

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

**AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO SONORO NAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS. ESTUDO DE CASO: O PROCESSO EVOLUTIVO NA AVENIDA
BEIRA MAR / FLORIANÓPOLIS.**

Cintia Serra de Queiroz

**Florianópolis – Santa Catarina – Brasil
2007**

Cintia Serra de Queiroz

**AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO SONORO NAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS. ESTUDO DE CASO: O PROCESSO EVOLUTIVO NA AVENIDA
BEIRA MAR / FLORIANÓPOLIS.**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de
Santa Catarina para obtenção
de Mestre em Arquitetura e
Urbanismo.

Orientadora: Elvira Barros Viveiros da Silva

**Florianópolis – Santa Catarina – Brasil
2007**

AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO SONORO NAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS. ESTUDO DE CASO: O PROCESSO EVOLUTIVO NA AVENIDA BEIRA MAR / FLORIANÓPOLIS.

Esta dissertação foi julgada e aprovada para obtenção do grau de **Mestre em Arquitetura e Urbanismo**, área de concentração em **Comportamento Ambiental e Eficiência Energética das Edificações**, pelo **Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.**

Florianópolis, 4 de outubro de 2007.

Prof^a. Alina Gonçalves Santiago, Dra.
Coordenadora do Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Elvira Barros Viveiros, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientadora

Prof^a. Dinara Xavier Paixão, Dra.
Universidade Federal de Santa Maria
Avaliadora Externa

Prof. Fernando Barth, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina
Avaliador 1

Prof. Lino Fernando Bragança Peres, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina
Avaliador 2

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Maria Cristina Queiroz por minha vida e por ter sempre me estimulado em minha profissão e por não ter me deixado desistir;

Ao meu amor Gean Loureiro pela inspiração, companheirismo, compreensão e pelo carinho sempre presente;

À minha filha Marina por sua paciência nos momentos em que fui ausente;

Às filhas que ganhei neste período, Bea, Ana Clara e Mariana, pela alegria e força que me trouxeram;

À minha querida amiga e orientadora Elvira que sempre acreditou em minha capacidade e me apoiou nos momentos mais difíceis;

Aos colegas do grupo GAAMA, principalmente Beth, Taiana, Aline, Bruno, Gianne e Kathine, pela participação, contribuição em meu trabalho e por sua amizade;

À Carol por ter sido muito mais que uma babá;

Aos meus amigos da Secretaria Municipal de Obras, principalmente Aurélio Remor, pela oportunidade e reconhecimento;

À Prefeitura Municipal de Florianópolis, especialmente Sebastião, Kalika e Rocha por terem me fornecido todos os dados disponíveis para minha pesquisa;

À Ivonete que é um exemplo de servidor público, não se limita apenas a cumprir suas obrigações, mas, se importa e contribui com o trabalho de todos;

A todos os professores do PosArq, principalmente Lino, Sérgio Nappi, Wilson e Barth, por colocarem seu conhecimento sempre à disposição;

À Universidade Federal de Santa Catarina por me dar o privilégio de receber ensino público, gratuito e de excelente qualidade.

A história das cidades vem mostrando uma tendência mundial de concentração de diferentes atividades nos centros urbanos, tais como trabalho, moradia, comércio, lazer, etc. Isso aumenta excessivamente o valor dos imóveis nessas áreas, tornando cada vez mais freqüente a tipologia arquitetônica dos edifícios residenciais multifamiliares. Em paralelo, o volume de tráfego aumenta continuamente e estudos, em diferentes partes do mundo, demonstram que essa é a maior fonte de ruído urbano. Em outras palavras, existem mais fontes sonoras no ambiente urbano e elas estão cada vez mais próximas ao local de moradia da população.

A indústria da construção civil toma partido de novos materiais e do aprimoramento de técnicas construtivas no sentido de acelerar o tempo de obra e diminuir custos. No entanto, no Brasil, tal evolução não refletiu na qualidade das edificações no que se refere o conforto acústico das habitações.

Esta dissertação confronta a evolução do ruído urbano, a partir do estudo de caso da Avenida Beira Mar Norte, e o desempenho do índice de redução sonora das fachadas frontais das edificações residenciais multifamiliares dessa via. Foram levantados os parâmetros que influenciam o isolamento das fachadas das edificações do caso de estudo e esses dados foram inseridos no programa *Acoubat Sound*. Os resultados dessa simulação foram comparados, correlacionando-os aos anos de construção dos edifícios. Concluiu-se que o isolamento médio das fachadas frontais das edificações do caso de estudo diminuiu 3dB com o passar dos anos enquanto o ruído urbano no local aumentou pelo menos 6dBA.

Palavras Chave: Isolamento Acústico, Desempenho Acústico de Fachadas, Conforto Acústico, Redução Sonora, Ruído Urbano.

There is a world trend to concentrate activities like work, business, living and pleasure, etc. at urban city centers. This is increasing the real state value in these places, and the multy-family buildings are becoming the most common architecture for residential use. This fact was confirmed by the case study of Beira Mar Norte Avenue in Florianópolis, Brazil. At the same time the traffic volume is continually increasing at these city centers and studies around the world demonstrate that traffic is the major generator of urban noise. In other words, there are more sound sources at urban environment and they are closer to population dwellings.

The construction industry is taking advantage of new materials and construction techniques to accelerate construction time and lower its costs. Although, in Brazil, if we analyze acoustic comfort in dwellings, these improvements in construction techniques didn't reflected in better quality for the buildings, in despite of all knowledge developed along the years at building acoustics field.

This study does a parallel between the evolution of Brazilian dwellings architecture and the performance of front facades insulation, from the case study of Beira Mar Norte Avenue, contrasting with the growing level of urban noise and concludes that acoustic comfort inside of buildings is decreasing along the years. The case study façades were simulated on *Acoubat Sound* program to chronologically compare its insulation performance from what it was concluded that the Brazilian façades insulation isn't getting worse.

Key Words: Building Acoustics, Facades Acoustic Performance, Urban Noise, Acoustics Insulation, Sound Reduction.

**RESUMO
ABSTRACT**

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Problemática	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo geral	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Metodologia	5
1.4 Estrutura da Dissertação	6
Capítulo 2 – A EVOLUÇÃO RESIDENCIAL NO BRASIL E A EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA NA AVENIDA BEIRA MAR NORTE	8
2.1 Origem e Transformação da Casa	8
2.2 A Evolução da Edificação Multifamiliar no Brasil	11
2.2.1 Cortiços	12
2.2.2 Edifício de Concreto Armado	13
2.2.3 Consagração dos Edifícios de Apartamