE FOTOS

<i>Foto 1: Avenida Almirante Cochrane, Tijuca, Rio de Janeiro/ RJ</i>	25
<i>Foto 2: Fachada do CIEP</i>	50
<i>Foto 3: CIEP Presidente Tancredo Neves, no Catete, Rio de Janeiro/ RJ</i>	51
<i>Foto 4 e Foto 5: Imagens do Ciep Abílio Augusto Távora, em Nova Iguaçu/ RJ, a direita mostra uma das salas onde muitas carteiras estão quebradas e a esquerda vê-se um ninho no banheiro.</i>	56
<i>Foto 6: CIEP Marechal Henrique Teixeira Lott</i>	56
<i>Foto 7, Foto 8 e Foto 9: CIEP Marechal Henrique Teixeira Lott após a reforma: pátio interno, lavatório e cozinha, respectivamente.</i>	57
<i>Foto 10: CIEP 332 - Pedro Álvares Cabral</i>	57
<i>Foto 11: CIEPs Willy Brandt e Neuza Goulart Brizola na Rodovia Niterói-Manilha.</i>	58
<i>Foto 12 e Foto 13: CIEPs que apresentam os três blocos do projeto original.</i>	61
<i>Foto 14: Rampa do CIEP</i>	62
<i>Foto 15: Bloco Principal</i>	62
<i>Foto 16: Ginásio Desportivo</i>	62
<i>Foto 17 e Foto 18: Bloco da biblioteca com moradia para os alunos residentes.</i>	63
<i>Foto 19: Montagem dos pré-moldados e concretagem.</i>	65
<i>Foto 20 e Foto 21: Meias paredes, CIEP Rosendo Rica Marcos, em São Gonçalo/ RJ.</i>	66
<i>Foto 22 e Foto 23: CIEPs Rosendo Rica Marcos e Porto do Roza próximos à Rodovia Niterói-Manilha,</i>	68
<i>Foto 24: CIEP Anita Garibaldi, em São Gonçalo/ RJ, abandonado.</i>	68
<i>Foto 25: CIEP de difícil acesso e próximos à Rodovia Niterói-Manilha, em São Gonçalo/ RJ.</i>	69
<i>Foto 26: Vista do CIEP pela Av. Heitor Beltrão.</i>	84
<i>Foto 27: Vista do CIEP pela Av. Almirante Cochrane</i>	84
<i>Foto 28: Espaço para a colocação de barreiras acústicas.</i>	95
<i>Foto 29: Palácio de Cristal, no Parque Real do Bom Retiro, em Madrid (clima frio).</i>	97
<i>Foto 30: Prédio envidraçado, em São Paulo. (clima quente e úmido).</i>	97
<i>Foto 31: Oca: construção indígena</i>	98
<i>Foto 32: Janelas de verga reta com balaústres, isto é, com pequenas aberturas fechadas com lâminas de madeira.</i>	98
<i>Foto 33 e Foto 34: Janela colonial com mucharabis das cidades históricas de Minas Gerais</i>	98
<i>Foto 35: Janelas do CIEP Samuel Wainer</i>	104
<i>Foto 36: Vista da janela.</i>	104
<i>Foto 37: Estado em que se encontram as portas das medias paredes.</i>	106
<i>Foto 38: Estado em que se encontram as janelas.</i>	106
<i>Foto 39: Vista aérea do CIEP Samuel Wainer</i>	114
<i>Foto 40 e Foto 41: Ponto de ônibus e semáforo em frente ao CIEP Samuel Wainer,</i>	116
<i>Foto 42: Vista do CIEP Samuel Wainer pela Av. Almirante Cochrane.</i>	116
<i>Foto 43: O som passa livremente pelas aberturas entre as salas e corredores.</i>	116
<i>Foto 44: À direita do corredor, a rampa e a esquerda, salas de aula. O ruído circula de um ambiente a outro.</i>	117
<i>Foto 45: Sala de leitura do CIEP Samuel Wainer</i>	117
<i>Foto 46: Sound level meter (medidor de nível sonoro)</i>	118
<i>Foto 47 e Foto 48: Vistas da quadra coberta</i>	121
<i>Foto 49: Sala de leitura</i>	122
<i>Foto 50: Turma EI 10</i>	124
<i>Foto 51: Turma EI 20</i>	124
<i>Foto 52: Turma EI 21</i>	124
<i>Foto 53: Turma de Atividades</i>	124
<i>Foto 54: Turma EI 22</i>	124
<i>Foto 55: Turma 1101</i>	124
<i>Foto 56: Turma 1202</i>	124
<i>Foto 57: Turma vazia</i>	124
<i>Foto 58: Turma 1302</i>	124
<i>Foto 59: Turma 1301</i>	124
<i>Foto 60: Turma 1201</i>	124
<i>Foto 61: Turma 1102</i>	124
<i>Foto 62: Turmas 302 e 151</i>	129
<i>Foto 63: Turmas 402 e 152</i>	129
<i>Foto 64: Turmas 9501 e 161</i>	129
<i>Foto 65: Turmas 401 e 191</i>	129

<i>Foto 66: Turmas 301 e 171.</i>	129
<i>Foto 67: Turmas de recursos e 162.</i>	129
<i>Foto 68: Auditório.</i>	129
<i>Foto 69: Biblioteca.</i>	129
<i>Foto 70: Sala dos professores.</i>	129
<i>Foto 71: Almoxarifado.</i>	129
<i>Foto 72: Direção.</i>	129
<i>Foto 73: Secretaria.</i>	129
<i>Foto 74: Pátio coberto.</i>	132
<i>Foto 75: Brinquedos.</i>	132
<i>Foto 76: Refeitório (parte destinada às crianças menores).</i>	132
<i>Foto 77: Refeitório (parte destinada às crianças maiores).</i>	132
<i>Foto 78: Esquadrias em PVC de uma das salas da UENF, Universidade formada por prédios com o formato dos CIEPs.</i>	168
<i>Foto 79: Detalhe da esquadria.</i>	168
<i>Foto 80: Meias paredes do CIEP Samuel Wainer.</i>	168
<i>Foto 81: Paredes fechadas de salas na UENF.</i>	168
<i>Foto 82: Drywall Knauf, exemplo de ressonador Helmholtz.</i>	169
<i>Foto 83: Implantação afastada e vegetação.</i>	171
<i>Foto 84: Circulação vertical como anexo, exemplo UENF.</i>	177
<i>Foto 85: Vista interna com paredes fechadas.</i>	177

Introdução

O tema desenvolvido neste trabalho trata da interação entre o conforto acústico e o conforto térmico para uma melhor qualidade ambiental da construção, mais especificamente o conforto termo-acústico em edificações escolares, como os Centros Integrados de Educação Pública. Nestes foram feitos estudos e diagnósticos dos incômodos existentes, na tentativa de suavizar seus inconvenientes nos ambientes de usos diversificados, trazendo para eles um conforto termo-acústico. É necessário um estudo do espaço interno sob a influência gerada pelo espaço externo, visando os atuais problemas brasileiros relacionados à economia de energia.

A compatibilização entre uma ventilação natural adequada e um isolamento acústico da fachada de uma edificação se faz extremamente necessário para se obter uma maior eficiência energética. Assim, com um planejamento acústico bem feito, existe uma melhora no conforto termo-acústico e dessa forma atende-se às condições socioeconômicas.

Um exemplo que priorizou a ventilação natural, contudo não houve maiores preocupações com as questões relacionadas à acústica, foi o projeto dos Centros Integrados de Educação Pública, CIEPs, por isso escolhidos para o estudo de caso. Objetiva-se a conciliação da ventilação natural com acústica saudável, dentro dos padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), além do panorama geral do estudo mais amplos dos CIEPs, no qual o foco consiste em estudo de caso do CIEP Samuel Wainer.

Os CIEPs por estarem localizados no estado do Rio de Janeiro, que tem clima tropical úmido, buscam aproveitar a ventilação natural que ocasiona assim problemas acústicos no interior da construção, pois geralmente situam-se em vias de fluxo intenso ou próximo às estradas, onde o ruído externo é sempre intenso e penetra pelas suas fachadas. No estudo de caso, o CIEP Samuel Wainer, unidade que foi escolhida devido à sua localização, dentro do contexto urbano, entre duas avenidas de fluxo intenso situadas na Tijuca que é um bairro nobre de classe média alta. Outro fator desta escolha é a facilidade de acesso ao mesmo.

A pergunta que se faz: “Como controlar a passagem do ruído pela fachada para o interior de uma edificação, sem impedir a ventilação natural; aliando o conforto térmico com o conforto acústico?” associada à questão de “Como controlar a propagação do ruído entre os ambientes construídos?”

Tem-se por objetivo apresentar propostas que amenizem o problema acústico existente no projeto dos CIEPs, devido à permeabilidade de suas fachadas e divisórias, harmonizando a ventilação natural

com o controle da poluição sonora. Procurando condições ideais de conforto termo-acústico e de eficiência energética, onde o ruído externo é atenuado ou eliminado pela fachada e a ventilação e a iluminação naturais sejam aproveitadas deixando o ambiente agradável; ao mesmo tempo em que a propagação do ruído interno é controlada.

Para se obter ambientes agradáveis com o mínimo de custo, usando a iluminação e a ventilação naturais, priorizando as atenções aos ruídos externos que possam interferir nas diferentes atividades exercidas no interior dos recintos, o fundamental é a observação das características locais do terreno e sua forma, sem alterar a estética da construção. Adequação dos elementos construtivos ao clima tropical úmido, sem enfatizar somente a ventilação, a iluminação ou o ruído; uma vez que a ausência de uma abordagem que não leva em conta todos os aspectos do conforto pode acarretar gastos maiores.

Nos países tropicais úmidos em desenvolvimento, a ventilação natural é o meio pelo qual um certo conforto térmico pode ser obtido devido ao baixo custo de instalação, operação e manutenção do sistema. Essencialmente a ventilação natural consiste em deixar o ar passar para o interior das edificações através de vãos. Infelizmente dependendo do ambiente sonoro externo, o ruído pode adentrar na edificação e provocar efeitos adversos. Isto está acontecendo em escolas públicas e particularmente no caso de CIEPs.

Os CIEPs foram projetados buscando o aproveitamento da ventilação e da iluminação naturais. Após a colocação do projeto em prática percebeu-se a falta de uma preocupação acústica adequada. Isto gerou a necessidade de modificações e intervenções que objetivam uma melhoria acústica para uma maior inteligibilidade e melhora na comunicação, aumentando o rendimento dos alunos e preservando a saúde física e mental dos professores, evitando fadiga, estresse, rouquidão, surdez etc. A salubridade do ambiente escolar justifica essa proposta.

A pesquisa bibliográfica ajuda na percepção não apenas das necessidades humanas, isto é, o que o *homem* precisa para ter conforto; fora feito então um estudo da história e dos objetivos do CIEP. Através da análise elaborada em visitas ao CIEP Samuel Wainer, que tentam uma melhor compreensão do projeto para poder ser elaborada um estudo de seus problemas, a partir de impressões obtidas e por medições de seus níveis de ruído. A utilização de questionários respondidos por alunos, professores e funcionários auxiliam no entendimento das necessidades de mudanças que visam o conforto do lugar.

A pesquisa de materiais e suas utilizações fazem com que o projeto estudado tenha uma melhor adequação destes ao projeto estudado, através do conhecimento das características, função, colocação, manutenção e custos dos mesmos; levando em consideração a localização, o clima regional e o gasto de uma intervenção, quando se pensa em mais de quinhentas unidades a serem administradas pelo governo.

Para tal a dissertação encontra-se estruturada em duas partes, onde na primeira têm-se os conceitos e na segunda as diretrizes, sendo que cada uma delas é constituída por dois capítulos.

Na parte I, o primeiro capítulo apresenta o conceito do conforto higrotérmico e do conforto acústico relacionados ao clima tropical. A arquitetura, como invólucro e proteção do ser humano, deve formar um micro clima mais agradável para o mesmo, levando em consideração a atividade exercida em seu interior. Neste capítulo, também será abordado o ruído em suas diversas formas de percepção e efeitos causados, uma vez que este se propaga através da ventilação.

Ainda nesta parte, o segundo capítulo introduz o objeto de estudo, os Centros Integrados de Educação Pública, mostrando sua história e seus objetivos e analisando seu projeto, principalmente quanto ao fator de propagação e permeabilidade interna do ruído.

Enquanto na parte II, o capítulo três estuda o invólucro da edificação com as variadas tipologias de fachadas com seus tipos de implantações e barreiras, com a finalidade de uma melhora do controle do ruído interno com pesquisa de materiais isolantes ou absorventes que poderão ser utilizados com essa finalidade. Neste capítulo, também são estudadas as janelas, por onde penetram a maior parte do ruído e do calor vindos do exterior, assim estas têm que ser minuciosamente analisadas em relação a seus materiais e vedações.

O último capítulo trata do estudo de caso, tendo por objetivo apresentar diretrizes para a melhoria dos problemas acústicos dos CIEPs, em especial o CIEP Samuel Wainer. Ele analisa as medições e as respostas dos questionários para uma compreensão mais ampla dos problemas acústicos e sugere propostas que mantenham as características do projeto; contudo resolvendo suas falhas em relação à acústica, fazendo com que o ruído não interfira no rendimento do aluno nem na saúde física e psicológica dos professores. Uma vez que é um único projeto para todos os CIEPs, a maioria das intervenções citadas para este CIEP pode ser utilizada nas demais unidades.

Parte I

1 Conforto termo-acústico

Este capítulo contém a descrição, obtida pelo levantamento bibliográfico, do conforto higrotérmico e do conforto acústico, relacionado com o clima tropical. Demonstra as necessidades humanas de conforto e bem-estar e busca na arquitetura, envoltória do ser humano, meios de conseguir o ambiente mais favorável ao homem em sua atividade.

Para se fazer a descrição do conforto acústico, se faz necessário citar o ruído em suas diversas formas de percepção e efeitos causados. O fato de o ruído ter como principal meio de propagação o ar, torna imprescindível o conhecimento das características da ventilação natural e seus efeitos com relação ao ruído. E por fim os problemas que a ventilação causa na acústica em virtude da propagação do ruído pelo ar.

O conforto térmico, assim como o conforto acústico constituem, juntamente com o conforto visual e a qualidade do ar, o conforto ambiental. Através da arquitetura, o homem tenta adaptar os ambientes para obter esse conforto ambiental. Conforto é a ausência do desconforto.

1.1 Conforto higrotérmico

O ser humano busca melhores condições de vida, sem se submeter à fadiga e/ou estresse proporcionados em grande parte pelo desconforto. A arquitetura deve oferecer aos seus usuários as condições térmicas adequadas ao seu conforto independentemente das condições climáticas externas. Em contrapartida, ao construir as cidades, o arquiteto e urbanista acaba por modificar as condições climáticas das mesmas.

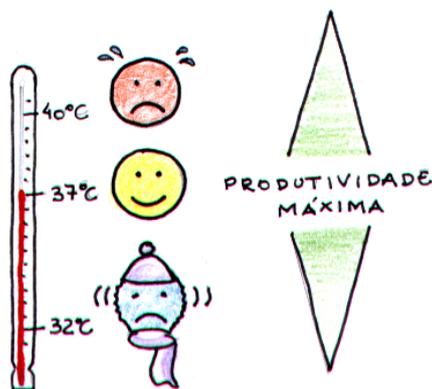


*Ilustração 1: Arquitetura como proteção do usuário.
Fonte: da própria autora*

O conforto higrotérmico ocorre quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente acontecem sem esforços, mantendo uma temperatura interna de aproximadamente 37°C e tendo assim uma máxima produtividade. Ao perder muito ou pouco calor passam a existir as sensações de frio e calor e uma baixa no rendimento, podendo chegar a problemas de saúde quando em temperaturas abaixo de 32°C ou acima de 42°C. O organismo humano reage tanto ao frio quanto ao calor por meio de mecanismos automáticos, isto é, pelo sistema nervoso simpático, buscando uma redução da perda de calor e um aumento das combustões internas (termogênese). Em reação ao frio, ocorre um aumento da resistência térmica da pele por vasoconstrição¹, arrepios e tiritar. Por outro lado, para reagir ao calor o sistema nervoso simpático intensifica as trocas de calor por vasodilatação² e exsudação e reduz as combustões internas (termólise). O trabalho excessivo do aparelho termorregulador causado por condições ambientais desfavoráveis gera uma fadiga termohigrométrica.

¹ Diminuição do calibre de vasos sanguíneos

² Aumento do calibre de vasos sanguíneos



*Ilustração 2: Variação de temperatura.
Fonte: da própria autora*

A pele, que tem sua temperatura controlada pela intensidade do fluxo sanguíneo, realiza as trocas de calor sendo o principal órgão termorregulador, uma vez que, ao existir desconforto ativa a regulação do fluxo sanguíneo através da vasoconstrição e da vasodilatação. Pela pele também ocorrem perdas por convecção e radiação através da transpiração e a vestimenta funciona como uma barreira, um isolante térmico para essas trocas, mantendo próximo ao corpo uma camada de ar mais ou menos aquecido de acordo com o tecido e o quanto e como cobre. A vestimenta reduz o ganho de calor pela radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor diminuem a sensibilidade às variações de temperatura e velocidade do ar.

As variáveis climáticas que influenciam o conforto higrotérmico são: temperatura, umidade e velocidade do ar e radiação solar incidente; que são intimamente relacionadas com o regime de chuvas, as vegetações, a permeabilidade do solo, as águas superficiais e subterrâneas, a topografia e demais características locais, sendo que todas podem ser alteradas com a presença humana.

Os fatores inerentes ao ser humano dependem dentre outras coisas, da atividade, da vestimenta, do sexo, da idade, do biótipo, dos hábitos alimentares... Portanto ao analisar essas variáveis em conjunto foram obtidos os índices de conforto higrotérmico. Esses índices podem ser biofísicos (relativo a trocas de calor, que podem ser secas - convecção, condução e radiação - ou úmidas - evaporação), físicos (devido a condições de temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar) e subjetivos (baseados nas sensações de conforto higrotérmico).

Atividade	Calor emitido	Vapor d'água expelido
Repouso	70 a 80 cal/h	50 a 60 g/h
Trabalho normal	120 a 140 cal/h	90 a 100 g/h
Trabalho pesado	180 a 200 cal/h	180 a 210 g/h

*Tabela 1: Calor emitido por uma pessoa em calorías e em vapor d'água.
Fonte: SILVA (41), página 181*

Calor emitido	Por condução	Por radiação	Pelo suor	Pela respiração	total
Pessoa em repouso	30%	40%	27%	3%	100%
Pessoa em trab normal	15%	15%	60%	10%	100%

Tabela 2: Proporções das quantidades de calor emitidas por uma pessoa normal, em repouso ou trabalho comum .
Fonte: SILVA (41), página 181

O conforto térmico pode ser representado através de uma equação³ que inclui todos os fatores necessários para tal, como: velocidade do ar, temperatura radiante média, temperatura do ar, vestimenta, umidade do ar e atividade física do indivíduo. Esta equação objetiva o cálculo da acumulação de energia no corpo pela diferença entre o metabolismo desenvolvido no mesmo e a transferência de calor para o ambiente.

$$\begin{aligned}
 & M - W + && \text{(Metabolismo e Trabalho)} \\
 & - 0,35 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99 \times (M - W) - P_{VAP}] + && \text{(Difusão de vapor)} \\
 & - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] + && \text{(Transpiração)} \\
 & - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - P_{VAP}) + && \text{(Respiração latente)} \\
 & - 0,0014 \times M \times (34 - T_{AR}) + && \text{(Respiração sensível)} \\
 & - 3,96 \times 10^{-8} F_{VEST} \times [(T_{VEST} + 273)^4 - (T_{RAD} + 273)^4] + && \text{(Radiação)} \\
 & - F_{VEST} \times H \times (T_{VEST} - T_{AR}) = && \text{(Convecção)} \\
 & + S && \text{(Acumulação de calor)}
 \end{aligned}$$

Onde:

- ✚ M é o metabolismo, em W/m² (área corporal);
- ✚ W é o trabalho realizado para o exterior, em W/m² (área corporal);
- ✚ P_{VAP} é a pressão parcial do valor de água do ar ambiente, em Pa;
- ✚ T_{AR} é a temperatura seca do ar ambiente, em °C;
- ✚ F_{VEST} é um fator de vestuário, adimensional;
- ✚ T_{VEST} é a temperatura exterior do vestuário, em °C;
- ✚ T_{RAD} é a temperatura média radiante dos elementos opacos do espaço, em °C;
- ✚ H é o coeficiente de convecção entre a superfície exterior do vestuário e o ar exterior, em W/m²K (área exterior do vestuário);
- ✚ S é o termo de acumulação de energia no corpo, em W/m² (área corporal)

³ Equação de Conforto Térmico retirada de ÁGUAS (02), página 15.

“Conforto higrotérmico é a condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico.”
(ASHRAE Fundamentais, 1997)

As sensações de conforto existem devido ao desconforto, isto é, sensações de frio ou calor na superfície corporal parcial ou totalmente. Segundo ÁGUAS (02), o PMV (Predicted Mean Vote⁴), desenvolvido por Fanger⁵, não é mais do que uma escala quantitativa da sensação de calor e frio de uma pessoa. Fanger analisou indivíduos de diferentes sexos e idades obtendo seu PMV, com o qual determinava as condições ambientais mais propícias para cada lugar. Definiu assim uma escala de sensações térmicas, onde zero seria a neutralização, ou seja, o conforto térmico.

Escala de sensações térmicas definidas por Fanger:

-3	muito frio
-2	frio
-1	leve sensação de frio
0	neutralização térmica
+1	leve sensação de calor
+2	calor
+3	muito quente

O PMV pode ser calculado através da equação⁶:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot S$$

Onde:

- ✚ M é o metabolismo, em W/m² (área corporal);
- ✚ S é o termo de acumulação de energia no corpo, em W/m² (área corporal).

A partir do PMV, torna-se possível o cálculo do PPD, a percentagem de pessoas desconfortáveis termicamente, isto é, o PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied⁷). O PMV é utilizado para o cálculo do PPD, insatisfeitos, através da equação:

$$PPD = 100 - 95 \times e^{(-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2)}$$

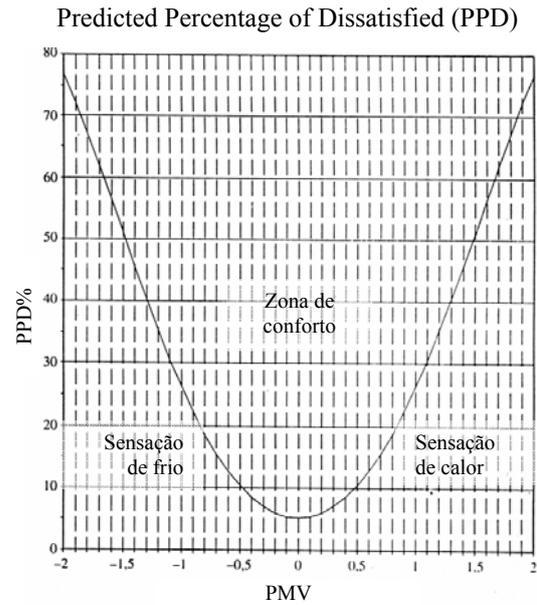
⁴ Em português conhecido como VME – Voto Médio Estimado.

⁵ P. Ole Fanger: Director, Professor, D.Sc. International Centre for Indoor Environment and Energy Technical University of Denmark, Building 402 DK-2800 Lyngby, Denmark.

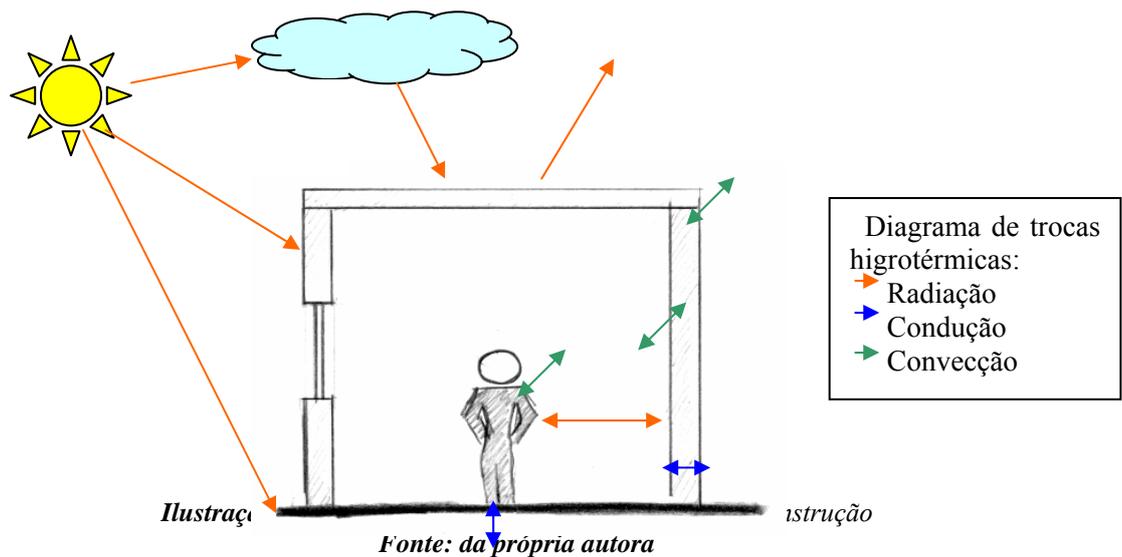
⁶ Cálculo do PMV e PPD retirados de ÁGUAS (02), página 19.

⁷ Em português tido como PEI - Percentagem Estimada de Insatisfeitos

Os estudos de Fanger foram adotados em 1984 pela ISO⁸ 7730, que recomenda para espaços ocupáveis por seres humanos termicamente moderados, o PPD < 10% correspondendo a uma faixa de PMV de 0,5 a +0,5. (VEGAS (46))



Para ter uma sensação de conforto o corpo humano procura realizar suas trocas higrótérmicas de modo a obter um somatório nulo, com a eliminação de todo o calor produzido e manutenção do calor necessário para o equilíbrio interno. A ventilação deve proporcionar condições termohigrométricas confortáveis, ao auxiliar as trocas de calor entre o corpo e o ambiente.



As trocas higrótérmicas podem ser feitas por radiação entre o sol e/ou a abóbada celeste e a construção, entre as paredes e entre estas e o corpo. A orientação das fachadas, as águas do telhado e as

⁸ International Organization for Standardization

características dos materiais influenciam na absorção das radiações solares. As lajes planas, em climas quentes, recebem uma carga térmica muito maior que telhados inclinados. O revestimento deve ser feito com cores claras devido a seu baixo fator de absorção, aproximadamente 20 a 30%.⁹

Cor	Coefficiente de Reflexão Térmico
Branco teórico	100%
Branco de cal	80%
Amarelo	70%
Amarelo-limão	65%
Verde- limão	60%
Amarelo -ouro	60%
Rosa	60%
Laranja	50%
Azul claro	50%
Azul celeste	30%
Cinza-neutro	30%
Verde-oliva	25%
Verde médio	20%
Vermelho	17%
Azul-turquesa	15%
Verde-garrafa	12%
Carmin	10%
Violeta	05%
Preto teórico	00%

Tabela 3: Índice de reflexão térmica das cores.
Fonte: PILOTTO, 1980¹⁰

As trocas por condução dependem do contato entre o corpo e as superfícies que ele toca, também podem ser feitas através das paredes. A condução é responsável pela chegada e saída do calor nos ambientes, o fluxo desse calor varia em função da densidade, natureza química (se amorfos ou cristalinos) e a taxa de umidade dos materiais. A superfície externa da parede (com temperatura igual ao ar exterior) e a interna (igual ao ar do ambiente) fazem com que ocorra um fluxo de calor dentro da parede até que esta entre em equilíbrio; portanto, o ideal é que a superfície externa tenha o mínimo de absorção solar, buscando uma melhor orientação e sombreamento das fachadas; escolher materiais com pouca condutividade; utilizar paredes de grande espessura.

Materiais	Coefficiente de Reflexão Térmica
------------------	---

⁹ Dados retirados do: <http://www.techcleaner.com.br/renabrava.html>; data 14/06/2005

¹⁰ Contido no “4 Cor nos ambientes de locais de trabalho” Disponível em: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/cgi-bin/PRG_0599.EXE/6115_5.PDF?NrOcoSis=17016&CdLinPrg=pt; data: 26/02/2007.

Asfalto sem poeira	07%
Cal	35% – 38%
Cantaria	25% – 60%
Cerâmica vermelha	30%
Concreto aparente	55%
Fazenda escura (lã)	02%
Gesso (branco)	90% – 95%
Grama escura	06%
Granito	40%
Granolite	17%
Livros em estantes	10% – 20%
Macadam	18%
Madeira clara	13% – 34%
Madeira escura	7% – 13%
Mármore branco	45%
Nuvens	80%
Papel branco	80% – 85%
Pedregulho	13%
Terra	7% – 20%
Tijolos	13% – 48%
Troncos de árvores	3% – 5%
Vegetação média	25%
Veludo preto	0,2% – 1%

Tabela 4: Coeficientes de reflexão térmica dos materiais.
Fonte: VIANNA et. al. (46), página 337

Entre o corpo e o ar que está em contato com este e entre a parede e o ar que a rodeia se observa uma troca feita por convecção, essa troca é feita de maneira natural devido às diferenças de temperatura entre um sólido e um gás ou pela diferença de pressão entre dois gases. O principal responsável por essas trocas são os ventos, assim garantindo a manutenção da qualidade do ar que respiramos, isto é, sua renovação. Assim o ar quente sobe criando uma depressão, zona de sucção, e o ar frio desce, gerando uma força de pressão sobre a terra, isso pode ocorrer dentro ou fora da construção, aquecendo o teto.

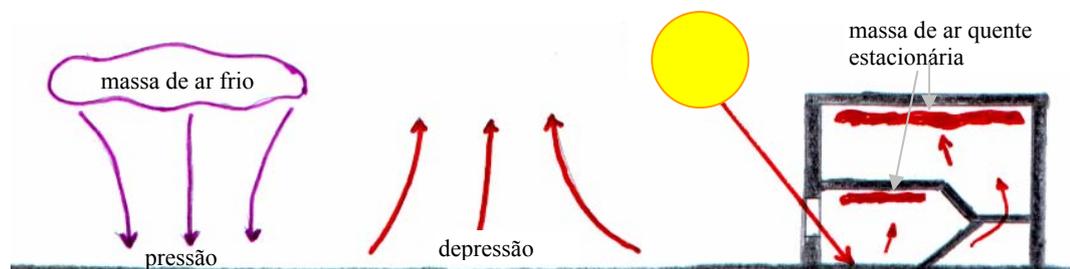


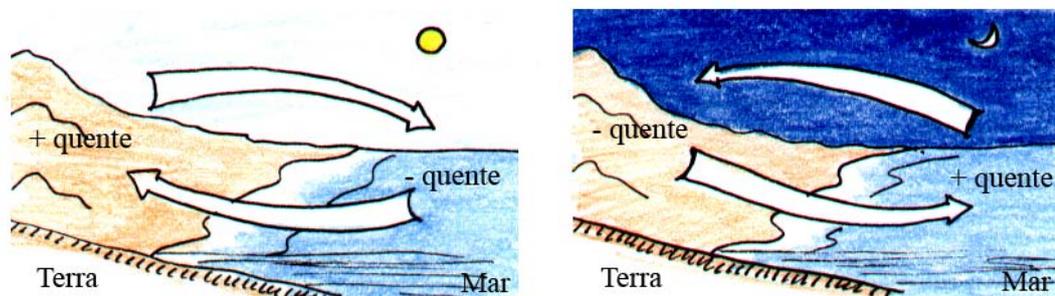
Ilustração 4: O ar frio mais denso desce e o ar quente menos denso sobe, dentro da construção criando uma camada quente estacionária próximo ao teto, provocando trocas por radiações complementares.

Fonte: da própria autora

Ao adequar a arquitetura ao clima evita-se ou se reduz os sistemas de condicionamento de ar para refrigerar ou aquecer os ambientes, como consequência tem-se uma maior racionalização energética. Ao

estudar o clima e os mecanismos de troca de calor associado ao comportamento térmico dos materiais, faz-se com que a arquitetura seja projetada de forma consciente, aproveitando o clima e amenizando seus efeitos negativos; com isso criam-se espaços com condições microclimáticas internas compatíveis ao funcionamento do metabolismo do usuário nas atividades exercidas.

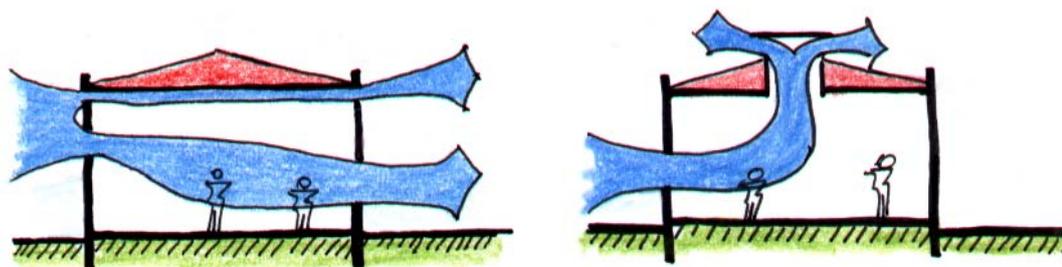
Assim em climas extremos (muito quente ou muito frio), a arquitetura tem o importante papel de amenizar as sensações de desconforto. A oscilação diária e anual das temperaturas e umidades relativas, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade no céu, a predominância de época e o sentido dos ventos e os índices pluviométricos são as variações climáticas que mais interferem no desempenho térmico da construção. Ocorrem alterações dessas variáveis devido à circulação atmosférica, distribuição das terras e mares, relevo e revestimento do solo, latitude e altitude.



*Ilustração 5: Brisas marítimas, diurna e noturna, respectivamente.
Fonte: da própria autora*

A ventilação natural proporciona a renovação de ar do ambiente; conseqüentemente uma higienização e um conforto higrotérmico de verão em regiões como a estudada, de clima quente e úmido. Essa renovação dissipa o calor e diminui a concentração de fumaças, vapores, poeiras, poluentes... Ela pode ser irregular, contanto que na zona de respiração tenha a qualidade esperada; o ideal é que seja feita de maneira homogênea considerando a distribuição do ar e da localização das fontes poluentes. Ao ocorrer uma mistura total de poluentes com o ar, diz-se que a eficiência é um; para esta ser maior que um deve ter uma qualidade de ar na zona de respiração melhor do que na de exaustão e se pior, será menor que um, se fazendo necessária uma maior ventilação.

A ventilação natural é caracterizada pela movimentação de ar pelas aberturas da construção, que deveriam ser dimensionadas para proporcionar um bom fluxo de ar. Também pode ser utilizado o efeito chaminé feito através da diferença de pressões entre o ar quente e frio. Os processos deveriam ser utilizados em conjunto objetivando resultar um somatório de forças e não uma contraposição.



*Ilustração 6: Ventilação natural feita por movimentação do ar através das aberturas e pelo efeito chaminé.
Fonte: da própria autora*

A ventilação no ambiente se fundamenta, principalmente, nas necessidades humanas como o oxigênio, concentração máxima de gás carbônico que requer uma grande renovação de ar para sua diluição. O dióxido de carbono, gás carbônico, não é diretamente nocivo, só quando em concentrações altas (superiores a 1500/2000ppm) que passam a provocar sonolência e redução de produtividade. Essa renovação também deve diluir a concentração de odores corporais que causam náuseas e mal-estar.

O ser humano busca um ambiente salubre, onde as propriedades físicas e químicas possibilitem a sua habitabilidade, recintos onde o ar interno não contenha poluentes com concentrações que sejam prejudiciais a saúde e ao bem-estar e seja percebido de maneira satisfatória por mais de 80% dos ocupantes. A poluição de um ambiente está relacionada aos produtos do metabolismo e à respiração, que libera microorganismos das pessoas; e poluentes originados pelo recinto (mofos, ácaros, poeiras, fibras desprendidas etc.); além dos provenientes do ar exterior como fuligens, fumaças, poeiras, gases etc.¹¹

Conforme a RENABRAVA¹², podem se utilizar medidas preventivas de poluição interna, evitando: lajes de teto, acima dos forros falsos, deixadas no osso, sem revestimento de massa lisa, com detritos e resíduos de obra; a utilização por cima desse forro, para fins de isolamento térmico ou acústico, de material fibroso desprotegido e a utilização dos mesmos permitindo a penetração no ambiente dos poluentes acumulados no entre forro; a utilização de móveis, divisórias, carpetes ou pinturas contendo adesivos, resinas ou vernizes sintéticos que liberem emanações de compostos orgânicos voláteis; a utilização de carpetes que permitam a acumulação de poeira, ácaros e microorganismos entre o piso e o tapete; a utilização de vasos com plantas vivas e terra úmida; fontes de combustão (aquecedores, fogões) mal ventiladas; o uso excessivo e indiscriminado de produtos de limpeza e desinfetantes, e o uso de vassouras ou espanadores, que espalham a poeira no ambiente em vez de retirá-la; a ocupação imediata de locais recentemente pintados ou reformados, ou logo após a aplicação de produtos de limpeza, desinfetantes ou desodorantes. E se recomenda: localizar as máquinas copadoras e impressoras, sempre que possível, em recintos isolados e permitir fumar apenas em salas fechadas, reservadas especialmente

¹¹ Dados retirados do: <http://www.techcleaner.com.br/renabrava.html>; data 14/06/2005

¹² Recomendação Normativa ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento)

para esta finalidade, a fim de possibilitar o controle dos poluentes na fonte, antes de sua disseminação no restante dos locais.¹³

O conforto higrotérmico no inverno está baseado nas perdas térmicas que buscam uma temperatura interior superior a exterior, estando relacionado com a ação das paredes e pisos frios e das correntes de ar frio. Já o conforto higrotérmico no verão é obtido através de um balanço térmico feito através dos ganhos e perdas de calor, também interfere nesse balanceamento os materiais, espessuras, cores e áreas dos envoltórios e o calor gerado pela atividade humana e por maquinarias no interior do ambiente; essas trocas devem ser feitas de dentro para fora objetivando a perda de calor. Contudo, em algumas horas do dia, a ventilação pode significar um ganho de calor, isto quando o ar exterior apresenta uma temperatura superior à do interior, devendo ser reduzida ao mínimo.

Em locais onde a temperatura exterior seja superior a 28°C, acima do limite de conforto humano, os recursos naturais não são suficientes para manter a temperatura interna na faixa de conforto. Então se tenta fazer com que o ganho térmico seja o mínimo possível para que os equipamentos colocados para aclimatização tenham a mínima necessidade, uma vez que sua potência está diretamente relacionada à diferença de temperaturas interna e externa. Portanto se a temperatura estivesse numa faixa de 18°C a 28°C seria possível a climatização elaborada somente de maneira natural.

¹³ Dados retirados do: <http://www.techcleaner.com.br/renabrava.html>; data 14/06/2005

1.2 Conforto acústico

Conforto, como já fora dito, é a ausência do desconforto. Este conceito, extremamente subjetivo, torna-se então de difícil explicação, pois cada ser humano tem uma concepção de conforto, desconforto e de incômodo.

Para uns um som pode ser agradável, música; enquanto para outros o mesmo som, com altura também igual é um ruído. Assim sendo, tal definição depende dos gostos, da cultura e até da capacidade auditiva de uma pessoa.

Um som, normalmente desagradável a todos, ou seja, não desejado, seria um som estranho a atividade que se está fazendo, como no caso dos ventiladores de teto. Se essa atividade estiver sendo realizada dentro de uma construção, o arquiteto deve projetá-la de maneira os ruídos externos não penetrem, pois estes são desconfortáveis uma vez que o som interno da atividade exercida terá que superá-lo.

Em suma, pode-se definir conforto acústico como sendo a ausência de ruídos, isto é, de sons indesejados. Tendo como objetivo a preservação da saúde e o bem estar dos usuários, além da inteligibilidade das palavras e da privacidade da fala, proporcionando assim um ambiente agradável para o descanso, o trabalho e/ou o lazer.

1.2.1 O som

O som pode ser tido por vibração ou perturbação física, que percorre um meio de propagação; e o som psicofisiológico, isto é, a sensação sonora captada pelo aparelho auditivo humano. O meio de propagação do som é o ar; logo, no vácuo as ondas sonoras não se propagam, somente permanece as sensações visíveis, a vibração ou perturbação física.

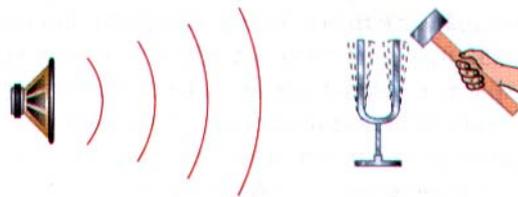


Ilustração 7: O som pode ser produzido por objetos vibrando, como o diafragma de um alto-falante ou um diapasão, representados na figura acima.
Fonte: RAMALHO et. al. (32), página 407

O sistema auditivo capta frequências entre 20Hz e 20.000Hz. As frequências abaixo de 20Hz chamam-se de infra-sônicas ou de infra-sons; enquanto as maiores que 20.000 Hz de ultra-sônicas ou ultra-sons. As ondas ultra-sônicas, apesar de não serem ouvidas pelos homens, podem ser audíveis para muitas espécies de animais.

Algumas características importantes do som são:

- Frequência: número de oscilações completas realizadas em um segundo, pode ser medida em ciclos por segundo (c.p.s.) ou Hertz. (Hz). A frequência permite classificar o som em escalas que variam de grave, quando a frequência for menor, e agudo, se maior.
 - O período, tempo necessário para que uma oscilação se realize completamente, é inversamente proporcional à frequência.

$$F = \frac{1}{T}$$

Onde: F frequência;

T período.

- Amplitude: energia que atravessa uma área em um intervalo de tempo, está relacionada com a intensidade sonora, o que nos faz classificar o som como fraco e forte.

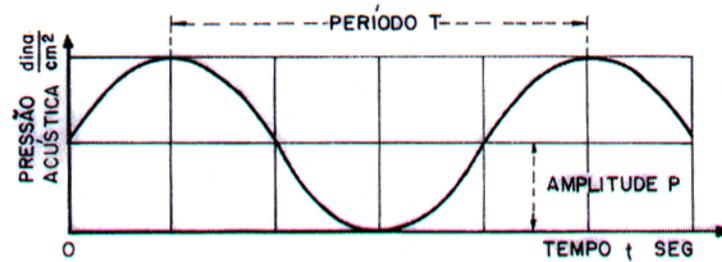


Ilustração 8: Curva senoidal demonstrativa do movimento harmônico simples, representado por diagrama cartesiano.
Fonte: SILVA (41), página 34

- Timbre: qualidade que permite diferenciar sons de mesma frequência e amplitude emitidos por fontes diferentes. Assim pode-se diferenciar uma mesma nota musical emitida por instrumentos, fontes, diferentes.

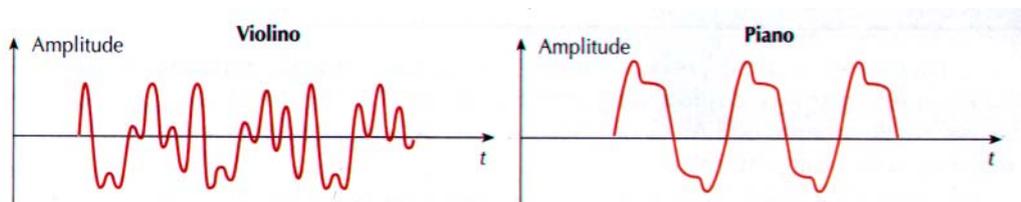


Ilustração 9: Dois sons de mesma altura e intensidade emitidos por fontes diferentes, distinguem-se pelo timbre.
Fonte: RAMALHO et. al..(32), página 413

Tom puro é uma onda só, dá um espectro discreto; toda a energia está concentrada em um único ponto, sendo uma onda senoidal; pela análise de Fourier. Uma onda sonora é a composição de vários tons puros ou simples.

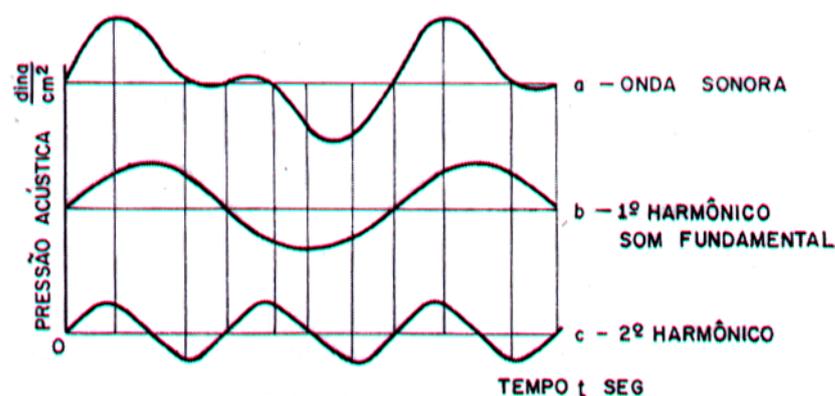


Ilustração 10: A curva a é resultante da soma das curvas b (primeiro componente de frequência, f) e c (com frequência $2f$).
Fonte: SILVA (41), página 34

O ruído tem componentes tonais que une as ondas senoidais com ondas aleatórias, sendo percebido mais forte.

1.2.2 O ruído

Paisagem sonora é o ambiente acústico que rodeia as pessoas. Ruído são os sons desagradáveis, indesejáveis, prejudiciais e/ou perturbadores. Contudo, o conceito de ruído se torna subjetivo, ao passo que o ruído pode ser extremamente desagradável para uma pessoa e agradável para outra, pois a aceitação do ruído depende, dentre outras coisas, do tipo de atividade exercida e se compatível ao local da atividade.



*Ilustração 11: Sons agradáveis ou desagradáveis.
Fonte: da própria autora*

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, existem níveis sonoros externos para áreas com funções distintas; tais níveis também variam se de manhã ou se de noite. Observa-se na tabela abaixo, retirada da norma de número 10.151, os valores diurnos e noturnos para cada tipo de área.

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

*Tabela 5: Níveis de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).
Fonte: ABNT/ NBR 10.151*

Concordando ainda com a ABNT, norma de número 10.152, existe níveis sonoros internos para conforto e aceitação permitidos conforme a função do local. A tabela abaixo obtida nesta norma, onde os valores inferiores referem-se ao nível sonoro para conforto; enquanto os valores superiores aos níveis aceitáveis para a finalidade. Os níveis superiores estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Locais	dB(A)¹⁴	NC¹⁵
Hospitais		
Apartamentos, enfermarias, berçários, centro cirúrgico	35 – 45	30 – 40
Laboratórios e áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
Escolas		
Bibliotecas, salas de música e 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, circulação	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, 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 esportes		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Tabela 6: Níveis sonoros para conforto e aceitáveis.

Fonte: ABNT/ NBR 10.152

¹⁴ Decibéis em escala de ponderação A, ou seja, uma faixa de sons menos intensa e de baixa intensidade, isto é, mais tranquilos. (SILVA (41), página 16)

¹⁵ NC *Noise Criterion* ou Critério de Ruído, criadas por Beranek em pesquisas a partir de 1952 .

1.2.3 Controle do ruído

Para analisar o ruído, devem-se conhecer suas fontes, a propriedade acústica dos meios de propagação e a natureza de seus receptores com suas respostas ao ruído.

Cenário Acústico:

- Meio de propagação → sistema construtivo
- Fontes sonoras e campos sonoros (equipamentos e seus ruídos)
 - Cenário acústico local
 - Descrição acústica do empreendimento
- Receptores → edificações (fachadas), pessoas
- Comportamental → resposta



Os ruídos são ondas sonoras, sons, que incomodam ou atrapalham as pessoas. Os ruídos podem ser provenientes do ambiente externo, do ambiente interno e ocasionados pelo próprio receptor. Os ruídos são emitidos por fontes, que podem estar localizadas externa ou internamente no ambiente.

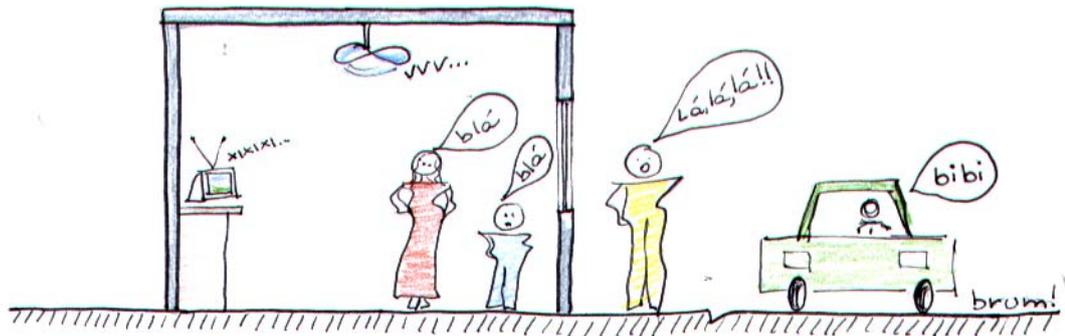


Ilustração 12: Fontes internas ou externas.

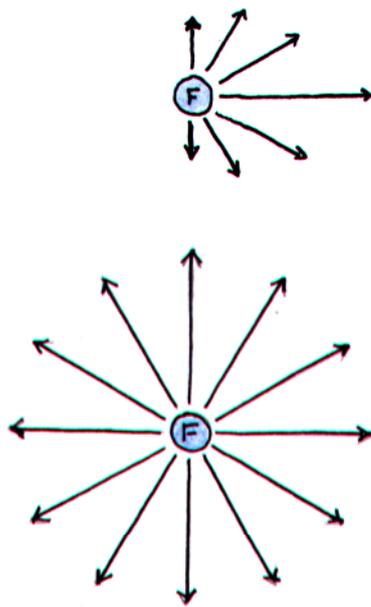
Fonte: da própria autora

As fontes de ruídos podem ser fixas ou móveis. A primeira provém de lugares, como um bar ou um sino de igreja e as outras são geradas principalmente pelas vias; uma pessoa quando se move também movimenta os sons que faz. As fontes também podem ser pontuais, lineares ou superficiais; dependendo da relação do seu tamanho ao relacionar-se com o receptor.

Para exemplificar os tipos de fontes, temos:

- Fontes fixas e pontuais: sinos da igreja, bares, os sinalizadores...
- Fontes fixas e superficiais: supermercados, clubes, escolas, templos religiosos, restaurantes, fábricas...
- Fontes móveis e pontuais: ambulantes, carros de som, pessoas conversando, máquinas...
- Fontes móveis e lineares: as ruas com a passagem de veículos, trilhos com a passagem de trens ou metrô...

As fontes de ruídos também podem ser classificadas em direcional ou omnidirecional. No primeiro caso, o ruído possui uma direção onde é mais intenso; enquanto no segundo caso, o som é distribuído de maneira uniforme em todas as direções.



*Ilustração 13: Ruído direcional ou omnidirecional.
Fonte: da própria autora*

As fontes são classificadas também conforme os fatores subjetivos: desejáveis, indiferentes ou incômodas de acordo com o desejo e a posição do receptor.

Se tiver duas fontes de ruídos iguais, o nível sonoro não é duplicado e sim somado 3 dB(A) ao nível sonoro de uma dessas fontes. Caso tais fontes de ruídos não sejam iguais, utiliza-se o nível sonoro da fonte mais potente e acresce um valor em função da diferença entre as duas fontes, conforme a tabela a baixo:

NPS_{total}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 ou +
NPS₁ - NPS₂	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	0

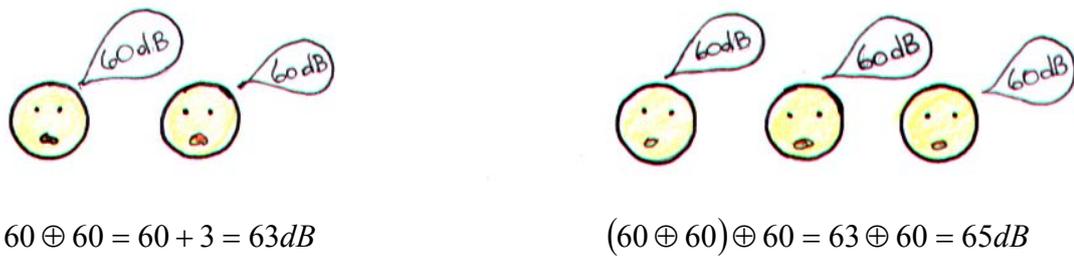


Ilustração 14: Soma de sons.

Fonte: da própria autora

Acima de 10 dB(A) ocorre o fenômeno de ocultamento, tem-se então um nível sonoro igual a da fonte de maior potência, ao passo que o de nível sonoro inferior se encontra ocultado por ele. A elevação subjetiva do limiar de audibilidade, isto é, um ruído de fundo elevado é o que caracteriza o fenômeno de mascaramento; assim, o som que está mascarado, necessitará de uma maior energia sonora para que ele seja percebido.

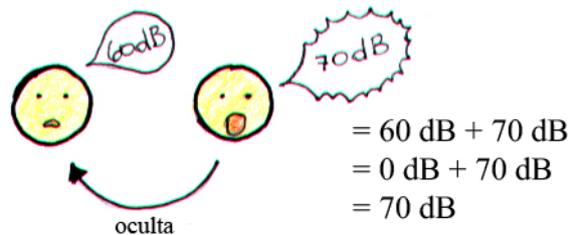


Ilustração 15: Ocultamento de um som pelo outro.

Fonte: da própria autora

Os ruídos urbanos são filtrados pela malha urbana e, ao mesmo tempo, canalizados pelas vias. Os obstáculos podem absorver, refletir, transmitir ou difratar o som. Em muros ou fachadas de edificações tem-se usado muito o revestimento em cerâmica ou pastilha, além das próprias janelas de vidro e das esquadrias e portões em metal; todos estes materiais são extremamente reflexivos, com um baixo poder de absorção, além do próprio solo.

Como NIEMEYER (28), o ruído urbano gera quatro tipos de sinais, onde variam suas durações e emergência:

- Ruído impulsivo é o que possui forte emergência, porém só dura uns poucos milionésimos de segundo, como buzinas ou alarmes;
- Ruído de passagem com uma emergência sonora de alguns segundos, como a passagem de um veículo;
- Ruído estacionário que possui pouca variação do nível sonoro durante todo o período do evento, como um compressor;

- Ruído intermitente do tipo “baforada”, como vozes numa saída de um espetáculo.

As pessoas que moram em ambientes urbanos encontram-se mais expostas a altos níveis de ruído e em níveis superiores aos permitidos pela norma. Em ambientes rurais, tem-se o som se propagando como se em campo livre, com pouca possibilidade de reflexão.

Em ambientes urbanos as fontes de ruídos, em sua maioria, são geradas devido às atividades humanas, como as indústrias, o comércio, construções, as próprias pessoas e, principalmente, o ruído do tráfego que não pára; este ruído pode até oscilar sua intensidade.

1.2.3.1 Fontes externas

Em ambientes urbanos a principal fonte externa é o ruído de tráfego de veículos; que além de serem grandes poluidores sonoros também são responsáveis pela poluição do ar. O ruído de tráfego é difícil de analisar devida sua composição de vários sinais aleatórios de baixa frequência e de grandes comprimentos de ondas. O espectro do som vai variar conforme a fonte que o emitiu e o meio no qual está sendo propagado; em automóveis a frequência varia entre 63 e 125 Hz, enquanto em motocicletas é de 250Hz. No tráfego, em geral os tons graves são predominantes.



Foto 1: Avenida Almirante Cochrane, Tijuca, Rio de Janeiro/ RJ.
Fonte: acervo próprio, 2006

Consoante o CETUR (1981) apud VIEGAS (47), o ruído de um fluxo de veículos depende de um certo número de elementos característicos da circulação rodoviária e da infra-estrutura sobre a qual os veículos circulam, como:

- O número total de veículos pesados.
- A proporção de veículos pesados em relação ao total de veículos.
- A velocidade dos veículos.
- O tipo de escoamento.
- A declividade da via.
- O revestimento da via.

Pode-se avaliar o nível sonoro de uma via em função do número de veículos contidos nela. Sendo feito um cálculo para os veículos leves, como os automóveis que possuem seu peso abaixo de 3,5 toneladas, e veículos pesados, como ônibus e caminhões com peso acima de 3,5 toneladas. Este é representado pela equação:

$$Leq_{total} = Leq_1 + 10 \log_n$$

Onde: Leq_{total} nível sonoro da via

Leq_1 nível de pressão sonora de cada veículo

n número de veículos por hora

Ruas com calçamentos anti-aderentes provocam um acréscimo de 3dB(A) e em paralelepípedos de 5 dB(A).

Segundo DENATRAN 1980, o ruído produzido por veículos origina-se em muitas fontes, podendo ser divididos em três grupos:

GRUPO DE RÚIDOS	FONTES	VARIÁVEIS
1º Funcionamento dos maquinismos	- funcionamento do motor; - entrada de ar e escapamento; - sistema de arrefecimento e ventilação; - radiador; etc.	• Velocidade de operação
2º Ruídos de movimento	- pneus em contato com o pavimento; - atritos das rodas com os eixos; - ruídos da transmissão; - ruídos aerodinâmicos; - vibração do veículo; etc.	• Velocidade do veículo
3º Ruídos ocasionais	- buzinas; - frenagens; - ruídos da troca de marchas (reduções e acelerações); - cargas soltas; - fechamento de portas; etc.	

Tabela 7: Fontes de ruídos originados por veículos.

Fonte: DENATRAN 1980

Conforme a CONAMA 01/93, o ruído máximo emitido por veículos, de acordo com suas categorias, encontra-se limitado para sair das fábricas, como demonstra a tabela abaixo:

Categoria de veículo	Ruído máximo emitido
A. Veículos de passageiros até nove lugares e veículo de uso misto derivado de automóvel	77 dB(A)
B. Veículo de passageiros com mais de nove lugares, veículo de carga ou de tração, veículo de uso misto não derivado de automóvel	79 dB(A)
C. Veículo de passageiro ou até de uso misto com PTB maior que 3.500 kg	83 dB(A)
D. Veículo de carga ou de tração com PTB acima de 3.500 kg	84 dB(A)

Tabela 8: Máximo de ruído emitido por cada categoria de veículo.

Fonte: CONAMA 01/93

Um veículo constitui uma fonte sonora pontual móvel omnidirecional, contudo uma rodovia ou uma rua são fontes lineares à medida que vários automóveis vão se deslocando sobre um mesmo trajeto. Pelo fato de uma via ser formada por um conjunto de fontes sonoras, não pode se aplicar a lei da acústica que diz para cada distância duplicada ocorre uma redução de 6 dB(A); neste caso a diminuição é de 3 dB(A), no máximo.

1.2.3.2 Fontes internas

A propagação do som numa edificação pode ser realizada pelo ar ou pela estrutura. Nos ruídos propagados por via aérea temos as aulas, as conversas, as músicas ouvidas; e também os ruídos vindos pelas fontes externas como o tráfego, as obras e o comércio. No grupo dos ruídos que chegam por via estrutural estão as vibrações de equipamentos mecânicos, deslocamento de mobiliários em andares superiores e o próprio ruído das passadas.

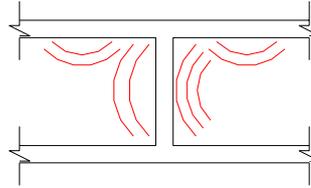


Ilustração 16: O ruído de impacto é transmitido pela estrutura e dela para o ar, sendo conhecido como: *Structure Borne Sound*.

Fonte: da própria autora

Uma das fontes de ruído interna mais expressiva são os alunos, principalmente na ausência dos professores ou em horários de recreação. Quando em aula, dependendo da atividade e da agitação dos estudantes, existem outras fontes de ruídos além dos próprios alunos. Se tiverem em aula de música ou artes, se tornam mais ativos além dos próprios instrumentos musicais. Em aulas de educação física, os alunos correm, gritam, jogam; existem também os apitos e comandos dos professores.

Os professores também são considerados fontes de ruídos internos, pois necessitam falar grande parte do tempo e de vez em quando serem mais enérgicos para conter a euforia de uma turma grande e agitada.

A voz humana possui uma potência pequena, aproximadamente 50 microwatt, podendo ser facilmente mascarada por outro som como ventiladores. Um indivíduo (fonte), em campo aberto (meio), consegue ser ouvido por outro (receptor), a uma distância de até 11 metros ou mais.

Tipo de fala	dB(A)
Sussurro	15 a 20 dB(A)
Normal a 1 metro	60 dB(A)
Alterada	65 dB(A)
Grito sem esforço	70 dB(A)
Criança gritando	90 dB(A)

Tabela 9: Valores em dB(A) para tipos de conversação

Fonte: SANTOS (37), página 22.

Como SANTOS (37), o artigo 39 da portaria n° 80 do Diário Oficial do Rio de Janeiro de 18 de outubro de 1978, fornece os níveis de ruído interno aceitável de uma sala de aula; citando:

“Art. 39 - Nas salas de aula e nos demais ambientes destinados ao aprendizado (a leitura e a escrita) não poderá haver incidência superior a 30 dB.

1°. – Nas dependências não compreendidas neste artigo a incidência não poderá passar de 50 dB.

2°. – Nos casos em que os limites acima forem ultrapassados deverá ser utilizado material acústico incombustível.”

Na maioria das escolas este artigo não se encontra cumprido; não fugindo à regra, a escola estudada também não está dentro dos limites estipulados e muito menos toma parte de tratamentos acústicos.

Consoante a NBR 10152 os níveis internos de ruído nos ambientes escolares, nas salas de aula devem ser entre 40 e 50 dB(A), este também é o nível para laboratórios. Em circulações são permitidos níveis mais altos que variam entre 45 e 55 dB(A); ao contrário dos níveis permitidos em bibliotecas, salas de música e desenho que devem ser mais baixos que os de salas de aula, variando entre 35 e 45 dB(A).

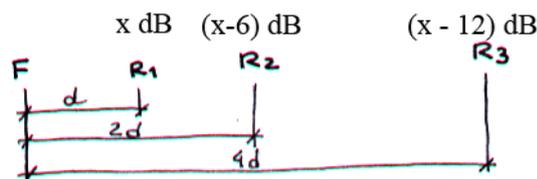
1.2.3.3 Controle do ruído dentro da edificação

Toda fonte sonora contribui para o ruído ambiente no qual está inserida e do seu entorno. Para então se controlar as fontes de ruído, deve-se analisar a morfologia urbana, bem como a presença das barreiras naturais e/ou construídas, levando em conta as características físicas do ruído e as possibilidades de controlá-lo, além da capacidade da edificação em isolar o receptor da fonte, para isto devem ser analisados os revestimentos das fachadas, seus vãos e suas janelas.

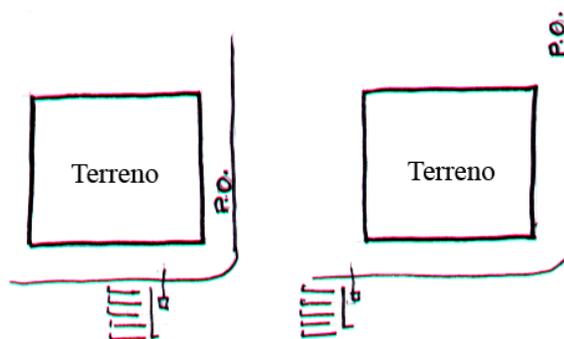
Segundo KOENIGSBERGER apud OLIVEIRA et al. (31), para se proteger dos ruídos externos o arquiteto pode tomar partido da distância, da não utilização de zonas ruidosas, do uso de barreiras contra os ruídos, do posicionamento das aberturas e utilização de materiais isolantes.

Quanto aos ruídos internos do edifício devem se tomar as seguintes medidas, ainda em OLIVEIRA et. al. (31), redução na fonte do ruído; isolamento da fonte através de barreira absorvente; zoneamento das atividades, diminuição dos ruídos produzidos por impacto; utilização de superfícies absorventes e de construções herméticas com isolamento acústico, redução da transmissão sônica pelas estruturas mediante descontinuidades.

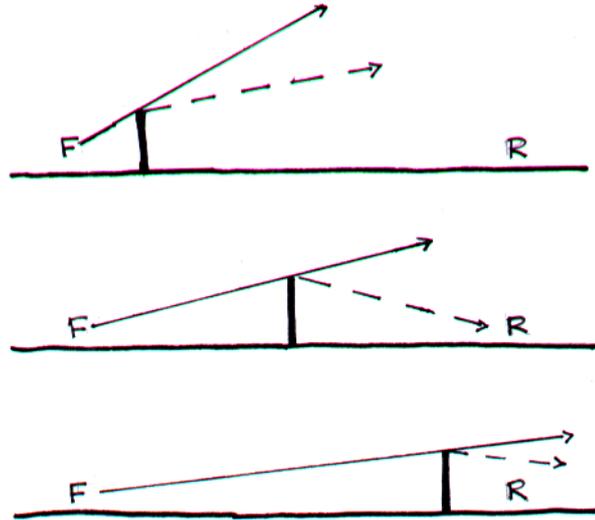
- Distância: a construção deve-se localizar o mais longe possível da(s) fonte(s) sonora(s), uma vez que a duplicação da distância reduz 6 dB(A) do nível de ruído, exceto quando a propagação se dá em campo livre.



- Não utilização de zonas de paradas de ônibus e semáforos: estas são fontes pontuais de ruído, não devendo ficar próximas das janelas de construções que necessitam de ambientes silenciosos; caso contrário, terá que ser feito um remanejamento das fontes ou uma colocação da construção o mais longe possível.



- Uso de barreiras contra os ruídos: quanto mais próxima da fonte, mais eficaz será a barreira; sendo no ponto eqüidistante entre a fonte e o receptor o pior local para se colocar a barreira.



- Posicionamento das aberturas: as aberturas e as janelas são pontos fracos da construção, por isso seu dimensionamento e posicionamento devem ser bem estudados. As aberturas devem estar localizadas o mais distante possível da fonte de ruído.



- Utilização de materiais isolantes: os materiais isolantes acústicos além de custosos, podem causar um desconforto térmico, assim devendo ser utilizados em último caso, se os métodos anteriores não solucionarem o problema.
- Zoneamento das atividades: o lay-out do pavimento também pode funcionar como barreira, com a colocação de partes de serviço, circulações e locais de pouco uso entre a fonte de ruído e as partes onde necessitam de ambientes menos ruidosos, receptor; assim ter-se-ia compartimentos da construção com finalidades de proteção dos demais ambientes.

No Capítulo 3, estão mais detalhados os sistemas de controle de ruído em edificações, exemplificado no Capítulo 4 com os CIEPs, estudo de caso desta dissertação. Trata, principalmente, das fachadas, que é o envelope da construção com suas aberturas e janelas, levando em consideração os materiais que a revestem. Estes capítulos também citam as barreiras externas e internas para proteção contra o ruído e a busca de soluções específicas para as fachadas dos CIEPs que permitam simultaneamente a penetração do vento sem o ruído e da luz sem o calor, de forma natural, visando uma maior eficiência energética e economia de recursos financeiros.

1.2.4 Percepção e efeito do ruído

O ruído atua através do ouvido no sistema nervoso central e pode causar mal-estar e desatenção, dificulta a comunicação, o descanso e o sono, causa nervosismo e estresse; ao passar de alguns limites pode produzir surdez e efeitos patológicos. Até os animais agem mais agressivamente por causa do ruído, demonstrando medo e estresse. As aves e os mamíferos marinhos se comunicam com dificuldade e muitas espécies mudam de habitat e rotas porque com o ruído tem sua alimentação e reprodução prejudicadas.

Nos seres humanos causam inúmeras patologias físicas e psicológicas¹⁶, como:

- ♪ Mal-estar causado por elevado nível de pressão sonora;
- ♪ Interferência na comunicação;
- ♪ Perda de atenção, concentração e rendimento com o ruído mascarando ou interferindo na percepção, levando a acidentes e erros; dificuldade de leitura, resolução de problemas e memorização;
- ♪ Transtornos do sono como dificuldade ou impossibilidade de dormir, bem como interrupções e diminuição da qualidade. Para uma boa qualidade de sono o ruído de fundo deve chegar ao máximo entre 30 e 45dB. Esses transtornos estão acompanhados de problemas com a pressão arterial, frequência cardíaca, aumento da pulsação, vasoconstricções, variações na respiração, arritmia cardíaca e maior movimentação corporal, fadiga e redução do rendimento;
- ♪ Danos no ouvido como fadiga auditiva ou surdez, pelo seu acúmulo, sem o tempo de recuperação que ele necessita, além de lesões no ouvido interno que vai perdendo frequências que começam nas de conversação, sons mais agudos, e os zumbidos e as vertigens;
- ♪ Estresse causando cansaço crônico, insônia, desânimo, enfermidades cardiovasculares e gástricas, transtornos do sistema imunológico e psicofísico, este altera a convivência com as pessoas;
- ♪ Efeitos físicos como hipertensão, cardiopatias, temperatura corporal e estados de dor.

O ruído também influencia social e economicamente as pessoas, gerando uma busca pelo sossego com o afastamento de lugares ruidosos. Quando os efeitos atingem um grupo, torna-se pior, gerando distúrbios de humor, agressividade e medo, tais reações se intensificam com a presença de vibrações.

¹⁶ Baseado no texto da SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE, PREFEITURA DO RIO. *Escuta! - A Paisagem Sonora da Cidade*. Rio de Janeiro: SMAC, 1999.



Ilustração 17: Efeitos e causas dos ruídos.

Fonte: <http://www.universoambiental.com.br/PoluicaoAcustica/PoluicaoAcustica.htm>; data: 11 de agosto de 2006.

A parte da população mais sujeita a esses danos são as crianças e fetos, anciões, enfermos e pessoas com problemas visuais ou auditivos. As pessoas com problemas de audição são as mais afetadas, pois a surdez leve na faixa sonora de alta frequência pode causar problemas com a percepção da fala em ambientes ruidosos. A maioria da população pertence a este grupo vulnerável às interferências na comunicação verbal. Cada pessoa possui um nível diferente de sensibilidade ao ruído que depende, dentre outros fatores da sua idade e do seu sexo. A qualidade de vida de uma pessoa depende da sua sensibilidade ao ruído. Uma eventual perda de audição por exposição ao ruído depende não somente do tipo de ruído, isto é, se de impacto ou se contínuo ou não, de sua intensidade, do tempo de exposição ao ruído; mas também das características genéticas do indivíduo.

Existem locais que são saturados acusticamente e outros alternam períodos barulhentos com silenciosos. As zonas silenciosas são as ideais para se morar. Algumas cidades possuem um centro onde as pessoas trabalham e um local mais distante onde moram. Estes centros normalmente são barulhentos, durante o dia, horário de trabalho, e ociosos e calmos à noite. A combinação dos ruídos diurnos com os noturnos, 24 horas por dia, sem períodos de descanso, fortalece os efeitos provocados na saúde. Ocorrem mudanças nos sons devido às horas do dia e às estações do ano. A paisagem urbana com seus sons numerosos, fortíssimos e sobrepostos de alterações contínuas possui desequilíbrios sonoros muito maiores que a paisagem campestre, onde os sons são bem mais definidos.

O tipo de construção, muitas vezes determinado pelo clima, contribui, no caso do Rio de Janeiro que tem clima quente e úmido, para que o som não seja atenuado devido ao pouco uso do mobiliário, aos materiais frios de revestimento como as cerâmicas que refletem o som e às janelas abertas facilitando sua entrada. Para isso faz-se necessário a criação de barreiras acústicas e atenuadores de ruído, além de uma implantação apropriada considerando-se o clima, a qualidade do ar e os ventos dominantes.

O ruído urbano é a união dos barulhos ambientais, residenciais e domésticos com as fontes ruidosas de trânsito, construções, obras públicas e comércio. Na busca pelo conforto acústico procura-se modificar os ruídos na fonte, bem como dar uma proteção às pessoas pelo afastamento. O reconhecimento dos diferentes sons e sua adequação ao espaço, depende também da relação que estes têm com os costumes, tradições e histórias. Os problemas são gerados por várias causas, sendo difícil uma regulamentação e a sensibilidade é crescente.

A percepção do espaço sonoro está afetada por sentimentos, pela cultura e pela imagem subjetiva percebida entre a pessoa, o som e o meio. Esta interação é importante à qualidade dos espaços sonoros e a compreensão dos fenômenos sonoros com suas reações. A ecologia sonora estuda esta interação entre os seres vivos e seu ambiente sonoro. Pessoas associam determinados sons a lugares, pessoas e fatos que aconteceram e estão em sua memória. A intensidade de um estímulo sonoro e a relação deste com seus fatores sócio-culturais fazem com que o sujeito responda passivamente ou não. Ambientes saturados causam angústia e insegurança, bem como os silenciosos; existe uma necessidade de sons sociáveis e naturais.

A contaminação acústica traz problemas de saúde, de repercussões sócio-culturais, de estética, de economia e até futuros. Novos sons surgem a cada dia e outros desaparecem. Outro problema gerado pelo ruído é o mascaramento de sons importantes.

Silêncio é uma sensação de quietude e não uma ausência de som, que pode ser entendido como uma forte diminuição ou um som repetido e/ou contínuo que se acostuma a ouvir e é como se ele não existisse mais. Às vezes, só se nota um som quando ele pára. Os períodos de descanso servem para uma recomposição mental e espiritual, devendo-se descansar os ouvidos com períodos silenciosos e sons agradáveis. O som pode ser responsável pelo equilíbrio humano. A musicoterapia pode ser utilizada para controlar a dor, relaxar e acalmar, em hospitais a música é utilizada em portadores de Mal de Alzheimer ou de deficiências neurológicas.

Sempre que possível deve-se eliminar sons desnecessários e inconvenientes, bem como não exceder seus volumes quando possível em rádios e televisões, buscar aparelhos pouco barulhentos. Criar proteções acústicas individuais ou coletivas, manter a folhagem das árvores, afastar as fontes de ruído ou se afastar delas. Utilizar sinalizadores luminosos ao invés de sonoros, melhorar a fala e a escuta.

O ruído de fundo é formado por um conjunto de sons, durante o dia ele varia de composição e intensidade. Ele pode causar distúrbios físicos e psicológicos nas pessoas; os primeiros são causados por perdas de faixas auditivas, começando pelas mais agudas até a surdez total e os outros geram alterações de humor, insônia, tensão, desconcentração; podendo chegar ao extremo de matar.

O homem pode perder a audição temporária ou permanentemente quando exposto a níveis muito elevados de ruído, por um longo período de tempo; assim uma das grandes causas de surdez é aquela causada nos trabalhadores devido à sua atividade profissional, fato que pode ocorrer no caso dos CIEPs. No Brasil a norma NR15 do Ministério do Trabalho regula os níveis de ruído e o tempo de exposição diária para os trabalhadores.

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Tabela 10: Níveis de tolerância ao ruído.
Fonte: Norma NR-15 do Ministério do Trabalho..

Contudo, em grandes centros urbanos como o Rio de Janeiro, as pessoas não só ficam expostas ao ruído em seus trabalhos e sim durante todo o dia, nas ruas, ou seja, no tráfego e em suas residências, uma vez que estas na maioria das vezes localizam-se em locais ruidosos, junto às ruas e demais fontes de ruído. Assim uma pessoa acaba por ficar constantemente sob efeito de ruídos.

1.2.5 Interferência na comunicação em ambiente escolar

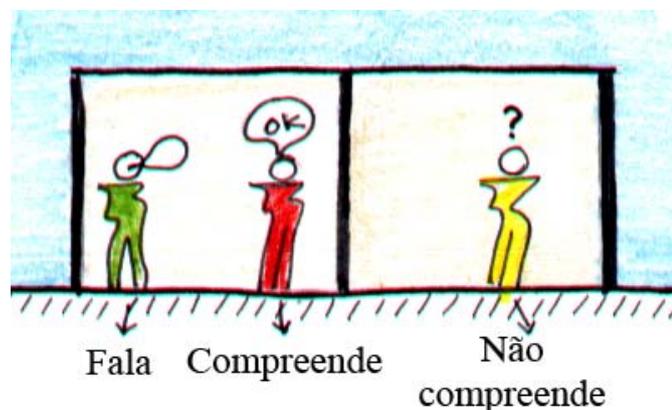
Em ambientes escolares, o ruído diminui a audição, a capacidade de atenção e a consolidação da memória, conseqüentemente, o rendimento escolar. Os alunos não compreendem bem o que é dito pelo professor; tal situação se torna mais problemática em turmas de alfabetização, pois nessa fase do aprendizado a inteligibilidade das letras, das sílabas e das palavras são fundamentais para os estudantes.

A exposição regular ao ruído durante as aulas prejudica os processos de aprendizagem e a saúde das crianças; principalmente em atividades que desenvolvem a linguagem e a atenção, como leitura, solução de problemas e a memória.

De acordo com SANTOS (37), crianças expostas ao ruído durante o período escolar possuem dificuldades não só no aprendizado como no convívio social; adolescentes tendem a ficar agressivos e adultos podem se tornar apáticos ou instáveis. Os níveis de ruídos elevados não são bem-vindos em nenhum local de uma escola, principalmente naqueles onde a atividade exige concentração e produtividade e onde a comunicação verbal é o principal instrumento de trabalho.

Para o professor ser ouvido, necessita falar mais alto que a superposição do barulho externo com o interno, o que pode ocasionar problemas vocais freqüentes, como: rouquidão, calos nas cordas vocais, perda temporária da voz; além de estresses, fadigas, dores de cabeça etc.

O clima quente úmido é desfavorável. Pois nele, em escolas públicas, as janelas permanecem abertas e que trazem para o interior todo o ruído externo, como o do tráfego. O calor também agita mais as crianças, que por sua vez acabam por fazer um barulho interno maior que em climas mais amenos e/ou frios.



*Ilustração 18: Inteligibilidade x privacidade.
Fonte: da própria autora*

1.2.5.1 Inteligibilidade

Uma pessoa numa posição determinada, num certo local, emite uma mensagem falada, oral. Uma outra pessoa, numa outra posição, escuta a voz e procura compreender a mensagem. Esse entendimento do que foi dito chama-se inteligibilidade. Em suma, é a qualidade de se compreender bem a mensagem.

As crianças menores são as mais afetadas pela falta da inteligibilidade da voz do professor, uma vez que elas estão formando seu aprendizado. Assim elas podem acabar por ter o seu desenvolvimento da linguagem comprometido. A falta de inteligibilidade também é bastante prejudicial para crianças com dificuldade de concentração ou problemas auditivos.

Quanto maior a distância entre o professor (fonte) e o aluno (receptor) mais alto o professor terá que falar para ser compreendido.

Distância	Fala normal	Fala alta	Fala altíssima	Grito
0,30 m	65 dB(A)	71 dB(A)	77 dB(A)	83 dB(A)
0,60 m	59 dB(A)	65 dB(A)	71 dB(A)	77 dB(A)
0,90 m	55 dB(A)	61 dB(A)	67 dB(A)	73 dB(A)
1,20 m	53 dB(A)	59 dB(A)	65 dB(A)	71 dB(A)
1,50 m	51 dB(A)	57 dB(A)	63 dB(A)	69 dB(A)
3,60 m	43 dB(A)	49 dB(A)	55 dB(A)	61 dB(A)

Tabela 11: Distância de inteligibilidade da fala para um esforço vocal determinado.

Fonte: Cahieirs du C.S.T.B. apud SANTOS (MA), página 35.

Além do nível do ruído externo, a reverberação da sala tende a reduzir a inteligibilidade do som. Tempos de reverberação muito longos causam menor inteligibilidade à fala e produzem níveis mais altos de ruído de fundo, ao contrário de uma sala com pequeno tempo de reverberação, que abafa o ruído de fundo, contudo também amortece a fala.

Um dos principais motivos de licenças médicas entre professores são problemas de disfunções nas cordas vocais, chegando a nódulos nas mesmas. Além dos professores terem que falar mais alto para serem escutados, outros fatores que influenciam no ruído nas salas de aula são o número de alunos por classe e o fato das salas serem ruidosas, reverberantes ou atingidas pelo barulho dos espaços vizinhos que não são bem vedados pelas paredes de baixa acústica.

Como o Jornal da Ciência¹⁷, Gustavo Melo apresentou uma pesquisa na Sociedade Brasileira de Acústica – Sobrac - comparando uma escola tradicional a um CIEP do Rio de Janeiro; neste ensaio sobre inteligibilidade, foram ditados 20 sons para crianças de 5ª série do ensino fundamental e feita a medição dos ruídos de fundo. No CIEP, foi constatado um nível de inteligibilidade de 50% e a média de 71 decibéis (dBA). Enquanto o máximo recomendado para uma sala de aula deveria ser em torno de 35 dBA. Em contraposição, na escola tradicional registrou-se uma inteligibilidade de 80% e um ruído de fundo de 57 dBA.

O principal instrumento do professor é a voz. Ele recebe um preparo pedagógico, mas não é orientado como deve cuidar e preservar sua voz. Por causa disso, foi aprovado um Projeto de Lei 5377/05 objetivando uma assistência gratuita na prevenção e cura de doenças vocais para os professores da rede pública; através de cursos para orientá-los sobre o uso adequado da voz e encaminhá-los para o tratamento médico quando necessário.

Cuidados diários para ajudar a preservar a garganta dos professores¹⁸:

- Beber regularmente água em temperatura ambiente, em pequenos goles, quando estiver dando aulas, para hidratar as cordas vocais;
- Ter alimentação leve, saudável e regular e mastigar bem os alimentos;
- Evitar o café, as bebidas gasosas e o cigarro; pois irritam a laringe;
- Evitar o excesso de derivados de leite que engrossam a saliva e aumentam a vontade de pigarrear;
- Articular bem as palavras;
- Evitar o contato direto com o pó de giz;
- Ao acordar: espreguiçar e fazer alongamentos tentando relaxar;
- No banho: deixar a água quente cair sobre os ombros, fazendo leves movimentos de rotação com a cabeça e ombros;
- Na sala de aula: utilizar recursos que aumentem a participação dos alunos e ajudem a poupar a voz;
- E se possível, utilizar microfone durante a aula, desde que sua voz esteja treinada para tal;
- Nos intervalos: descansar a voz;
- Anualmente consultar um fonoaudiologista e um otorrinolaringologista para prevenir possíveis problemas de voz e com a devida orientação do primeiro fazer exercícios de aquecimento e desaquecimento vocal, antes e depois das aulas.

¹⁷ Site: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=16053>; data: 24 de julho de 2006.

¹⁸ Site: <http://envolverde.ig.com.br>; data 01 de junho de 2006.

Em contraposição, alguns hábitos que prejudicam as cordas vocais dos professores, são¹⁹:

- Gritar;
- Sussurrar e pigarrear, forçar as cordas vocais;
- Falar de lado ou de costas para os alunos, pois necessita aumento da intensidade vocal;
- Falar enquanto escreve na lousa, também aumenta a intensidade de sua voz e faz com que se aspire o pó de giz;
- Ingerir líquidos em temperaturas extremas, muito gelados ou quentes;
- Chupar uma bala forte quando estiver com a garganta irritada, pois mascara os sintomas fazendo com que o professor force a voz sem perceber;
- Utilizar roupas pesadas e que apertem a região do pescoço e abdômen.

¹⁹ Site: <http://envolverde.ig.com.br>; data 01 de junho de 2006.

1.2.5.2 Privacidade

Como já foi dito, o principal instrumento de trabalho do professor é sua fala; para que ocorra uma total compreensão dos alunos, esta deveria ser inteligível no interior da sala de aula. Contudo, do lado de fora, não poderia ser entendida para manter a privacidade da aula ministrada. Em resumo, a aula deve limitar somente para a turma a que ela se propõe e não para as demais.

Da mesma forma que o professor só deveria escutar a sua aula e não as outras, seus alunos também devem entender só a sua aula. A aula de uma não pode chamar a atenção de outras, distraindo os alunos. A privacidade também pode ser obtida por mascaramento dos sons externos, fazendo com que eles só entendam os sons internos.

Para se assegurar a privacidade da sala de aula, outra medida a ser tomada é a utilização de materiais de grande absorção sonora nas paredes que separam as salas de aula.

A privacidade além de auxiliar o aprendizado, diminui a interferência na comunicação e também ajuda a evitar os problemas nas cordas vocais dos professores e melhora a compreensão pelos alunos do que é pronunciado por seus educadores.

No caso dos CIEPs, o problema em relação a privacidade se agrava, pois as paredes de suas salas de aula com o corredor não vão até o teto, isto é, não separam a sala do corredor. Devido a essas meias paredes, o som circula livremente entre as salas e corredores. A privacidade existente no projeto dos CIEPs é mínima ou nenhuma.

Por causa da enorme falta de privacidade das salas de aula dos CIEPs, a inteligibilidade em seu interior fica extremamente comprometida, bem como a aprendizagem dos alunos e a saúde dos professores.

1.3 Relação entre conforto térmico e acústico no clima tropical úmido

O clima tropical úmido é caracterizado por sua baixa amplitude térmica diária, dias quentes e úmidos com noites mais amenas e altos índices de umidade. Neste clima só existem duas estações, com mínimas variações de temperaturas entre elas, inverno e verão onde existem maiores precipitações de chuvas. O alto teor de umidade relativa do ar faz com que a radiação seja difusa e intensa; quanto aos ventos são fracos e direcionados principalmente para sudeste. Este clima localiza-se entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio; no qual a maior parte do Brasil está situada.

No clima tropical úmido torna-se difícil receber luz sem calor e ter ventilação sem poluição sonora. Ao se priorizar uma área, acaba-se por afetar outra ou outras. Difícil é fazer uma conciliação higrotérmica, visual, acústica e com a qualidade de ar para o ambiente. Devem-se conhecer o uso do espaço bem como suas condições climáticas, a cultura e a necessidade ambiental dos indivíduos.

Cada problema poderia ser resolvido fácil e rapidamente, se os outros fossem esquecidos. Para iluminação, a colocação de janelas que atendessem a necessidades lumínicas; para o vento, o mesmo princípio; entretanto, criar-se-ia um problema acústico. Para solucionar o problema acústico bastaria fechar toda sua comunicação com o exterior, e assim ter-se-iam os problemas de iluminação e ventilação.

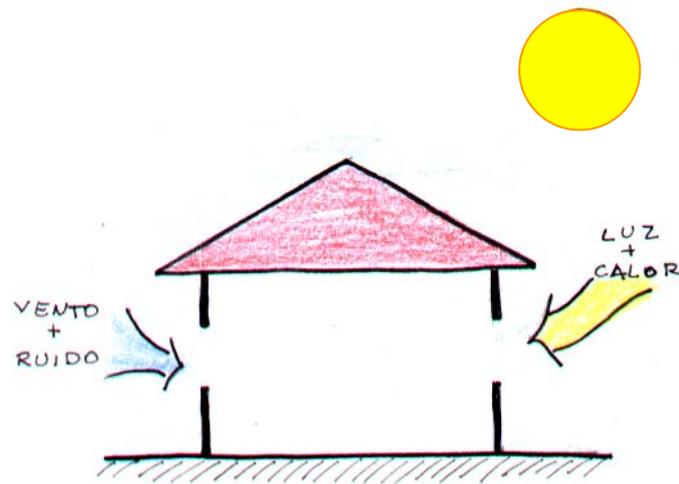


Ilustração 19: Comunicação entre o exterior e o interior da construção.

Fonte: da própria autora

Para que se tenham condições de conforto, torna-se necessário que o projeto, desde sua concepção, esteja preocupado com a interação dos confortos higrotérmico, lumínico e acústico. Com o crescimento de uma cidade ocorrem modificações no clima local e no campo sonoro que são produzidos nela.

Para amenizar os problemas das aberturas, seus fechamentos devem ser tratados com a devida atenção, de acordo com o período de utilização do ambiente e o aproveitamento solar, baseado em um controle de manuseio. Visando a qualidade, para clima tropical úmido, a abertura está relacionada com a ventilação para fins higiênicos, podendo haver fechamento. Quando o ambiente possuir ar condicionado, o melhor seria a utilização do vidro duplo sem cortes para minimizar o aquecimento pela troca de calor com o meio externo e também para diminuir o ruído. Esta solução não é a mais apropriada quando se busca um ambiente saudável e também aumenta muito o consumo de energia.

Visando uma melhora da ventilação, a janela deve possibilitar um controle da entrada de ar, para a noite, quando as temperaturas são mais baixas, poder dissipar o calor absorvido de dia, permitindo assim um conforto. Durante o verão, a ventilação é sempre positiva nos períodos em que o ambiente encontra-se em uso, a não ser quando a temperatura interna estiver mais baixa do que a externa, o que é raro. Quando o ambiente estiver desocupado, as janelas devem estar abertas. Em ambientes de ocupação diurna, as janelas podem ficar abertas à noite para provocar uma queda na temperatura interna, pois a temperatura externa é baixa.

O controle do Sol não pode ser resolvido com simples cortinas, ele deve ser pensado, na fase de projeto, como a questão orientação em relação ao sol e a implantação no terreno; prevendo proteções internas e/ou externas para um aproveitamento ideal da iluminação natural, sem que esta cause desconforto e/ou ofuscamento; procurando uma maneira de distribuí-la por todo o ambiente e tornando-a agradável. Quanto à quantidade deve ser suficiente, pois sendo pouca ou abundante causa desconforto.

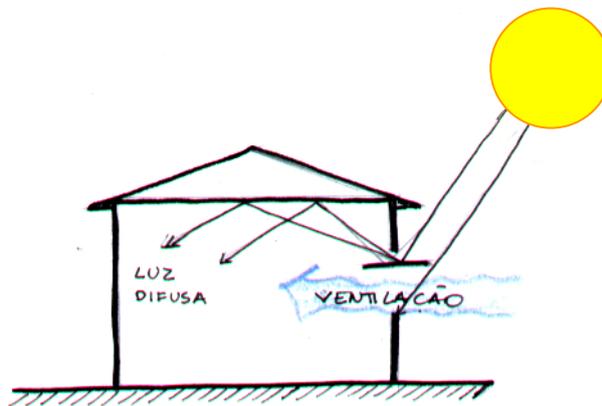


Ilustração 20: Redirecionamento da luz solar em conjunto com a ventilação.

Fonte: da própria autora

No clima quente e úmido, pelo fato da amplitude ser baixa, utilizam-se grandes aberturas para a ventilação, para esta proporcionar através da convecção a troca de calor entre o corpo e o meio ambiente. Por consequência das grandes aberturas, o ruído interno é grande; então para controlar este ruído, ocasionado principalmente pelo tráfego, que entra no ambiente pelas suas aberturas; uma maneira de proteger a construção destes sons indesejados; porém sem afetar as trocas de ar com o exterior; seriam

soluções como barreiras acústicas construídas ou naturais e/ou a utilização de ressonadores de quarto de onda, como filtro na janela; estes sendo eficientes para certas faixas de frequência do som.

No Rio de Janeiro, o clima além de quente é úmido o que faz da ventilação natural um controlador desses índices de umidade. A janela, em cidades de clima tropical, deveria ser usada somente para proteção de chuvas e/ou ventos muito fortes; mas costume brasileiro faz com que se feche a janela e se ligue o ar condicionado, o que gera um aumento no consumo de energia e um investimento na compra do aparelho. Contudo, quando ele está presente, se faz necessário cuidados na instalação, para evitar perdas excessivas de energia, e qualidade na vedação e nos materiais das janelas.

A orientação das edificações quanto à direção solar e a incidência dos ventos são tão importantes quanto à orientação das aberturas; ambas devem ser estudadas desde a fase de projeto, o que evitará transtornos futuros; uma vez que, cuidar dos problemas acústicos ao projetar é muito menos dispendioso do que intervir.

Consoante VIEGAS (47), para se fazer uma intervenção em uma edificação já construída gasta-se muito e nem sempre o problema vai ser sanado na sua totalidade, ou seja, os problemas acústicos higrotérmicos e lumínicos em conjunto; muitas vezes o edifício é construído visando a um ou a dois desses fatores, quase sempre deixando de lado a parte acústica.

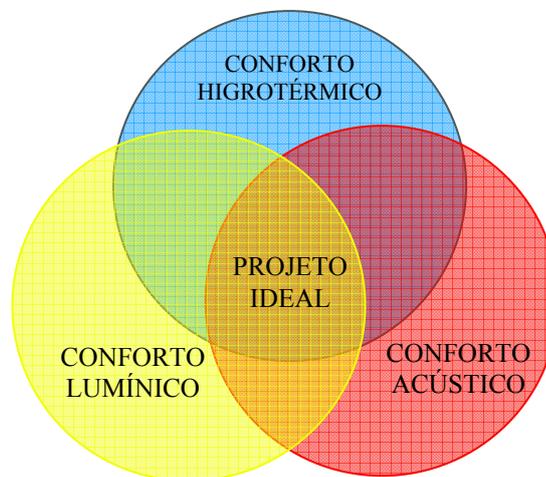


Ilustração 21: *O projeto ideal.*
Fonte: da própria autora

1.4 Efeitos da ventilação natural na propagação sonora

A propagação do som é modificada pelo deslocamento do ar no meio. Quando o som se propaga no sentido e na direção do vento, os efeitos geram uma resultante entre a soma da velocidade do som com a do vento. Por outro lado, se o som tiver mesma direção e sentido inverso, a resultante será a diferença entre as velocidades do som e do vento. Um som se propaga com maior dificuldade contra o vento e com facilidade a favor.

Próximo ao solo existe obstáculos que retardam o escoamento do vento, por isso, quanto maior a altura maior será a velocidade do mesmo. A velocidade do som também pode ser alterada com a variação da temperatura que modifica a densidade do ar; pois a velocidade do som no ar é dada pela equação:

$$V = \sqrt{1,4 P \alpha / \rho}$$

Onde: v : velocidade do som no ar

$P\alpha$: pressão do ar

ρ : densidade do ar

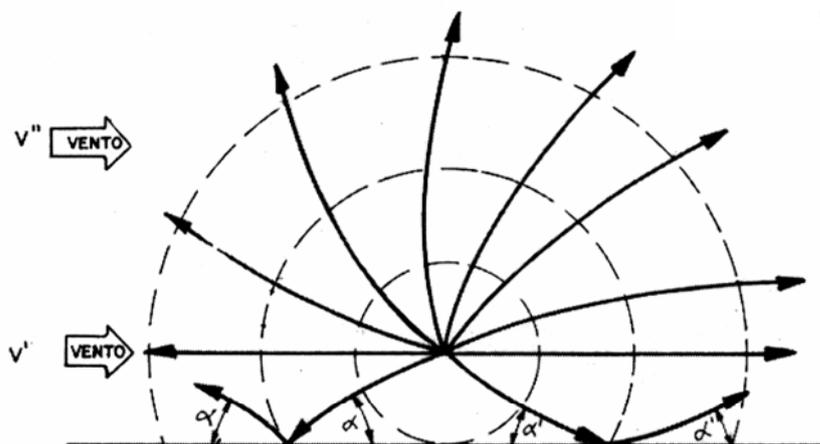
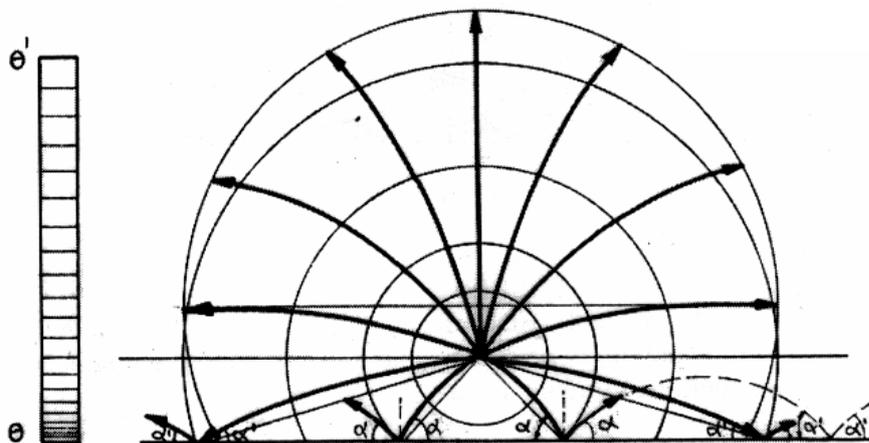


Ilustração 22: O som modificado pelo vento.

Fonte: SILVA (41), figura 42b página 83.

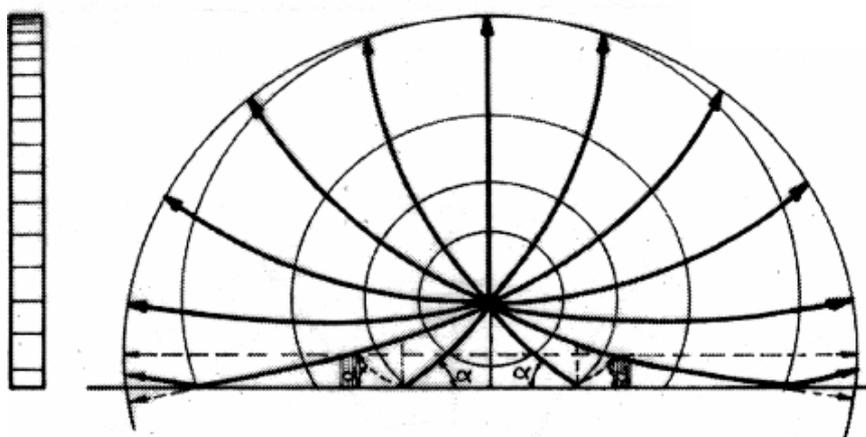
A velocidade do som independe da pressão, que fica constante para determinada temperatura. Contudo, com a variação do nível térmico do ar ocorre uma modificação em sua densidade; e assim, uma alteração da velocidade do som no meio:

- ✚ Se o gradiente de temperatura for positivo (temperatura aumentada com a altura); esta se elevará ao passo que se distanciar da superfície da terra;



*Ilustração 23: Raios sonoros resultantes para gradiente de temperatura crescente..
Fonte: SILVA (41), figura 43b página 85.*

- ✚ Se o gradiente de temperatura for nulo, temperatura constante, não será observada anomalias na propagação do som;
- ✚ Se o gradiente de temperatura for negativo (temperatura diminuída com a altura); ocorrerá uma diminuição de temperatura conforme o distanciamento da superfície da terra.



*Ilustração 24: Raios sonoros resultante para gradiente de temperatura decrescente..
Fonte: SILVA (41), figura 44b página 86.*

Assim, pode-se estudar a resultante entre a ação dos ventos e a da temperatura sobre as fontes sonoras.

- ✚ Ao combinar um gradiente positivo, isto é uma temperatura crescente, com a velocidade do vento; observa-se:

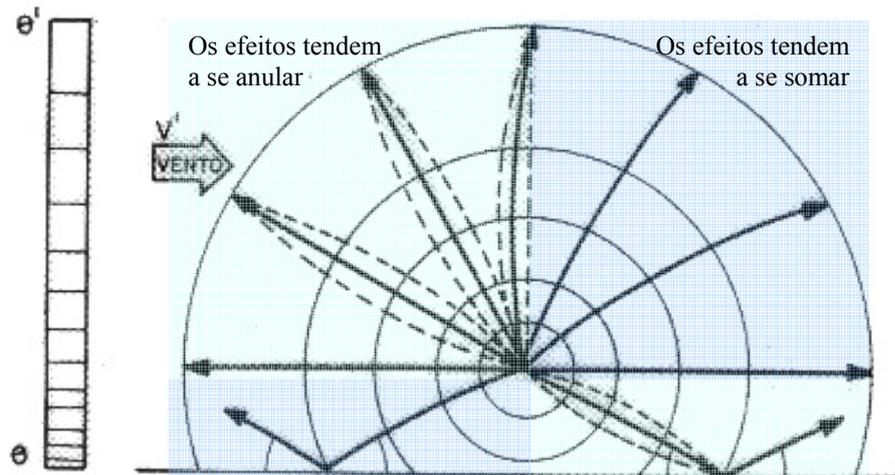


Ilustração 25: Raios sonoros resultantes da combinação de temperatura crescente com ventos.
Fonte: SILVA (41), figura 45a página 87.

- ✚ Ao combinar um gradiente negativo, isto é uma temperatura decrescente, com a velocidade do vento; observa-se:

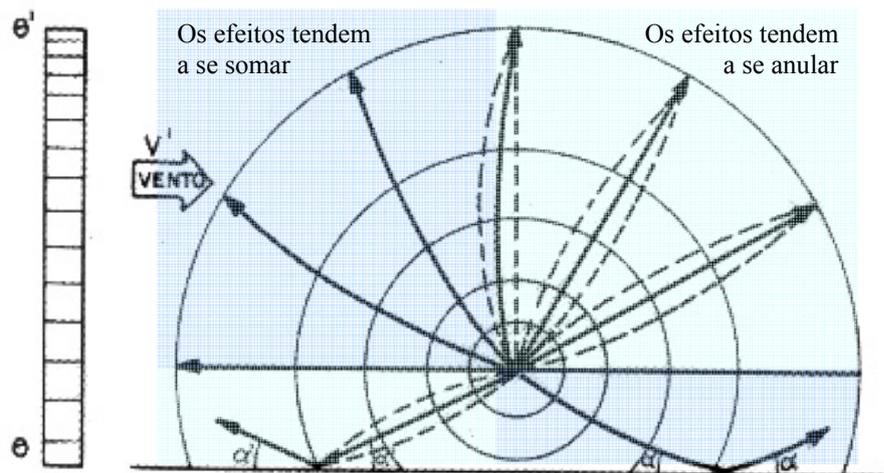


Ilustração 26: Raios sonoros resultantes da combinação de temperatura decrescente com ventos.
Fonte: SILVA (41), figura 45b página 87.

O ar também pode atuar absorvendo o som, devido à sua umidade nele contida. Para determinadas frequências, quando se tiver uma menor umidade relativa, maior será a perda para uma distância determinada. A viscosidade do ar, os coeficientes de transmissão de calor ou de radiação e sua capacidade de absorção molecular também podem atenuar os sons.

O som se propaga e penetra principalmente pelas vias e por qualquer caminho que não o modifique ou o obstrua. A ventilação natural torna o ambiente permeável ao ruído, especialmente por ventilação cruzada ou devido aos grandes vãos. O posicionamento das aberturas nos edifícios é um fator fundamental para esta permeabilidade do som; todavia, a maioria das aberturas está voltada para as vias, parte mais ruidosa. Se as aberturas fossem colocadas nas laterais, estas teriam uma redução de 3dB e se colocadas na parte posterior uma redução de 10dB²⁰.

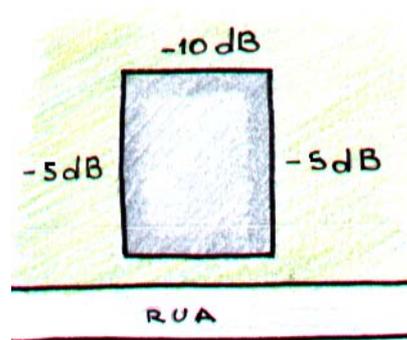


Ilustração 27: Redução do ruído nas laterais e fundos da construção.
Fonte: da própria autora.

²⁰ SANTOS (37), página 131.

2 Os Centros Integrados de Educação Pública

Os Centros Integrados de Educação Pública foram projetados sem um prévio estudo de ruídos, os quais se propagam pelas salas e corredores devido à permeabilidade interna, isto é, paredes entre as salas e o corredor que por não irem até o teto, não isolam os ruídos. Tal fato ocasiona uma falta de privacidade e dificuldade na comunicação.

A implantação do projeto também não possui especificações, o que pode causar insolações e/ou proximidades com estradas e ruas de fluxo intenso. Conseqüentemente se tornam extremamente quentes e barulhentos.

Para solucionar estes problemas, deve-se fazer uma reavaliação dos espaços escolares especificamente no campo da acústica, identificando seus problemas e propondo soluções. Desta maneira o ruído não irá interferir no rendimento intelectual do aluno e no seu comportamento, assim como na saúde física e psicológica dos professores; reduzindo desta forma os níveis de cansaço e estresse dos alunos, bem como dos professores.

“Sou um homem de sorte, tive muitas alegrias na vida.

Nenhuma maior, porém como a de conduzir o Programa Especial do Rio de Janeiro, que foi e é o mais amplo e ambicioso empreendimento realizado no Brasil.”²¹

(Darcy Ribeiro)

²¹ Site: <http://www.pdt.org.br/diversos/cieps.asp>; data 17 de agosto de 2006.

2.1 Histórico



Foto 2: Fachada do CIEP

Fonte: <http://www.pdt.org.br/diversos/cieps.asp>; data: 30 de julho de 2006.

A partir da década de 50, ocorreu uma explosão demográfica nas zonas mais desenvolvidas do país e capitais, devido não só ao êxodo rural como as evasão interna da população das zonas mais pobres. Durante a década de 80 observou-se o aumento da delinquência nos grandes centros urbanos.

O Centro Integrado de Educação Pública – CIEP – foi uma proposta de Darcy Ribeiro, Vice-Governador e Secretário de Estado de Cultura, Ciência e Tecnologia no governo de Leonel Brizola, eleito no ano 1982 pelo Estado do Rio de Janeiro.

Quando assumiu o governo, Leonel Brizola se deparou com a situação calamitosa na qual se encontrava as edificações escolares e da falta de vagas para as crianças que ficavam vagando pelas ruas e a superlotação em outras. Tendo por base a falta de qualidade do ensino e o fato das crianças só terem na escola alguém para ensiná-los auxiliou Brizola, abraçando a idéia de Darcy, em tornar a escola em período integral; pois o tempo na escola era insuficiente quando dividido em três turnos.

Segundo Darcy Ribeiro apud STOCK (45), “A tarefa primordial do CIEP é introduzir a criança no domínio do código culto, mas valorizando a vivência e a bagagem de cada uma delas.”²²

Darcy Ribeiro, antropólogo e professor, almejava por uma reestruturação educacional no país, criando um novo modelo de escola pública. Uma vez que a educação pública encontrava-se em decadência, devido aos índices de repetência e evasão escolar. Então, Oscar Niemeyer elaborou um

²² Ribeiro, Darcy. O Livro dos CIEPs, ibid p.48

projeto arquitetônico, o qual capacitasse a escola manter seus alunos em tempo integral; ao mesmo tempo, o projeto precisava ter baixo custo e de fácil e rápida montagem.

O CIEP foi à primeira escola pública de regime integral no Brasil, tomando como modelo países como o Uruguai e o Japão que já utilizavam um regime escolar de horário integral para as suas crianças. A escola foi projetada para mil alunos, com um horário de funcionamento das oito até as dezessete horas.

O projeto arquitetônico ia sendo elaborado ao passo que o projeto pedagógico, o I Programa Especial de Educação, se estruturava pelas mãos de professores orientados por Darcy Ribeiro. O programa constituía-se de atividades curriculares e extracurriculares culturais, educação física e estudos dirigidos. Também eram oferecidas as quatro refeições diárias: café, almoço, lanche e janta.

A princípio, com o objetivo de avaliação do projeto, foram construídos trinta Centros Integrados de Educação Pública – CIEPs, seguidos de mais cento e vinte e mais trezentos, totalizando quinhentos. No ano de 1987, dos cento e vinte e sete CIEPs já prontos, oitenta funcionavam e quarenta e sete encontravam-se em fase de montagem.

A primeira escola, o CIEP Presidente Tancredo Neves, foi inaugurado no dia 08 de maio de 1985, com a presença do presidente, José Sarney, e do Prefeito do Rio de Janeiro, Marcello Alencar; além dos idealizadores do projeto, o governador Leonel Brizola e seu vice Darcy Ribeiro.



Foto 3: CIEP Presidente Tancredo Neves, no Catete, Rio de Janeiro/ RJ.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Em 1986, Darcy Ribeiro não conseguiu ser eleito para o Governo da Cidade do Rio de Janeiro. Ele objetivava dar continuidade ao projeto dos CIEPs que acabou sendo interrompido pelo governador da época. Os CIEPs, cartão postal da cidade maravilhosa, se tornou canteiro de obras abandonados em sua fase inicial de construção.

“Com a mudança de governo, quarenta e sete CIEPs, já prontos, em fase de montagem, com todos os seus equipamentos e utensílios já adquiridos, foram doados a Prefeituras Municipais do interior do Estado que passaram a utilizá-los das formas as mais variadas, instalando em alguns suas sedes, cedendo-os para seitas religiosas, alugando-os para instituições privadas de ensino e até para academias de ginástica. Outros abrigaram sobreviventes de enchentes, foram usados como escolas agrícolas ou simplesmente abandonados, foram invadidos e transformados em favelas.”²³ Além de trezentos outros CIEPs serem abandonados, com centenas deles já prontos para sua montagem, nas áreas que destinavam-se para tal.

Foi feita uma análise dos oitenta que funcionavam como escola, porém, não seguia o I Programa Especial de Educação elaborado por Darcy Ribeiro e sim o tradicional estilo de ensino dividido em três turnos, já avaliado como deficiente. Apesar do não cumprimento do programa de educação os edifícios dos CIEPs, eles não foram demolidos, uma vez que já faziam parte da paisagem do Rio de Janeiro; encontravam-se abandonados sem nenhuma manutenção.

Os CIEPs se tornaram a marca do Governador Leonel Brizola, que em 1990 candidatou-se a presidência da república tendo como proposta principal a educação, isto é, propagação dos CIEPs. Estes seriam a marca da nova sociedade brasileira; uma escola de assistência completa para as crianças, com alimentação, orientação pedagógica, assistências médica e dentaria, além de locais para o lazer. Uma vez que, as crianças eram, em sua concepção, o melhor que uma sociedade poderia ter.

Como o PDT em apud STOCK (45), “Educação, causa da salvação nacional, prioridade das prioridades: alimentar, acolher e assistir a todas as crianças do país, desde o ventre materno; educá-las e escolarizá-las em tempo integral, sem qualquer tipo de discriminação.”²⁴

Leonel Brizola fora eleito novamente, em 1991, para o Governo do Estado do Rio de Janeiro; objetivando colocar em funcionamento os quinhentos CIEPs que tinha por meta no governo que houvera feito anteriormente. Consequentemente, pôs-se a recuperar as cento e vinte e sete unidades deterioradas e terminar a construção das demais trezentas e setenta e nove unidades. Juntamente com as obras ocorreu a implantação de um novo projeto pedagógico, o II Programa Especial de Educação.

Nos primeiros CIEPs reformados foi colocado em prática o II Programa Especial de Educação, em fevereiro de 1992 e foram preparadas mais trinta e oito unidades até outubro do mesmo ano. Quatro meses depois se encontravam cento e sessenta unidades em atividade e com todo o programa de educação já montado. Ao final do ano letivo de 1993 seis professores pós-graduados avaliaram cinquenta e sete

²³ Site: www.pdt.org.br/diversos/edubra.asp; data: 30 de julho de 2006.

²⁴ Texto parcial retirado da carta enviada aos filiados do PDT de Americana em 2001.

unidades, onde constataram um aproveitamento eficaz, em 93% dos alunos do terceiro ano e 76,58% dos alunos do quinto ano²⁵, isto é, uma comprovação de que o programa de estudo desenvolvido estaria surtindo resultados.

Conforme BRIZOLA apud “O Globo”, “Dos Cieps hão de sair aqueles homens e mulheres que irão fazer pelo povo brasileiro e pelo Brasil tudo aquilo que nós não conseguimos ou não tivemos coragem de fazer.”

Existe, em cada uma das unidades dos CIEPs, uma biblioteca própria ligada ao Sistema Estadual de Bibliotecas e à disposição de toda a comunidade.

²⁵ Dados retirados do: <http://www.pdt.org.br/diversos/edubra.asp>; data: 30 de julho de 2006.

2.2 Os CIEPs no século XXI

Segundo BARBOSA apud STOCK (45):

“Sob a administração do governo do Estado do Rio de Janeiro há 351 Centros Integrados de Educação Pública que teoricamente funcionam em horário integral.

Alguns atendem apenas da educação infantil à quarta série, com algumas turmas em horário integral ou todas as turmas, dependendo do número de professores que dispõem, assim como de pessoal de apoio como merendeiras, serventes, etc. E também da disponibilidade de recursos para as refeições oferecidas aos alunos. Outros tantos atendem da educação infantil ao ensino médio em dois turnos e ainda cursos noturnos para jovens e adultos. Os 68 CIEPs que foram implantados como Ginásios Públicos funcionam, em sua maioria, de 5ª à 8ª série e ensino médio. Poucos têm condições de oferecer aos alunos a opção de permanecer na escola com oficinas de aprofundamento funcionando. Tem havido um esforço considerável de uma equipe de implementadores na SEE²⁶ e de professores nas escolas que em contrato de prestação de serviços com a Fundação Darcy Ribeiro vêm desenvolvendo Ciclos de Estudos num processo de formação continuada em serviço dinamizados por professores contratados pela Fundação Darcy Ribeiro não teve possibilidade de manter na nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional a concepção que viabilizou a implantação dos Ginásios Públicos nos anos de 1992 a 1994.

Administrados pela Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro há 91 CIEPs, que foram repassados do estado para a Prefeitura em 1986, quando o município estava com um governo do PDT. Algumas destas escolas têm horário integral, porém, na verdade, funcionam sem os recursos humanos e materiais para desenvolver um trabalho de qualidade social. Situados em bairros mais pobres a concepção dominante é que violência se combate com repressão: estão gradeados externa e internamente, pichados e mal cuidados em sua grande maioria”²⁷

Segundo dados obtidos pelo jornal “O Globo”²⁸ sobre os CIEPs do Estado do Rio de Janeiro, observa-se que o programa de educação elaborado para os mesmos, principalmente quanto ao período integral de ensino não foi cumprido; pois somente 113 dos 501 CIEPs construídos no Estado do Rio de Janeiro funcionam em período integral; sendo que dos 69 CIEPs municipalizados somente 5 utilizam o período integral proposto pelo programa pedagógico.

²⁶ Secretaria de Estado de Educação

²⁷ BARBOSA, Laurinda. **Dados sobre os CIEPs do Rio de Janeiro**. Mensagem recebida por e-mail do destinatário - 12 de julho de 2002.

²⁸ Jornal “O GLOBO” de 28 de maio de 2006.

O estado administra 331 CIEPs, destes 37, isto é 11%, mantêm o período integral, 146 apresentam-se em sistema misto e 148 oferecem dois ou mais turnos. Segundo o jornal: “o próprio estado admite, no entanto, que mesmo as escolas que constam oficialmente como sendo de tempo integral podem ter o horário reduzido ao longo do ano, por causa da eventual ausência de um professor de turma ou de atividades complementares.”

Dos 101 CIEPs que pertencem ao município do Rio de Janeiro, 71, mais de 70%, oferecem exclusivamente o horário integral, dos demais, 13 apresentam regime misto e 17 dois turnos.

Administração	Turno			
	Total	Integral	Misto	Dois ou mais
Estado do RJ	331 (66,0%)	37 (11,2%)	146 (44,1%)	148 (44,7%)
Município do RJ	101 (20,2%)	71 (70,3%)	13 (12,9%)	17 (16,8%)
Demais municípios	69 (13,8%)	5 (7,2%)	2 (2,9%)	62 (89,9%)
Total de CIEPs	501 (100%)	113 (22,6%)	161 (32,1%)	227 (45,3%)

Tabela 12: Quantificação dos CIEPs do Rio de Janeiro.

Fonte: elabora com base em informações do Jornal O GLOBO; data: 28 de maio de 2006.

Segundo pesquisas do jornal “O Globo”²⁹: “O Estado do Rio melhorou seus indicadores educacionais nas duas últimas décadas, segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), a taxa de repetência no ensino fundamental, por exemplo, caiu de 32,7% em 1981 para 17,5% em 2003. A evolução seguiu uma tendência nacional: no Brasil, o índice era de 35,3% em 1981 e passou para 19,2% em 2003. A melhoria coincide com o período de implantação dos Cieps, mas é difícil avaliar o real impacto do programa nos resultados. Isto porque, no município do Rio, os 101 Cieps representam 9,6% das 1.055 escolas. Na rede estadual, os 331 Cieps representam 19,7% do total de escolas.”

Uma grande dificuldade é conseguir professores para os CIEPs, uma vez que mesmo trabalhando em tempo integral ganham o mesmo que os demais professores. Algumas vezes, para conseguir a carga horária de quarenta horas semanais, necessitam trabalhar em mais de uma unidade; estas por sua vez ficam distantes umas das outras, não compensando o trabalho neles.

É oneroso o custo com os alunos dos CIEPs em tempo integral, pela Secretaria Municipal de Educação do Rio, estes alunos custam R\$171,47 por mês, ao passo que numa escola convencional custaria R\$88,68 pelo mesmo período; além disso o índice de aprovação é praticamente o mesmo em ambos os casos, o que desanima ainda mais a manter estas escolas de período integral. Pelas contas dessa

²⁹ Jornal “O GLOBO” de 28 de maio de 2006.

Secretaria, um estudante custa R\$0,62 por dia em uma escola regular em um turno; enquanto no CIEP o dia inteiro, o custo é de R\$2,24 por dia.³⁰

Hoje em dia a situação dos CIEPs é de abandono. Em uma reportagem apresentada pelo RJTV³¹ de outubro de 2005 sobre os CIEPs mostrou o CIEP Monteiro Lobato, em Duque de Caxias/ RJ, que é administrado pela prefeitura e onde estudam quatrocentos alunos, existem problemas de infra-estrutura e com a merenda. As mães reclamam das horas de saída dos filhos e da falta de legumes e frutas em suas merendas. Em contrapartida a secretária de Educação de Duque de Caxias, Selma Silva, se justifica propondo uma reestruturação das escolas.

Outro exemplo citado na mesma edição do jornal, foi o CIEP Abílio Augusto Távora, em Nova Iguaçu/ RJ, a preocupação é com a infra-estrutura, precisa consertar a biblioteca e os vidros. Apesar dos R\$ 156 mil que foram repassados, em 2005, à direção deste CIEP, segundo a Secretaria Estadual de Educação; porém a diretora que assumiu este CIEP em maio do mesmo ano, deu prioridade para reforma do primeiro pavimento, o qual comporta alunos em período integral, e aos banheiros. Ela também adquiriu para a escola um computador e uma copiadora além de móveis.



Foto 4 e Foto 5: *Imagens do Ciep Abílio Augusto Távora, em Nova Iguaçu/ RJ, a direita mostra uma das salas onde muitas carteiras estão quebradas e a esquerda vê-se um ninho no banheiro.*

Fonte: RJTV; *data:* 4 de outubro de 2005

O CIEP Marechal Henrique Teixeira Lott, foto ao lado³², em Realengo, subúrbio do Rio de Janeiro/ RJ apresenta-se em ótimo estado de conservação e limpeza; nesta escola possui uma orquestra formada pelos alunos, dos quais grande parte mora em favelas próximas, como a Vila Aliança, o Batan e o Fumacê. A música foi a maneira encontrada pela escola para motivar seus alunos.



Foto 6: *CIEP Marechal Henrique Teixeira Lott*
Fonte: *acervo próprio, 2006.*

³⁰ Jornal "O GLOBO" de 29 de maio de 2006.

³¹ Reportagem apresentada pela Rede Globo, em 4 de outubro de 2005.

³² Site: www.abraceumalunoescritor.org/teixeiralott.htm *Data:* 14 de agosto de 2006



Foto 7, Foto 8 e Foto 9: CIEP Marechal Henrique Teixeira Lott após a reforma: pátio interno, lavatório e cozinha, respectivamente.

Fontes: http://obras.rio.rj.gov.br/index2.cfm?sqncl_publicacao=73; data: 3 de agosto de 2006.

O CIEP Pedro Álvares Cabral, foto a baixo, em Campos/ RJ, foi o último a ser inaugurado. Apesar de sua localização próxima ao lixão e a Terra Prometida, uma violentíssima favela. Tal escola encontra-se bem conservada e possuem muitas das metas do programa original, como sala de informática, biblioteca, médico e dentista; além de funcionarem em período integral.



Foto 10: CIEP 332 - Pedro Álvares Cabral

Fonte: Site: <http://www.imprensa.rj.gov.br/EditaImprensa/imagensNoticias/3105200601ciep332.jpg>; data: 3 de agosto de 2006.

Contudo, o CIEP que não fugiu dos objetivos de Darcy Ribeiro, cumprindo seus pré-requisitos de horário integral, animador cultural, sala de vídeo-educação, biblioteca e consultórios médico e dentário, é o Recanto dos Colibris, em Nova Iguaçu/ RJ.

O CIEP Arnaldo Rosa Vianna, estadual localizado no bairro Parque Aurora em Campos/ RJ, coloca em uma mesma sala e com uma só professora, alunos de séries distintas. Os alunos da classe de alfabetização, o CA, dividem a turma com a primeira série; ao passo que as terceira e quarta séries também compartilham de uma mesma turma. Esta escola, com menos de cem alunos matriculados, permanece unicamente em período integral.

Outro CIEP que funciona com um número reduzido de alunos é o CIEP Doutor Armando Leão Ferreira, municipal e localizado no Engenho Pequeno em São Gonçalo/ RJ, neste o segundo pavimento abriga cursos e projetos direcionados para os moradores. Os alunos são separados em dois turnos que vão do pré-escolar até a quarta série. Nesta escola, a biblioteca encontra-se inativa.

Também acontece um fato semelhante no CIEP Marie Curie, estadual e localizado na Rodovia Rio-Magé em Duque de Caxias/ RJ. Este fora construído em um terreno de difícil acesso e apesar de funcionar em horário integral, neste ano de 2006, conta somente com duzentos e quarenta alunos.

Quatis, um município do Estado do Rio de Janeiro, com apenas doze mil moradores, possui um CIEP que acabou se tornando grande para a cidade. Quatis é um município que não possui uma demanda de alunos capaz de preencher um CIEP.³³

O CIEP Willy Brandt e o Neuza Goulart Brizola, na Rodovia Niterói-Manilha em São Gonçalo/ RJ, devido a suas proximidades, acabaram perdendo seu objetivo original e passaram a ser ocupados por instituições de ensino que não possuem vínculos com os CIEPs. O primeiro ocupado pelo Centro de Inclusão Municipal para alunos especiais e o segundo é o Centro de Referência e Informação Continuada, com o objetivo de formar professores e apoio para escolas.



Foto 11: CIEPs Willy Brandt e Neuza Goulart Brizola na Rodovia Niterói-Manilha.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Um CIEP do bairro Maria de Paula em São Gonçalo/ RJ fora construído há mais de doze anos, porém nunca fora inaugurado. Lá moram famílias que precisam se deitar antes das 17 horas; pois no final da tarde passa a ser usado indevidamente, o que ocasiona alguns tiroteios, como descrevem moradores vizinhos ao CIEP.

O CIEP de Volta Redonda/ RJ, funcionou por poucos anos e há dez anos aproximadamente, deixou de atender os alunos e passou a ser utilizado ilicitamente. Seu estado é de total abandono, com paredes demolidas, esquadrias e louças roubadas e destruição da biblioteca. No dia 02 de abril de 2006, foi apreendido armas e munição de bandidos da região por policiais do 28º Batalhão da Polícia Militar.³⁴

O CIEP de São Gonçalo e o de Volta Redonda, ambos no estado do Rio de Janeiro, não foram contabilizados pela Secretaria Estadual de Educação; uma vez que foram abandonados e encontram-se

³³ Jornal “O GLOBO” de 1 de junho de 2006.

³⁴ Jornal “O GLOBO” de 30 de maio de 2006.

sob o domínio de traficantes. Além destes dois, mais quatorze CIEPs abrigam diferentes funções, nove foram doados para a Fundação de Apoio à Escola Técnica, um foi cedido para a Universidade Estadual do Rio de Janeiro, outro para a Coordenação de apoio a Educação e um outro para a Academia de Bombeiro Militar D. Pedro II. Dois CIEPs de São Gonçalo, localizado a beira da Rodovia Niterói-Manilha, após sua municipalização são utilizados para educação, porém não como CIEPs. Poderia haver mais 9.600 vagas para o ensino fundamental caso estes dezesseis CIEPs tivessem ativados.

CIEPs em funcionamento	501
CIEPs com função desviada	14
CIEPs contabilizados pela Secretaria Estadual de Educação	515
CIEPs desativados e abandonados (não contabilizados)	2

Tabela 13: Utilização dos CIEPs.

Fonte: elabora com base em informações do Jornal O GLOBO; data: 30 de maio de 2006.

O programa dos CIEPs tinha o ideal de construir uma piscina em cada unidade. Contudo, segundo a Secretaria Estadual de Educação, somente vinte e cinco das quarenta e quatro previstas tornaram-se realidade e destas nove estão inativas. Tais números são contestados por Tatiana Memória, subsecretaria de Programas Especiais do segundo governo de Leonel Brizola em 1991. Tatiana alega que restam somente dezoito; pois dentre as vinte e duas das quarenta e quatro foram feitas, as outras quatro foram aterradas. Como exemplo, as piscinas do CIEP Willy Brandt, do Neuza Goulart Brizola e do Doutor Armando Leão Ferreira, todas no município de São Gonçalo, eram utilizadas, porém encontram-se inativas. Entretanto, o secretário de educação do município, Eugênio Abreu, diz ao jornal “O Globo” que em breve, colocará em funcionamento estas três piscinas.³⁵

Também deveria existir em cada CIEP um edifício em anexo que serviria de alojamento para alunos que possuíssem qualquer tipo de problema com suas moradias. Na realidade isto só ocorre em cento e setenta e cinco escolas das quinhentas e uma que funcionam.

Quanto ao programa de saúde dos CIEPs, dos cento e um administrados pelo município do Rio de Janeiro, nenhum apresenta consultório medico; os alunos são enviados para postos de saúde. Segundo a Secretaria Estadual de Educação, dos trezentos e trinta e um administrados pelo estado do Rio de Janeiro, em duzentos e vinte e nove ainda existe o Programa de Saúde na Escola e duzentas e quarenta e um possuem consultório dentário.

³⁵ Jornal “O GLOBO” de 3 de junho de 2006.

2.3 Os planos para os CIEPs

Arnaldo Niskier, Secretário Estadual de Educação, pretende ampliar de trinta e sete para cento e cinquenta o número de CIEPs sob sua administração que funcionarão em turno integral; transformando cento e treze dos cento e quarenta e seis de sistema misto em integral. Ocupar os estudantes durante o dia todo com atividades educacionais e culturais e utilização dos espaços escolares nos fins de semanas pelos moradores da região, onde cada unidade se encontra, também são projetos para os CIEPs; bem como o retorno dos alojamentos para os alunos residentes.

Professores, como já foi dito, não se interessam em ensinar nos CIEPs, devido principalmente ao seu regime de quarenta horas. Se esses educadores tiverem problemas de saúde que acabem por licença médica, fato que pode ocorrer principalmente em decorrência de problemas vocálicos que o tipo de arquitetura pode acarretar.

Segundo a ex-secretária de educação e presidente da MultiRio, a professora Regina Assis, o projeto pedagógico não é viável por ser muito caro, devido ao fato dos alunos passarem o dia todo no colégio, além de não atender às demandas por creches e salas de educação infantil que não foram projetados por Oscar Niemeyer. Também segundo a professora, os CIEPs, apelidados de “Brizolões” pelo povo, foram taxados de colégio para a população de baixa renda.³⁶

³⁶ Jornal “O GLOBO” de 4 de junho de 2006.

2.4 O projeto

“Sob o prisma arquitetônico, o CIEP deveria ter características tais que ficassem na memória dos que o vissem pela primeira vez. O CIEP é uma obra menor que elaborei com muito carinho, considerando a sua importância para a vida deste país, onde o ensino fundamental é tão precário.”³⁷

(Oscar Niemeyer)

Os Centros Integrados de Educação Pública foram projetados por Oscar Niemeyer. Este projeto era constituído por três blocos.



Foto 12 e Foto 13: CIEPs que apresentam os três blocos do projeto original.
Fonte: acervo próprio, 2006.

³⁷ Jornal “O GLOBO” de 3 de junho de 2006.

O bloco principal composto por três pavimentos, onde se encontram as salas de aula, o centro médico e dentário, a cozinha, o refeitório, áreas de apoio, de estudo dirigido e recreação, além da administração das escolas. Seus pavimentos encontram-se conectados por rampas. No primeiro pavimento encontra-se a cozinha, preparada para elaborar as refeições; desjejum, almoço e lanche; de até mil crianças e o refeitório com uma capacidade para duzentas pessoas. Neste pavimento também está o recreio coberto, ao centro, e o centro médico, do lado oposto. As demais instalações, como as salas de aula e demais salas, o auditório e a administração, estão nos pavimentos superiores. No terraço, também se tem áreas para lazer além dos reservatórios de água.



Foto 14: Rampa do CIEP
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 15: Bloco Principal
Fonte: acervo próprio, 2006.

O ginásio desportivo encontra-se no segundo bloco, este além de coberto, é composto por arquibancadas, vestiários, depósito para guardar materiais e quadra poliesportiva para vôlei, basquete e futebol de salão. O ginásio também é utilizado para festas, shows musicais, apresentações de teatro, ficando conhecido por Salão Polivalente.



Foto 16: Ginásio Desportivo
Fonte: acervo próprio, 2006.

No último bloco encontra-se a biblioteca e sobre esta a moradia para alunos residentes; tal bloco tem formato octogonal. Esta biblioteca pública não só atendia aos alunos como a comunidade vizinha; além disso, ela visa o atendimento individual ou em grupo dos alunos, contanto que se em grupos sejam supervisionados. As moradias para alunos residentes comportariam um quarto para o casal que iria tutelá-los, sala comum, sanitário exclusivo e cozinha.



Foto 17 e Foto 18: Bloco da biblioteca com moradia para os alunos residentes.
Fonte: acervo próprio, 2006.

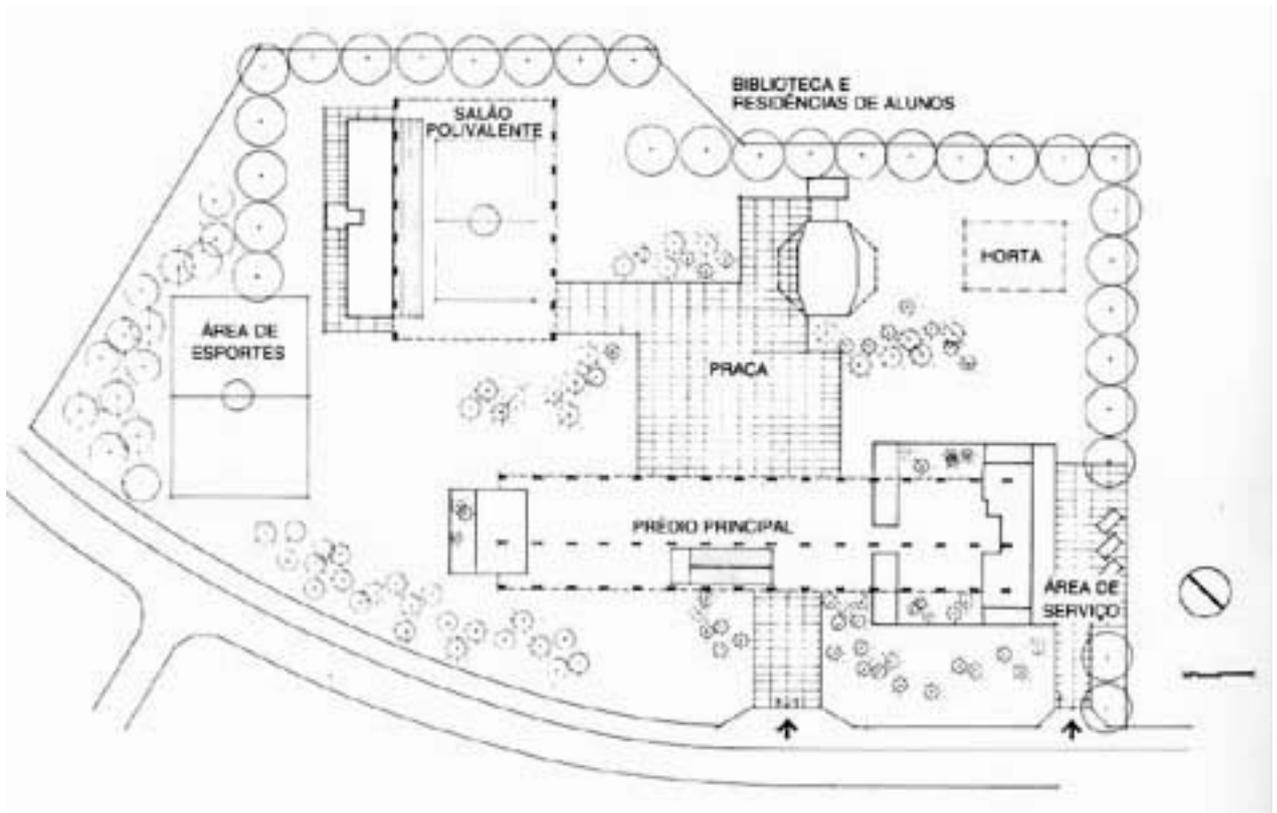


Ilustração 28: Planta do CIEP
Fonte: <http://www.pdt.org.br/diversos/cieps.asp>; data: 30 de julho de 2006.

Nos sessenta primeiros CIEPs erguidos o projeto original já sofrera algumas modificações; uma delas foi em relação às moradias para os alunos residentes, que ao invés de se encontrarem sobre a biblioteca, apareciam no terraço do bloco principal. Tais moradias eram utilizadas por um grupo seletivo de doze alunos e mais doze alunas, isto é, um grupo de vinte e quatro crianças abandonadas ou com perigo de se tornarem delinquentes que durante a noite eram tutelados por casais treinados para educá-los e orientá-los.

O projeto que visava à construção de quinhentas unidades fora dividido em quatro etapas. Esses sessenta representariam a primeira, seguidos de mais cem a serem construídos até o final de 1986. Numa terceira fase, mais cento e quarenta e na última os duzentos que totalizariam a meta do Programa Especial de Educação.

Quanto à localização, as escolas buscariam a proximidade com a população mais carente. As unidades também eram divididas por faixas etárias, assim algumas unidades abrigariam alunos da classe de alfabetização até a quarta série, enquanto outras os alunos da quinta a oitava séries. O projeto buscava atender a quinhentos mil alunos separados em dois turnos. Os diurnos, de 8 até as 17 horas, onde cerca de mil crianças recebem aulas, recreações, ginástica, três refeições e um banho diário. E os noturnos das 18 às 22 horas, sendo este último para aproximadamente quatrocentos jovens dos quatorze aos vinte anos analfabetos ou pouco instruídos.

Os CIEPs também tinham a função de centros culturais e recreativos com o objetivo de uma integração com a comunidade.

Um importante fator a ser levado em consideração para o sucesso deste projeto, que fora criado para ser implantado em grande número e em curto espaço de tempo, seria seu custo e sua agilidade de construção; para atender a tais pré-requisitos, seu arquiteto, Oscar Niemeyer, utilizou o concreto pré-moldado. Assim erguer-se-ia um CIEP em quatro meses. Caso tivesse utilizado a técnica comum de concretagem no canteiro de construção o custo também seria maior.

Para os terrenos onde não seja possível instalar todas as três construções que integram o Projeto-Padrão, foi elaborada uma alternativa, denominada CIEP compacto, que é composto apenas pelo Prédio Principal, ficando no terraço a quadra coberta, os vestiários, a Biblioteca e as caixas-d'água. Para a construção de escolas em série fora utilizado o pré-fabricado, que tornou o projeto econômico e rápido de construir: nesses casos, é a economia que exige a repetição e o modulado.

O projeto do CIEP é simples, despojado e a utilização do concreto pré-moldado possibilita conter despesas consideráveis. Durante a inauguração do primeiro de todos os CIEPs, batizado com o nome de

Tancredo Neves, o próprio Governador Leonel Brizola comparou os custos da construção civil e os do projeto de Niemeyer. Pelos seus cálculos, o CIEP Tancredo Neves custou, em 1985, Cr\$ 3 bilhões e 978 milhões, enquanto um edifício com a mesma metragem custaria, na mesma época, Cr\$ 5 bilhões e 737 milhões.

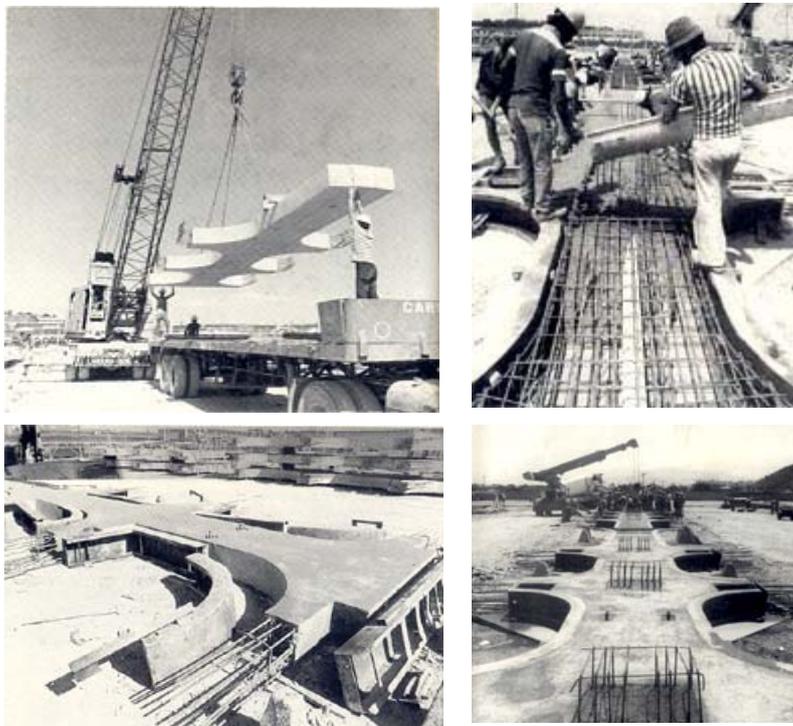


Foto 19: Montagem dos pré-moldados e concretagem.

Fonte: http://www.pdt.org.br/diversos/cieps_arq.asp; data: 30 de julho de 2006.

2.4.1 A termo-acústica

O projeto de Oscar Niemeyer que buscava uma melhor ventilação nas salas de aula utilizava meias paredes no corredor central; quanto à ventilação se tornava eficaz; porém como esta é quem traz os ruídos acabou por gerar uma escola extremamente barulhenta, sem as mínimas condições acústicas para se dar uma aula. A solução econômica para aumentar a ventilação nas salas, as paredes vazadas, passou a causar problemas nas cordas vocais dos professores; tais reivindicações quanto à acústica, vêm sendo solicitadas há algum tempo.



Foto 20 e Foto 21: Meias paredes, CIEP Rosendo Rica Marcos, em São Gonçalo/ RJ.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Segundo o Jornal da Ciência³⁸ para se prevenir de problemas acústicos numa sala de aula na fase de projeto, o custo econômico é de aproximadamente 1%, um por cento, do valor total da obra; ao passo que para intervir em correções acústicas chega a 15%, quinze por cento, do valor total da obra, ou seja, quinze vezes o valor da prevenção.

Oscar Niemeyer e sua equipe, visto que seu projeto possui tal defeito, estudará as alterações necessárias há serem feitas no projeto original.

Segundo o arquiteto Jair Varela do escritório de Oscar Niemeyer fala ao jornal O Globo:

“Será possível reduzir o barulho em até 80%. O projeto prevê, além da elevação das paredes, a instalação das placas vazadas de madeira no espaço que restará até o teto. Assim, será possível minimizar os ruídos sem influir na ventilação das salas de aula.”

³⁸ Site: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=16053>; data: 24 de julho de 2006.

Em alguns CIEPs, como tentativa de diminuir o ruído entre salas sem prejudicar a ventilação, foram colocadas janelas sobre as divisórias entre as salas e o corredor, como no CIEP de Paracambi/ RJ, ou o próprio levantamento das paredes como nos CIEPs de Itaguaí e de São João de Meriti/ RJ.

O maior índice de afastamento dos professores das salas de aula são problemas vocais; como nódulos nas cordas vocais.

Justificando seu projeto e desgostoso de modificações feitas no mesmo sem seu conhecimento ou autorização, Oscar Niemeyer diz ao jornal O Globo:³⁹

"É um desrespeito ao trabalho alheio que me repugna comentar. Mas o problema existe. Ou as aberturas previstas resolviam o problema da ventilação, ou o ambiente das salas ficaria insuportável. Uma aula não precisa ser ministrada aos berros; ter de falar mais baixo pode assumir um sentido educacional até desejável. Dou um exemplo: quando projetei a Editora Mondadori, em Milão, propus que as divisões internas tivessem todas menos de dois metros de altura. Argumentaram que os italianos gesticulam muito e falam alto; o meu projeto foi feito e, hoje, passados uns vinte anos, todos se adaptaram e nada foi prejudicado."

Segundo O Globo⁴⁰, a meta do secretário estadual de educação, era de até o final de 2006 reformar os trinta e sete CIEPs que funcionam exclusivamente em horário integral; dentre as mudanças estão:

-  Elevação das paredes em meio metro;
-  Instalação de um novo piso, uma manta vinílica;
-  Instalação de placas de fibra de vidro no teto e
-  Troca das esquadrias de alumínio por PVC.

³⁹ Jornal "O GLOBO" de 3 de junho de 2006.

⁴⁰ Jornal "O GLOBO" de 3 de junho de 2006.

2.4.2 A implantação

Os CIEPs tinham um objetivo político, logo foram implantados principalmente nas margens de estradas e ruas de grande movimentação; uma vez que assim poderiam ser vistos. Com seu formato retilíneo e uma imponente torre de água era avistado ao longe.



Foto 22 e Foto 23: CIEPs Rosendo Rica Marcos e Porto do Roza próximos à Rodovia Niterói-Manilha, em São Gonçalo/ RJ.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Sua implantação não se preocupava com a capacidade da região, muitas das vezes tornando-se abandonado, como já fora dito, por não haver uma demanda de alunos para as unidades.



Foto 24: CIEP Anita Garibaldi, em São Gonçalo/ RJ, abandonado.
Fonte: acervo próprio, 2006.

O acesso não era priorizado no projeto, o que tornava algumas unidades inativas devido à impossibilidade dos alunos e dos professores chegarem aos mesmos com facilidade.



Foto 25: CIEP de difícil acesso e próximos à Rodovia Niterói-Manilha, em São Gonçalo/ RJ.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Quanto à implantação, também não era estipulado um posicionamento específico, elaborado a partir de um estudo da direção solar e dos ventos. Assim, colocados em qualquer posição, facilitavam a penetração do calor e dos ruídos, pois estes últimos são trazidos pelos ventos. Pode ser observado também que além da proximidade com o tráfego, as escolas se localizam em diversos tipos de lugares, isolados e barulhentos; não possuindo barreiras termo-acústicas como uma vegetação.

2.4.3 O CIEP por seu mestre

Os CIEPs foram criados para atender os alunos com qualidade de ensino e com o objetivo de torná-los cidadãos. Devido ao fato de um governo durar apenas quatro anos, havia a necessidade de ser um projeto simples, completo, rápido e eficaz. Oscar Niemeyer fora convidado para a elaboração deste projeto; arquiteto modernista, brasileiro e de nome internacional.

“As críticas que têm sido feitas aos CIEPs são tão levianas, demonstram tal desinformação que, a contragosto, sou obrigado a dar uma explicação desse projeto.

Começarei dizendo se tratar de um projeto revolucionário, sob o ponto de vista educacional. Escolas que não visam apenas como as antigas - a instruir seus alunos, mas sim dar um apoio efetivo a todas as crianças do bairro. E isto explica serem, no térreo, para elas abertos aos sábados e domingos, ginásio, gabinete médico, dentário, biblioteca etc. Daí a dificuldade de utilizar as velhas escolas - vão sendo remodeladas - pois não foram projetadas para esse programa.

Por outro lado, os CIEPs não representam custos vultosos, nem são faraônicos (para usar um termo do agrado da mediocridade inevitável). Obedecem a um programa e não existe mágica em matéria de construção. Pré-fabricados, eles constituem uma economia de 30% em relação às construções do tipo comum - e mais econômicos ainda se tornam por serem de construção rápida, quatro meses, o que é fácil verificar tendo em conta o aumento crescente dos materiais, da mão-de-obra etc. Adaptam-se a qualquer lugar, junto às favelas inclusive, o que é sem dúvida importante, permitindo que os filhos dos favelados sintam que todo um conforto lhes é oferecido, sem a discriminação odiosa que mais tarde e, por enquanto, a vida lhes vai impor. E são simples, lógicos, destacando-se pela sua forma diferente nos setores mais diversos da cidade, revelando assim a grandeza do programa adotado pelo Governador Leonel Brizola, o que, por isso mesmo, parece não agradar a muita gente.

Mas não são apenas estes aspectos, fáceis de explicar, que me levaram a este pequeno texto. Revolta-me, principalmente a desenvoltura com que alguns comentam o programa educativo dos CIEPs sem levar em conta a presença de Darcy Ribeiro, sua autoridade internacional no campo da educação, convidado constantemente para organizar o ensino em países do Novo e do Velho Mundo. E essa revolta cresce quanto sinto que a maioria desses críticos nada entende dos problemas educacionais, limitando-se a opiniões já superadas, fáceis de contestar e definir.

Agora a campanha contra os CIEPs se multiplica quando alguns candidatos à Prefeitura do Rio de Janeiro, ligando-se às correntes mais reacionárias do país, dela passam a participar como se

nada tivesse a dizer ao povo sobre os seus próprios programas de Governo. A tudo isso o carioca assiste desiludido, pois, em cada CIEP que surge, uma nova dúvida aparece, a contradizer os que insistem em combatê-los."

(Oscar Niemeyer)

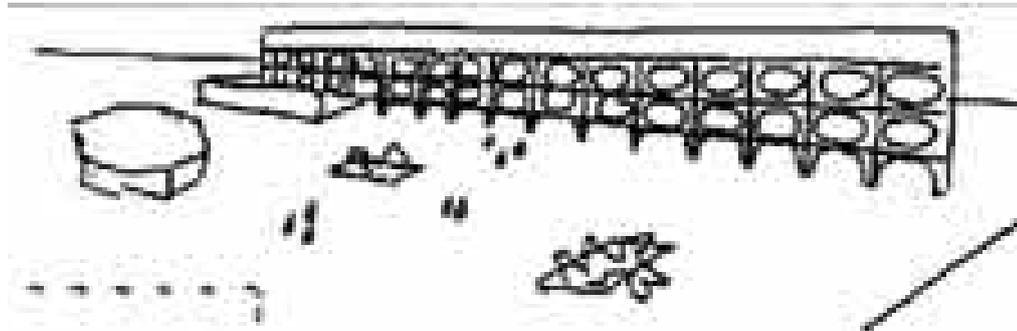


Ilustração 29: Croqui de Oscar Niemeyer.

Fonte: Site: <http://www.niemeyer.org.br/OscarNiemeyer/arquitetura3.ht>; data: 30 de julho de 2006.

Os CIEPs viriam a se tornar um marco do Governo de Leonel Brizola, assim sendo deveriam possuir um traçado imponente e marcante, que pudesse ser observado de longe, destacando-se no contexto da cidade. Não só a qualidade de ensino como a função social eram as prioridades dos mesmos. Sua arquitetura modular e pré-fabricada tornava-o de fácil construção; assim rapidamente este se espalhou por todo o Estado do Rio de Janeiro durante este governo; contudo seus sucessores não deram continuidade ao projeto.

*"Mas quando Darcy me pediu para fazer os CIEPs a coisa era diferente, eram escolas para serem multiplicáveis, então fiz pré-fabricadas mas mesmo assim não quis fazer um predado retilíneo e tal, fiz um predado um pouco mais complicado, mas não chegou a criar nenhum problema econômico."*⁴¹

⁴¹ Rio de Janeiro -1984- Brasil

Parte II

3 Controle do ruído no exterior e interior na edificação dos CIEPs

Neste trabalho foi verificado o que é preciso para se obter um conforto termo-acústico em CIEPs; em seguida, estudou-se o projeto dos mesmos que é o estudo de caso, tendo assim uma análise do invólucro da edificação e do controle interno do ruído. Em clima tropical úmido, o edifício resfriado ou condicionado por ventilação natural não protege os espaços internos do ruído, por isso se faz necessário uma permeabilidade ao ar (e ruído) para manter o conforto higrotérmico através da ventilação natural.

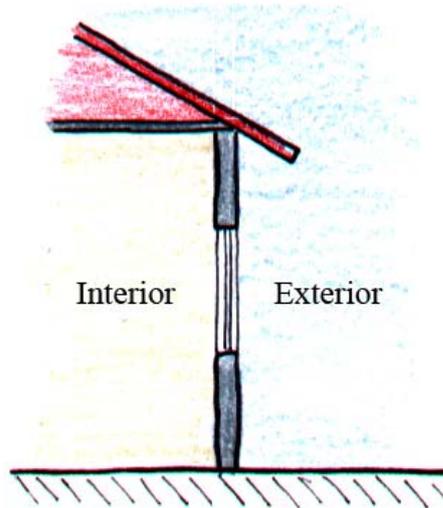
Este capítulo trata de tipos de materiais que poderão ser utilizados para reduzir os níveis sonoros que não foram filtrados pela fachada. Também estuda as várias tipologias de fachadas com seus isolamentos, espessuras e barreiras que podem ser externas, como árvores e brises, e/ou internas, como cortinas e divisórias.

Por último, porém não menos importante, são consideradas as janelas. Por elas penetram a maior parte do ruído e do calor vindos do exterior, assim estas têm que ser minuciosamente analisadas em relação a seus materiais e vedações. Também se deve buscar uma forma de controlar o barulho proveniente da ventilação mecânica interna.

O objetivo é encontrar soluções para uma fachada que permita a penetração do ar sem o ruído e da luz sem o calor, de forma natural visando à eficiência energética e a economia. Concomitantemente soluções para o controle do ruído interno através de vedações e materiais isolantes ou absorventes são apresentadas.

3.1 Fachadas e implantação

O envelope construtivo, isto é, a fachada juntamente com a cobertura de uma construção, é o elemento de ligação entre o exterior e o interior de um ambiente. Assim sendo, esta deveria ser estanque e pesada ou apresentar outras características que permitissem reduzir a entrada do ruído.



*Ilustração 30: Fachada: elemento que separa o interior do exterior.
Fonte: da própria autora*

Isolamento da fachada:

A fachada é composta de fechamentos opacos, como as paredes; transparentes, como as janelas; e por aberturas ou vãos. Os fechamentos isolam em parte os ruídos, ao passo que as aberturas permitem totalmente sua passagem. Os fechamentos opacos são melhores isolantes térmicos e acústicos do que os transparentes, pois não deixam passar diretamente a luz do Sol.

Segundo VIEGAS (47), para se conseguir um edifício acusticamente satisfatório, em geral, seria necessária uma fachada composta de materiais pesados com grande inércia térmica nas quais as janelas de boa qualidade acústica permaneceriam fechadas. Para se obter um edifício termicamente satisfatório, em clima de baixa amplitude térmica como o quente e úmido, poder-se-ia ter uma fachada composta de materiais de baixa inércia térmica.

Nos andares superiores, aonde o ruído vem de mais longe, sem atenuação, as janelas deveriam ser fechadas hermeticamente; vidros laminados ajudam na redução, porém a adoção desta solução impediria a ventilação natural, tendo essa que ser feita de forma mecânica.

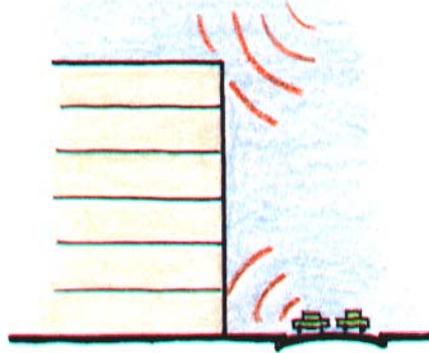


Ilustração 31: No andares superiores os ruídos vêm de longe.
Fonte: da própria autora

O isolamento acústico que uma fachada pode proporcionar depende não somente do ângulo de incidência do som, quanto da massa do invólucro da edificação. Por conseguinte, quanto maior o ângulo de inclinação, menor é o ruído que incide na edificação; caso a fachada possua um emboço ocorre uma atenuação ainda maior, como mostrado na tabela abaixo. (VIEGAS, (47))

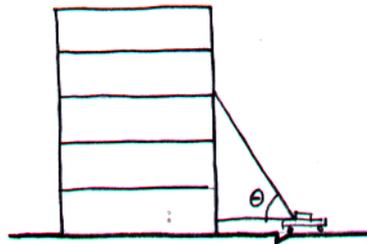


Ilustração 32: Ângulo de incidência do som na fachada.
Fonte: da própria autora

O isolamento acústico de uma fachada também varia de acordo com o ângulo de incidência do ruído sobre ela, juntamente com seu revestimento.

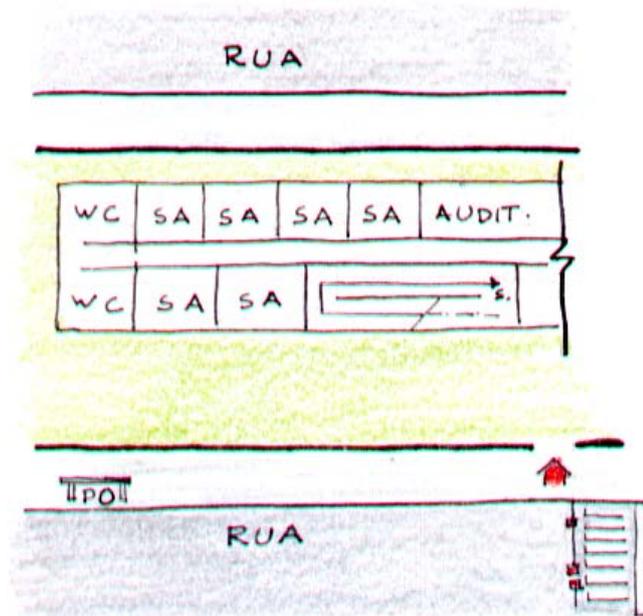
Ângulo de incidência θ	Isolamento Acústico(dB)		Normalizado
	Sem emboço	Com emboço	Ganho de atenuação
0	30,0	32,5	2,5
30	29,5	32,5	3,0
41	28,0	31,5	3,5
60	26,5	29,5	3,0
64	27,0	30,5	3,5
75	26,0	27,5	1,5

Tabela 14: Ganho de atenuação em dB para fachada com e sem emboço de acordo com o ângulo de incidência θ .
Fonte: Groupement des Acousticiens de Langue Française, 1973 apud VIEGAS (47), página 121.

Elementos e materiais da fachada:

Uma implantação bem estudada da edificação deve levar em consideração a insolação, os ventos dominantes e o afastamento das fontes de ruído, como o trânsito. No estudo de caso, têm-se os CIEPs que eram implantados sempre próximos a vias de fluxo intenso, o que acarreta muitos barulhos. Ao passo que, deveria ser exatamente o oposto, a distância entre a fachada das construções e das vias deveria ser a máxima possível.

Uma agravante a esta situação é que as janelas das salas de aula dos CIEPs são voltadas para as fachadas, com a circulação dos alunos ao centro; logo as salas de aula são o primeiro lugar onde chegam os ruídos provenientes do ambiente externo, isto é, do tráfego. Seria necessário analisar a colocação de elementos, como as rampas, que possuem menos problemas quanto à penetração do ruído, de frente para a rua ao invés das salas de aula, para ver se com isso ocorreria uma atenuação do ruído que penetraria nestas salas.



*Ilustração 33: Salas voltadas para as ruas.
Fonte: da própria autora*

Elementos situados nas fachadas, como varandas e marquises, podem ajudar na redução do ruído. Os andares inferiores que mais sofrem com o tráfego, teriam seu nível de ruído reduzido se na parte externa tivessem jardins cobertos de grama e árvores copadas. No caso dos CIEPs, o primeiro pavimento é destinado ao refeitório e ao pátio, locais onde as crianças permanecem menos tempo.

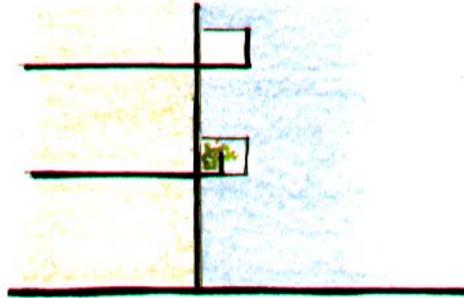


Ilustração 34: A varanda funciona como atenuador do ruído.
Fonte: da própria autora

As fachadas podem ser feitas com materiais de vedação leve, que têm baixo índice de redução sonora, mas são adequadas em locais quentes úmidos com pequenas amplitudes térmicas diárias. A utilização de um espaço de transição poderia unir a necessidade de ventilação natural com a necessidade de boa atenuação sonora. Tais espaços poderiam ser as varandas, as escadas externas, os pórticos, as sacadas formando, como se fossem, duas fachadas. Os obstáculos podem ser utilizados como barreiras acústicas.

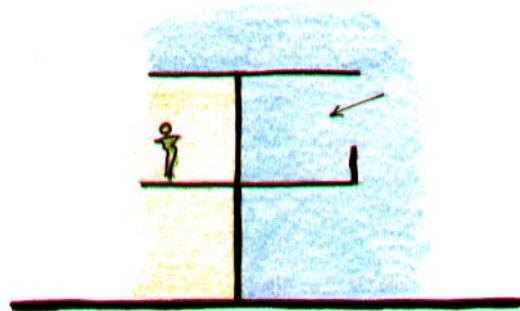


Ilustração 35: Espaço de transição.
Fonte: da própria autora

Nas fachadas trabalha-se com diferentes tipos de materiais, como: vãos, alvenarias, esquadrias e vidros; cada um com suas características, coeficientes de absorção e transmissão. As aberturas destinadas à entrada de ar devem estar orientadas para as regiões mais protegidas.

Varandas e demais dispositivos na fachada aumentam sua espessura, criando assim espaços de transição entre o ambiente interno e a fonte sonora externa. Esses espaços de transição podem ser as escadas e circulações do prédio ou, se o nível sonoro gerado pela fonte for muito alto, varandas, sacadas, terraços etc. Os espaços de transição além de não impedir a penetração dos ventos também servem como uma proteção à incidência de raios solares através do seu sombreamento.

A influência da forma e da implantação:

A permeabilidade ao vento, bem como ao ruído, em uma fachada depende da quantidade e tamanho de suas aberturas bem como da implantação da edificação. A implantação pode dificultar ou não a propagação sonora, uma vez que as fachadas podem facilitar a existência de múltiplas reflexões do som nas mesmas; principalmente se em tecidos mais fechados, isto é, com grande número de edificações altas.

A escolha do terreno, bem como a implantação da edificação são as primeiras etapas a se pensar na elaboração de um projeto. Os afastamentos da construção em relação às ruas e a orientação em relação ao sol e aos ventos são necessários para a adequação da construção à sua função.

Quanto à radiação solar, em países de clima quente e úmido, é importante diminuir a área da fachada exposta com materiais de reflexão da luz solar e com a orientação devida, buscando um conforto higrotérmico, visual e acústico, além de uma maior economia energética.

A implantação de um edifício em “U” pode se dar de três maneiras distintas. Na primeira, onde o pátio fica voltado para a rua, ocorre uma exposição do pátio e das fachadas que o envolvem. Na implantação de lado o pátio encontra-se parcialmente protegido. Enquanto que, quando colocado voltado para o interior, o pátio fica protegido e somente uma fachada fica exposta, sendo a melhor solução para uma edificação em “U”, do ponto de vista acústico.

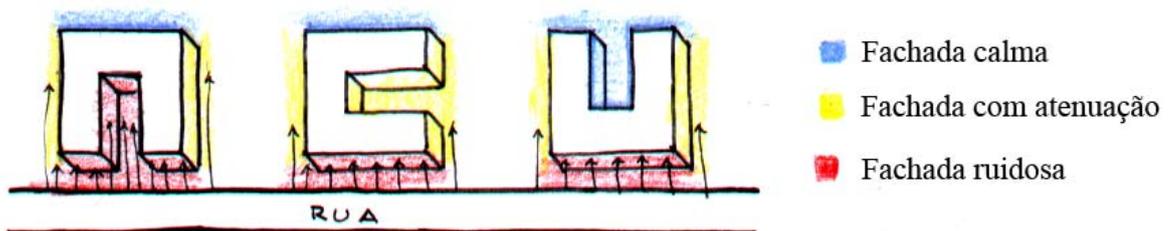
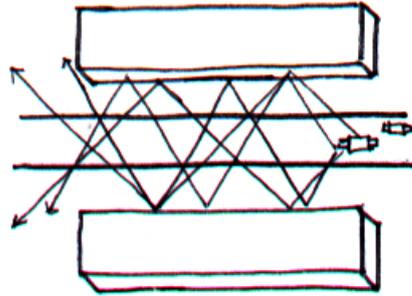


Ilustração 36: Tipos de implantação em “U” de uma edificação.

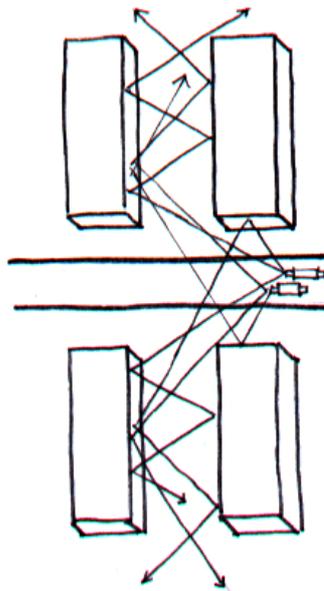
Fonte: da própria autora

A implantação de uma edificação também pode estar paralela à rua ou perpendicular à mesma. No primeiro caso observa-se a fachada principal totalmente desprotegida devido ao fato de estar voltada para a rua. Caso ocorra outra construção com o mesmo posicionamento do lado oposto da via, observa-se ainda uma reflexão entre as fachadas; contudo quando opostas apresentam-se protegidas.



*Ilustração 37: Implantação paralela à via.
Fonte: da própria autora*

No segundo caso, ambas as fachadas ficam desprotegidas, porém possuem uma redução de 3dB(A) em relação à via. Se existirem várias fachadas paralelas entre si, perpendiculares à rua, ocorrerá o fenômeno de reflexões múltiplas entre elas.



*Ilustração 38: Implantação perpendicular à via.
Fonte: da própria autora*

A forma e a implantação das edificações podem gerar efeitos na ventilação, alterando a ambiência sonora local, bem como a exposição das fachadas ao ruído. De acordo com IZARD 1983 apud VIEGAS (47), a posição e as formas das edificações podem mudar o movimento do ar no exterior dos edifícios.

Exemplos:

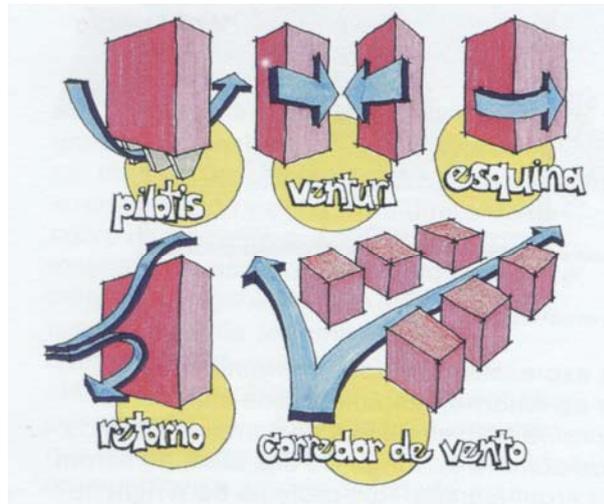


Ilustração 39: Os efeitos do vento.

Fonte: LAMBERTS et al. apud VIEGAS (47), página 36.

- *Efeito Esquina* – no ângulo de um edifício muito alto as acelerações dos ventos podem ser aumentadas;
- *Efeito Venturi* – quando os edifícios se encontram implantados de forma que formem um coletor, se cria uma aceleração dos ventos ao nível do solo;
- *Efeito de Pilotis* – o vento rodeia o obstáculo e é guiado pelos pilotis e se move para sair mais embaixo em forma de jato de ar;
- *Efeito de Retorno* – sobre a fachada de um edifício exposta ao vento, este efeito repercute sobre a parte descendente do fluxo que se organiza em retorno rápido de eixo horizontal.

Cálculo do Índice de Redução Sonora do Ruído do Tráfego:

Uma das principais fontes de ruído externo é o tráfego. A fachada deve ser calculada em função do *Índice de Redução Sonora do Ruído do Tráfego*, IRS_{TRAF} , que é definido pela atenuação do ruído pela fachada e medido em decibéis, dB(A), como demonstra a equação abaixo, levando em consideração que o nível de pressão sonora interage para cada faixa de frequência.

:

$$IRS = NPS_{TRAFEGO} - NPS_{INTERNO}$$

Conforme DE SALIS 2001 apud MÜLLER (27), para que a fachada possua um bom IRS_{TRAF} , em caso de fachada com abertura, esta deve proporcionar atenuação adequada nas frequências de interesse. O espectro de ruído de tráfego possui a maior parte de sua energia sonora concentrada na região entre 250 e 2500 Hz. Assim, a abertura de ventilação deve proporcionar atenuação útil nesta faixa de frequência.

Ainda em DE SALIS, a média dos níveis de ruído em banda larga devido ao ruído de tráfego em áreas de alta concentração de ruído urbano muitas vezes chega a 70 dB(A) a 80 dB(A). Assim se faz necessário um índice de redução sonora de tráfego de aproximadamente 30 dB(A) para chegar ao nível recomendado pela Norma Brasileira, que é de 40 dB(A) a 50 dB(A) para salas de aula (ABNT NBR 10.152).

No projeto de uma fachada, deve se considerar sempre o espectro do ruído que tem que ser isolado. Como VIEGAS (47), para se obter um bom Índice de Redução Sonora (IRS), deve-se observar o espectro da fonte e para manter um bom IRS geral de fachada a abertura deve proporcionar atenuação útil sobre o espectro da frequência total de interesse.

A abertura de ventilação de fachadas localizadas próximas às ruas de trânsito de veículos que, conseqüentemente, tem altos níveis de ruído, deve proporcionar atenuação útil sobre a faixa de frequência entre 250 e 2500Hz porque tem a maior parte da energia sonora nesta região. Com este cuidado prevenir-se-á qualquer deterioração maior no IRS geral da fachada quando exposta a este tipo de ruído.

Consoante o CETUR 1981 apud RIBEIRO (34), a espessura é todo elemento existente entre o exterior e o interior das construções ou da quadra, tais como pórticos, arcadas, corredores, caixas de escada etc. Constitui um espaço intermediário entre as áreas ruidosas e as áreas calmas, que atenua o ruído exterior com certa progressividade, alongando o percurso das ondas sonoras através da difração e da absorção sonora.

O obstáculo atenua os sons entre a fonte e o receptor, uma vez que este se reflete, se difrata, tem parte absorvida e parte refletida. Quanto maior a espessura, maior será o número de obstáculos por onde o ruído irá passar, logo maior será sua atenuação.

Quanto ao revestimento das fachadas, deve ser feito com materiais absorventes, ao passo que materiais reverberantes como pastilhas e cerâmicas tornam o ambiente urbano mais ruidoso; por serem tecido fechado. Os materiais de revestimento das fachadas podem modificar a paisagem sonora local.

Através da equação⁴² abaixo, pode-se calcular o Índice de Redução Sonora de uma fachada com aberturas, isto é, com aberturas:

$$IRS_{W+A}(dB) = -10 \log \left[\frac{A_W 10^{(-IRS_W/10)} + A_A 10^{(-IRS_A/10)}}{(A_W + A_A)} \right]; \text{ onde:}$$

- IRS_{W+A} - Índice de Redução Sonora da fachada
- A_A - área da abertura;
- IRS_A - Índice de Redução Sonora da abertura = 0dB
- A_W - área da parede
- IRS_W - Índice de Redução Sonora da parede

O ruído que incide sobre uma fachada, o ruído do tráfego, é $I \cos \theta$ (ΣSi), onde θ é o ângulo de incidência. A energia sonora que penetra em uma fachada é obtida pela equação⁴³:

$$NIS_{Transmitido} = NIS_{Incidente} + 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\tau} \right); \text{ onde: } NIS_{Incidente} = 10 \log_{10} \left(\frac{I_{Incidente}}{I_0} \right)$$

Em uma fachada de boa qualidade o Índice de Redução Sonora é $IRS = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\tau} \right)$ e para uma janela de boa qualidade, isto é, $\tau = \frac{\text{energiatransmitida}}{\text{energiaincidente}} = 10^{-30}$, o $IRS = 30dB$.

⁴² Equação do Índice de Redução Sonora da Fachada, retirada de VIEGAS (47), página 58.

⁴³ Equação do Nível de Intensidade Sonora (NIS), retirada de VIEGAS (47), página 122.

Espaço interno:

Após a entrada do som, este é refletido e amplificado pelas paredes do ambiente e devido à absorção de suas superfícies, o som vai diminuindo. Este som, refletido e amplificado, compõe o campo refletido ou reverberante que atua em conjunto com o campo direto.

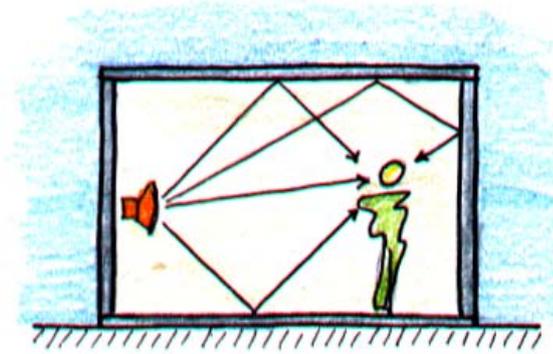


Ilustração 40: Campo refletido e campo direto.
Fonte: da própria autora

No campo direto, que é o que liga diretamente a fonte com o receptor, a cada vez que a distância se duplica ocorre uma diminuição de 6dB, igual a que ocorre em campo livre. E no campo refletido, chegam no receptor sons de diversas direções, para este tipo de campo, pode se calcular a pressão sonora pela equação⁴⁴:

$$NPS_{Total} = NWS \oplus 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

Sabendo-se que: $NPS_{Total} = NPS_{Direto} + NPS_{Reverberante}$, sendo:

$$NPS_{Direto} = NWS + 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} \right) \text{ e}$$

$$NPS_{Reverberante} = NSW + 10 \log_{10} \left(\frac{4}{R} \right)$$

Onde : NSW Nível de Potência Sonora gerado que entra no cômodo;

Q coeficiente de direcionalidade;

r distância entre a fonte e o receptor e

R constante da sala.

⁴⁴ Equação do Nível de Pressão Sonora (NPS), retirada de VIEGAS (47), página 123.

Calculando a constante da sala pela equação: $R = \frac{S\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}}$, onde S é área interna da sala e $\bar{\alpha}$ é a absorção média da sala.

Para se calcular o coeficiente de absorção média da sala, para cada frequência utiliza-se o coeficiente de absorção sonora, α , na equação: $\bar{\alpha} = \frac{\sum S_i \alpha_i}{\sum S_i}$. O α é tido em função da frequência, assim:

Freq.	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α	0.01	0.02	0.1	0.15	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8

Tabela 15: Exemplo de coeficientes de absorção sonora em função da frequência.
Fonte: SLAMA, 1998 apud VIEGAS (47), página 29.

Caso dos CIEPs:

Os CIEPs, de maneira geral, possuem suas fachadas voltadas para vias de fluxo intenso, percebe-se um agravamento quando este apresenta-se voltado para duas vias, como no caso do CIEP Samuel Wainer, onde sua implantação fora feita paralela a ambas as vias, ou seja, a pior solução tanto do ponto de vista acústico quanto térmico. As fachadas principais, onde se encontram as janelas das salas de aula, são voltadas para as ruas e por elas penetram todo o ruído externo.



Foto 26: Vista do CIEP pela Av. Heitor Beltrão.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 27: Vista do CIEP pela Av. Almirante Cochrane.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Do ponto de vista térmico, por estar num tecido urbano fechado em que os ventos são canalizados pela vias, caso a construção se encontrasse perpendicular à via ocasionaria zonas de baixa pressão com melhor ventilação em seu interior.

Uma implantação em “U”, também não seria ideal devido ao fato de possuir uma via de cada lado do terreno. Assim algumas de suas fachadas estariam expostas ao ruído de uma das vias e as demais pela outra, considerando o fato das fachadas laterais absorverem os sons de ambas as ruas.

No caso de uma implantação entre duas vias ruidosas, o melhor seria uma implantação com pátio interno da escola. As fachadas principais, onde estariam às salas de aula, estariam voltadas para esse pátio interno; enquanto as fachadas externas deveriam ter suas paredes fechadas, sem aberturas ou com espaços de transição.

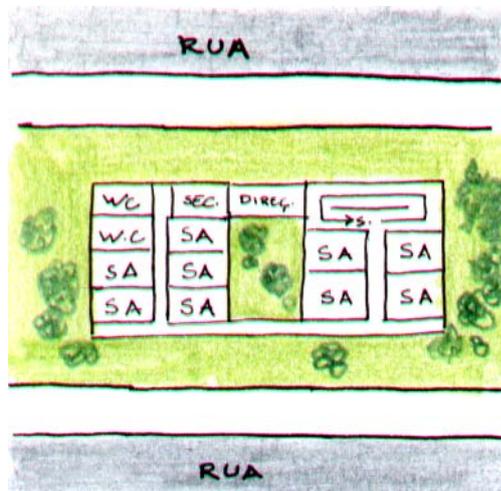


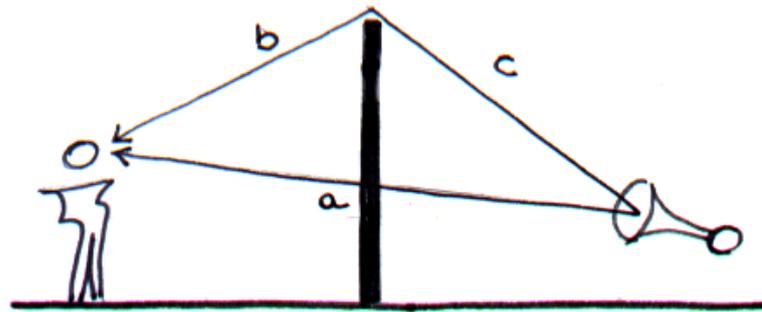
Ilustração 41: Possibilidade de implantação com pátio interno e espaço de transição.
Fonte: da própria autora

Outra contradição na implantação do CIEP é o posicionamento tanto da rampa, quanto da construção em relação a via, isto é a distância entre ambas. A rampa localiza-se na fachada mais distante da via menos ruidosa, a Avenida Heitor Beltrão.

Em relação à Avenida Heitor Beltrão, a entrada principal da escola localiza-se simultaneamente em frente a um semáforo e um ponto de ônibus, ambos poderiam ser deslocados para antes da escola, uma vez que sua finalidade é atender aos alunos e não solucionar algum problema de tráfego e/ou cruzamento de vias.

3.2 Barreiras externas e internas

Para diminuir o barulho nas fachadas, pode-se afastá-las do trânsito e criar uma barreira entre a fonte e o receptor causando uma atenuação do som por difração. A atenuação vai variar de acordo com a altura da barreira e seu posicionamento; também varia com o comprimento de onda, tendo que ser calculada para cada faixa de frequência. Uma barreira também limita o campo visual, em muitos casos uma barreira deve conter espaços transparentes para manter o contato interior e exterior (figura 39).



*Ilustração 42: Atenuação do ruído através de uma barreira acústica.
Fonte: da própria autora*

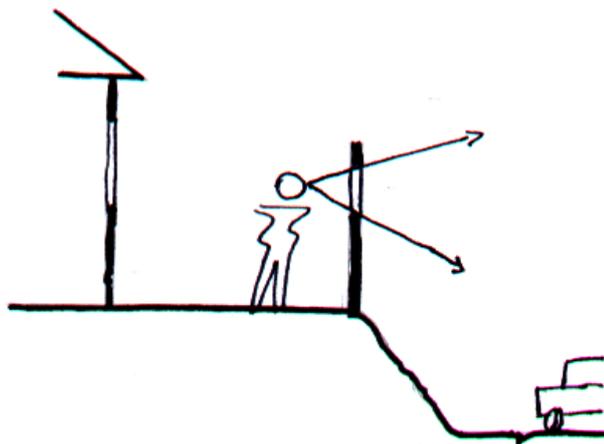
Equação da redução do nível sonoro para cálculo de barreiras perfeitamente isolantes ou barreiras infinitas:

$$N = \frac{2\delta}{\lambda}$$

Onde: $\delta = b + c - a$

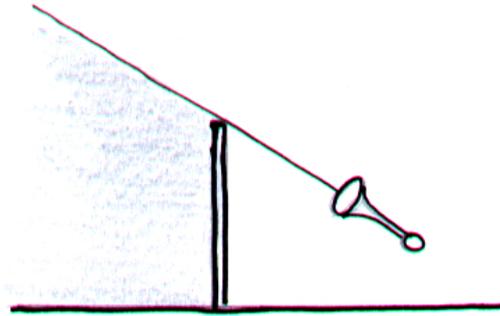
N Número de Fresnel

λ comprimento de onda



*Ilustração 43: Espaço transparente em uma barreira.
Fonte: da própria autora*

Segundo MÜLLER (27), a zona de sombra acústica é maior para barreiras altas e em altas frequências, e curto comprimento de onda, não sendo tão eficientes para os sons de baixa frequência, já que estes possuem uma tendência a difratar sobre as barreiras.



*Ilustração 44: Zona de sombra.
Fonte: da própria autora*

Os ruídos urbanos são filtrados pela malha urbana e, ao mesmo tempo, canalizados pelas vias. Os obstáculos podem absorver, refletir, transmitir ou difratar o som. Os muros existentes em algumas construções da quadra, principalmente nas casas, o revestimento das novas edificações em cerâmica, as próprias janelas de vidro e as esquadrias e portões em metal são extremamente reflexivos, com um baixo poder de absorção, além do próprio solo.

Conforme AUTO-ESTRADAS DO ATLANTICO S.A. (2004) apud MÜLLER (27), o ruído provocado por um veículo tem fundamentalmente três componentes: sistema de escape (originada pelo motor), o efeito aerodinâmico e o contato do pneu com a via. A velocidade de circulação do veículo condiciona a contribuição de cada componente do ruído gerado. Em baixas velocidades (<60km/h), predomina o efeito do ruído do motor, enquanto que em altas velocidades (>100km/h), que é no caso das auto-estradas, o efeito do contato pneu/pavimento é a principal causa do ruído. O ruído aerodinâmico só começa a ser relevante para velocidades muito superiores àquelas em que se circula nas rodovias brasileiras (> 180km/h).

Ao reduzir o ruído externo ocorre uma redução do mesmo nas áreas internas das edificações. O primeiro passo a ser tomado seria a localização do edifício em áreas com pouca concentração do ruído e situar suas aberturas fora do trajeto dele. Outra solução seria a utilização de barreiras externas em forma de muros, vegetações, montes de terra etc.

Contudo, no caso do tráfego, que é composto por sons de baixa frequência e grande comprimento de onda, as barreiras não são muito eficazes; uma vez que tendem a difratar mesmo com a mais eficaz das barreiras. Assim o ideal seria a colocação de áreas menos sensíveis ao ruído voltadas para a via, enquanto as que necessitam de mais silêncio estariam protegidas por serem direcionadas para o interior. Por outro lado, ruídos como o de buzinas, por serem de alta frequência, são facilmente absorvidos e/ou refletidos pelas barreiras.

De acordo com a PREITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (1996) apud RIBEIRO (34), existem três tipos de vias, que visam atender possibilidades diferentes de escoamento de veículos, logo os diversos ruídos emitidos pelas mesmas podem ser distintos:

- “Via arterial: que permite ligações intra-urbanas, com média ou alta fluidez e baixa acessibilidade, apresentando relativa integração com o uso lindeiro;
- Via coletora: que recebe e distribui o tráfego proveniente das vias arteriais. Apresenta equilíbrio entre a fluidez e a acessibilidade, possibilitando sua integração com o uso do solo lindeiro;
- Via local: que permite o acesso direto às áreas residenciais, comerciais e industriais. Apresenta baixa fluidez e alta acessibilidade, caracterizando-se pela intensa integração com o uso lindeiro”

Os traçados da via, bem como a existência de semáforos e cruzamentos também influenciam no ruído gerado por esta. Cada via deve ser tratada em particular, não podendo ser generalizada, para assim ser feita uma perfeita adequação das construções à sua margem.

Consoante o CETUR (1981) apud RIBEIRO (34), a rua, o lugar geométrico onde se localiza a fonte sonora, é o espaço situado entre os alinhamentos das fachadas que se situam em ambos os lados da via, incluindo a calçada e a faixa de rolamento.

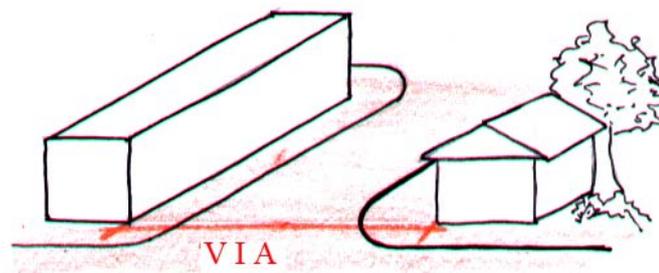


Ilustração 45: Via: calçada mais as faixas de rolamento.
Fonte: da própria autora

A quadra é a parte contida entre as vias, onde se localiza o receptor, logo se deve analisar as vias que rodeiam uma quadra antes de decidir sua ocupação e a necessidade e escolha das barreiras entre a quadra e as vias. A criação de pátios internos na quadra serve para a criação de privacidade e proteção aos ambientes que necessitam ser mais silenciosos, tendo assim suas aberturas voltadas para o pátio e não para a rua.

Segundo FERNANDEZ (1990) apud VIEGAS (47), as barreiras que protegem a edificação encontram-se divididas em algumas categorias, são elas:

- Os elementos arquitetônicos, divididos em: barreiras fixas representadas por mezaninos, balcões, beirais; ou barreiras móveis que são os toldos, as portas e as janelas;
- As vegetações em grande quantidade e os edifícios do entorno;
- As barreiras formadas pelo relevo.

Tais barreiras, em clima quente e úmido, evitam não somente o ruído como também o aquecimento da construção, assim seu revestimento deve ser feito com materiais termo-acústicos; como lã mineral, argila expandida, plástico e outros.

Quanto maior a altura de uma barreira, maior a atenuação sonora proporcionada, para determinada fonte e receptor. Conforme BERANEK (1971) apud RIBEIRO (34), se colocassem entre a fonte e o receptor paredes não porosas de massa com no mínimo de 20 Kg/m², poderia resultar numa redução de ruído satisfatória, uma vez que somente o som difratado atingiria o ouvinte. Tais barreiras poderiam ser simplesmente parede, taludes ou qualquer outro obstáculo entre a fonte e o receptor.

Para se calcular uma barreira acústica, primeiro se observa a distância entre a fonte e o receptor e a altura da construção a ser protegida. De acordo com VIEGAS (47), a altura da barreira deve impedir a visão da fonte sonora pelo observador, criando assim uma região de sombra; e a massa superficial da barreira deve ser grande para impedir que o som a atravesse com um mínimo de 10 kg/cm².

Como o CETUR apud VIEGAS (47), a definição da barreira é feita através da linha de sombra, que liga o topo da construção com a fonte sonora, tal linha define a zona de sombra. Assim esta estipula a altura da barreira, quanto mais próxima ao receptor, mais alta e quanto mais próxima à fonte, mais baixa. Caso a barreira vertical seja muito alta, devem-se criar barreiras horizontais ou rebaixar o terreno em relação à via.

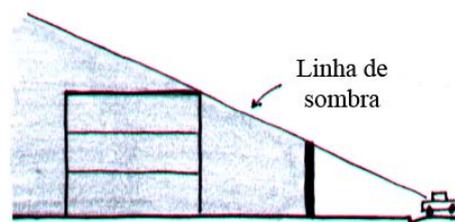


Ilustração 46: Linha de sombra: liga a fonte ao topo da construção, assim pode-se construir uma barreira eficiente.
Fonte: da própria autora

Ainda em VIEGAS (47), além dessas barreiras verticais que acabam de ser citadas, como os muros, existem as de cobertura parcial utilizadas em locais onde o receptor encontra-se muito acima da fonte, isto é, locais onde se colocadas barreiras verticais, estas teriam que ter grandes alturas.

Além do revestimento com material absorvente, o que faz com que a barreira tenha uma melhor reflexão do som incidente; o material que compõe a barreira e a espessura da mesma também influencia na redução sonora. A tabela abaixo relaciona o material com algumas possíveis espessuras e a redução em decibéis que o mesmo proporciona.

Materiais	Espessura cm	Massa de superfície kg/m²	Redução dB(A)
Acrílico	0,06	7	27
	1,5	18,0	32
Alumínio	0,32	9	24
Chapa metálica	0,06	4,5	20
	0,08	6	23
	0,1	7	25
	0,13	10	27
Chumbo	0,16	18	32
Compensado	1,9	12	20
	2,5	16	24
	3,2	21	26
Concreto	10,0	244	45
Madeira	1,2	8	18
	2,5	16	24
	3,8	24	27
	5,0	33	28
Plástico sobre tela metálica	1,2	22	27
Tijolo	10,0	211	42
Tijolo de concreto	10,5	114	35
	15,2	171	39
Vidro	0,3	8	27

Tabela 16: Redução em dB(A), de acordo com a espessura e materiais.

Fonte: CSTB,1981 apud VIEGAS (47), página 94.

Barreiras acústicas externas naturais:

A vegetação, presente na praça e nas árvores das calçadas, possui a capacidade de absorção das ondas sonoras; ela reduz o ruído de reverberação. Contudo, seu efeito é insignificante para reduzir o ruído direto, mesmo se composto por uma vegetação densa; uma vez que uma faixa de cem metros de vegetação densa somente reduz em 10dB(A) o ruído direto.

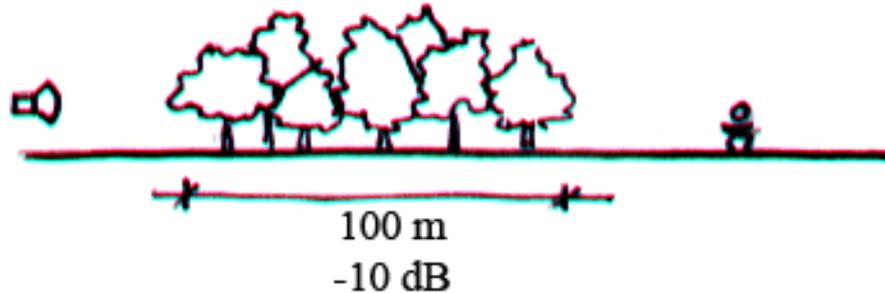


Ilustração 47: Cada 100 metros de vegetação, reduz o ruído em 10dB.
Fonte: da própria autora

A escolha da vegetação com propriedades isolantes é essencial, assim as árvores devem ser compostas por folhas não caducas, densas e com rápido crescimento; também não devem atrair pássaros nem pragas, nem serem facilmente afetadas por queimadas.

Consoante VIEGAS (47), a radiação solar pode ser interceptada de 60% até 90% pela vegetação em locais arborizados; tal fato reduz a temperatura do solo devido à fotossíntese de sua folhagem que absorve parte da radiação para seu metabolismo. O movimento do ar entre suas árvores também reduz o calor absorvido do sol.

Movimentos de terra, como montes ou taludes, naturais ou formados pelo homem, também funcionam como eficientes barreiras acústicas. Segundo NIEMEYER (28), de acordo com a relação entre a altura do corte e a largura da via, a criação de taludes paralelos à pista de rolamento evita que as reflexões sobre as paredes laterais elevem excessivamente os níveis sonoros.



Ilustração 48: Movimentos de terras funcionam como barreiras acústicas.
Fonte: da própria autora

Os taludes, por serem inclinados, protegem as construções situadas do lado oposto da via, dissipam melhor o ruído, pois modificam a trajetória da onda refletida, e seu revestimento normalmente em terra e vegetação é absorvente. Um problema do talude é a necessidade de espaço, pois ele ocupa muito mais do que uma barreira vertical.

A própria irregularidade do solo produz uma resistência à passagem do som paralelamente a uma superfície, causando uma atenuação acústica. Conforme VIEGAS (47), esse efeito do solo raramente ultrapassa a 25 dB, pois o ruído também é influenciado pelos ventos, barreiras e outros fatores. Quanto mais macio for o solo, mais absorvente e quanto mais duro, mais reflexivo.

Categoria	Coeficiente de absorção $\alpha = \frac{\text{Energia Absorvida}}{\text{Energia Incidente}}$	Tipo de material
1	Totalmente refletor $\alpha_s = 0$	<ul style="list-style-type: none"> - Espelho d'água - Laje de concreto - Chapas metálicas - Madeira envernizada - Mármore
2	Semi-refletor $\alpha_s = 0,2$	<ul style="list-style-type: none"> - Madeira não polida e com juntas largas - Reboco de argamassa ou gesso - Pedras em placas regulares - Blocos de concreto rugoso (calçamento de vias de pedestre) - Solos revestidos de materiais betuminosos comparados aos revestimentos de calçamento (estacionamentos) - Emulsões
3	Semi – absorvente $\alpha_s = 0,5$	<ul style="list-style-type: none"> - Madeira não polida sem juntas - Areias, materiais granulosos espalhados sobre o solo. - Solo em grama.
4	Absorvente $\alpha_s = 0,7$	<ul style="list-style-type: none"> - Solo natural muito irregular comportando uma vegetação densa.
5	Totalmente absorvente $\alpha_s = 1$	<ul style="list-style-type: none"> - Hipótese teórica.

Tabela 17: Coeficientes de absorção de acordo com o material

Fonte: CSTB, 1981 apud VIEGAS (47), página 40.

Barreira acústica externa construída:

Uma construção, como um prédio pode servir de barreira acústica para as demais localizadas atrás. O edifício que vai funcionar como barreira deve ter uma função que não seja muito sensível ao ruído ou então se fará necessário um bom isolamento sonoro da sua fachada. O edifício barreira deve ser implantado, de preferência, paralelo a via.

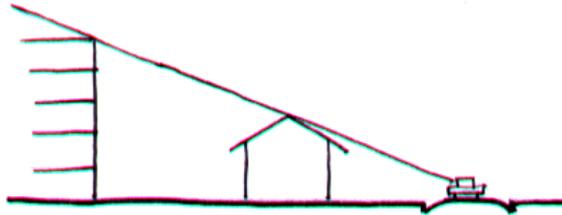


Ilustração 49: Casa servindo de barreira para prédio de 5 andares.
Fonte: da própria autora

A própria construção pode ser utilizada como barreira, tipo um edifício garagem em frente a um edifício de escritórios, isto é, uma edificação sensível ao ruído protegida por outra que não necessita de silêncio. A idéia é sempre colocar a parte que possui menos necessidade de proteção próxima entre as fontes e os receptores que precisam de ambientes não ruidosos. Também se faz necessário tratar a fachada do edifício barreira, que está voltada para a via, fonte de ruído, para que possua um bom Índice de Redução Sonora.

Uma construção de prédios em escalonamento também funciona como edifício barreira, onde o primeiro é uma barreira para o segundo, o segundo para o terceiro e assim sucessivamente. O plano de massa define a posição e a altura dos prédios ao longo das vias, em função das curvas de isoatenuação, ou seja, o lugar geométrico dos pontos de mesma atenuação, para que todos os edifícios tenham a mesma proteção. (NIEMEYER, 28)

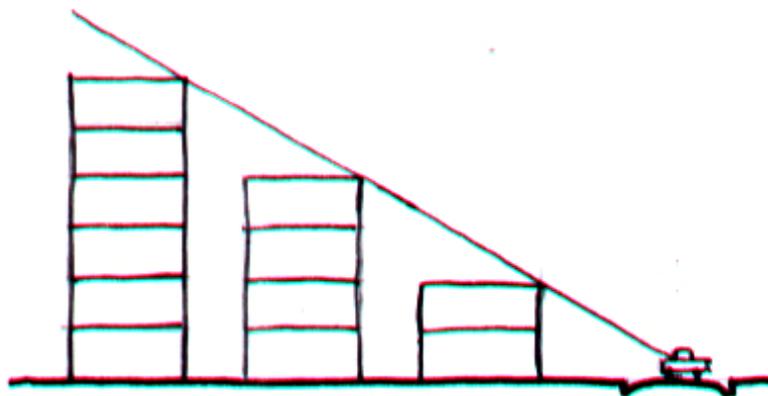


Ilustração 50: Prédios em escalonamento servindo um de barreira para o outro.
Fonte: da própria autora

Barreiras acústicas internas:

Nas edificações também podem ser projetadas jardineiras, peitoris, varandas e sacadas que servem de barreiras acústicas e provocam difração do som, sua construção feita em materiais pesados como concreto e alvenaria e sem frestas ou vazados que diminuam sua eficiência.

As varandas além de proteção acústica, também funcionam como proteção térmica, pois estas criam um espaço intermediário entre o interior e o exterior da edificação. Este evita não somente a radiação solar direta como a entrada do ruído; principalmente se for tratado com materiais que isolem o ruído.

As marquises são construídas na maioria das vezes em concreto e utilizadas em construções comerciais. Por sua vez elas protegem os usuários das chuvas e do sol, se revestidas com materiais absorventes também funcionam como proteção acústica.

Da mesma forma que se dispõem prédios em escalonamento, com a finalidade de barreira acústica; também se pode escalonar uma edificação, com um recuo em sua fachada, então um pavimento funcionará como barreira para pavimento imediatamente superior.

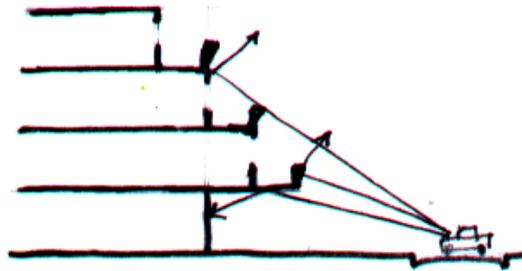


Ilustração 51: Andares em escalonamento e varandas com peitoril fechados, assim um pavimento serve de barreira acústica para o andar imediatamente acima.

Fonte: da própria autora

É possível fazer uma composição entre as barreiras externas e internas, utilizando ao mesmo tempo muro ou vegetação ao redor da construção, e esta ser projetada com varandas e jardineiras; além de um possível escalonamento de seus andares. Quanto mais barreiras forem utilizadas, maior será a atenuação do ruído.

A barreira acústica para proteger o necessário tem que estar adaptada ao local em função de sua altura e de seu posicionamento, além de evitar reflexões. A localização entre a fonte e o receptor não deveria alterar a paisagem de maneira bruta e sim integrar-se a mesma.

Caso dos CIEPs:

Observa-se que os CIEPs, de maneira geral, possuem um projeto único para todos, o que acarreta a impossibilidade de alteração da fachada de uma unidade sem que sofra alteração no projeto, isto é, nas fachadas de todos os CIEPs.

Descartando então a possibilidade de utilização de barreiras internas, só resta a colocação de barreiras externas. A utilização destas, também se torna praticamente impossível, à medida que ao analisar a implantação do CIEP Samuel Wainer percebe-se o pouco espaço de seu terreno.

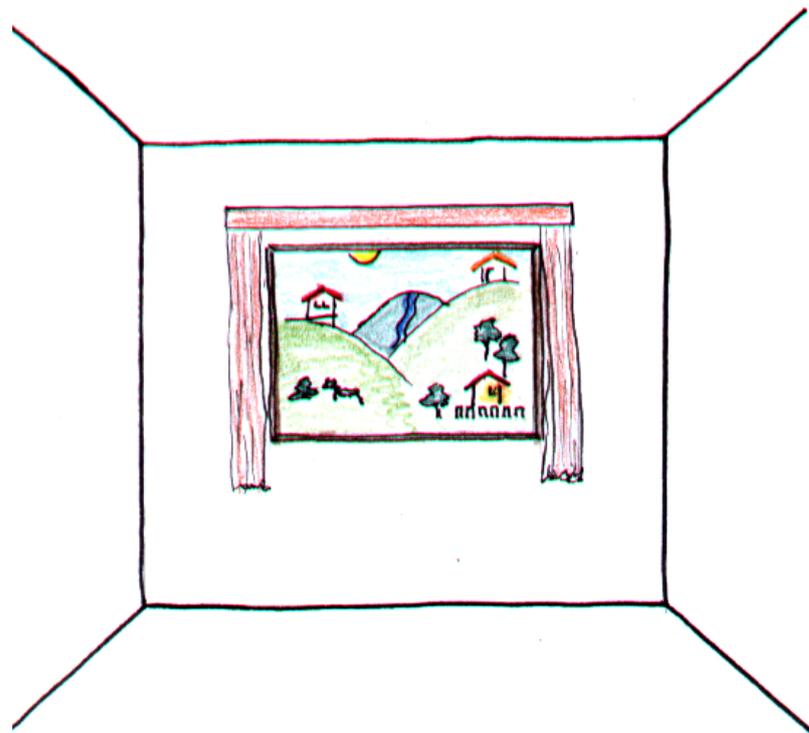
Portanto, para a utilização de barreiras acústicas, a única solução é a utilização de muros, possivelmente com heras e a colocação de vegetação no pouco espaço que resta entre a construção e as vias de tráfego que cercam o terreno.



Foto 28: Espaço para a colocação de barreiras acústicas.
Fonte: acervo próprio, 2006..

3.3 Janelas

O sistema de captação lateral de luz e vento mais comum são as janelas, elas permitem a comunicação com o meio externo, com a paisagem. Através delas têm-se a noção de tempo e a percepção das variações climáticas que permitem um conforto higrotérmico interno e o aproveitamento natural da luz, do calor e dos ventos. Contudo as janelas se tornam seletivas, na medida em que é escolhido seu tamanho e seu fechamento, podendo diminuir ou isolar o ambiente interno do externo de acordo com a necessidade do usuário, visando seu bem estar e sua tarefa.



*Ilustração 52: Janela: a ligação da construção com o exterior.
Fonte: da própria autora*

Países de clima frio utilizam grandes aberturas e panos de vidro, relacionando as janelas com o aquecimento dos ambientes interiores, consumindo menos energia e visando obter um conforto higrotérmico. A arquitetura desses países acaba por servir de modelo em países de clima tropical, onde a tendência é enfatizar a estética, a forma e a aparência das janelas, apesar de não ser o apropriado para tal clima. As mesmas são mais utilizadas fechadas, o que causa um aquecimento interno e a necessidade da mecanização da ventilação e utilização do ar condicionado. Faz-se importante saber as características climáticas do lugar para poder escolher o formato mais apropriado para as janelas e economizar energia elétrica não utilizando o ar condicionado.



Foto 29: *Palácio de Cristal, no Parque Real do Bom Retiro, em Madrid (clima frio).*
Fonte: Site: http://pt.wikipedia.org/wiki/Pal%C3%A1cio_de_cristal; data: 12 de janeiro de 2007.



Foto 30: *Prédio envidraçado, em São Paulo. (clima quente e úmido).*
Fonte: VIANNA et. al. (46), figura 156 da página 139.

A janela foi concebida, historicamente, como fonte de luz e calor, assim chegou aos países de clima tropical com o mesmo significado dos países de clima frio. No norte europeu, de clima muitíssimo frio, eram feitas aberturas próximas ao teto com função de iluminar e ventilar. Entretanto, nas regiões temperadas da Europa as aberturas eram mais comuns. Observa-se que as aberturas sempre dependeram do clima da região.

Na Idade Média, a luz solar e a ventilação natural eram feitas por pátios internos para o qual se voltavam todas as aberturas. Durante o Renascimento ocorreu um crescimento urbano e as janelas passaram a se abrir para as ruas, existindo em todos os cômodos e andares. Buscando mais conforto e privacidade surgiram os materiais translúcidos. Em 1331 surgiram as janelas de vidro. No final do século XIX, desenvolveram-se técnicas de construção e o vidro manufaturado e este passou a poder cobrir grandes áreas que serviriam para a entrada de luz e calor.

Nos países tropicais, ocorreu uma defasagem na evolução das janelas devido ao seu alto grau de insolação e aos índices de umidade elevada. Neles também existem maiores diferenciações das estações do ano, havendo períodos de chuva e sem chuva. As casas possuíam grandes coberturas que as protegiam do sol e da chuva e geravam um grande desconforto higrotérmico pela falta de ventilação. Na América do Sul existiam as ocas, somente com a abertura de entrada e sem janelas e os ranchos e os mocambos que possuíam condições de conforto higrotérmico e controle da ventilação e da entrada da energia solar. No século XVI, surgiram os centros urbanos com as pequenas vilas, estas com raras e pequenas aberturas fechadas com lâminas de madeira, até então o vidro era inacessível e as venezianas desconhecidas.



Foto 31: Oca: construção indígena.

Fonte: Site: http://www.waimiriatroari.org.br/info_waimiri.htm;
data: 12 de janeiro de 2007



Foto 32: Janelas de verga reta com balaústres, isto é, com pequenas aberturas fechadas com lâminas de madeira.

Fonte: VIANNA et. al. (46), fig 78 da página 53.

No Brasil de 1808, com a vinda dos portugueses que trouxeram as suas janelas na tentativa de adaptá-las ao clima tropical, cada um fez a sua alteração causando uma poluição visual e então o príncipe D. João proibiu todas as formas de proteção existente, como os mucharabis e as rótulas. Em 1816, com a vinda dos arquitetos da Academia de Belas Artes que foi possível solucionar as proteções das janelas.

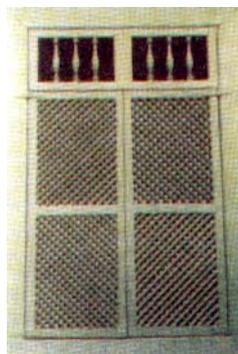


Foto 33 e Foto 34: Janela colonial com mucharabis das cidades históricas de Minas Gerais (vistas externa e interna).

Fonte: VIANNA et. al.(46), figura 74 e 75 da página 49.

Depois da Segunda Guerra Mundial, tanto os materiais quanto as técnicas evoluíram, visando também os países de clima tropical. A arquitetura brasileira passou a importar a alta tecnologia do Primeiro Mundo com a pretensão de utilizá-la melhor, continuando assim até os dias atuais.

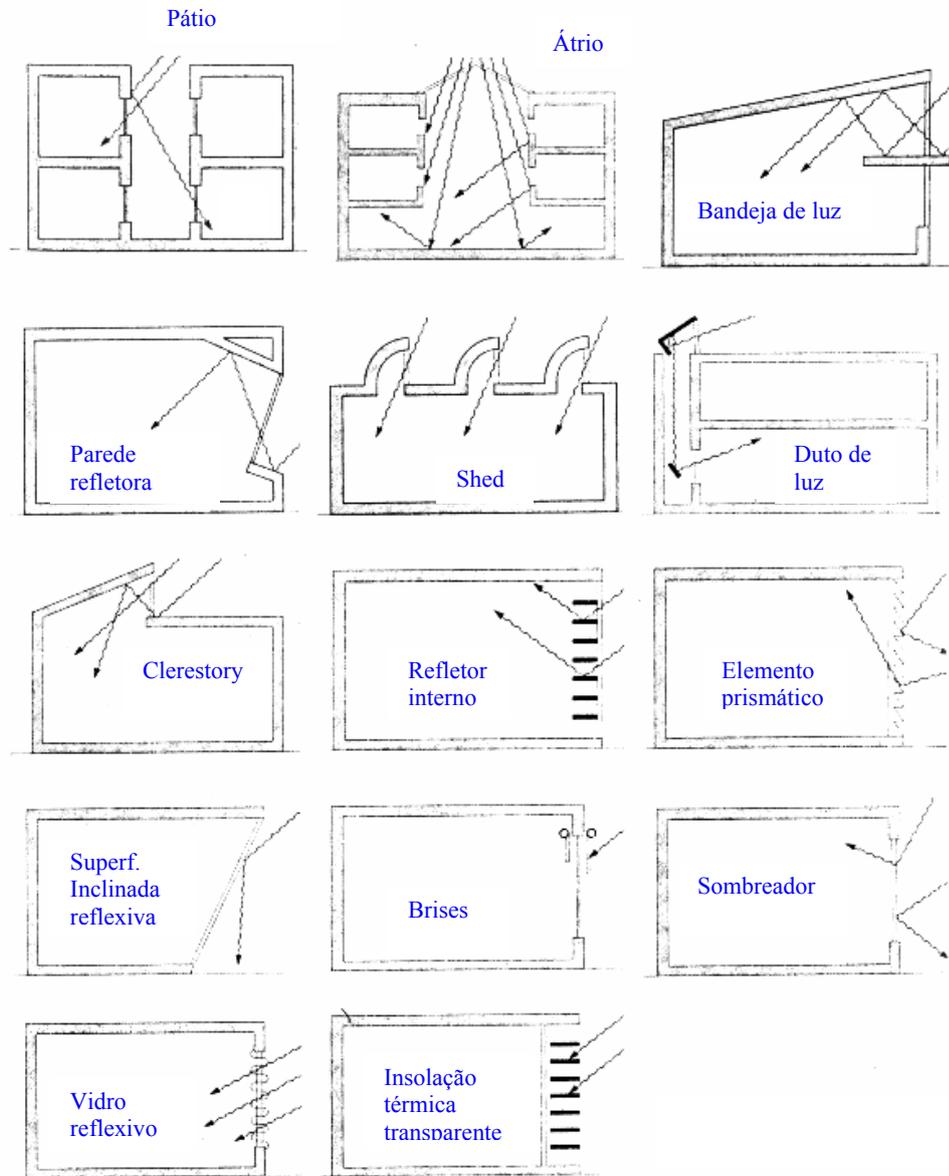


Ilustração 53: Diferentes estratégias de iluminação natural.
Fonte: VIANNA et. al. (46), figura 178 das páginas 147 e 148.

A janela é um dos pontos fracos da fachada do ponto de vista da proteção acústica. O *Índice de Redução Sonora* de uma janela comum, quando fechada, aproxima-se de 22 dB(A). Vidros duplos, triplos e com camadas de ar permitem melhores níveis de isolamento acústico, todavia não se tornam muito eficazes em países de clima tropical, devido à utilização, na maioria dos casos, das janelas abertas; o que acarreta uma permeabilidade muito alta do ruído.

As janelas, bem como qualquer outro fechamento transparente, são os responsáveis pelas principais trocas térmicas e pela maior facilidade de passagem do som. Assim a orientação, o posicionamento, o tamanho, a proteção externas e internas e tipo de vidros utilizados definem o quanto de troca térmica ocorrerá e a quantidade de ruído que vai entrar.

As proteções externas das janelas como marquises e brises são também barreiras, principalmente quando revestidas de materiais absorventes. Tais proteções tem como desvantagens manutenção, limpeza e estética, pois fazem parte da fachada, devendo assim se integrarem com o ambiente. Contudo são mais eficazes que as proteções internas das janelas, como persianas e cortinas, tanto do ponto de vista solar como acústico. A externa evita que parte do som e do calor entrem, ao passo que a interna permite a entrada para somente depois tentar resolver.



Ilustração 54: Brises solei verticais fixos e horizontais móveis do MEC⁴⁵ no Rio de Janeiro.
Fonte: VIANNA et. al. (46), figura 182 da página 150.



Ilustração 55: Brises solei verticais fixos na Faculdade de economia e educação da USP⁴⁶.
Fonte: VIANNA et.al. (46), figura 182 da página 150.

As janelas especiais, de vidros duplos, triplos e com camadas de ar, além de impedirem a ventilação natural, possuem custos altos, são mais difíceis de ser encontradas e precisão de mão de obra e manutenção especializadas. Mas por outro lado, são capazes de melhorar o isolamento termo-acústico, o que melhora as condições de conforto e reduz o consumo de energia. Abaixo se encontra a tabela dos coeficientes de absorção térmico e, em seguida, a do Índice de Redução Sonora acústicos.

CORES	Coefficiente de absorção térmico (α)
ESCURAS	0,7 a 0,9
MÉDIAS (TIJOLOS)	0,5 a 0,7
CLARAS	0,2 a 0,5

Tabela 18: Coeficientes de absorção térmico em função da cor.
Fonte: LAMBERTS et al, 1997 apud VIEGAS (47), página 43.

⁴⁵ Ministério da Educação e Cultura.

⁴⁶ Universidade de São Paulo.

Tipo de janela	IRS
• Aberta	7 dB(A)
• Comum fechada	22 dB(A)
• Comum fechada e calafetada ou janela de vidro laminado e caixilhos de boa qualidade	27 dB(A)
• Com vidro duplo	27 a 35 dB(A)
• Dupla com ou sem ventilação incorporada	35 a 45 dB(A)

Tabela 19: Índice de Redução Sonora (IRS) para diversos tipos de esquadrias.
Fonte: NIEMEYER (28), página 76.

Assim sendo, para garantir uma redução satisfatória a vedação das janelas deve ser bem feita e a esquadria de boa qualidade e material não reverberante, como o PVC ao invés de esquadrias de alumínio. Além de vidros com espessuras grossas de 4,5 a 6,5 mm, o que garante quando fechados uma redução de 26 a 32 dB(A).

Fechar o ambiente completamente e refrigerá-lo seria uma solução eficiente do ponto de vista acústico; porém além de ser muito custoso, a qualidade da ventilação natural é superior. A ventilação natural gera economia no uso da energia; uso reduzido da ventilação mecânica; não necessita espaços para os aparelhos mecânicos; proporciona uma boa qualidade e higienização do ar e o resfriamento da estrutura e dos ocupantes do edifício.

Segundo DE SALIS et al 2001 apud MÜLLER (27), um tratamento acústico freqüente para o vão de ventilação é a veneziana acústica ou louvre, pois ao proteger o trajeto do vento, juntamente com o som que ele transporta, faz com que o ruído sofra uma atenuação, devido ao uso de lâminas anguladas que causam uma mínima obstrução do fluxo de ar. O caminho indireto refletido é atenuado com o uso de material absorvente no lado inferior das lâminas. O *Índice de Redução Sonora ao Ruído do Tráfego* da veneziana é limitado em baixas freqüências devido à difração em torno das lâminas, sendo mais eficiente em altas freqüências.

Tais venezianas conseguem proporcionar uma atenuação que pode ser comparada com a de uma fachada sem aberturas e com uma perda de transmissão sonora de 40 dB(A). Quanto ao fluxo de ar, as venezianas acústicas obstruem a passagem do ar devido à área fechada que a veneziana ocupa na abertura. O redirecionamento do fluxo de ar e a resistência das superfícies das lâminas também diminuem a quantidade de ar que penetra no ambiente. (SALIS et.al., 2001 apud MÜLLER (27))

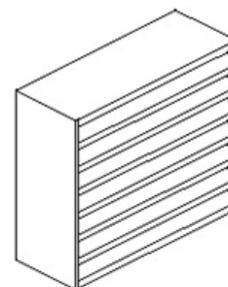
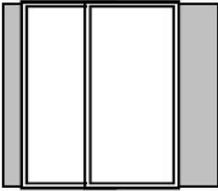
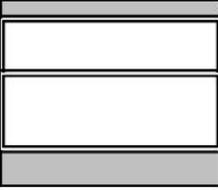
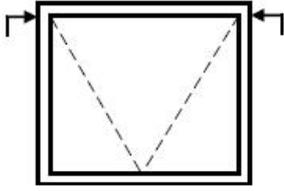
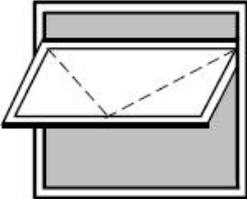
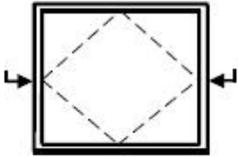


Ilustração 56: Louvre: veneziana acústica.
Fonte: ACARAN apud MÜLLER (27), página 58.

<i>Tipos de Janelas</i>		<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<p>DE CORRER VERTICAL</p> <p>Folha(s) que se movimenta(m) por deslizamento horizontal.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Fácil utilização; ◦ Ventilação regulável conforme a abertura das folhas; ◦ Não ocupa áreas internas ou externas; ◦ Permite uso de grades, persianas, cortinas ou telas; ◦ Direciona o vento em pequenos ambientes; ◦ No tipo guilhotina, caso não possua o sistema de contrapeso ou de balanceamento as folhas devem ter retentores no percurso das guias. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Abre no máximo 50% do vão; ◦ Dificuldade de limpeza da face externa; ◦ Vedação necessária nas juntas externas, para não haver riscos de infiltração através do trilho inferior; ◦ O tipo guilhotina, ainda precisa de manutenção mais freqüente para regulagem de cabos (caso tenha sistema de contrapeso, ou seja, balanceamento).
<p>GUILHOTINA</p> <p>Folha(s) que se movimenta(m) por deslizamento vertical.</p>			
<p>PROJETANTE</p> <p>Uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em torno de um eixo horizontal fixo localizado na parte superior da folha.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Não ocupa espaço interno; ◦ Permite superfícies abertas em alturas diferentes (boa para cômodos pequenos); ◦ Boa estanqueidade, devido à pressão do vento sobre a folha; ◦ Ventilação nas áreas inferiores, mesmo com chuva sem vento. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Dificil limpeza externa; ◦ Não permite uso de grades ou telas na face externa; ◦ Libera parcialmente o vão; ◦ Não direciona bem o fluxo de ar.
<p>PROJETANTE DESLIZANTE (maxim-mar)</p> <p>Neste caso o eixo não é fixo, podendo ocorrer translação simultânea.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Todas as da projetante; ◦ Ventilação inferior sob efeito de sucção; ◦ Abertura de até 90° e abertura superior que facilita a limpeza e melhora a ventilação. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Todas as da projetante, caso não utilize braços de articulação com 90° de abertura; ◦ Perde fluxo se não tiver espaço para a abertura dos seus 90°.
<p>PIVOTANTE HORIZONTAL</p> <p>Folha(s) que pode(m) ser movimentada(s) mediante a rotação de eixo horizontal não situado nas extremidades.</p> <p>PIVOTANTE VERTICAL</p> <p>Idem para eixo vertical.</p>	 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Fácil limpeza externa; ◦ Ocupa pouco espaço na área de utilização; ◦ A horizontal permite o direcionamento do ar para cima ou para baixo, enquanto a vertical para esquerda ou para a direita. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Dificulta o uso de grades, telas ou persianas; ◦ Grandes vão necessitam de fechos perimétricos.

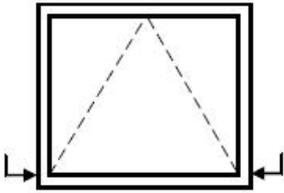
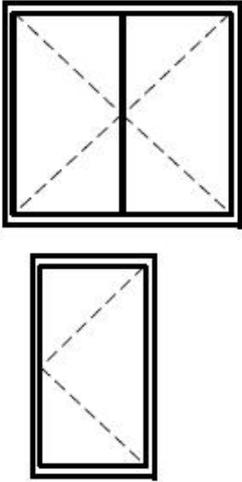
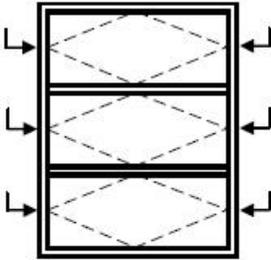
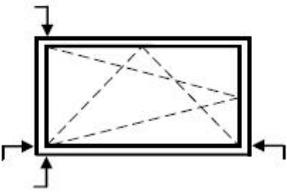
<i>Tipos de Janelas</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
<p>PIVOTANTE INTERNA (tombar)</p> <p>Folha(s) que pode(m) ser movimentada(s) mediante a rotação de eixo horizontal fixo situado na extremidade inferior da folha.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Não ocupa espaço interno; ◦ Permite superfícies abertas em alturas diferentes (boa para cômodos pequenos). 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Reduz a área de ventilação; ◦ Difícil limpeza externa; ◦ Dificulta o uso de grades ou telas no exterior; ◦ Libera parcialmente o vão; ◦ Não direciona bem o fluxo de ar.
<p>DE ABRIR FOLHA DUPLA</p> <p>Folhas que se movimentam mediante a rotação em torno de eixos verticais fixos situados nas laterais das folhas.</p> <p>DE ABRIR FOLHA SIMPLES</p> <p>Idem para uma só folha.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Boa estanqueidade ao ar e à água; ◦ Libera o vão na abertura máxima; ◦ Fácil limpeza externa; ◦ Permite uso de grades ou telas e/ou persianas, quando as folhas se abrem para dentro. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Ocupa espaço interno (se aberta para o interior); ◦ Não permite regular nem direcionar o fluxo de ar; ◦ As folhas se fixam apenas na posição máxima de abertura ou fechamento; ◦ Impossibilidade de abrir para a ventilação com a chuva oblíqua; ◦ Dificulta o uso de grades ou telas (caso abra para fora), ou cortinas (se para dentro).
<p>BASCULANTE</p> <p>Eixos de rotação horizontais centrados ou excêntricos não coincidentes com as extremidades da janela.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Ventilação constante, mesmo em caso de chuva sem vento, na totalidade do vão, caso não tenha panos fixos; ◦ Boa repartição do fluxo, aceitando fluxos inferiores e superiores; ◦ Pequenas projeções interna e externa, permitindo o uso de telas ou cortinas; ◦ Fácil limpeza. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Não libera o vão para passagem total; ◦ Estanqueidade reduzida, devido ao grande comprimento de juntas.
<p>RIBALTA OU REVERSÍVEL (ABRIR E TOMBAR)</p> <p>Folha(s) que pode(m) se movimentar em torno do(s) eixo(s) vertical e horizontal, coincidentes com a lateral e extremidade inferior da folha.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Devido às possibilidades de abrir e tombar permite amplo controle da ventilação; ◦ Boa estanqueidade ao ar e à água; ◦ Fácil limpeza. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Necessidade de rigidez no quadro da folha para evitar deformação; ◦ Acessórios com custos elevados; ◦ Limitação para o uso de telas, grades ou persianas.

Tabela 20: Tipologias de janelas.

Fonte: Baseado em VIANNA et. al. (46), tab. 10 p. 155 a 157 e BARROSO-KRAUSE (4), anexo T8 p. 64 e 65.

Caso dos CIEPs:

Os CIEPs, em sua maioria, ainda se encontram iguais ao projeto original, como o CIEP Samuel Wainer, onde suas esquadrias são metálicas, com parte em vidro e parte em veneziana. A substituição por esquadrias de PVC seria o primeiro passo a ser dado quando se pensa nas suas janelas.



Foto 35: Janelas do CIEP Samuel Wainer.
Fonte: acervo próprio, 2006.

As janelas além de serem metálicas, também se apresentam em mau estado de conservação, com muitas quebradas.



Foto 36: Vista da janela.
Fonte: acervo próprio, 2006.

3.4 Vedação

Esquadrias, normalmente os maiores problemas das fachadas, por serem fabricadas em materiais leves e, na maioria das vezes vazadas como venezianas e grelhas. A dificuldade de vedação das frestas entre as folhas móveis e o caixilho e deste com a alvenaria, torna-se a principal fonte de entrada do ruído, pela difração do som.

Segundo SANTOS (37), os sons de alta frequência e baixo comprimento de onda passam facilmente através dos batentes e soleiras das portas, assim deve:

- Ajustar perfeitamente a porta sobre o quadro;
- Limitar a fresta de funcionamento a 2mm;
- Dispor as juntas de estanqueidade sobre os batentes, estas não devem ser excessivamente rígidas nem grossas;
- Assegurar que as juntas de ligação entre esquadria e alvenaria estão bem feitas;
- Vedar as frestas entre a soleira e a porta.

Uma abertura de pequena dimensão, como frestas, permite a passagem de sons agudos; tal fato pode comprometer o isolamento acústico de um ambiente. Assim como fechaduras, portas e alisares quebrados ou com rachaduras, que permitam a passagem de som.

Superfícies heterogêneas, ou seja, paredes com portas e/ou janelas, apresentam menos isolamento do que as homogêneas. As frestas que existem no contorno de uma abertura comprometem todo o isolamento, caso o som não penetre por nenhuma fresta, observa-se que o isolamento da parede cresce.

Conforme a tabela a seguir, foram utilizados alguns exemplos de paredes simples sem portas com diferentes níveis de redução (25, 30, 35, 40, 45 e 50 dB). A partir de cada uma, fizeram-se modificações com a finalidade de observar a diferença do isolamento após a colocação de portas nas mesmas.

Divisória (porta ocupando 7% da área total da parede)	Isolamento sonoro de soluções distintas (dB)					
	25	30	35	40	45	50
Parede simples sem porta	25	30	35	40	45	50
Qualquer porta com fresta bem aparente no contorno	23	25	27	27	27	27
Porta leve com vedantes de frestas de contorno	24	28	30	32	32	32
Porta pesada com vedantes de frestas de contorno	25	29	33	35	37	37
Porta dupla com tratamento acústico no espaço entre portas.	25	30	35	40	44	49

Tabela 21: Redução do isolamento sonoro por inclusão de portas.
Fonte: SOUZA et. al. (44), página 91.

Com base em uma parede de massa elevada, ou seja, maciça, com uma porta de 2m² de área, pode-se observar a queda do isolamento da mesma a medida que a largura da fresta aumenta; como representado ao lado.

Largura da fresta	0,5 mm	1,0 mm	5,0 mm
Isolamento sonoro	36 dB	33 dB	26 dB

Tabela 22: *Influencia das frestas*
Fonte: SOUZA et. al. (44), página 91.

Caso dos CIEPs:

Os CIEPs, em sua maioria, não possuem vedações nem em suas janelas, nem em suas portas. Como fora dito, as janelas de esquadrias metálicas devem ser substituídas por de PVC com vedações de borracha. As portas, em meias paredes, com fechaduras quebradas e trincas fazem com que o som passe com grande facilidade para o interior. Para vedar as portas, primeiramente tem que concertá-las, bem como suas fechaduras.



Foto 37: Estado em que se encontram as portas das meias paredes.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 38: Estado em que se encontram as janelas.
Fonte: acervo próprio, 2006.

3.5 Materiais absorventes e isolantes

Os materiais, com os quais são feitos e revestidos as paredes, tetos e pisos de um ambiente, possuem coeficientes de absorção, o que transforma os sons que penetram, bem como os internos de um ambiente.

O coeficiente de absorção, “Sabine⁴⁷”, varia de 0, para materiais totalmente reflexivos, até 1, para materiais totalmente absorventes. Contudo, não existem materiais totalmente reflexivos ou absorventes, ocorrendo tais fenômenos em conjunto.

Um material absorvente possui uma variação de desempenho de acordo com as faixas e frequência do ruído; possuindo um coeficiente distinto para cada banda de oitava modificando o espectro do ruído enquanto o atenua.

Materiais fibrosos ou porosos, como espumas sintéticas ou lã mineral, fazendo com que o som se propague no interior de seus poros onde ele se reflete de maneira a dissipar energia sonora sob a forma de energia térmica. Tais materiais possuem melhor desempenho em sons de altas frequências.

Outro tipo de material absorvente são os painéis flexíveis e ressonadores. Os painéis flexíveis transformam a vibração das ondas sonoras que chegam nele em energia térmica. Para absorver médias e altas frequências coloca-se o painel sobre a parede; porém para a absorção de baixas frequências faz sua colocação afastada da parede por uma camada de ar.



A altura do ressonador (L) deve ser $\lambda / 4$, onde: $\lambda = c / f$.

Sabendo-se que: c velocidade do som no ar, aproximadamente 340m/s.

f frequência

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} \Rightarrow f = \frac{c}{4L} = \frac{340}{4L} = \frac{85}{L}$$

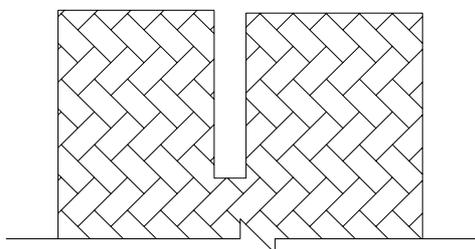


Ilustração 57: Ressonador de quarto de onda.
Fonte: da própria autora

L	f
1m	85Hz
0,5m	170Hz
0,25m	340Hz
0,12 ⁵ m	680Hz

⁴⁷ Sabine: unidade de absorção, uma medida de absorção sonora de uma superfície. O nome vem de Wallace Sabine, que descobriu que o tempo de reverberação é descrito pela relação entre o tamanho da sala e a quantidade de absorção na sala.

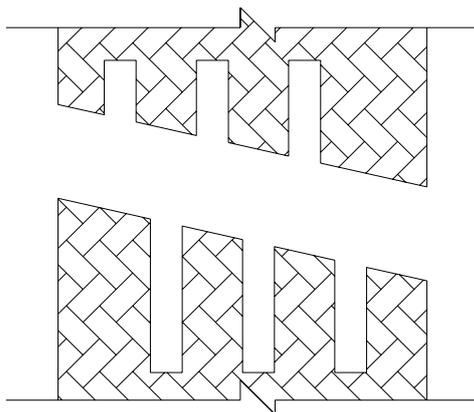


Ilustração 58: Conjunto de ressonadores.
Fonte: da própria autora

Ao colocar vários ressonadores, todos lado a lado, várias frequências de ruídos são retiradas; pois cada ressonador só retira um comprimento de onda do ruído. Devem ser colocados nas fachadas para diminuir o ruído causado pela ventilação natural, como por exemplo, o ruído de trânsito que é de aproximadamente 100Hz, para esta, se faz necessário um ressonador de 90cm.

Os ressonadores de Helmholtz⁴⁸ são placas perfuradas de gesso, madeira ou metal colocadas distantes de paredes ou tetos, onde se aprisiona uma parcela de ar em seu interior. Cada orifício representa um ressonador, comportando-se como um conjunto de ressonadores. O ressonador de Helmholtz oferece um bom desempenho para uma faixa de frequência localizada entre 1000Hz e 2000Hz. Para diminuir tal seletividade de frequência podem-se colocar materiais porosos no conjunto.

Redução sonora por aplicação de material absorvente no interior de uma sala:

Materiais absorventes em superfícies internas do ambiente modificam o campo reverberante do som. Com revestimentos absorventes acústicos pode-se ter uma diminuição do som reverberante de uma sala, tal redução pode ser calculada através da equação:

$$\text{Redução} = 10 \log \left(\frac{\bar{\alpha}}{\alpha_2} \right)$$

Sabendo-se: $\bar{\alpha}_1$ é o coeficiente de absorção médio da sala antes do tratamento e
 $\bar{\alpha}_2$ é o coeficiente de absorção médio da sala após o tratamento.

⁴⁸ Hermann von Helmholtz criou um ressonador para demonstrar as altas variedades de tons.

Abaixo tem-se uma tabela onde esta representados os materiais com seus Índices de Absorção Sonora (α) por Faixa de Frequência – Hz , segundo CETUR, 1981.

MATERIAL	Índice de Absorção Sonora (α)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Argila Expandida	0,40	0,90	0,90	0,80	0,75	0,85
Blocos de Concreto Pintado	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Blocos de Concreto Rugoso	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Chapa Metálica (20% perfurada) s/ lâ mineral (esp.=10mm)	0,61	0,75	0,73	0,70	0,76	0,67
Compensado (esp=5mm) a 20mm da parede	0,07	0,12	0,28	0,11	0,08	0,08
Compensado (esp=5mm) a 50mm da parede	0,47	0,34	0,30	0,11	0,08	0,08
Concreto Aparente	0,02	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
Fibra de Madeira (230Kg/m ³ , esp.=20mm)	0,15	0,44	0,45	0,44	0,53	0,59
Gesso	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Gesso Perfurado (furos=6mm, esp.=12mm) s/ lâ mineral (esp.=18mm)	0,10	0,19	0,42	0,74	0,57	0,34
Lã de Rocha (100Kg/m ³ , esp.=50mm)	0,27	0,62	0,68	0,93	0,81	0,76
Lã de Rocha aglomerada (esp.=40mm)	0,30	0,70	0,88	0,85	0,65	0,60
Lã de Rocha aglomerada (esp.=40mm) revestida de papel kraft	0,74	0,54	0,36	0,32	0,30	0,17
Lã de Vidro (esp.=25mm)	0,15	0,58	0,60	0,64	0,62	0,62
Lã de Vidro (esp.=25mm) revestida de tecido poroso	0,39	0,45	0,56	0,59	0,61	0,55
Lã de Vidro (esp.=25mm) sobre treliça metálica flutuante	0,45	0,45	0,45	0,50	0,52	0,52
Laje de Concreto	0,06	0,06	0,06	0,09	0,16	0,25
Madeira Envernizada	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Mármore	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Massa Plástica (8Kg/m ³ , esp.=20mm)	0,14	0,19	0,31	0,62	0,81	0,72
Paredes de Tijolos Estriados	0,05	0,27	0,23	0,13	0,21	0,46
Placas de Pedra (esp.=100mm)	0,09	0,13	0,13	0,16	0,27	0,49
Reboco	0,01	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
Tijolo Aparente	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07

Tabela 23: Os materiais acústicos e os Índices de Absorção Sonora α por faixa de frequência – Hz.
Fonte: CETUR, 1981 apud VIEGAS (47), página 48.

O Índice de Redução Sonora do Ruído de materiais:

Um material isolante dificulta a transmissão do som, assim sendo este deve ser rígido, compacto e pesado. Depende do Índice de Redução Sonora (IRS) a capacidade de vedação de uma parede ou elemento, uma vez que este tem que ser oposto à transmissão do ruído. Em uma parede simples, isto é, plana, não porosa, homogênea e flexível, a transmissão do som depende da massa superficial da parede. Conforme é dobrada a espessura da parede, seu isolamento aumenta de 4dB a 6dB por faixa de oitava, também possuindo maior eficácia em sons de alta frequência.

As paredes compostas são usadas quando se precisa ou deseja evitar o uso de paredes muito espessas e pesadas. A utilização de materiais absorventes entre painéis rígidos funciona como molas, o que minimiza a transmissão das ondas sonoras, dispensando as grandes espessuras das paredes homogêneas. O Índice de Redução Sonora (IRS) depende da massa, das condições de conexão e das distâncias dos elementos que constituem a parede. Uma parede composta com mesma massa superficial, espessura, de uma parede simples pode apresentar uma redução muito maior, sobretudo nas altas frequências; as paredes duplas podem reduzir de 6dB a 18dB por faixa de oitava. Visando aumentar a eficácia das paredes duplas, esta deverá ser composta por elementos de rigidez diferentes.

Conhecendo-se então todos os Índices de Redução Sonora (R_1 e R_2) e suas respectivas superfícies (S_1 e S_2), utiliza-se um ábaco para a obtenção do Índice de Redução Sonora Médio (R) da parede.

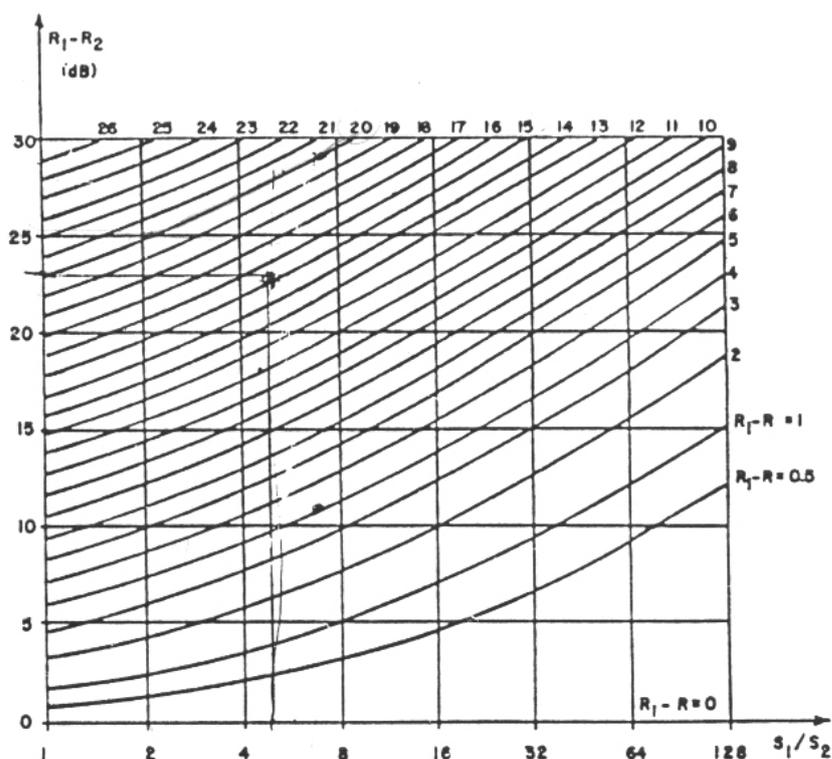


Gráfico 1: Ábaco para cálculo de redução sonora de paredes descontínuas.

Fonte: MEISSER apud SANTOS (37), página 87.

Paredes descontínuas são compostas por elementos de dimensões e índices de redução distintos, possuindo índices de redução acústica diferentes no decorrer das paredes. São paredes descontínuas as que possuem portas, janela, aberturas para ventilação e/ou meias paredes. O cálculo do índice médio de redução é feito através do conhecimento dos elementos que compõe a parede, bem como suas superfícies.

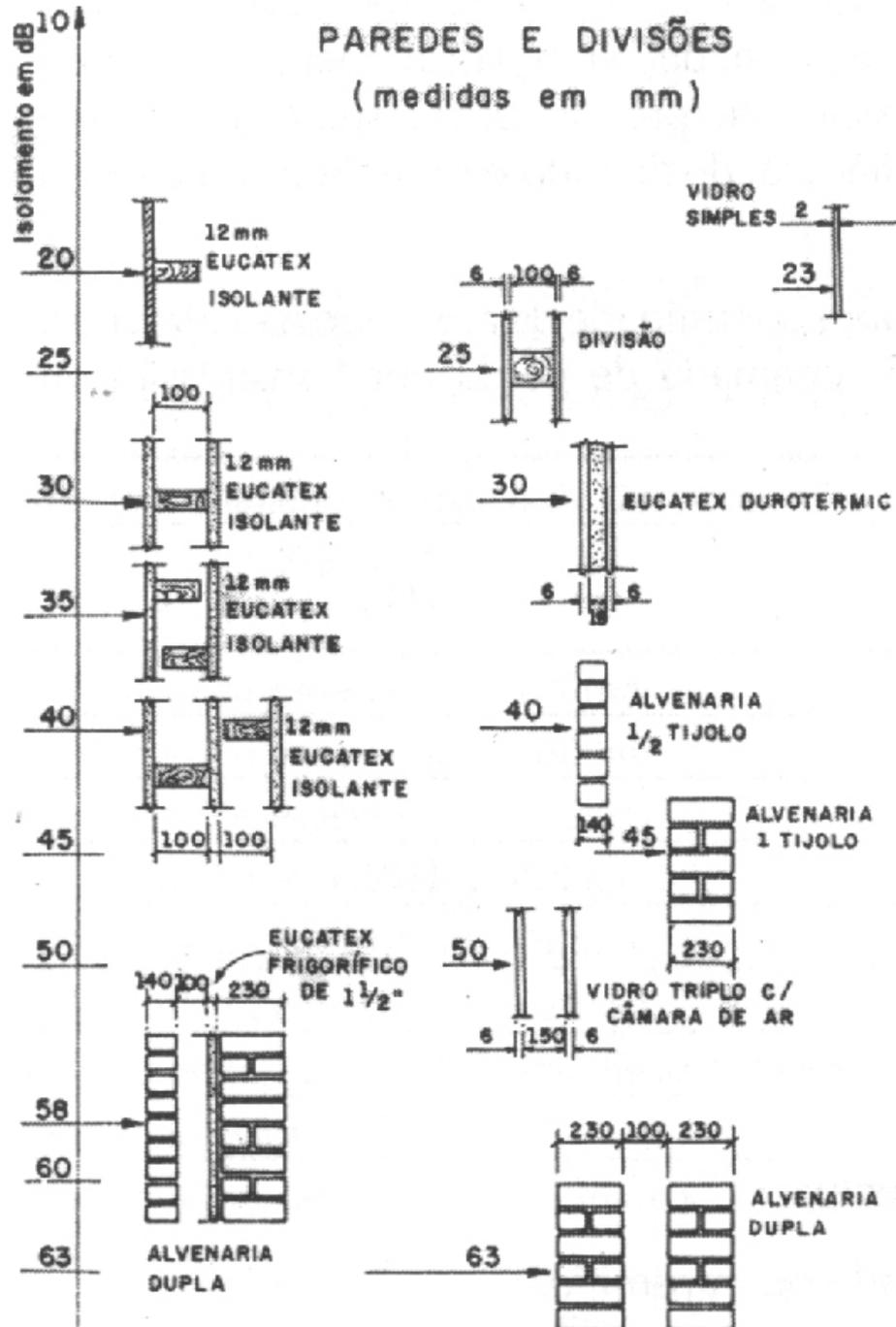


Ilustração 59: Tipos de paredes e divisões.

Fonte: SILVA(41), figura 57 página 99.

Abaixo encontra-se uma tabela com diversos materiais e seus respectivos níveis de isolamento para a frequência de 512 Hz.

Material	Isolamento em dB, para 512 Hz
Alvenaria de tijolo maciço espessura de 100mm	45
Alvenaria de tijolo maciço espessura de 200mm	50
Alvenaria de tijolo maciço espessura de 300mm	53
Alvenaria de tijolo maciço espessura de 400mm	55
Alvenaria de tijolo furado espessura de 250mm	40
Chapa de fibra de madeira espessura de 120mm	18
Chapa de fibra de madeira, 12mm, c/ câmara de ar – 100mm	30
Chapa oca de gesso espessura de 100mm	24
Compensado de madeira, espessura de 65mm x 2 placas c/ câmara de ar de 100mm	25
Compensado de madeira espessura de 65mm	20
Concreto – laje entre pavimentos espessura 100mm	68
Vidro janela espessura 1,8 a 3,8mm	20 a 24
Vidro janela (grosso) espessura 4,5 a 6,5mm	26 a 32
Vidro de fundição, 1 placa, de 3 a 4mm	24
Vidro de fundição, 2 placas, de 4 a 6mm com câmara de ar de 50mm	36

Tabela 24: Valores do isolamento acústico de diversos materiais.

Fonte: ABNT apud SILVA (41), página 101.

Caso dos CIEPs:

As portas em escolas, em CIEPs, podem se localizar entre as salas de aula e o corredor ou nas divisas entre salas de aulas. No primeiro caso, o conjunto de parede e porta deve isolar aproximadamente 26dB(A) e, no segundo, deve ser de 38dB(A).

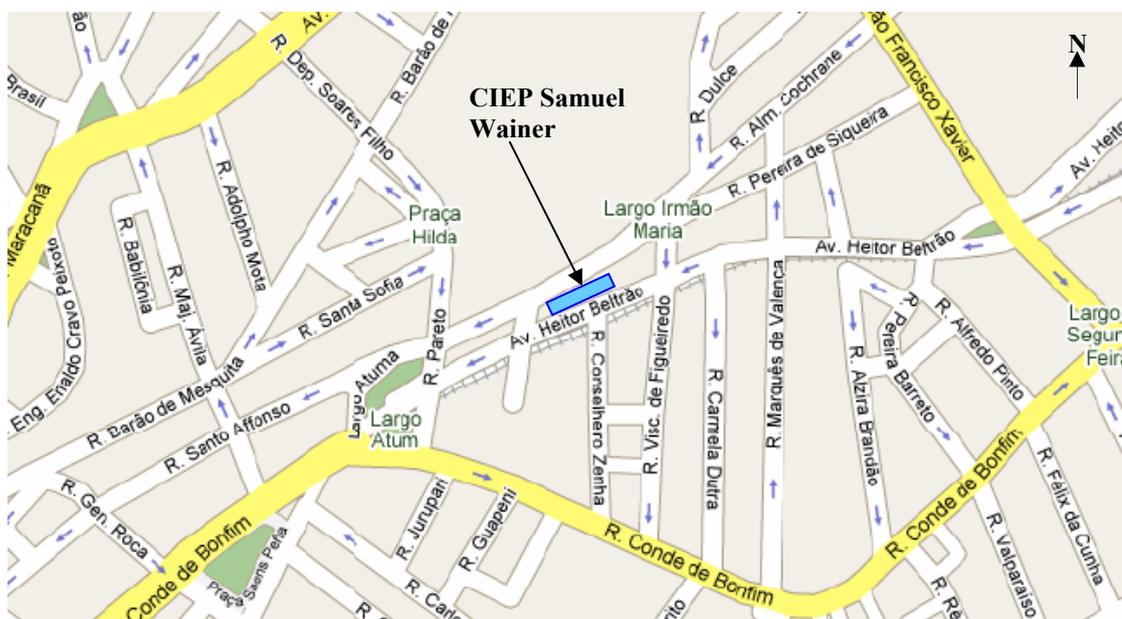
Quanto aos tipos de portas, existem as portas isoplanas, duas chapas leves de compensado com uma câmara de ar no meio, que além de possuir baixíssimo Índices de Redução Sonora, necessita de uma boa vedação de suas frestas para que tenha redução aproximada de 25dB(A); tais portas só podem ser utilizadas nas salas cuja atividades sejam pouco ruidosas. Enquanto, as portas maciças são adequadas para a localização entre salas de aula e corredores, possuindo Índices de Redução Sonora entre 25dB(A) e 32dB(A). Já as portas especiais ou acústicas, conseguem separar uma sala extremamente ruidosa de outra sala sem atrapalhar a atividade contida nesta; tais portas tem seu Índices de Redução Sonora superior a 40dB(A), contudo tais portas necessitam de mão-de-obra especializada, fechamentos sob pressão e ferragens especiais; sendo assim muito caras para serem colocadas em toda a rede de aproximadamente de quinhentos CIEPs.

As janelas são o meio de comunicação com o exterior; para impedir ou amenizar a entrada do ruído externo ocorre à necessidade de se fechar as janelas, o que acarreta na impossibilidade de entrada da ventilação que é de extrema importância em climas tropicais, logo para que isso ocorra, as janelas têm que ser posicionadas de forma correta.

Nas janelas, a espessuras dos vidros devem ser maior ou igual a 6mm e em áreas extremamente ruidosas utilizar o vidro duplo, sendo um vidro de 4mm, uma camada de 6mm de ar e outro vidro de 4mm. Este vidro duplo possui um Índices de Redução Sonora entre 28dB(A) e 30dB(A) considerando o ruído do trânsito, além de uma proteção térmica. As janelas de correr não devem ser utilizadas em áreas ruidosas por possuírem poucas condições de isolamento.

4 Estudo de caso – CIEP Samuel Wainer

O CIEP Samuel Wainer está implantado entre duas avenidas de fluxo intenso e com suas salas orientadas para as mesmas.

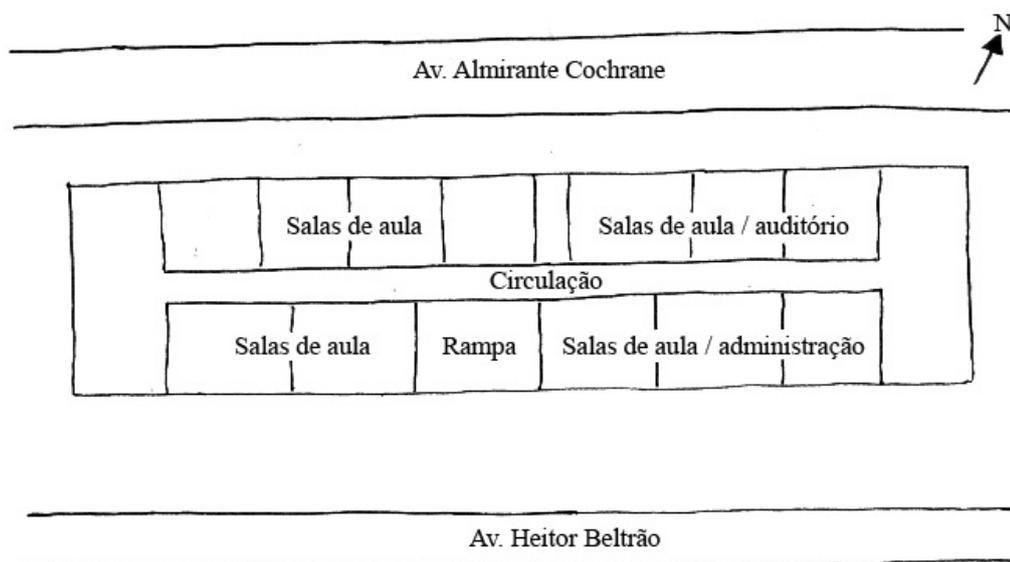


Mapa 1: Localização do CIEP Samuel Wainer.
Fonte: <http://maps.google.com/>; data: 15/02/2007.

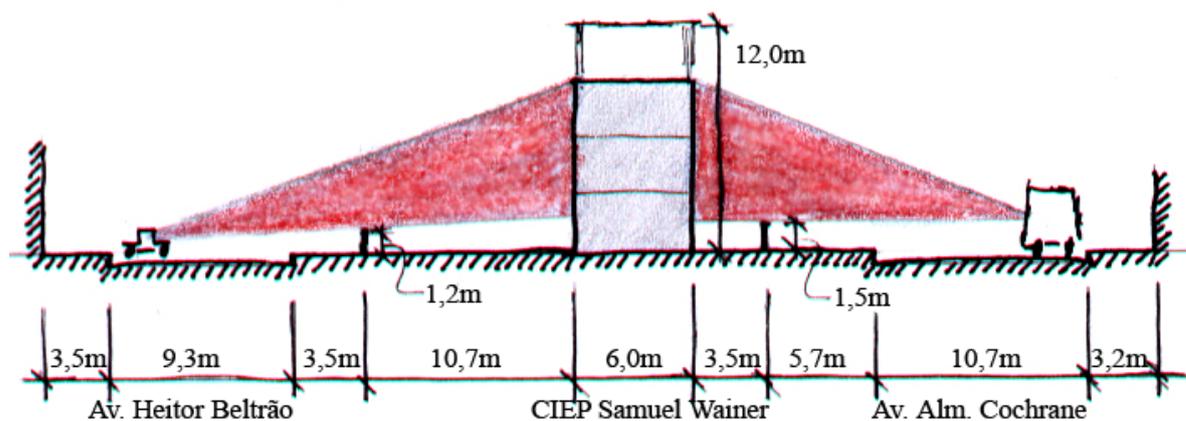


Foto 39: Vista aérea do CIEP Samuel Wainer.
Fonte: <http://maps.google.com/?ie=UTF8&z=18&ll=-22.921396,-43.228235&spn=0.002031,0.003616&t=k&om=1;>
 data: 15/02/2007.

Foi construído de acordo com o modelo compacto, devido ao pequeno terreno. Este único bloco contém dois pavimentos de salas de aula e parte administrativa, além do pátio de recreação e refeitório no térreo e quadra de esportes e sala de leitura na cobertura. O espaço entre o CIEP e a Avenida Almirante Cochrane é de três metros e meio apenas; enquanto a distância para a Avenida Heitor Beltrão é de dez metros e setenta centímetros.



*Ilustração 60: Planta do CIEP Samuel Wainer.
Fonte: da própria autora*



*Ilustração 61: Corte do CIEP Samuel Wainer como se apresenta hoje.
Fonte: da própria autora*

Sendo uma escola no centro urbano da cidade do Rio de Janeiro, a fonte de ruído externa significativa é o tráfego, com seus automóveis, ônibus e pedestres; contando com ambulantes e ambulâncias constantes. Considerando também o fato de estar entre duas vias de trânsito intenso, nas quais, em uma, Avenida Heitor Beltrão, a parada de ônibus e o semáforo localizam-se bem em frente, o que acarreta constantes usos de buzinas e freios na sua entrada. Enquanto na outra, Avenida Almirante

Cochrane, a via é de mão dupla. Os demais ruídos externos, porém menos intensos, em relação à construção estudada se dão devido ao comércio próximo e às obras esporádicas.



Foto 40 e Foto 41: Ponto de ônibus e semáforo em frente ao CIEP Samuel Wainer, pela Avenida Heitor Beltrão, Tijuca, Rio de Janeiro/ RJ.
Fonte: acervo próprio, 2006



Foto 42: Vista do CIEP Samuel Wainer pela Av. Almirante Cochrane.
Fonte: acervo próprio, 2006

Um agravante a ser levado em consideração é a inexistência de proteções, o que facilita a passagem do som interno entre os ambientes. Todas as aulas influenciam as outras, bem como os ruídos das crianças passando e falando e/ou gritando nos corredores, subindo e descendo as rampas, fator agravado devido aos horários das turmas não serem os mesmos; assim enquanto algumas turmas estão em aulas, outras se encontram em corredores e rampas.



Foto 43: O som passa livremente pelas aberturas entre as salas e corredores.
Fonte: acervo próprio, 2006

As demais salas de aulas, corredores, rampas e pátio são as principais fontes de ruído interno uma vez que, os ruídos de vias aéreas são transmitidos por aberturas, portas, paredes e janelas, e em nosso estudo de caso todas as paredes, além de serem de materiais com baixo índice de absorção de ruído, possuem grandes vãos por onde passam os ruídos livremente, sem nenhum isolamento.



Foto 44: À direita do corredor, a rampa e a esquerda, salas de aula. O ruído circula de um ambiente a outro.
Fonte: acervo próprio, 2006

Junto a essas fontes existentes devido à presença humana, também tem as fontes internas como ventiladores, aparelhos de televisão, rádios, computadores e demais eletrônicos.



Foto 45: Sala de leitura do CIEP Samuel Wainer.
Fonte: acervo próprio, 2006

Para a análise dos ruídos existentes no interior das salas de aula foram elaborados estudos em todo o CIEP Samuel Wainer. Dentre elas medições com um *sound level meter*⁴⁹, em horários, atividades e locais distintos; e também entrevistas com o corpo docente, alunos e funcionários desta unidade; além de observações pessoais obtidas em visitas ao local.

⁴⁹ Digital-Display Sound-Level Meter, marca: Radio Shack, modelo: 33-2055. Em português: medidor de nível sonoro



Foto 46: Sound level meter (medidor de nível sonoro)

Fonte: <http://www.radioshack.com/sm-digital-display-sound-level-meter--pi-2103667.html>; data: 25/02/07.

Essa análise se assemelha a uma avaliação pós-ocupacional, que busca avaliar se o ambiente construído atende a função para o qual fora designado em seu projeto, bem como as necessidades dos usuários do mesmo. Analisa a integração entre o ambiente físico e o usuário, além do que um provoca no outro, observando os problemas existentes com o objetivo de amenizá-los.

A partir dos resultados obtidos, em conjunto com o estudo das condições higrotérmicas e acústicas do local, bem como implantação, forma e função, buscar-se-á diretrizes para uma melhor eficácia deste projeto como um todo e no caso específico e mais aprofundado do CIEP Samuel Wainer; mantendo as características originais do projeto e uma melhoria no rendimento dos alunos e na saúde dos professores.

4.1 Análise por medição do ruído

Medições do nível sonoro foram realizadas com um aparelho apropriado, o medidor de nível sonoro. O aparelho permite a escolha do tempo de integração (*response*), se rápido ou devagar, e da ponderação (*weighting*), dB(A) ou dB(C); bem como proporciona fazer uma medição média com um espaço de tempo de 1 a 200 segundos.

As medições foram feitas em tempo de integração *slow* e ponderação dB(A). Usando intervalos de 10 segundos para cada medição, obteve-se além dos valores médios, o máximo e o mínimo no mesmo período.

Para uma análise abrangente, a medição fora feita em ambos os turnos e em diversos horários. Percorrendo todas as salas, em três posições diferentes (próxima à janela – J, próxima ao corredor – C e na mesa do professor – F). Também houve estudo dos demais ambientes, como sala de professores, secretaria, corredor, refeitório, pátio e quadra de esportes.

De acordo com seu posicionamento, as salas possuem quatro disposições internas distintas. Para efeito ilustrativo, dividiu-se a planta em quatro setores como demonstrado abaixo, assim tem-se a localização das posições onde foi medido o nível sonoro dos ambientes.

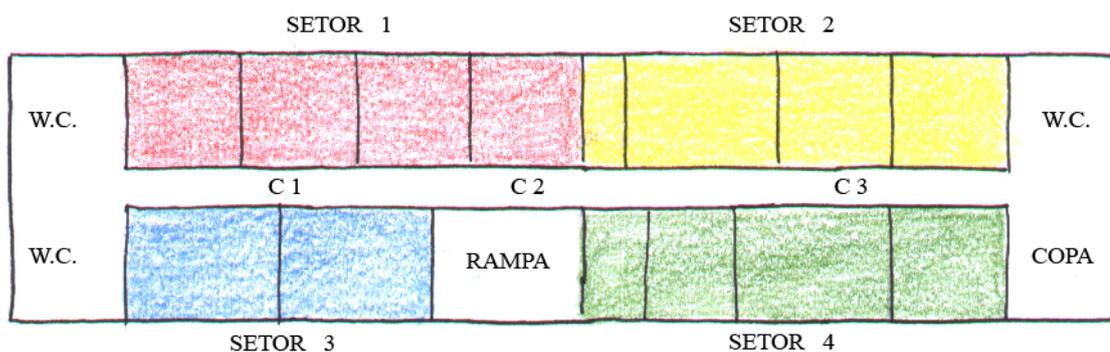


Ilustração 62: Croqui da setorização.
Fonte: da própria autora.

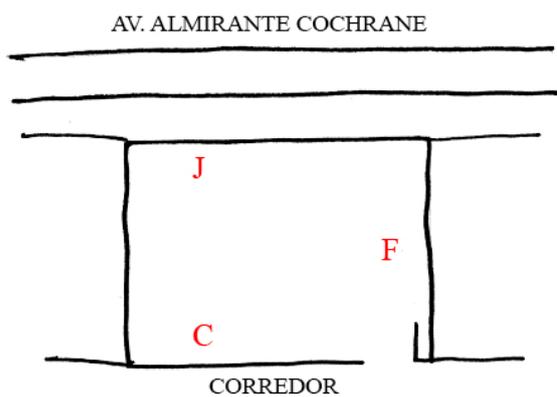


Ilustração 63: Croqui representativo do setor 1.
Fonte: da própria autora

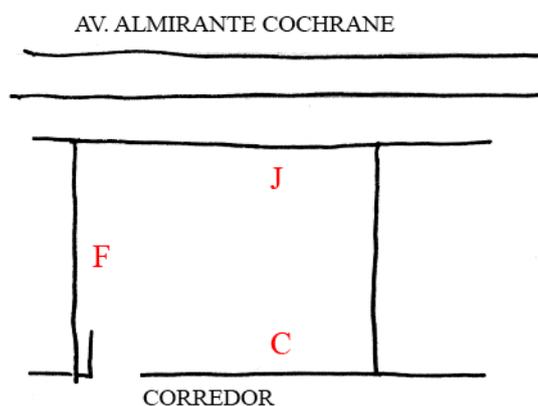


Ilustração 64: Croqui representativo do setor 2.
Fonte: da própria autora

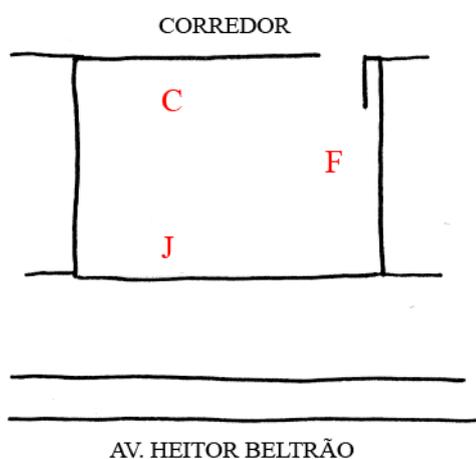


Ilustração 65: Croqui representativo do setor 3.
Fonte: da própria autora

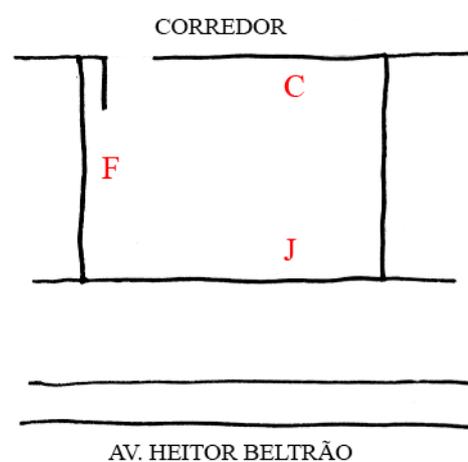


Ilustração 66: Croqui representativo do setor 4.
Fonte: da própria autora

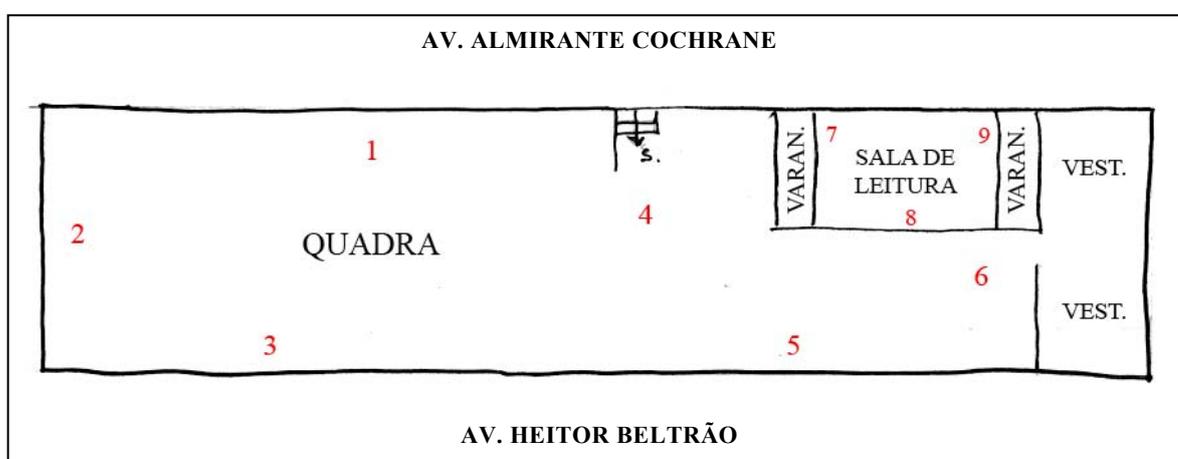
Cada setor está representado por uma sala. Cada sala, durante toda a medição feita na escola, possui três pontos distintos onde foram analisados os ruídos:

- Ponto F: localizado na frente da sala, onde se situa a mesa do professor, aí se localiza a fonte de onde saem os sons que necessitam ser compreendidos;
- Ponto J: próximo à janela, por onde penetra o ruído exterior;
- Ponto C: próximo ao corredor, por onde penetra o ruído interior.

Período integral:

▪ Cobertura

Foram feitas duas medições na quadra, em seis posições distintas. Em uma, encontrava-se completamente vazia; enquanto na outra, somente uma parte era ocupada pela turma de jardim. Na parte onde ocorria aula, obteve-se um aumento considerável dos níveis sonoros. A sala de leitura, localizada ao lado da quadra teve seu nível sonoro variando entre 50 e 70 dB(A) com a quadra vazia e a porta que os separa fechada. Em nível de comparação, o apito da professora de educação física chega a 126 dB(A).



*Ilustração 67: Croqui da cobertura com o posicionamento das medições.
Fonte: da própria autora*



*Foto 47 e Foto 48: Vistas da quadra coberta.
Fonte: acervo próprio, 2006.*

Quadra			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 9:30			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	68	66	77
2	69	67	77
3	72	68	74
4	67	65	71
5	62	58	69
6	61	59	66

Quadra			
Atividade: aula do jardim			
Horário: 11:00			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	73	68	83
2	72	65	77
3	72	69	77
4	78	68	126
5	83	70	90
6	78	69	126

Sala de Leitura			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 9:40			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
7	55	53	61
8	58	56	61
9	65	62	67

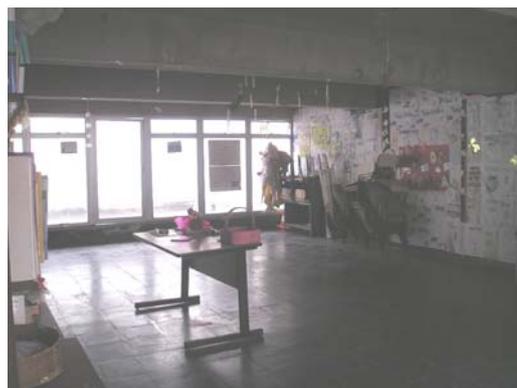


Foto 49: Sala de leitura
Fonte: acervo próprio, 2006.

▪ 2º pavimento

Este andar somente é ocupado no período integral e mantido fechado durante o turno da noite. As médias das salas do segundo pavimento variam de 70 a 88dB(A) mesmo quando não estão ocupadas.

Pode-se observar que de uma turma para outra existem grandes variações de comportamento. Ao analisar a sala da turma 1102, em atividade ou vazia, os índices de ruído praticamente não se alteram; ao passo que, a sala da turma 1201 quando em aula, gera um acréscimo de aproximadamente 40dB(A), principalmente pelo fato da medição ter sido feita quando na sala da turma 1302 acontecia aula de música.

Aulas de música devem ser ministradas em salas com níveis sonoros entre 35 e 45dB(A). No caso do CIEP, estas acontecem nas próprias salas de aula, que possuem níveis bem acima destes, observado nas tabelas as salas das turmas EI⁵⁰ 20 e 1202.

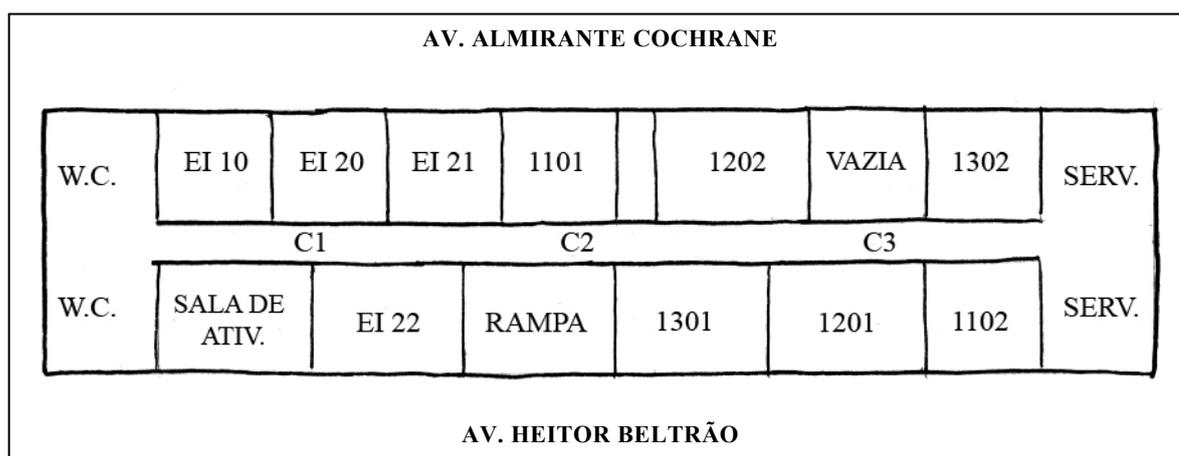


Ilustração 68: Croqui do segundo pavimento com o posicionamento das turmas nas salas.
Fonte: da própria autora.

⁵⁰ EI é a nomenclatura usada para as turmas de Educação Infantil.



Foto 50: Turma EI 10.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 51: Turma EI 20.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 52: Turma EI 21.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 53: Turma de Atividades.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 54: Turma EI 22.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 55: Turma 1101.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 56: Turma 1202.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 57: Turma vazia.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 58: Turma 1302.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 59: Turma 1301.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 60: Turma 1201.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 61: Turma 1102.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Sala EI 10			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:20			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	86	74	118
Janela	75	73	89
Corredor	78	69	80

Sala EI 10			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 12:03			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	76	69	85
Janela	80	71	90
Corredor	81	69	90

Sala EI 20			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:21			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	80	77	90
Janela	75	68	84
Corredor	73	68	84

Sala EI 20			
Atividade: aula de música			
Horário: 12:02			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	71	70	81
Janela	73	69	80
Corredor	76	72	81

Sala EI 21			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:22			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	85	82	90
Janela	78	71	88
Corredor	82	73	90

Sala EI 21			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 12:01			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	88	77	90
Janela	75	68	84
Corredor	73	68	84

Sala EI 22			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 8:29			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	70	63	76
Janela	72	66	78
Corredor	72	69	76

Sala 1101			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:25			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	88	77	90
Janela	75	68	84
Corredor	85	79	90

Sala 1101			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 12:00			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	81	76	88
Janela	83	77	89
Corredor	78	74	84

Sala 1102			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:23			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	77	71	89
Janela	76	75	90
Corredor	79	70	90

Sala 1102			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 12:08			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	78	74	81
Janela	78	69	90
Corredor	79	72	89

Sala 1201			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 8:28			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	73	68	80
Janela	74	70	80
Corredor	74	73	84

Sala 1201			
Atividade: aula teórica			
Horário: 12:07			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	115	76	126
Janela	80	73	120
Corredor	113	81	124

Sala 1202			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:27			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	77	70	89
Janela	77	66	111
Corredor	80	70	88

Sala 1202			
Atividade: aula de música			
Horário: 12:06			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	76	69	80
Janela	80	80	90
Corredor	79	71	89

Sala 1301			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:26			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	81	73	126
Janela	112	90	124
Corredor	114	88	124

Sala 1301			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 12:05			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	75	64	80
Janela	78	70	82
Corredor	75	64	81

Sala 1302			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:24			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	76	76	85
Janela	80	75	87
Corredor	76	71	80

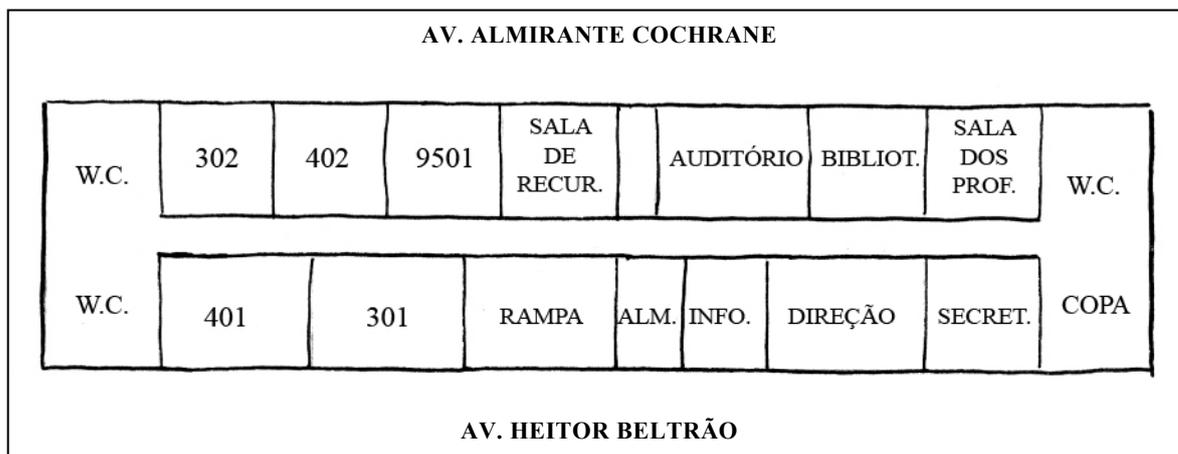
Sala 1302			
Atividade: aula de música			
Horário: 12:09			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	83	70	90
Janela	83	74	90
Corredor	84	75	90

Sala de Atividades			
Atividade: durante recreação			
Horário: 8:30			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	87	76	118
Janela	85	79	124
Corredor	85	77	118

Sala de Atividades			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 12:04			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	88	77	90
Janela	75	68	84
Corredor	73	68	84

▪ **1º pavimento**

Este andar apresenta-se menos ruidoso que o superior como mostrado nas medições. Sua média, com variação de 65 a 83 dB(A) em ambientes fora do horário das aulas, são um pouco abaixo das obtidas no 2º pavimento.



***Ilustração 69:** Croqui do primeiro pavimento com o posicionamento das turmas nas salas.*

***Fonte:** da própria autora*



Foto 62: Turmas 302 e 151.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 63: Turmas 402 e 152.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 64: Turmas 9501 e 161.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 65: Turmas 401 e 191.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 66: Turmas 301 e 171.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 67: Turmas de recursos e 162.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 68: Auditório.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 69: Biblioteca.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 70: Sala dos professores.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 71: Almoxarifado.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 72: Direção.
Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 73: Secretaria.
Fonte: acervo próprio, 2006.

Sala 301			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:16			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	67	62	75
Janela	71	64	80
Corredor	71	68	78

Sala 301			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:49			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	77	73	81
Janela	73	69	77
Corredor	74	69	81

Sala 302			
Atividade: aula teórica			
Horário:10:00			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	74	71	78
Janela	72	68	78
Corredor	71	68	79

Sala 302			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:47			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	80	70	90
Janela	75	66	86
Corredor	76	67	85

Sala 401			
Atividade: aula teórica			
Horário: 10:01			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	76	71	87
Janela	76	72	88
Corredor	76	71	82

Sala 401			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:48			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	79	76	112
Janela	78	70	87
Corredor	83	73	111

Sala 402			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:17			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	74	71	80
Janela	75	67	80
Corredor	73	65	80

Sala 402			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:46			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	75	74	89
Janela	77	74	89
Corredor	77	69	82

Sala de Recursos			
Atividade: aula teórica			
Horário: 8:15			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	73	68	77
Janela	74	68	78
Corredor	73	68	78

Sala de Recursos			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:45			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	77	70	90
Janela	78	73	84
Corredor	80	76	112

Coordenadoria Pedagógica			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:55			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	64	60	71
Janela	66	61	74
Corredor	69	67	74

Auditório			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:50			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	74	71	77
Janela	71	66	77
Corredor	64	64	72

Direção			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:54			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	62	60	65
Janela	67	64	70
Corredor	69	66	73

Biblioteca			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:51			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	71	64	74
Janela	67	63	76
Corredor	65	63	71

Secretaria			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:53			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	66	62	72
Janela	68	65	75
Corredor	65	62	71

Sala dos Professores			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 11:52			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	68	65	73
Janela	68	63	78
Corredor	73	69	80

▪ Térreo

O refeitório é um dos ambientes com maiores níveis de ruído. Nem no momento da refeição as crianças têm um descanso em seus ouvidos. No refeitório, as médias encontram-se sempre acima de 70dB(A) e limites máximos de até 126dB(A), mesmo quando fora dos horários de refeição. Conclui-se que as crianças são fontes de ruído também, porém o ambiente é barulhento sem elas devido à sua localização e projeto. Estudos mostram que alimentar-se em ambientes ruidosos piora o rendimento escolar, isto é o que acontece com as crianças na parte da tarde.

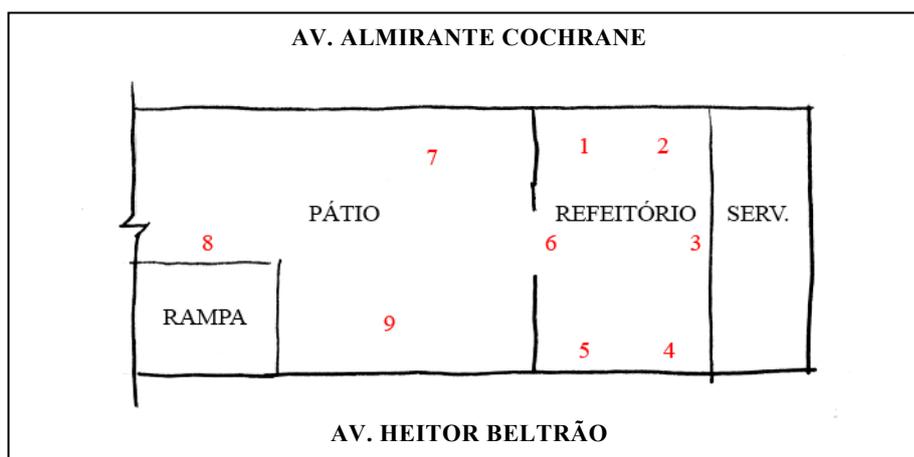


Ilustração 70: Croqui do térreo com o posicionamento das medições.

Fonte: da própria autora



Foto 74: Pátio coberto

Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 75: Brinquedos

Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 76: Refeitório (parte destinada às crianças menores)

Fonte: acervo próprio, 2006.



Foto 77: Refeitório (parte destinada às crianças maiores)

Fonte: acervo próprio, 2006.

Refeitório / Pátio			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 7:30			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	85	74	120
2	116	83	124
3	112	84	121
4	85	77	115
5	113	81	118
6	83	78	88
7	79	75	86
8	76	72	82
9	75	72	77

Refeitório / Pátio			
Atividade: colação			
Horário: 8:00			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	82	78	90
2	79	72	85
3	115	80	126
4	71	63	80
5	93	71	103
6	72	63	80
7	83	78	88
8	84	75	90
9	78	76	90

Refeitório / Pátio			
Atividade: almoço			
Horário:11:00			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	84	79	90
2	89	75	112
3	111	80	120
4	83	77	89
5	80	74	87
6	83	77	90
7	112	84	126
8	86	76	118
9	120	81	126

Refeitório / Pátio			
Atividade: almoço			
Horário: 11:30			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	81	72	112
2	78	71	85
3	78	71	85
4	79	71	86
5	81	74	89
6	82	75	112
7	81	73	121
8	86	76	122
9	83	75	112

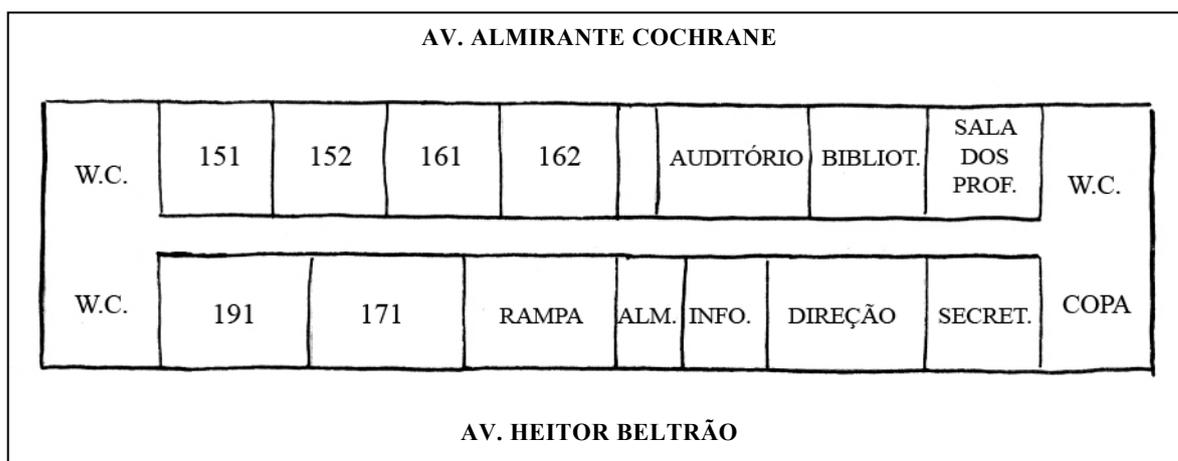
Refeitório / Pátio			
Atividade: almoço			
Horário: 12:00			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	79	72	87
2	79	72	89
3	80	71	88
4	82	74	90
5	82	75	89
6	81	78	90
7	72	71	83
8	73	71	80
9	75	71	86

Refeitório / Pátio			
Atividade: almoço			
Horário: 12:30			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	80	71	86
2	113	82	121
3	80	76	87
4	84	74	114
5	86	80	115
6	114	87	122
7	112	79	121
8	82	79	117
9	79	74	89

Refeitório / Pátio			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:30			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
1	87	80	116
2	115	111	126
3	118	113	126
4	117	111	125
5	115	110	121
6	113	84	121
7	79	75	86
8	77	72	85
9	77	74	82

Período da noite:

Medições feitas nas classes localizadas no primeiro pavimento e na parte administrativa, auditório e biblioteca obtiveram médias que variam de 60 até 74dB(A), ou seja, 10 a 24dB(A) a mais do que os limites aceitáveis de 50dB(A), como visto na NBR10.152. Outro aspecto importante a ser observado, é o fato de que em qualquer posicionamento dentro da sala o ruído é intenso, ele se propaga entre salas e corredor, tornando todo o pavimento ruidoso. Durante o turno da noite a medição foi feita antes da entrada dos alunos, objetivando avaliar somente o ruído externo, já que a rua neste turno é tida como o grande vilão, do ponto de vista de fonte de ruído.



*Ilustração 71: Croqui do primeiro pavimento com o posicionamento das medições.
Fonte: da própria autora*

Sala 151			
Atividade: durante a aula			
Horário: 18:05			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	72	68	76
Janela	68	66	72
Corredor	72	68	77

Sala 152			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:04			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	65	63	68
Janela	69	64	74
Corredor	70	65	74

Sala 161			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:03			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	69	65	73
Janela	72	66	77
Corredor	67	65	71

Sala 162			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:02			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	68	65	72
Janela	67	64	74
Corredor	67	64	77

Sala 171			
Atividade: durante a aula			
Horário: 18:07			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	68	66	71
Janela	71	69	74
Corredor	69	67	74

Sala 191			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:06			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	66	64	70
Janela	66	61	74
Corredor	67	65	71

Coordenadoria Pedagógica			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:14			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	66	64	68
Janela	64	61	71
Corredor	64	62	70

Auditório			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:09			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	71	68	76
Janela	66	64	69
Corredor	68	66	71

Direção			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:13			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	63	60	69
Janela	63	61	69
Corredor	65	65	72

Biblioteca			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:10			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	63	62	72
Janela	68	64	71
Corredor	67	63	78

Secretaria			
Atividade: com 3 pessoas			
Horário: 18:12			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	74	68	80
Janela	70	67	77
Corredor	69	65	76

Sala dos Professores			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:11			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	67	64	73
Janela	65	62	68
Corredor	67	65	70

Almoxarifado			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:15			
	Méd.	Mín.	Máx.
Frente	60	55	66
Janela	63	57	71
Corredor	61	56	71

Corredor			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:08			
	Méd.	Mín.	Máx.
C1	67	65	73
C2	66	63	75
C3	66	63	73

Rampa			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:01			
	Méd.	Mín.	Máx.
E	67	63	70
G	69	66	72
I	65	62	72

Pátio (térreo)			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:00			
	Méd.	Mín.	Máx.
7	70	67	75
8	69	66	73
9	70	65	78

Análise do ruído feita nas salas vazias no período entre turnos:

Foi medido somente o nível de ruído de uma sala de cada setor, a divisão foi feita de acordo com a localização das salas em comparação com o entorno da construção. Essa análise também fora feita com as salas vazias, assim podendo-se comparar salas vazias e cheias. Nota-se, que no caso do CIEP Samuel Wainer, o projeto em meias paredes, assim como sua localização entre duas avenidas de movimento intenso com pouquíssimo distanciamento delas, o torna inadequado para a função de escola. Estando durante todo o dia, em qualquer um de seus ambientes, muito acima do nível de ruído aceitável, quiçá, desejado para uma escola.

Setor 1 no 1º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:21			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	74	70	80
Janela	73	68	77
Corredor	69	63	76

Setor 2 no 1º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:24			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	72	68	77
Janela	68	65	77
Corredor	69	66	76

Setor 3 no 1º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:22			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	72	64	79
Janela	73	69	80
Corredor	66	58	72

Setor 4 no 1º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:25			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	66	63	71
Janela	66	61	73
Corredor	66	64	73

Setor 1 no 2º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:15			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	68	65	78
Janela	69	65	74
Corredor	68	65	72

Setor 2 no 2º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:18			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	75	70	79
Janela	72	67	78
Corredor	73	68	79

Setor 3 no 2º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:16			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	65	63	69
Janela	66	63	76
Corredor	64	61	72

Setor 4 no 2º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:19			
	Méd.	Mín.	Máx.
Mesa prof	74	70	82
Janela	75	71	81
Corredor	71	67	77

Corredor 1º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:23			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
C1	66	61	70
C2	71	64	80
C3	72	69	76

Corredor 2º pav.			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 17:17			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
C1	70	67	73
C2	73	68	79
C3	73	68	78

Rampa			
Atividade: sem ocupação			
Horário: 18:20 / 18:26			
Posição	Méd.	Mín.	Máx.
A	71	67	75
B	71	67	78
C	71	67	75
D	66	63	69
E	71	66	75
F	69	64	78
G	70	65	77
H	68	64	75
I	67	64	72

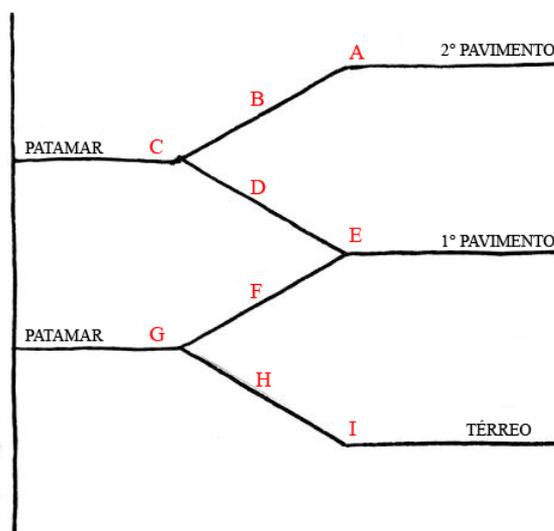


Ilustração 72: Croqui da rampa com o posicionamento das medições.

Fonte: da própria autora

4.2 Análise subjetiva da percepção do ruído

Para tal análise fora elaborada uma entrevista em forma de questionário para professores e funcionários e outro para alunos, conforme anexo 1. Tal entrevista pôde ser efetivada com as devidas autorizações da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e da 2ª CRE, Coordenadoria Regional de Educação, a qual pertence a unidade do CIEP Samuel Wainer.

Um questionário deve se ater a um foco, dispensando perguntas irrelevantes. Assim sendo as perguntas direcionam-se para a comunicação entre os alunos e os professores; como falam e escutam uns aos outros e também como o ruído externo das salas de aula interferem nessa comunicação. Procura saber também quais os efeitos de comportamento e saúde dos mesmos e sugestões de soluções.

Os questionários devem ser diretos e de simples interpretação, deve-se eliminar qualquer ambigüidade existente; eles devem ser formulados com uma linguagem compreendida por quem vai respondê-los.

A colocação de questões de características sociais e pessoais como idade, sexo e nível cultural são interessantes para identificar as necessidades dos usuários. Deve-se notar que em um questionário com finalidade acústica, muitas vezes o barulho produzido por quem o responde não o incomoda ou é omitido nas respostas; o pesquisador fica encarregado de detectar essas falhas.

Pergunta com escalas semânticas, como pouquíssimo, pouco, mais ou menos, muito e muitíssimo, apesar de grande subjetividade, ajudam na compreensão dos sentimentos do indivíduo. A busca por um número par de opções, também elimina a tendência normal das pessoas a responder sempre na opção do meio, uma vez que esta opção deixa de existir; assim uma resposta mais precisa é obtida.

O fato de ter turnos distintos e alguns professores em licença, fez com que a visita fosse feita em vários dias e horários diferentes, buscando abranger o maior número de funcionários e alunos possíveis. Uma vez que, quando um professor entra em licença, a turma permanece sem aula por não possuir professores substitutos.

O questionário foi aplicado a quase todos os professores e a grande maioria dos alunos, assim a amostra garante a representatividade do todo, levando em consideração o fato de ter sido percorrido as turmas de turnos, idades e pavimentos distintos. Buscou-se entrevistar o todo e não uma amostragem, sendo assim o mais fiel possível da realidade. Foi preenchido um total de trezentos e sessenta questionários, sendo vinte e nove por professores e funcionários e trezentos e trinta e um por alunos.

Análise das respostas:

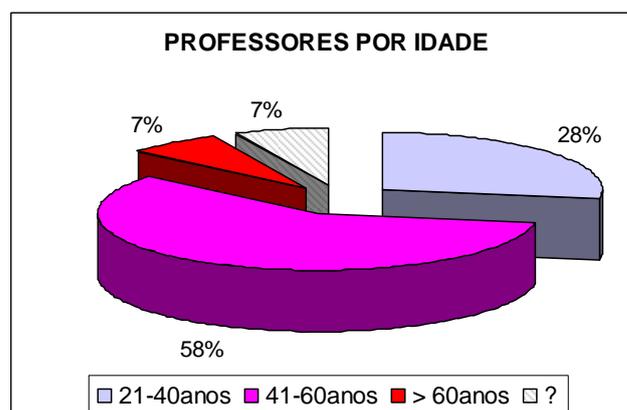
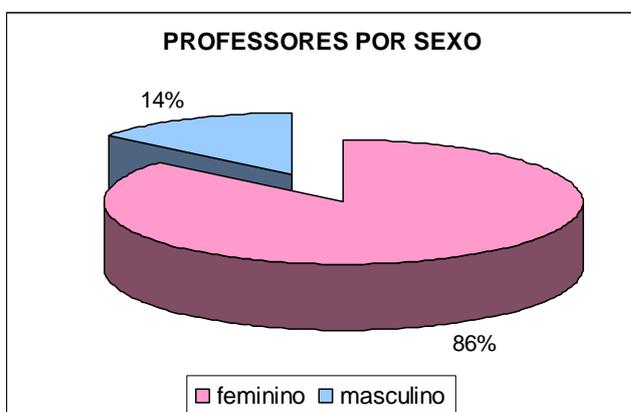
- professores

Após uma identificação do pesquisador, encontravam-se as perguntas de características sociais e pessoais, como o sexo, a idade e o turno de trabalho.

Observa-se concentração maior de alunos e professores no turno integral, dispostos em quinze salas que ocupam os dois pavimentos. Enquanto que o turno da noite divide-se em seis turmas, sendo todas no primeiro pavimento.

Quanto aos professores, a maioria possui idade entre 41 e 60 anos, com uma predominância do sexo feminino.

turno	sexo		idade				total
	feminino	masculino	21-40anos	41-60anos	> 60anos	?	
Integral	19	2	7	12	0	2	21
Noite	6	2	1	5	2	0	8
total	25	4	8	17	2	2	29



Na primeira questão, buscou-se saber a intensidade da fala do professor nos diversos momentos da aula. Com a exceção de um professor, todos afirmaram a necessidade de falar alto para ser escutado.

Dos professores do período integral, sete citaram a necessidade de falar alto durante todo o tempo e cinco quase todo o tempo; dentre os demais observou que alguns necessitavam falar mais alto durante as explicações e que a passagem dos alunos no corredor é o que mais os incomodavam. Fora citado também a dificuldade de se falar ao telefone (na secretaria) e de dar aula quando outra turma encontra-se em aula de música. Os ruídos do trânsito e do refeitório também foram citados pelos professores.

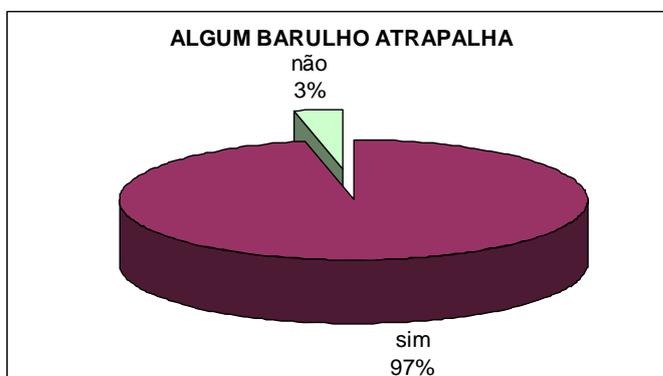
Durante a noite, o maior incômodo é proveniente do trânsito, a aula tem início no horário do rush, que permanece durante quase todo o período. Por outro lado, o barulho do corredor não atrapalha tanto, uma vez que não existem intervalos entre as aulas, não ocorrendo assim movimentação nele.

turno	sim	não
Integral	21	0
Noite	7	1
total	28	1



A pergunta seguinte se referia aos barulhos que atrapalham a aula. Novamente a resposta foi quase unânime, vinte e oito dos vinte e nove citaram ruídos que os atrapalhavam. Todos os professores, de ambos períodos citaram a rua, como fonte de ruído. Entre os professores do período integral 65% citou o som proveniente de outras classes durante a aula e 35% o barulho vindo dos corredores. Enquanto no período da noite esses números caem para 37,5% e 12,5% respectivamente.

turno	sim	não
Integral	20	1
Noite	8	0
total	28	1

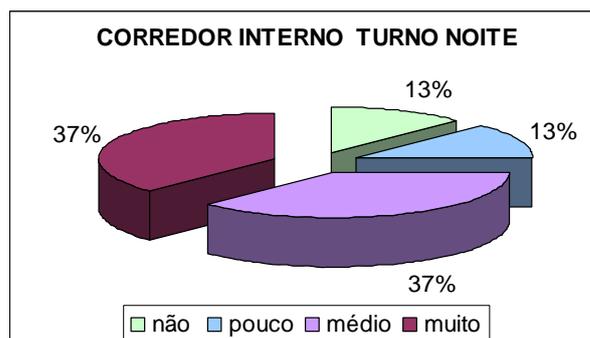
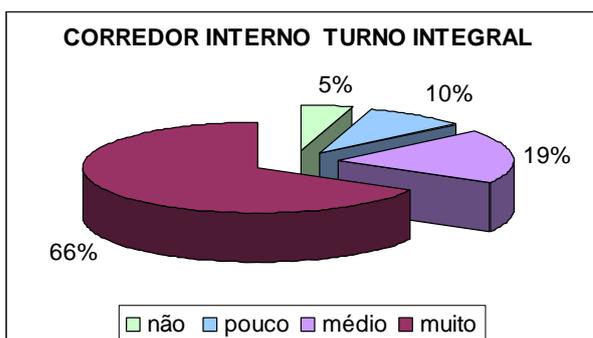


Visando saber o grau de incômodo de sons de algumas fontes específicas, foi elaborado uma tabela, onde na primeira coluna localizavam-se as fontes de ruído escolhidas de acordo com visitas feitas para o estudo do local.

- Corredor interno: como percebido nos gráficos abaixo, tal fonte de ruído é muito mais incômoda para o turno integral do que no da noite. Durante o período integral, existem grande movimentações de alunos. Tal deslocamento acontece várias vezes durante o período, em escala de turma; uma vez que ocorrem atividades extra-classes e horários de alimentação, que por não coincidirem, faz com que haja trânsito constante pelo corredor. Outro fator de intensificação do ruído é da quantidade de alunos, cerca de cinco vezes maior no turno integral e com idade de até quinze anos.

Do corredor interno

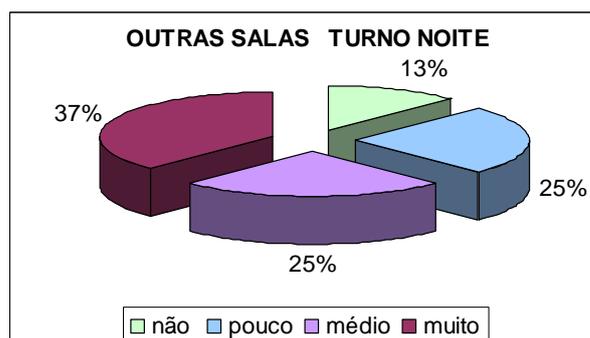
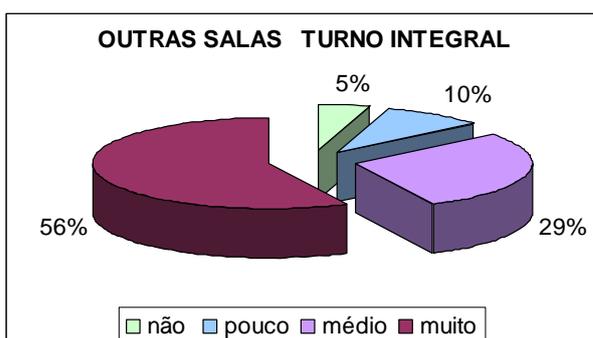
turno	não	pouco	médio	muito
Integral	1	2	4	14
Noite	1	1	3	3



- Outras salas: o resultado obtido neste item é bem próximo ao apurado no tópico acima. Um agravante do aumento do barulho nas salas de aula são as aulas de arte e de música que acontecem na própria sala de aula, tais atividades somente ocorrem no turno integral.

Das outras salas

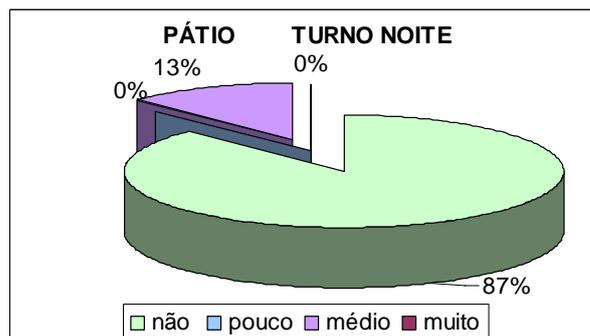
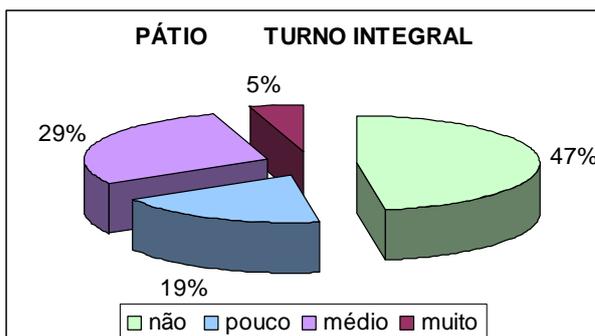
turno	não	pouco	médio	muito
Integral	1	2	6	12
Noite	1	2	2	3



- Pátio: localiza-se no térreo causando assim pouco incômodo as salas situadas no primeiro pavimento e praticamente nenhum nas do segundo pavimento. No período noturno, tal desconforto é ainda menor, pois não ficam crianças correndo nele enquanto outras estão em aula.

Do pátio

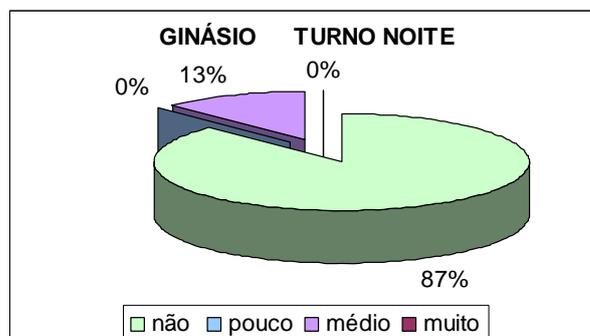
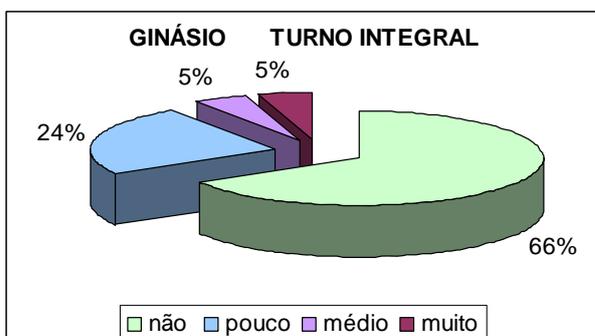
turno	não	pouco	médio	muito
Integral	10	4	6	1
Noite	7	0	1	0



- Ginásio: o CIEP Samuel Wainer é do modelo compacto, assim sua quadra coberta fica no terraço com os vestiários e a biblioteca, não tendo a construção do ginásio. Devido a este fato, muitos consideram que o ginásio não incomoda pelo fato de não existir. Os que consideraram a quadra como sendo o ginásio tiveram outras opiniões; mesmo assim acharam pequeno o incômodo. A quadra se localiza na cobertura podendo causar um desconforto no segundo pavimento maior que no primeiro.

Do ginásio

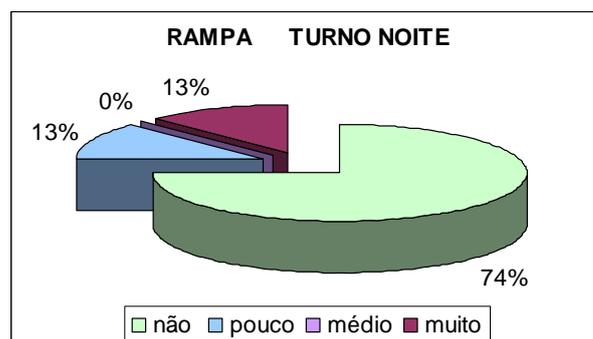
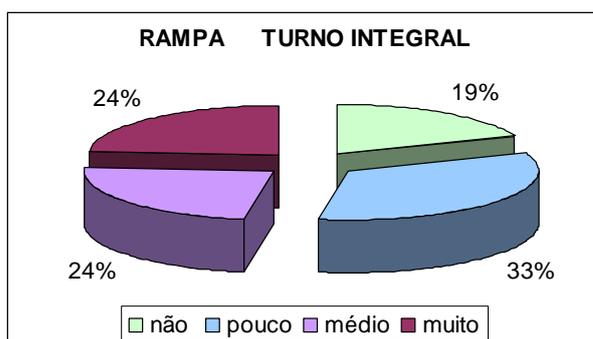
turno	não	pouco	médio	muito
Integral	14	5	1	1
Noite	7	0	1	0



- Rampa: durante o período integral, como fora dito no corredor interno, muitas turmas se deslocam e durante todo o tempo, provocando ruído de corre-corre e gritos. As turmas infantis localizadas no segundo pavimento, para se deslocarem de suas salas para o refeitório e/ou pátio passam obrigatoriamente pela rampa do primeiro pavimento, causando barulho para as salas de aula deste, principalmente as próximas à rampa.

Da rampa

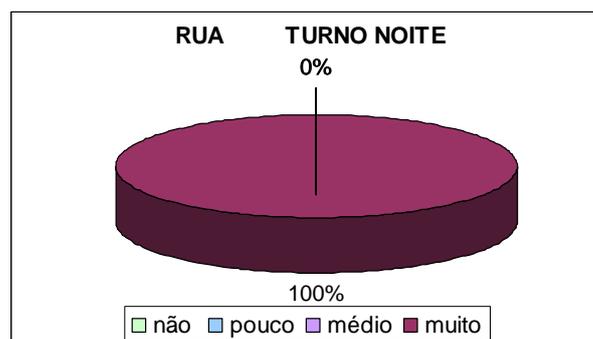
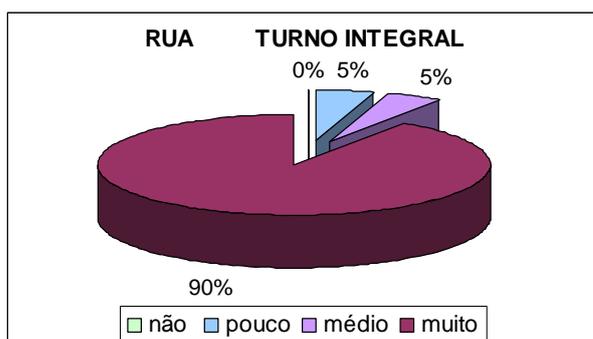
turno	não	pouco	médio	muito
Integral	4	7	5	5
Noite	6	1	0	1



- Rua: principal fonte de ruído. Este CIEP situa-se entre duas avenidas de movimento intenso, o ruído delas penetra pela fachada, compostas de janelas que não se fecham, por ambos os lados. O lado da Avenida Almirante Cochrane tem seu ruído agravado devido à pequena distância, cerca de três metros, entre a via e a construção; além do fato da via ser de mão dupla. Contudo, o ruído também é grande na Avenida Heitor Beltrão, na qual existe um semáforo e um ponto de ônibus bem a frente da escola, que ocasionam freadas e buzinas. Durante o período noturno, o ruído se torna mais constante devido ao engarrafamento ocasionado pela hora do rush.

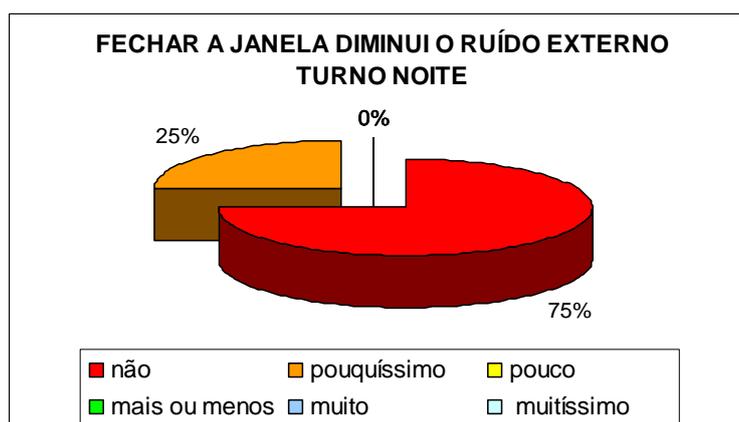
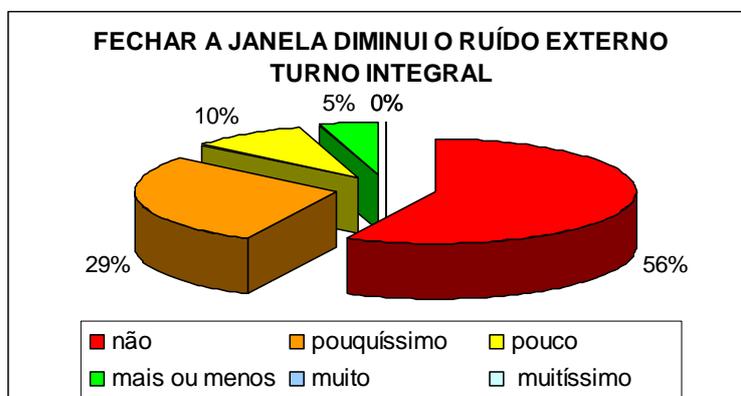
Da rua

turno	não	pouco	médio	muito
Integral	0	1	1	19
Noite	0	0	0	8



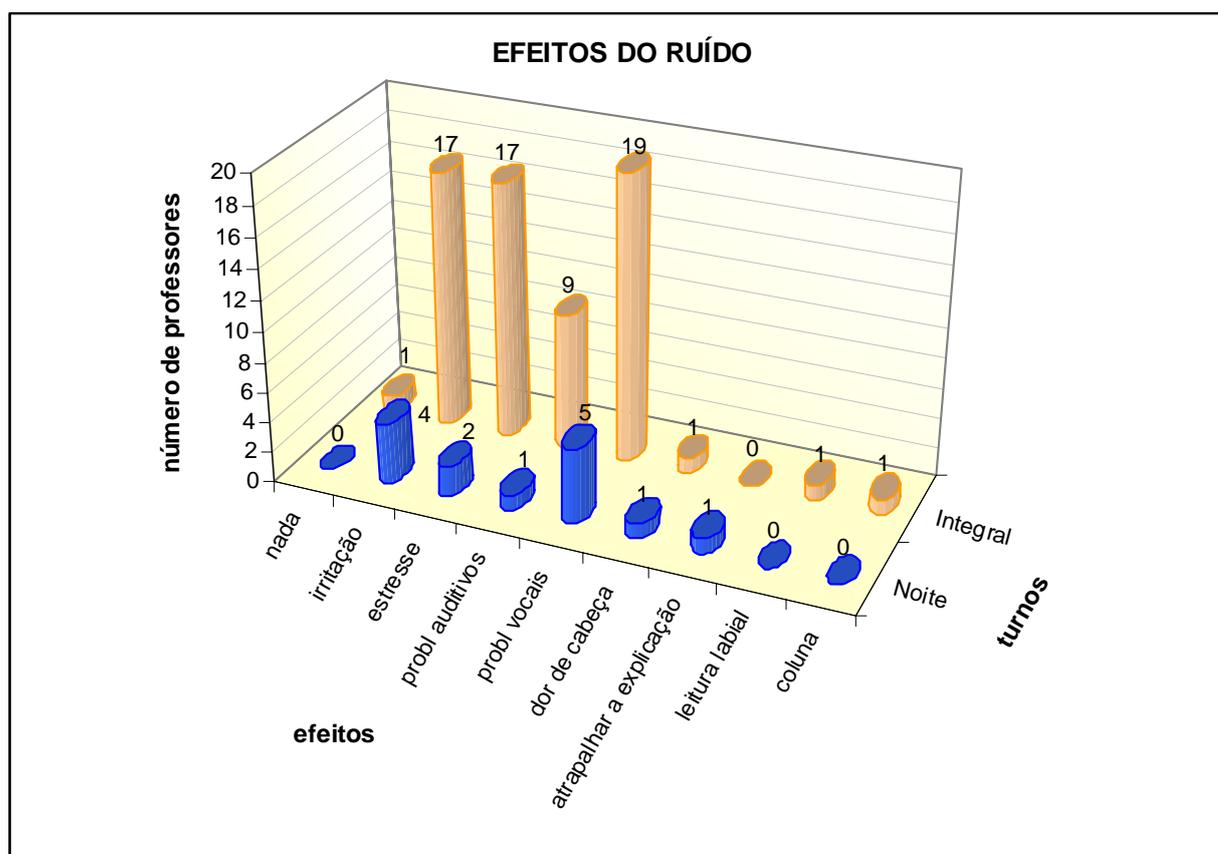
Como a rua é a principal fonte de ruído do CIEP, na seqüência foi perguntado se fechar às janelas trariam alguma melhora no combate a esse ruído. Mais da metade dos professores disse que não adiantava e outros que adiantaria muito pouco. As janelas são compostas em parte por venezianas metálicas sem proteção por vidro, não fechando por completo e reverberando o ruído. Algumas se encontravam emperradas e quebradas, o que dificulta ainda mais a vedação. As janelas do CIEP visam à ventilação cruzada, e com o vento vem o ruído externo. As meias paredes internas fazem com que o ruído passe de uma sala a outra, pelos corredores e das ruas.

turno	não	pouquíssimo	pouco	mais ou menos	muito	muitíssimo
Integral	12	6	2	1	0	0
Noite	6	2	0	0	0	0



No capítulo 1, observou-se que o ruído causa inúmeros danos a saúde. Quando entrevistados os professores, apurou-se que 82,8% reclamavam de problemas vocais, 72,4% de irritação e 65,5% de estresse. Em menor número, 34,5%, queixaram de problemas auditivos e somente um professor não citou nenhum desconforto.

turno	nada	irritação	estresse	probl. auditivos	probl. vocais	dor de cabeça	atrapalhar a explic.	leitura labial	coluna
Integral	1	17	17	9	19	1	0	1	1
Noite	0	4	2	1	5	1	1	0	0



Aos professores fora pedido sugestões sobre o que fazer para diminuir o ruído na escola; dentre elas:

- Fechamento de parede, levando-as até o teto – 19 professores
- Climatização das salas de aula, como colocação de ar condicionado – 7 professores
- Fechar as janelas e/ou colocar janelas anti-ruídos – 6 professores
- Melhorar a acústica das salas – 5 professores
- Mudar a localização do CIEP – 4 professores
- Alterar o projeto do CIEP – 2 professores
- Utilização de amplificadores e/ou microfones para ministrar as aulas – 2 professores
- Colocação de barreiras termo-acústicas externas – 1 professor

Como já era esperado, constatou-se o grande número de professores com problemas nas cordas vocais, 71%. Abaixo se encontra a lista das doenças citadas:

- Rouquidão – 9 professores
- Fenda – 3 professores
- Calo – 3 professores
- Edema – 3 professores
- Nódulos – 2 professores
- Sem voz – 1 professor
- Pigarros – 1 professor

turno	sim	não
Integral	15	6
Noite	4	4
total	19	10



Além do questionário em si, torna-se enriquecedor a colocação de algumas considerações feitas pelos professores, tais como:

“O calor também incomoda bastante a concentração dos alunos.”

“A estrutura do CIEP não é para nosso clima. O cimento esquenta muito no calor e esfria muito no frio, além do barulho, pois todos são em ruas de trânsito intenso.”

Mesmo visando um maior conforto térmico, com as ventilações cruzadas, o projeto do CIEP continua sendo quente; no mais, sua construção em concreto, péssimo isolante térmico, o limita a extremos, muito quente ou muito frio.

“No CIEP não tem janelas normais, são frestas que não se movem, por estarem emperradas. Mesmo quando fecham, os sons externos não são minimizados. O barulho do trânsito é insuportável.”

“É muito difícil trabalhar com tanto barulho. Se coloco um rádio, não consigo ouvir direito a música; ouço melhor o lado de fora.”

“A construção do CIEP é totalmente inadequada para um bom funcionamento pedagógico.”

“As condições de trabalho neste local comprometem a saúde do profissional que atua aqui.”

“Dei aula em uma escola (..) perto do mato. As crianças eram bem mais calmas, (...)” Outro problema gerado pelo excesso de ruído, é a agitação dos alunos.

Alguns até chegaram a pedir ajuda e ter esperanças numa melhora, como:

“Espero que seu trabalho e seu estudo nos socorram.”

“Por favor, o projeto é maravilhoso, porém o espaço é desesperador.”

“Acho muito louvável o vosso interesse pela eficiência do ensino, para o bem de nossos alunos.”

- alunos

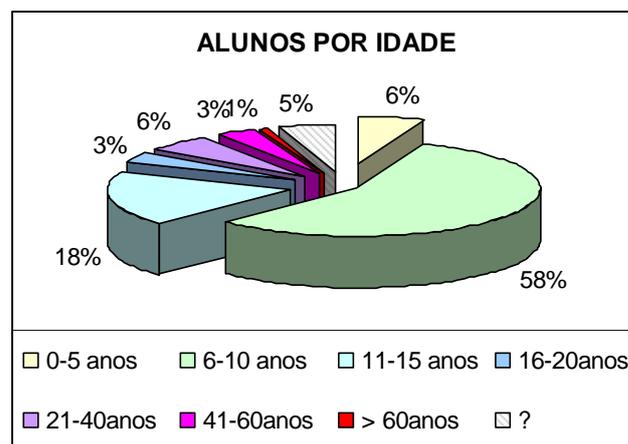
Quanto aos alunos, no total, observa-se que metade são meninos e metade meninas, com uma predominância de idade entre 6 a 10 anos. Contudo, os alunos estarão agrupados de acordo com suas características, da seguinte forma:

GRUPO A: encontram-se os alunos do período integral, que estudam no segundo pavimento, estes são os alunos menores, com faixa etária de 0 a 10 anos. Nestas turmas; EI10, EI20, EI21, EI22, 1101, 1102, 1201, 1202, 1301 e 1302; o questionário fora aplicado para a classe como um todo, pelo fato dos alunos serem muitos pequenos e de muitos ainda não serem alfabetizados.

GRUPO B: também de alunos do período integral, mas com suas turmas localizadas no primeiro pavimento. A idade neste grupo varia de 6 a 15 anos, com alunos de terceira e quarta séries, assim os alunos das turmas: 301, 302, 401, 402 e 9501 responderam individualmente a seus questionários.

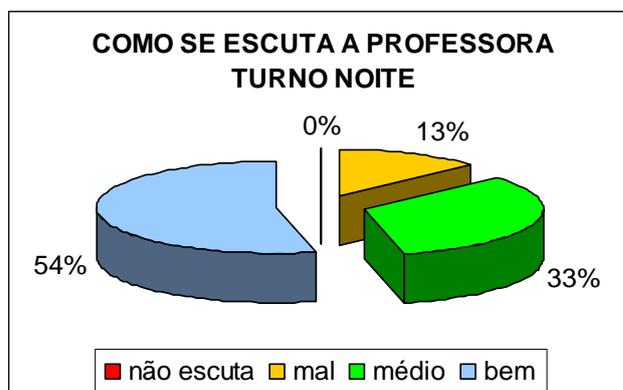
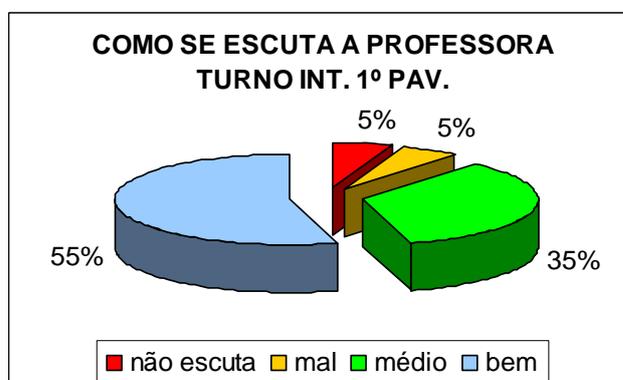
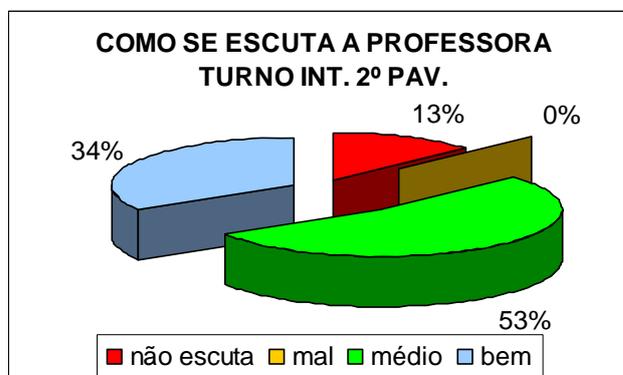
GRUPO C: composto pelas turmas 151, 152, 161, 162, 171 e 191; estudam no período noturno no primeiro pavimento, quanto à idade, com exceção de três, todos possuem mais de dezesseis anos, compreendendo alunos de varias faixas etárias, inclusive idosos.

turma	sexo		idade em anos								total
	feminino	masculino	0-5	6-10	11-15	16-20	21-40	41-60	> 60	?	
E110	8	10	18	-	-	-	-	-	-	-	18
E120	5	7	1	11	-	-	-	-	-	-	12
E121	10	10	-	20	-	-	-	-	-	-	20
E122	<i>turma sem aula – professora de licença</i>										0
1101	12	12	-	24	-	-	-	-	-	-	24
1102	11	12	-	23	-	-	-	-	-	-	23
1201	9	13	-	22	-	-	-	-	-	-	22
1202	7	12	-	19	-	-	-	-	-	-	19
1301	8	3	-	11	-	-	-	-	-	-	11
1302	9	9	-	18	-	-	-	-	-	-	18
301	11	15	-	26	-	-	-	-	-	-	26
302	13	12	-	3	22	-	-	-	-	-	25
401	13	15	-	8	20	-	-	-	-	-	28
402	6	9	-	1	14	-	-	-	-	-	15
9501	10	6	-	3	2	-	-	-	-	11	16
151	4	6	-	-	1	-	4	3	-	2	10
152	8	4	-	-	-	4	3	1	1	3	12
161	5	1	-	-	-	2	4	-	-	-	6
162	6	5	-	-	-	2	8	-	-	1	11
171	7	1	-	-	-	-	2	5	1	-	8
191	4	3	-	-	2	3	-	2	-	-	7
total	166	165	19	189	61	11	21	11	2	17	331



Na primeira questão, apurou-se como os alunos escutavam seus professores. Observando que, de maneira geral, os alunos ouvem os professores, acredita-se que pelo fato destes possuírem tons de voz acima do normal, ou seja, eles falam alto para serem escutados.

turma	não escuta	mal	médio	bem
EI10			18	
EI20				12
EI21				20
EI22				
1101				24
1102			23	
1201	22			
1202			19	
1301			11	
1302			18	
301	1	0	17	8
302	2	4	10	9
401	0	0	3	25
402	1	0	6	8
9501	2	2	2	10
151	0	2	3	5
152	0	0	7	5
161	0	0	3	3
162	0	4	4	3
171	0	0	0	8
191	0	1	1	5
total	28	13	145	145



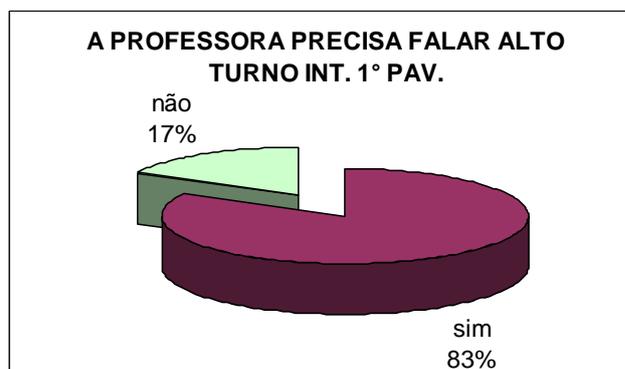
Em complemento da questão anterior, perguntou-se sobre a necessidade do professor falar alto durante as aulas. Confirmando o que fora dito pelos professores, os alunos do período integral, na sua maioria, disseram que estes necessitam falar alto para serem escutados.

O grupo A teve a opinião dividida sobre quando o professor tem que falar alto, se de vez em quando ou se o tempo todo. Outros falaram da bagunça da própria turma e das outras classes.

O grupo B citou a necessidade de falar mais alto, quando durante a aula, os alunos conversam ou fazem bagunça na própria sala ou nas demais. A turma 301 especificou a turma 402 como fonte de ruído. Alguns se referiam ao barulho externo, incluindo o corredor com turmas passando e a rua; enquanto outros a momentos da aula como: o horário da explicação, ditados ou quando histórias são contadas. 25% dos alunos acham que a professora precisa falar alto o tempo todo.

O grupo C reclamou principalmente do barulho externo alto, com trânsito intenso e agravado pelas janelas abertas. Uns poucos falaram do barulho interno da sala de aula, ou da necessidade de aumentar a voz durante a explicação e 9,25% acham que o professor tem de falar alto durante toda a aula.

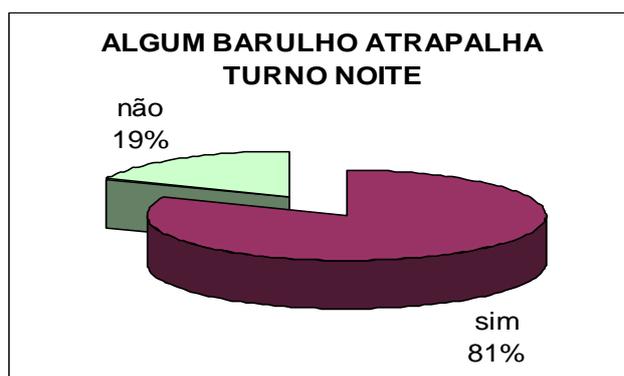
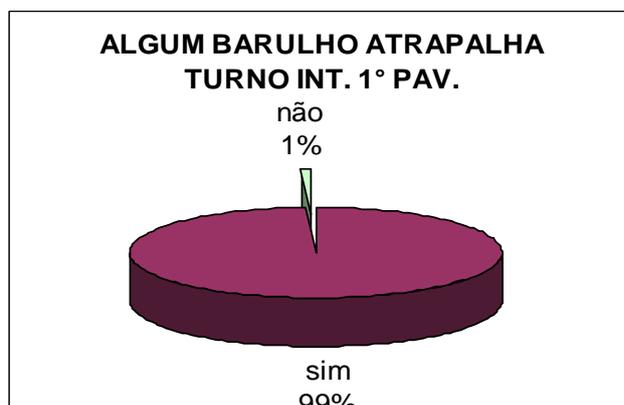
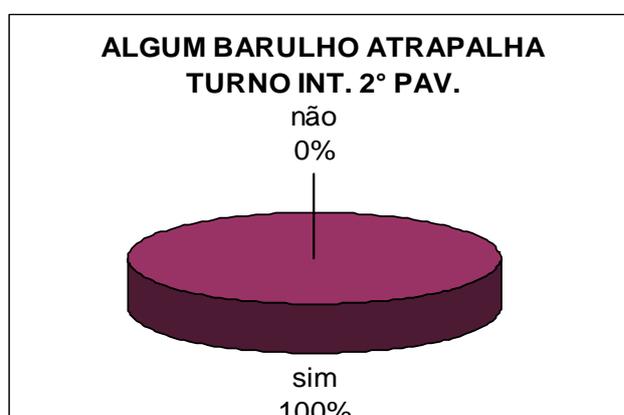
turma	sim	não
EI10	18	
EI20	12	
EI21	20	
EI22		
1101	24	
1102	23	
1201	22	
1202	19	
1301	11	
1302	18	
301	16	10
302	25	0
401	24	4
402	10	5
9501	16	0
151	7	3
152	5	7
161	3	3
162	8	3
171	2	6
191	5	2
total	288	43



Em seguida, perguntou-se sobre os barulhos que atrapalham a aula. As crianças pequenas, grupo A, falaram do trânsito, com seus ônibus, caminhões, motos e carros de polícia; das outras turmas em sala ou no corredor. Incluíram até a chuva como fonte de ruído externo e algumas turmas reclamavam do barulho feito por uma outra turma. Os alunos desse grupo têm o horário do soninho, nem nesse horário ocorre uma diminuição do ruído.

Paras crianças do grupo B, a maior reclamação é a respeito das outras turmas, 55,45%; no mais reclamam da rua, dos alunos dentro de sala e dos que passam pelo corredor. A turma 301 se queixou de obras que acontecem nas proximidades da escola. Enquanto, à noite, para o grupo C, a fonte de ruído mais citada sempre é o trânsito, 69,96 % dos alunos; em número menor de reclamações encontra-se referentes às salas ao lado, ao corredor e a própria turma.

turma	sim	não
EI10	18	
EI20	12	
EI21	20	
EI22		
1101	24	
1102	23	
1201	22	
1202	19	
1301	11	
1302	18	
301	26	0
302	24	1
401	28	0
402	15	0
9501	16	0
151	7	3
152	12	0
161	5	1
162	10	1
171	4	4
191	6	1
total	320	11

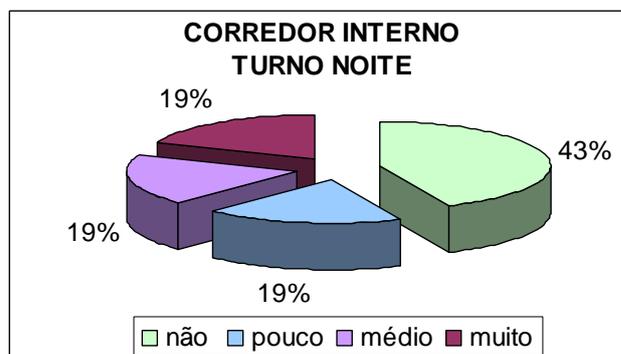
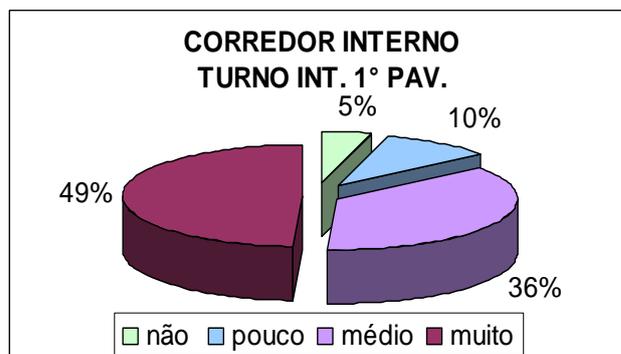
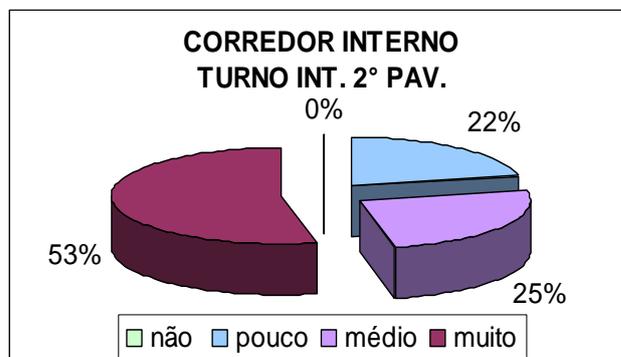


Como feito com os professores para saber o grau de incômodo de sons de algumas fontes específicas, fora entregue também para os alunos uma tabela, onde na primeira coluna localizavam-se as fontes de ruído escolhidas de acordo com visitas feitas para o estudo do local.

- Corredor interno: observa a semelhança de opiniões entre professores e alunos.

Do corredor interno

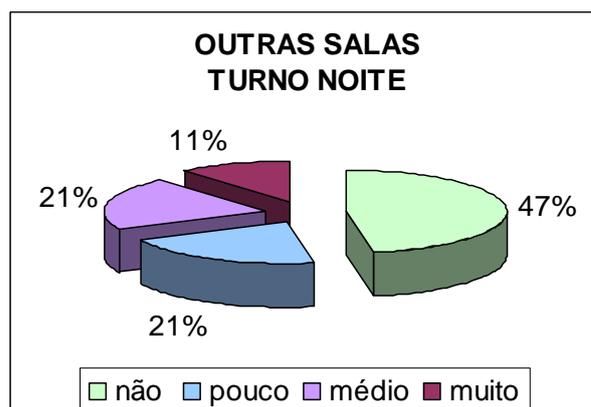
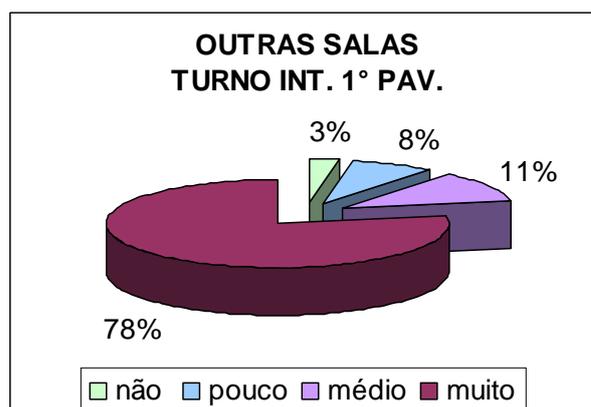
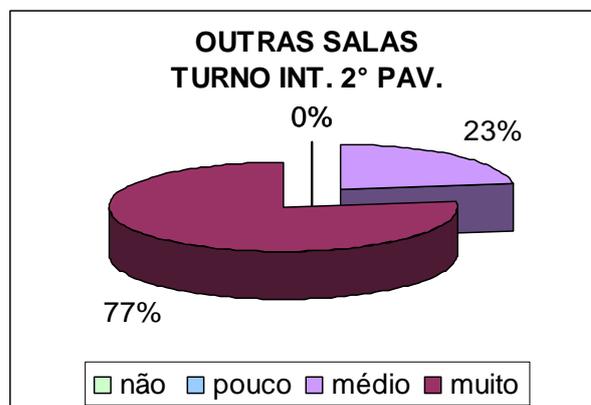
turma	não	pouco	médio	muito
EI10			9	9
EI20		12		
EI21				20
EI22				
1101		24		
1102				23
1201			22	
1202				19
1301			11	
1302				18
301	0	1	24	1
302	2	0	2	21
401	2	5	8	13
402	1	4	4	6
9501	0	1	2	13
151	5	2	0	2
152	3	4	5	0
161	5	0	1	0
162	4	4	1	2
171	6	0	2	0
191	0	0	1	6
total	28	57	92	153



- Outras salas: quanto aos professores, a resposta deste item fora similar ao anterior; achavam que as outras salas incomodam tanto quanto o corredor. Contudo, para os alunos do período integral as outras salas são fontes de ruídos maiores do que o corredor e para os alunos da noite ocorre o inverso.

Das outras salas

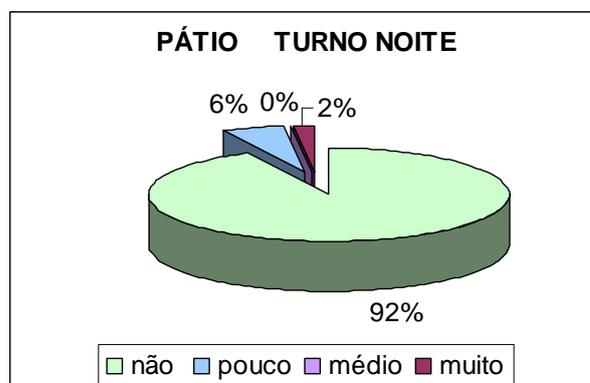
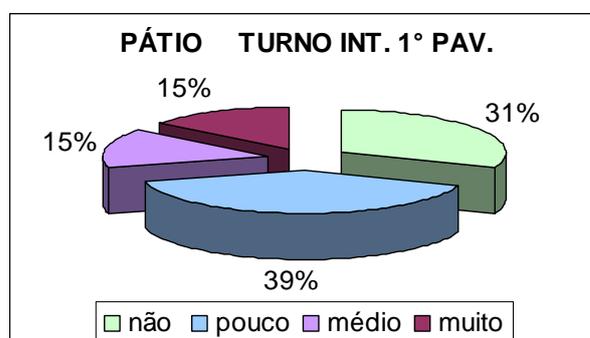
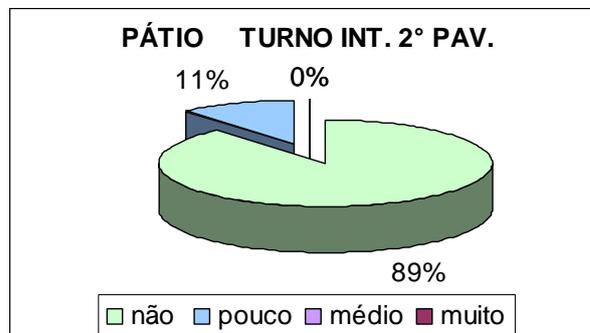
turma	não	pouco	médio	muito
E110			18	
E120				12
E121			20	
E122				
1101				24
1102				23
1201				22
1202				19
1301				11
1302				18
301	0	1	1	24
302	1	2	2	20
401	0	1	2	25
402	1	2	5	7
9501	1	3	2	10
151	5	2	1	1
152	6	3	3	0
161	1	2	2	1
162	4	2	4	1
171	6	1	0	1
191	3	1	1	2
total	28	20	61	221



- Pátio: como foi mencionado anteriormente, sua localização no térreo, não traz inconvenientes para o segundo pavimento, nem para o turno da noite, o qual não é utilizado. Somente para os alunos do grupo B (período integral e situados no 1º pavimento) é uma fonte de ruído.

Do pátio

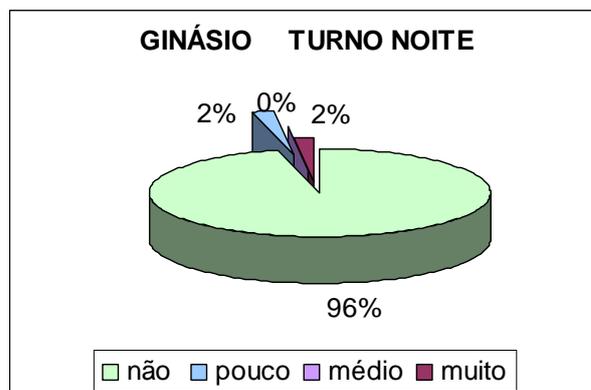
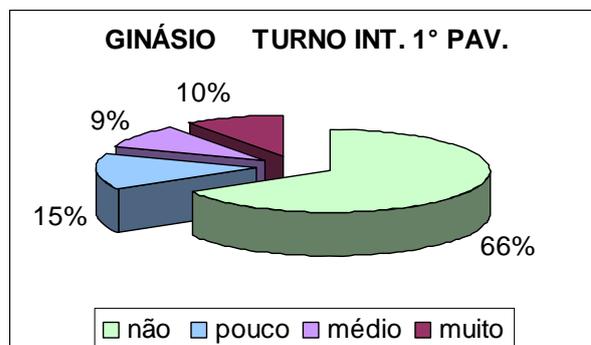
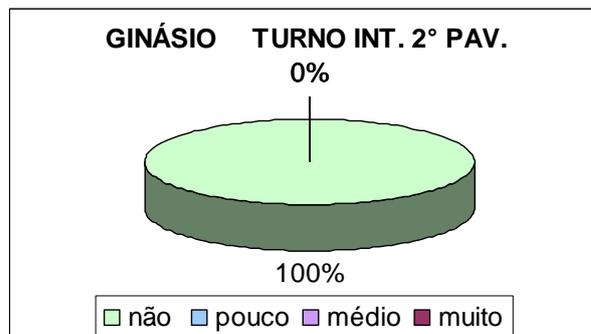
turma	não	pouco	médio	muito
E110	18			
E120	12			
E121	20			
E122				
1101	24			
1102	23			
1201	22			
1202		19		
1301	11			
1302	18			
301	12	14	0	0
302	7	14	2	2
401	5	8	8	7
402	6	6	1	2
9501	4	2	5	5
151	9	0	0	0
152	12	0	0	0
161	5	1	0	0
162	9	1	0	1
171	8	0	0	0
191	6	1	0	0
total	231	66	16	17



- Ginásio: não fora percebido pelo pesquisador algum incômodo referente ao ginásio; a quadra coberta a cima da construção é bem aberta em suas laterais, fazendo com que o som se disperse. Acredita-se que os que citaram o ginásio como fonte de ruído se referia a quando em permanência no mesmo, durante as atividades.

Do ginásio

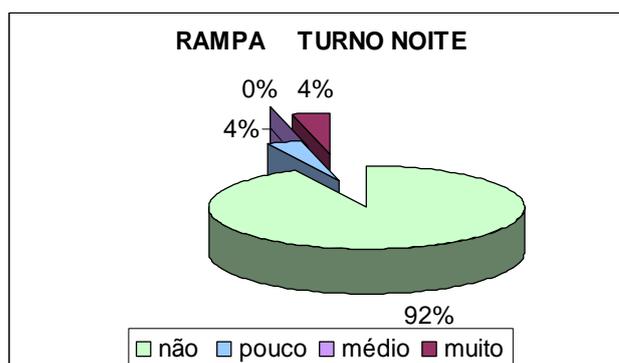
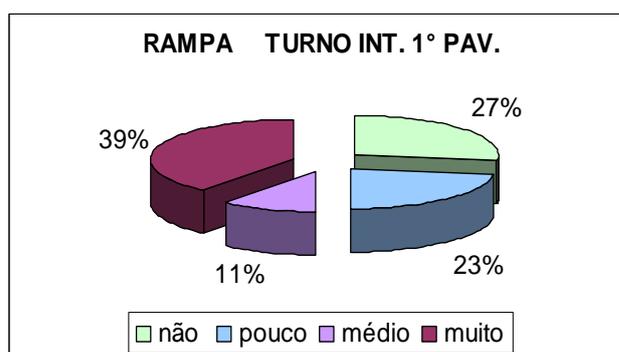
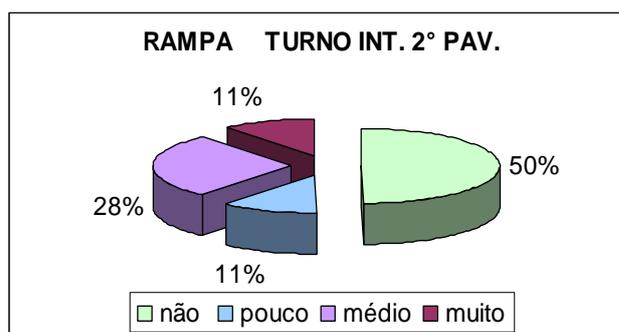
turma	não	pouco	médio	muito
EI10	18			
EI20	12			
EI21	20			
EI22				
1101	24			
1102	23			
1201	22			
1202	19			
1301	11			
1302	18			
301	14	5	1	6
302	25	0	0	0
401	16	8	4	0
402	9	0	3	3
9501	9	3	2	2
151	8	0	0	1
152	12	0	0	0
161	6	0	0	0
162	10	1	0	0
171	8	0	0	0
191	7	0	0	0
total	291	17	10	12



- Rampa: durante o período integral, muitas turmas se deslocam e durante todo o tempo, provocando ruído de corre-corre e gritos, fato não ocorrido durante o período da noite. Para as turmas do grupo B, localizadas entre as do grupo A e o pátio e o refeitório, o ruído tem maior inconveniência; observa-se também que a maior incidência de queixas é da turma 301 que se localiza ao lado da rampa, somente uma parede a separa da rampa. Para o grupo B o ruído é proveniente dos grupos A e B; enquanto para o A somente o deles mesmos.

Da rampa

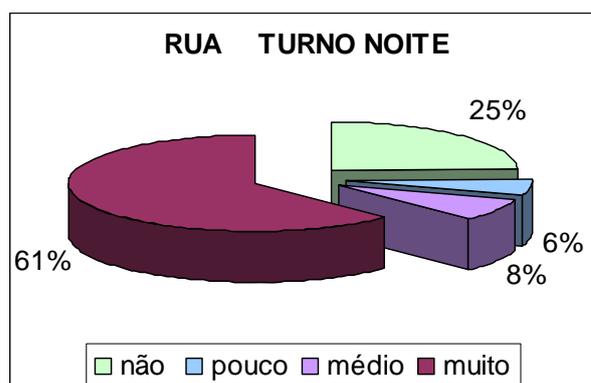
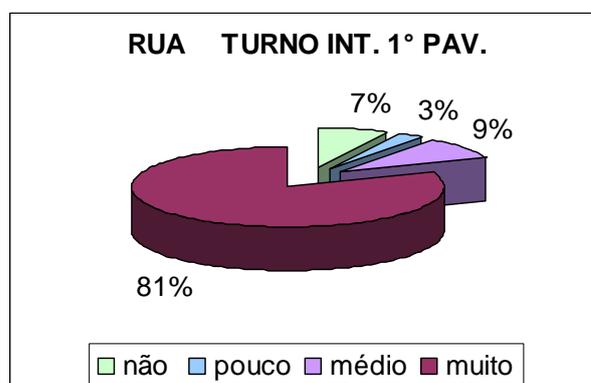
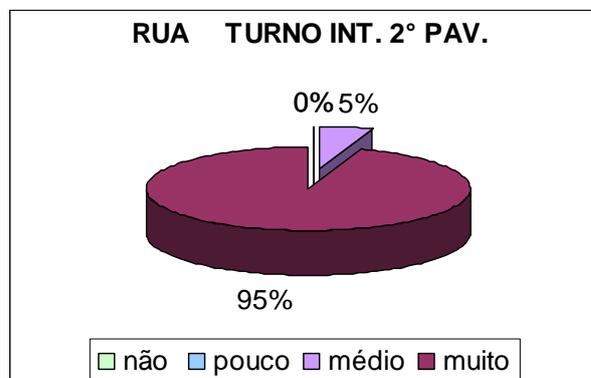
turma	não	pouco	médio	muito
EI10				18
EI20	12			
EI21	20			
EI22				
1101			24	
1102			23	
1201	22			
1202		19		
1301	11			
1302	18			
301	2	6	2	16
302	9	8	2	6
401	8	7	5	8
402	6	3	2	4
9501	5	1	1	9
151	9	0	0	0
152	10	1	0	1
161	6	0	0	0
162	10	0	0	1
171	7	1	0	0
191	7	0	0	0
total	162	46	59	63



- Rua: alguns alunos do período noturno, principalmente os mais idosos, não se perturbam com o ruído da rua, mesmo seu trânsito sendo intensificado neste horário, devido a este fato encontramos gráficos contraditórios. Mesmo assim, no geral, a grande maioria dos alunos cita as ruas como uma fonte de ruído de muito incômodo.

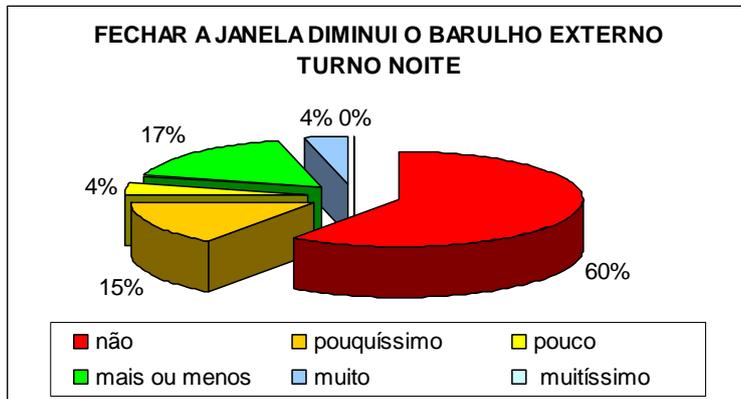
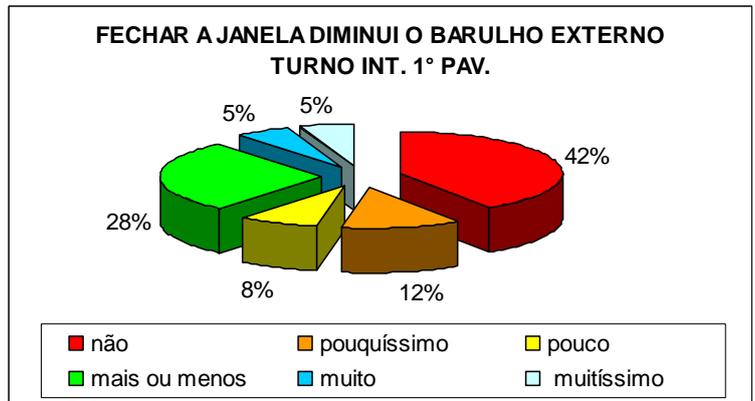
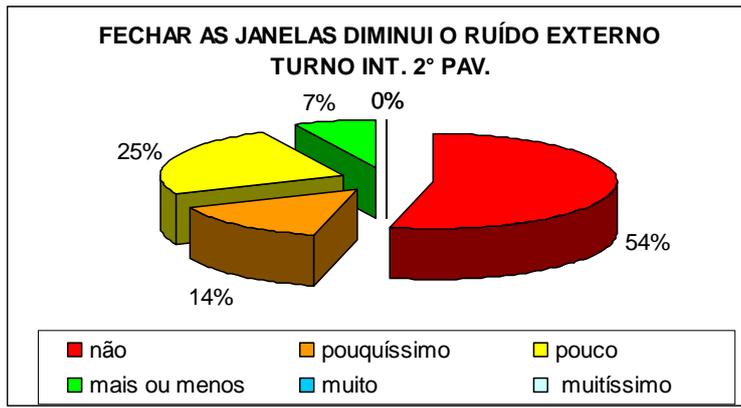
Da rua

turma	não	pouco	médio	muito
EI10			9	9
EI20				12
EI21				20
EI22				
1101				24
1102				23
1201				22
1202				19
1301				11
1302				18
301	0	1	3	22
302	0	0	2	23
401	1	1	4	22
402	5	1	1	8
9501	2	0	0	14
151	1	2	1	5
152	2	0	1	9
161	0	1	1	4
162	1	0	0	10
171	6	0	1	1
191	3	0	0	4
total	21	6	23	280



Como a rua é a principal fonte de ruído do CIEP, também foi perguntado para os alunos, se traria alguma melhoria no combate a esse ruído fechar as janelas. No todo, observou-se que mais da metade dos alunos disseram que não adiantava. Ao fechar as janelas, comprovou-se que a diferença realmente não existe; abertas ou fechadas o ruído é insuportável.

turma	não	pouquíssimo	pouco	mais ou menos	muito	muitíssimo
E110			18			
E120				12		
E121	20					
E122						
1101		24				
1102			23			
1201	22					
1202	19					
1301	11					
1302	18					
301	5	7	3	10	1	0
302	13	1	1	6	2	2
401	19	2	0	1	2	4
402	3	2	3	7	0	0
9501	5	1	2	7	1	0
151	3	1	1	1	2	0
152	4	3	1	4	0	0
161	3	2	0	1	0	0
162	8	2	0	1	0	0
171	8	0	0	0	0	0
191	5	0	0	2	0	0
total	166	45	52	52	8	6



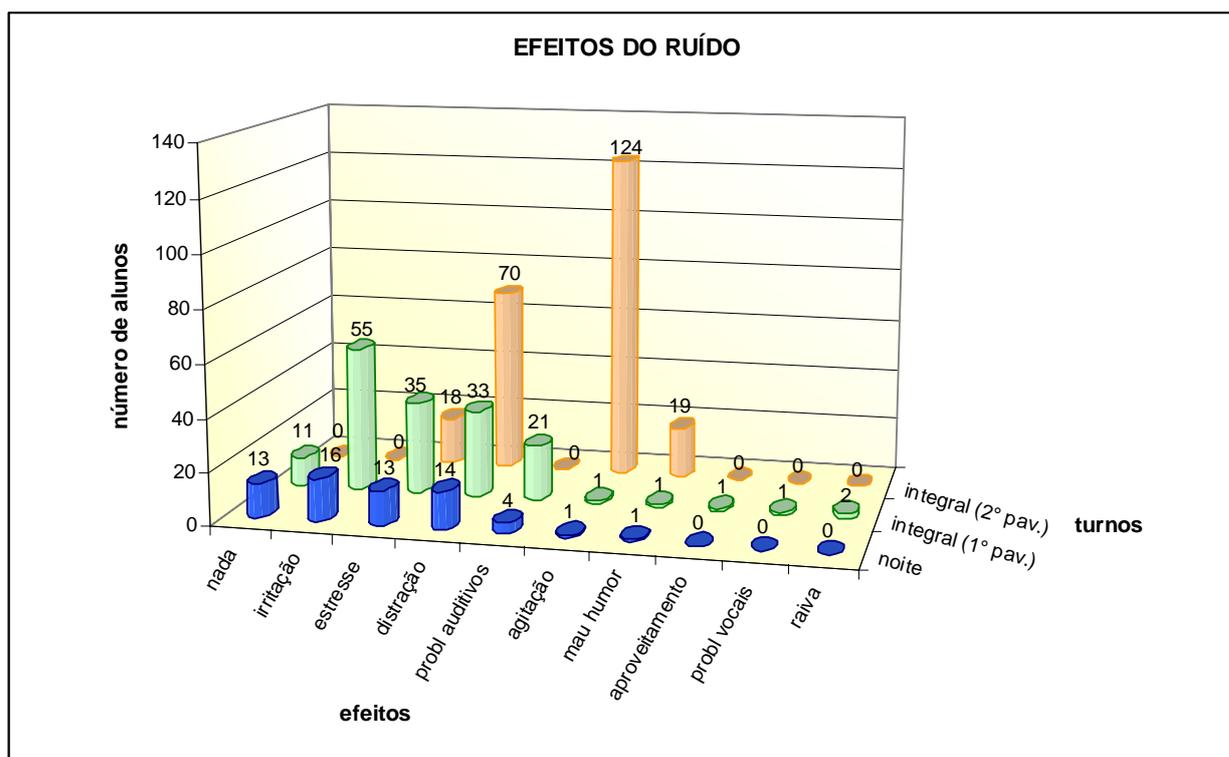
Conforme mencionado no capítulo 1, que o ruído, além de prejudicial à saúde, também diminui a audição, a capacidade de atenção e a consolidação da memória, conseqüentemente, o rendimento escolar.

No grupo A, as maiores conseqüências se referiam ao comportamento, agitação e distração; 74,25% e 41,92% dos alunos respectivamente. Em menor escala encontravam-se reclamações referentes a mau humor (11,38%) e estresse (10,78%).

No grupo B, 50% se sentiam irritados e 31,82% estressados; quanto ao comportamento, 33% citaram distração e 19,09% comentaram sobre problemas auditivos. Somente 10% não sentiam nada quando se referia ao ruído.

No grupo C, nenhuma queixa destacou-se sobre as outras; 29,63% de irritados, 25,93% de distraídos, 24,07% de estressados, 7,41% com problemas auditivos. Neste grupo, um número maior de alunos não se incomodam com o ruído, 24,07%; principalmente os mais idosos.

turma	nada	irritação	estresse	distr.	probl audit.	agitação	mau humor	aprovei- tamento	probl vocais	raiva
EI10						18				
EI20				12		12				
EI21						20				
EI22										
1101				24						
1102				23		23				
1201						22				
1202							19			
1301				11		11				
1302			18			18				
301	2	16	12	12	8	-	1	1	1	1
302	1	13	12	6	7	-	-	-	-	-
401	6	10	5	7	1	1	-	-	-	1
402	2	10	3	2	0	-	-	-	-	-
9501	0	6	3	6	5	-	-	-	-	-
151	2	1	3	3	0	1	-	-	-	-
152	1	4	4	3	0	-	-	-	-	-
161	2	0	0	3	1	-	-	-	-	-
162	1	5	3	2	1	-	-	-	-	-
171	6	0	0	1	0	-	1	-	-	-
191	1	6	3	2	2	-	-	-	-	-
total	24	71	66	117	25	126	21	1	1	2



Por fim, procurou-se saber as sugestões dos alunos para a melhora do problema com o ruído.

Dentre elas:

- Parar o trânsito, parar tudo – 5 turmas.
- Reduzir o trânsito de carros, motos, ônibus e os demais mecanismos automotores – 5 turmas.
- Fechar ou acabar com as janelas – 3 turmas.
- Consertar e ligar o ventilador para poder fechar as janelas – 2 turmas.
- Parar com as aulas ou fechar a escola – 2 turmas.
- Tampar os ouvidos – 2 turmas.
- Fazer com que os alunos fiquem em silêncio – 2 turmas.
- Acabar com a correria dos alunos – 1 turma.
- Tirar os carros de som de circulação – 1 turma.
- Mudar a localização das salas de aula – 1 turma.

4.3 Comentários sobre os resultados

Ao observar os resultados das medições feitas em todos os ambientes do CIEP Samuel Wainer, com o medidor de nível sonoro, pode-se perceber que não existem grandes diferenças entre os níveis de ruído se comparar as salas voltadas para a Av. Heitor Beltrão com as de frente para a Av. Almirante Cochrane. Nota-se também que o nível sonoro obtido no primeiro pavimento não se diferencia muito do nível do segundo, somente ocorrendo uma amenização do ruído na cobertura, que por não possuir paredes, funciona como campo livre.

Em suma, em qualquer lugar do térreo, primeiro e segundo pavimentos, o nível sonoro é intenso. Podendo-se afirmar que as avenidas são as principais fontes de ruídos, uma vez que as salas e/ou toda a escola, mesmo vazia, seu nível sonoro encontra-se muito acima do permitido.

Ao analisar as respostas dos questionários, observa-se que o alto nível de ruído é percebido pelos professores, funcionários e alunos, que se sentem incomodados e prejudicados com ele. Contudo, com o aparelho fica difícil identificar separadamente as diversas fontes de ruídos, como salas de aulas, corredores e rampas, devido à uniformidade sonora dos pavimentos. Salvo algumas exceções de aulas e/ou turmas extremamente barulhentas.

A semelhança somente é encontrada quanto à rua ser a principal fonte de ruído, pois como foi dito, a medição demonstrou níveis de ruído bem acima do desejado, bem como a grande maioria das queixas também são provenientes das fontes exteriores, ou seja, as vias.

4.4 Propostas para o CIEP Samuel Wainer

O CIEP Samuel Wainer localiza-se no perímetro urbano, entre ruas e próximo às mesmas. O que caracteriza um dos tipos de localização dos CIEPs, unidades próximas a vias, que recebem todo o ruído do tráfego de veículos.

Como fora dito no capítulo 1, em baixas velocidades predomina o efeito do ruído do motor, o que acontecem em ruas urbanas; sendo este o ruído que penetra nos CIEPs nestas proximidades. Ao passo que, em altas velocidades, caso das auto-estradas, o efeito do contato pneu/pavimento é a principal causa do ruído; sendo outra localização dos CIEPs seu posicionamento próximos às rodovias.

Neste caso específico, onde as possibilidades de colocação de barreiras acústicas externas ao redor, ou uma implantação e orientação mais conveniente, são praticamente nulas. Agravando este fato, sabe-se também que as principais fontes de ruído são as externas, ou seja, a rua, então restam poucas alternativas para o controle desse ruído.

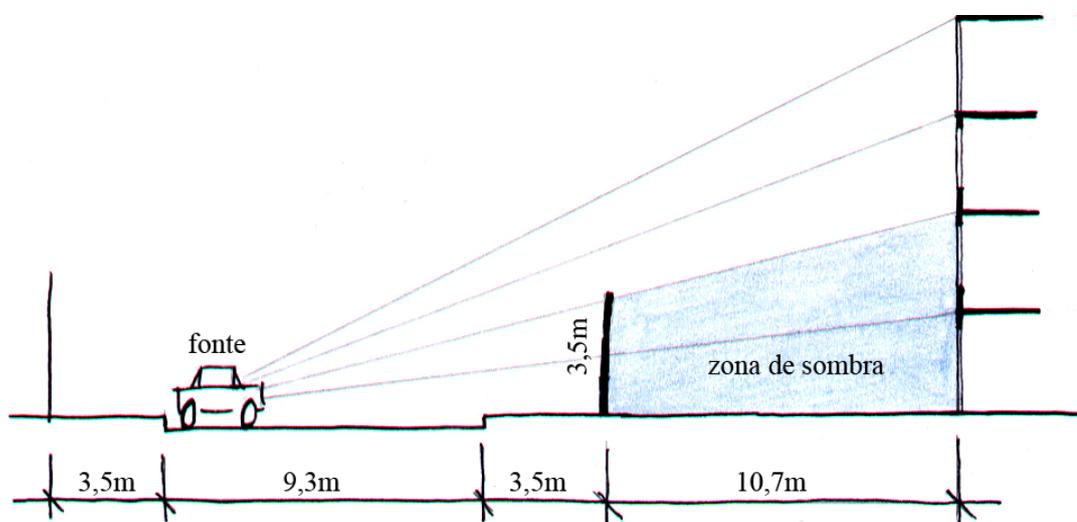


Ilustração 73: Croqui do o CIEP com a colocação de uma barreira acústica (muro fechado com 3,5m) Na Av. Heitor Beltrão como proteção do térreo e do 1º pav.
Fonte: da própria autora

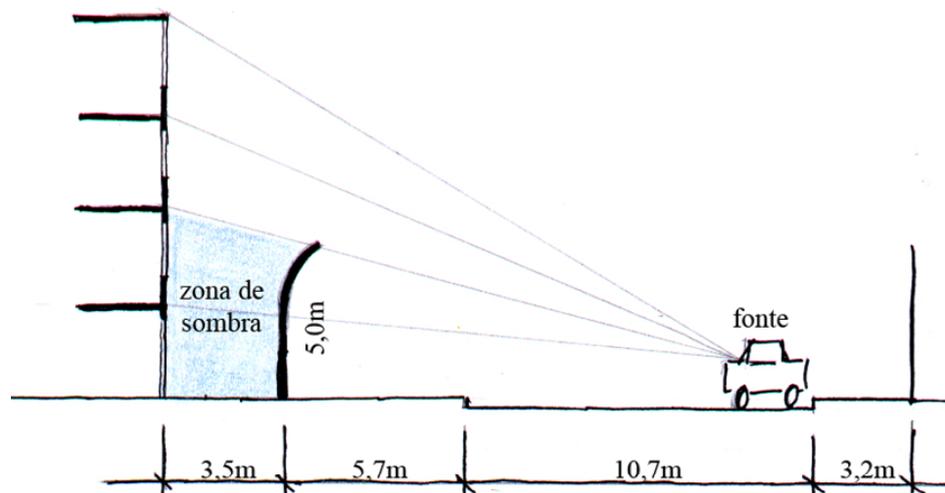


Ilustração 74: Croqui do o CIEP com a colocação de uma barreira acústica (muro fechado e curvo com 5,0m) na Av. Almirante Cochrane como proteção do térreo e do 1º pav.

Fonte: da própria autora

Uma delas seria o aumento da espessura das fachadas ou a colocação de barreiras acústicas internas, como ressonadores de quarto de onda. Marquises e varandas, com peitoril fechado, protegeriam o 2º pavimento formando um espaço de transição, maior proteção acústica se a marquise for tratada com material absorvente. A cobertura, por sua vez, não necessita de nenhum grande tratamento já que funciona como campo livre.

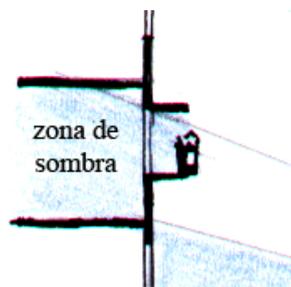


Ilustração 75: Colocação de varanda como espaço de transição.

Fonte: da própria autora

Janelas quebradas e de esquadrias de alumínio, material reverberante e condutor de calor, são agravantes do nível de ruído interno. Assim uma substituição por esquadrias em PVC traria alguns benefícios.

Desempenho	PVC	Madeira	Alumínio	Ferro
Isolamento acústico	Ótimo	Ruim	Ruim	Ruim
Isolamento térmico	Ótimo	Bom	Ruim	Ruim
Manutenção	Ótimo	Ruim	Bom	Ruim
Corrosão	Ótimo	Ruim	Regular	Ruim
Vidro duplo	Ótimo	Ruim	Regular	Ruim

Tabela 25: Tabela de custo - benefício de materiais de esquadrias.

Fonte: <http://www.euroopen.com.br/custobeneficio>; data: 27/02/2007



Foto 78: Esquadrias em PVC de uma das salas da UENF⁵¹, Universidade formada por prédios com o formato dos CIEPs.

Fonte: acervo próprio



Foto 79: Detalhe da esquadria

Fonte: acervo próprio

Outro fator que precisa de atenção são as paredes que não separam as salas, permitindo o fluxo de som entre as salas e corredor. Também deve ser elaborado um sistema de exaustão para a retirada do calor juntamente com a elevação das paredes.



Foto 80: Meias paredes do CIEP Samuel Wainer.

Fonte: acervo próprio



Foto 81: Paredes fechadas de salas na UENF.

Fonte: acervo próprio

A rampa, que junto com o corredor são as principais fontes de ruído interno, tem que ter a parede que a separa das salas com maior índice de absorção sonora e a voltada para o corredor tem que encostar-se ao teto.

⁵¹ Universidade Estadual Norte Fluminense

Nas paredes e no teto das salas de aula deve ser feito um tratamento acústico, como a colocação de material absorvente tipo os ressonadores Helmholtz, somado com a colocação de portas mais isolantes e vedação de esquadrias.



Foto 82: Drywall Knauf, exemplo de ressonador Helmholtz.
Fonte: Catálogo Knauf drywall

Considerações finais e diretrizes

O projeto dos CIEPs, apesar de ser um único para todas as unidades, é individualizado devido à localização e à implantação de cada escola, com alguns problemas em comum e outros distintos.

Houve a tentativa de fazer uma busca da localização das 501 unidades, no entanto, não pôde ser concretizada, pois somente na Fundação Darcy Ribeiro fora encontrado dados sobre a localização dos CIEPs. Contudo esses dados, que apareciam inúmeras vezes, apresentavam-se contraditórios o que impossibilitou um levantamento das localizações efetivas dos CIEPs.

o As fontes de ruído

Deveria ter sido feito uma análise prévia da viabilidade da área onde se pretendia implantar o CIEP, sob os aspectos de demanda de alunos e facilidade de acesso para os mesmos. Os níveis de ruídos do local deveriam ter sido medidos e avaliados, uma vez que quando estes superam determinadas alturas, atrapalham o aprendizado e prejudicam a saúde dos professores e alunos.

O ideal seria implantar o mais longe possível das fontes de ruído e cuidar para que o som incidente não ficasse sendo refletido pelos blocos da escola. A implantação de um de seus blocos secundários, como o ginásio que não necessita de muito cuidado com a acústica, a frente da construção principal, onde se localizam as salas de aula, poderia funcionar como uma barreira.

A fonte de ruído mais freqüente é o tráfego e a maioria dos CIEPs localizam-se em proximidades de ruas e estradas. Contudo, deve-se manter um afastamento das mesmas, o que somente poderá ser realizado para a construção de novas unidades, sendo que nos demais a opção é utilizar barreiras acústicas. Essa preocupação é essencial, principalmente por se tratar de escolas públicas que precisam ter custos baixos, já que o tratamento acústico é oneroso.

○ Escolha do terreno e implantação

Na maioria das vezes, as principais fontes de ruído em uma escola são as externas, com destaque para o ruído do trânsito. Objetivando um conforto acústico, as escolas deveriam buscar implantações afastadas de vias. No entanto, a implantação dos CIEPs, no geral, localiza-se a beira de rodovias ou vias de intenso fluxo.

Uma escola deve ter seus prédios com implantação distribuída em meio a uma arborização, de modo que promova barreiras entre diversos edifícios, isolando-os, reciprocamente.



Foto 83: Implantação afastada e vegetação
Fonte: acervo próprio, 2006.

Para novos CIEPs, o primeiro passo seria a busca por terrenos mais apropriados e afastados de vias ruidosas, ou seja, teria que ser realizado um melhor estudo da implantação no terreno.

○ O projeto

O projeto do CIEP tem que atender às necessidades da sua proposta pedagógica, para crianças de todas as faixas etárias e adultos, e funcionar durante todo o dia.

Se o ruído vier do entorno, o modelo do CIEP – horizontal e baixo – seria apropriado, estando menos exposto que uma construção vertical. Esse último tipo, quando sem proteções, isto é, mais alto do que as construções ao seu redor, encontra-se receptivo a sons mais distantes.

Uma modificação do projeto para um modelo com pátio interno seria interessante, na medida em que as janelas saíam da fachada e estariam voltadas para o pátio, evitando assim as fontes de ruído externas. Todavia, uma ressalva deve ser feita, este pátio não pode virar uma fonte de ruído, como por exemplo, a sua utilização para recreações. Para este pátio estariam voltadas todas as janelas das salas de

aula, pois ele serviria meramente como espaço de integração do interior com o exterior, pelo qual se faria a iluminação e ventilação naturais das salas de aula, sem precisar de muitos cuidados, o que tornaria o projeto mais econômico e saudável.

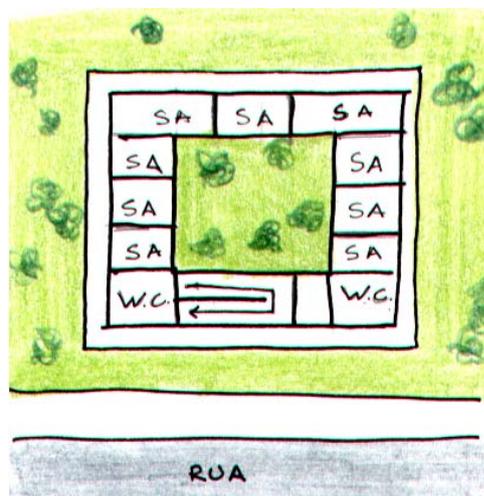


Ilustração 76: Implantação com pátio interno e circulação como espaço de transição.
Fonte: da própria autora

o Setorização e barreiras acústicas

Os ambientes internos também são fontes de ruídos, cada um possui uma atividade e isso faz com que o nível de ruído varie entre eles. Ao projetar tem que separar os ambientes e setorizá-los conforme a sua capacidade de propagação de ruído. Então, as salas de aula e leitura, biblioteca e auditórios, além de menos ruidosos necessitam de maior silêncio e privacidade, enquanto a colocação de áreas de serviço e circulação podem ser usadas para proteção do interior.



Ilustração 77: Setorização para uma escola.
Fonte: da própria autora

Caso necessário, colocação de barreiras acústicas externas e/ou projetarem fachadas com maior espessura, criando até possíveis zonas de transição. A elevação de muros ao redor das construções, junto com o aumento significativo da área verde e com um estudo de uma possibilidade de implantação de um terraço-jardim, devem ser pensados durante a concepção e execução do projeto.

○ **Aberturas e meias paredes**

O isolamento entre as classes e entre elas e o corredor é importante, para tal as portas devem ser vedadas e as paredes devem conter o mínimo possível de aberturas. Logo, uma prioridade no caso dos CIEPs é a elevação das paredes e seus devidos tratamentos.

As portas e janelas são as entradas do ruído na construção. Primeiro passo é a elaboração de esquadrias com vedação estanque, evitando as frestas. As janelas devem ser confeccionadas com vidros de 6mm ou mais e o uso de ressonadores para absorção das frequências sonoras externas que penetram na construção. As portas, por sua vez, devem ter massa significativa e ser de materiais absorventes entre compensados buscando assim um bom isolamento.

Quanto às esquadrias das janelas, de alumínio, devem ser trocadas por PVC, menos reverberantes, como fora dito, podendo substituir as venezianas por brises e/ou marquises externas, assim além da proteção térmica ser maior também haveria uma proteção acústica.

Janelas pouco protegidas, com grandes aberturas e fechamentos realizados por venezianas móveis que não atendem adequadamente o conforto acústico, térmico e lumínico. Uso de proteções externas e aberturas menores seriam mais eficazes. Outra possibilidade é o uso de *light-shelfs*, ou seja, bandejas de luz para uma melhor distribuição da iluminância no interior das salas. Tal colocação deve ser associada a ressonadores de quarto de onda para diminuir a entrada do ruído. Uma diferente solução seria a adoção de varandas externas como espaço de transição entre o meio externo e o interno.

Rampas, corredores e salas vizinhas também são considerados fontes de ruído significantes. Neste caso, as meias paredes que separam as salas do corredor são ineficientes do âmbito de isolamento sonoro. A busca por uma ventilação natural tem que ser feita sem prejudicar o conforto acústico.

○ **Salas de aula**

Cada dependência da escola deve receber tratamento acústico, levando em consideração sua função específica. As salas de aula, os auditórios e os laboratórios precisam ser isolados dos ruídos externos. Ao passo que, hall e corredores não podem servir de meios de transmissão dos ruídos. (SILVA, (41)).

O projeto dos CIEPs não toma partido desses princípios, uma vez que suas salas de aula recebem todo o ruído externo e os corredores são ótimos transmissores. A colocação de material absorvente no interior das salas seria o começo para amenizar os problemas termo-acústico.

Para SANTOS (37), qualquer que seja atividade nas salas de aula existe a necessidade de se fazer um tratamento acústico, com a eliminação das reflexões por reverberação (ecos) e aumento da absorção da sala que busca diminuir esse ruído refletido. “A boa acústica de uma sala de aula se obtém, em geral, por uma duração correta do tempo de reverberação e em parte pela sua forma.”

As salas de aula devem ter seu nível interno de ruído entre 35 e 45dB(A). Para tal, a sala deve ter seu teto e paredes tratadas; no teto a parte próxima ao professor pode ser tratada com materiais refletivos para reforçar a sua voz ao invés de abafar o som que tem de se propagar. Enquanto que a parte de trás do teto juntamente com a parede de fundo, parte da sala onde o ruído é incômodo, deve ser revestida com materiais absorventes para minimizar a reflexão e os níveis de ruído.



Ilustração 78: Superfícies refletivas para reforçar a voz do professor, combinado com materiais absorventes para minimizar a reflexão e reduzir os níveis de ruído.

Fonte: Catálogo AMF desempenho em forros.

As paredes com massa significativa são o ideal, contudo oneroso, para efetuar uma redução de 45dB⁵². Revestimentos com materiais acústicos evitam um aumento exagerado de sua massa. Seu piso de marmorite pode receber tratamento com materiais tipo borracha que absorvam o ruído de impacto.

o Salas de música, de leitura e auditórios

Salas de música, de leitura e auditórios são locais que merecem cuidados especiais; contudo, nos CIEPs as aulas de música são ministradas nas próprias classes e as salas de leitura, no caso dos CIEPs compactos, encontram-se separadas por uma parede das quadras de educação física.

⁵² SANTOS (37)

- **Salas dos professores, diretoria, secretaria**

Estas áreas como as salas de aula, devem estar separadas dos corredores e outros ambientes e com portas vedadas e paredes altas. Uma contribuição, neste caso, são carpetes, cortinas, cadeiras acolchoadas e demais elementos que, além de decorarem o ambiente, também funcionam como absorventes do som.

- **Biblioteca e sala de leitura**

Estes locais necessitam do máximo de silêncio possível, para tal deve-se reduzir a reverberação do local e a penetração do ruído externo no ambiente ao máximo. No modelo padrão, a biblioteca é um bloco separado, o que facilita esse tratamento. No entanto, no compacto ela se localiza no terraço, a qual é separada por uma única parede da quadra coberta, uma fonte de ruído expressiva.

- **Refeitório**

Os refeitórios de escolas, quando projetados, também deveriam merecer atenção quanto ao conforto acústico, uma vez que alimentar-se em ambientes ruidosos prejudica o rendimento escolar. No caso das unidades que funcionam em período integral, os alunos fazem três refeições diárias na escola, tornando-os agitados o dia inteiro. Tanto no período integral quanto no noturno, antes de irem para as salas de aula é servida aos alunos uma refeição, colação ou jantar respectivamente.

- **Pátios e zonas de recreação**

O melhor posicionamento do bloco das salas de aula é o mais afastado possível dos pátios e zonas de recreação, para evitar que seu ruído atrapalhe o aprendizado. Piso gramado e uso abundante de árvores e arbustos auxiliam no controle do ruído.

No projeto dos CIEPs compactos, o pátio localiza-se no térreo do bloco principal, assim torna-se fonte de ruído para as salas de aula, sendo aconselhável um tratamento no teto e uma barreira na entrada da rampa de acesso aos pavimentos, para que o ruído não se propague por ela.

o Ginásio poliesportivo ou quadra coberta

Outra questão abordada por SILVA (41), é o fato de ginásios de desportos, piscinas e pátios de recreio ficarem o mais afastado possível, para se evitar o gasto com materiais acústicos.

No projeto do CIEP padrão, o CIEP é composto por três blocos, assim torna-se possível seu afastamento do bloco da quadra de esportes, o ginásio poliesportivo, dos demais, uma vez que esta também é uma grande fonte de ruído. Podendo até fazer um possível uso de sua construção como barreira para as outras.

Contudo, no projeto compacto, composto por um bloco somente, a quadra coberta situa-se na cobertura do bloco único e lado a lado com a biblioteca e em cima das salas de aula. Este caso chama a atenção para a necessidade de um tratamento voltado para a redução do ruído de impacto, já que encontra-se sobre salas de aula, uma opção seria o uso de lajes flutuantes.



*Ilustração 79: Exemplo de laje flutuante.
Fonte: SILVA (41), página 252 figura 146.*

o Corredores e rampas

O corredor e a rampa, em projeto, poderiam ser implantados próximo à fachada e de preferência aberto para o exterior. O ruído provocado nele se dissiparia para o exterior além do fato dele servir de zona de transição, reduzindo o ruído externo que penetra nas salas de aula.

Os corredores do projeto são compridos, de um lado a outro do CIEP, constituído por duas paredes paralelas entre si causando ecos múltiplos e repetitivos; assim tem que se quebrar esse paralelismo com descontinuidades ou com a criação de um ângulo entre as paredes que o compõem. A utilização de revestimentos absorventes diminui ainda mais essa fonte de ruído, que é o corredor interno. O revestimento com materiais absorventes nas circulações, nos corredores e nas rampas seria um começo para uma melhora acústica nestes espaços.

A rampa não deve localizar-se em espaços vazios, tipo prismas de circulação, para o ruído não se propagar entre andares e também não deve estar próxima a fontes de grande ruído. Nos CIEPs já existentes, deveriam subir as paredes que a separa da circulação até o teto, revestir seu piso com placa de poliuretano para absorver o impacto das crianças ao passar e tratar a parede que a separa da sala de aula com materiais absorventes.



Foto 84: Circulação vertical como anexo, exemplo UENF.
Fonte: acervo próprio



Foto 85: Vista interna com paredes fechadas.
Fonte: acervo próprio

No caso dos CIEPs fora cometido um deslize, pois construiu-se sessenta unidades de uma só vez, sem uma análise funcional, continuando a construção indiscriminadamente, devido ao curto prazo para a entrega. Deveriam ser construídas poucas unidades e avaliado seu desempenho; posteriormente, corrigido seus problemas, far-se-ia as demais com maior qualidade.

Devido ao grande número de CIEPs construídos, faz-se necessária uma correção em sua arquitetura para que se obtenha um melhor rendimento escolar dos alunos e visando proteger a saúde de todos que o utilizam. A correção acústica é muito mais onerosa do que seu estudo em fase de projeto, porém não seria viável que se abandonasse quinhentas construções.

Em suma, o projeto de uma edificação escolar deve ser elaborado visando atender todas as condições de conforto ambiental, sem priorizar ou menosprezar nenhuma. Como se sabe a ventilação natural conduz o ruído e a iluminação natural vem acompanhada do calor. Portanto é imprescindível para o projetista levar em consideração todos os fatores que têm uma influência decisiva para o conforto.

Bibliografia

1. 63% dos professores têm problemas na voz. *Jornal Folha de São Paulo*, São Paulo, 12 mai: 2006.
Disponível em:
<http://aprendiz.uol.com.br/content.view.action?uuid=29c22f110af470100140984b778a040d>
2. ÁGUAS, Miguel P. N. *Conforto Térmico - Módulo da Disciplina de Mestrado Métodos Instrumentais em Energia e Ambiente*. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2000/01.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Catálogo ABNT*. Rio de Janeiro: Editora: ABNT, 1997.

_____.NBR 10151: *Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Procedimento*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, novembro de 1998.

_____.NBR 10152: *Níveis de Ruído para Conforto Acústico*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, dezembro de 1987.
4. BARROSO-KRAUSE, Cláudia; SANTOS, Maria Júlia de O.; NIEMEYER, Maria Lygia; PORTO, Maria Maia. *Apostila de Bioclimatismo no Projeto de Arquitetura: Dicas de Projeto – Alguns fundamentos e instrumentos para concepção em clima tropical úmido para edificações previstas sem climatização ou com climatização mista*. PROARQ/DTC/FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. mar - 2005.
5. BARULHO leva estado a mudar projeto dos Cieps. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 7 jul: 2007.
Disponível em:
<http://aprendiz.uol.com.br/content.view.action?uuid=f2d7a0820af47010011247469b2922fd>
6. “BRIZOLÕES” passarão por reformas para melhorar sistema de acústica.
Disponível em: <http://www.diarioon.com.br/arquivo/4122/cidade/cidade-35604.htm>
7. COELHO, L. M. C. C.; HORA, D. M. *Diversificação curricular e educação integral*. UNIRIO, Rio de Janeiro, RJ.
Disponível em: <http://www.unirio.br/cch/neephi/arquivos/divercurriceducint.doc>

8. COMISSÃO aprova programa de saúde vocal para professor. *EDUCACIONAL*. 22 mai: 2006.
Disponível em:
<http://aprendiz.uol.com.br/content.view.action?uuid=5d61a66e0af470100140984b1dc4385b>
9. DREOSSI, Raquel Cecília Fischer; MOMENSOHN-SANTOS, Teresa. O ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura. *Pró-Fono Revista da Atualização Científica*, Baurueri, SP, v17, n. 2, p. 251-258, mai-ago, 2005.
10. FALTA preparo vocal, afirma fonoaudióloga. *Jornal Folha de São Paulo*, São Paulo, 12 mai: 2006.
Disponível em:
<http://aprendiz.uol.com.br/content.view.action?uuid=29c22f110af470100140984b778a040d>
11. FANGER, P.O. Projetando boa qualidade de ar em edifícios com ar condicionado. *Revista ABRAVA*, n. 6, p. 55-56. ago - 1992.
12. GABAS, Gláucia C. 3M Soluções para saúde ocupacional e segurança ambiental: programa de conservação auditiva. *Guia Prático 3M*. Brasil, 2004.
13. GERGES, Samir N.Y.; GOMES, Márcio A.; LIMA, Fabiano. Qualidade sonora dos ambientes e produtos. In: I SEMINÁRIO DE MÚSICA CIÊNCIA TECNOLOGIA: ACÚSTICA MUSICAL. EMC/LARI/UFSC, Santa Catarina, SC, Brasil, p. 80-97, nov - 2004.
Disponível em: http://gsd.ime.usp.br/acmus/publi/textos/06_gerges.pdf
14. GEP CENTRE D'ETUDES DES TRANSPORTS URBAINS (CETUR) 1978, *Le bruit et la ville*. France, Direction Départementale de l'Equipement de Monselle.
15. MACEDO, Marta Ribeiro Valle. *Avaliação pós-ocupacional acústica: um instrumento de apoio ao planejamento e gestão ambiental na circunvizinhança de pequenos aeroportos*. Dissertação de D.Sc., COPEE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. dez 2004.
16. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. 21 anos depois as lições dos CIEPs. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 28 mai: 2006. Caderno Rio, p. 18-19, 22-23.
17. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. Desempenho semelhante, custo maior. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 29 mai: 2006. Caderno Rio, p. 9-10.

18. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. CIEP que não é CIEP. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 30 mai: 2006. Caderno Rio, p. 12-13.
19. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. CIEPs que são nota dez. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 31 mai: 2006. Caderno Rio, p. 16.
20. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. Há vagas. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 1 jun: 2006. Caderno Rio, p. 13-14.
21. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. 21 anos depois, o mestre revê sua obra. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 2 jun: 2006. Caderno Rio, p. 15-16.
22. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. Um programa que foi por água abaixo. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 3 jun: 2006. Caderno Rio, p. 16-17.
23. MARQUEIRO, P.; BERTA, R.; SCHMIDT, S. CIEP: um jovem a espera de um futuro. *Jornal O GLOBO*, Rio de Janeiro, 4 jun: 2006. Caderno Rio, p. 20-21.
24. MAURÍCIO, Lúcia Veloso. Literatura e representações da escola pública de horário integral. *Revista Brasileira de Educação*, n.27, p. 40-56, set-dez, 2004.
25. MEDEIROS, Luana Bernardines. *Ruído: efeitos extra-auditivos no corpo humano*. CEFAC, Porto Alegre, RS, 1999.
26. MIGNOT, Ana Chrystina Venâncio. *Escolas na vitrine. Centros Integrados de Educação Pública (1983-1987)*. Estudos avançados 15. 2001.
27. MÜLLER, Carolina. *Uma abordagem energética da propagação do som em espaços internos resfriados por ventilação natural*. Dissertação de M.Sc., COPEE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. mar 2006.
28. NIEMEYER, Maria Lygia Alves de, *Ruído urbano e arquitetura em clima tropical úmido*, Dissertação de M.Sc., FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. mar 1998.
29. NOGUEIRA, Marta Cristina J. A.; DURANTE, Luciane Cleonice; NOGUEIRA, José S. *Conforto térmico na escola pública em Cuiabá – MT: Estudo de caso*. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. ISSN 1517-1256, v. 14, p. 37-49. jan-jun, 2005.

30. O DEESGASTE de ser professor. *ENVOLVERDE Revista Digital de Ambiente, Educação e Cidadania*. 01 jun: 2006. (site: <http://envolverde.ig.com.br/>)
31. OLIVEIRA, Tadeu Almeida de; RIBAS, Otto Toledo. *Sistemas de controle das condições ambientais de conforto*. Ministério da Saúde, Brasília, 1995.
32. RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO. *Os fundamentos da física 2*. Moderna, São Paulo, SP, 2004.
33. REIS, Maria Amelia. *Construindo um projeto de escola e educação integrais*. PDT/UNIRIO/UCOIMBRA, Rio de Janeiro, RJ.
Disponível em: <http://www.pdt-rj.org.br/docs/Maria%20Am%C3%A9ilia.doc>
34. RIBEIRO, Cássia Gisele. *Programas de apoio a professores e funcionários de escolas*. 08/09/04.
Disponível em:
<http://aprendiz.uol.com.br/content.view.action?uuid=dfcd639e0af47010011a01dd700a781b>
35. RUÍDOS em escolas deixam especialista em alerta. *Jornal. O ESTADO DE SÃO PAULO*. 23 set 2005.
36. RIVERO, Roberto. *Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzzato Ed. Ltda, 1986.
37. SANTOS, Maria Júlia de O. *Ruído No Ambiente Escolar – Causas E Conseqüências*. Dissertação de M.Sc., FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1993.
38. SCHIFFER, Sueli Ramos, FROTE, Anésia Barros. *Manual do Conforto Térmico*, 6ª ed. São Paulo: 1998.
39. SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE, PREFEITURA DO RIO. *Escuta! - A Paisagem Sonora da Cidade*. Rio de Janeiro: SMAC, 1999.
40. SILVA, Pérides. *Acústica arquitetônica*. Belo Horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura, 1971.
41. SILVA, Pérides. *Acústica arquitetônica & Condicionamento de Ar*, 4ª ed. Belo Horizonte: Edtal – Empresa Termo Acústica Ltda, 2002.

42. SLAMA, J. G., *Acústica Ambiental*. Curso de Conforto Ambiental. FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.
43. SOARES, Murilo César. *Construindo o significado do voto – retórica da propaganda política pela televisão*. Dissertação de D. Sc., ECA/USP, São Paulo, SP, Brasil. ago 1995.
44. SOUZA, Lea C. L. ; ALMEIDA, Manuela G.; Bragança, Luís. *Bê-a-bá da acústica arquitetônica*. Câmara Brasileira do Livro, Bauru, SP, Brasil, 2003.
45. STOCK, Suzete de Cássia Volpato. *Entre a paixão e a rejeição: A trajetória dos CIEPs no Estado de São Paulo – Americana*. Dissertação de M.Sc. Faculdade de Educação / Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, 2004.
46. VIANNA, N. Solano; GONÇALVES, Joana C. *Iluminação e Arquitetura*, 2ª ed. São Paulo: Geros s/c Ltda, 2004.
47. VIEGAS, M.N.C. *Arquitetura e acústica bioclimática: métodos de controle de ruído iurbanoem edificações de clima quente e úmido*. Dissertação de M.Sc., COPEE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

Sites pesquisados:

- CIEP s
 - www.abraceumalunoescritor.org/teixeiralott.htm
 - www.imprensa.rj.gov.br/EditaImprensa/imagensNoticias/3105200601ciep332.jpg

- Ergonomia
 - www.engprod.ufjf.br/epd_ergonomia/ventilacao_de_ambientes.pdf

- Jornal da Ciência
 - www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=16053

- PDT – RJ (Partido Democrático Trabalhista)
 - www.pdt.org.br/diversos/cieps_arq.asp
 - www.pdt.org.br/diversos/cieps.asp
 - www.pdt.org.br/diversos/edubra.asp

- Poluição Acústica
 - www.universoambiental.com.br/PoluicaoAcustica/PoluicaoAcustica.htm

- RENABRAVA (Recomendação Normativa ABRAVA)
 - www.techcleaner.com.br/renabrava.html

Anexos 1:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO PROARQ - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

QUESTIONÁRIO DE ACÚSTICA AMBIENTAL - Escolas - Professores

Este questionário é parte de um projeto da Universidade Federal do Rio de Janeiro que visa avaliar a qualidade ambiental sonora em salas de aula dos CIEPs.

Nome:

Data: ___/___/___

Sexo: F M

Idade:

Horário de trabalho:

Disciplina que leciona:

CIEP:

1. Você precisa falar mais alto para ser escutado(a): Sim Não

Quando? _____

2. Algum barulho atrapalha suas aulas? Sim Não

Qual? _____

3. Marque com um X, o quanto incomodam os sons provenientes:

Não

Pouco

Médio

Muito

Do corredor interno

Das outras salas de aula

Do pátio

Do ginásio

Da rampa

Da rua

4. Se fechar as janelas, o ruído externo diminui?

não pouquíssimo pouco mais ou menos muito muitíssimo

5. O que o ruído provoca em você?

nada irritação estresse probl. auditivos probl. vocais outros

(qual: _____)

6. O que você faria para acabar com o problema do ruído?

7. Você já teve algum problema nas cordas vocais? Qual(is)?

8. Considerações finais:

MUITO OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO!!!

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
PROARQ - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura

QUESTIONÁRIO DE ACÚSTICA AMBIENTAL - Escolas - Alunos

Este questionário é parte de um projeto da Universidade Federal do Rio de Janeiro que visa avaliar a qualidade ambiental sonora em salas de aula dos CIEPs.

Nome: _____ Data: ___/___/____

Sexo: F M Idade: _____ Série: _____ Sala: _____

Turno: manhã tarde noite integral CIEP: _____

9. Como você escuta sua professora: não escuta mal médio bem

10. É necessário que ela fale alto para que você a escute? Sim Não

Quando? _____

11. Algum barulho atrapalha a aula? Sim Não

Qual? _____

12. Marque com um X, o quanto incomodam os sons provenientes:

	Não	Pouco	Médio	Muito
Do corredor interno				
Das outras salas de aula				
Do pátio				
Do ginásio				
Da rampa				
Da rua				

13. Se fechar as janelas, o ruído externo diminui?

não pouquíssimo pouco mais ou menos muito muitíssimo

14. O que o ruído provoca em você?

nada irritação estresse distração problemas auditivos outros

(qual: _____)

15. O que você faria para acabar com o problema do ruído?

MUITO OBRIGADO POR SUA ATENÇÃO!!!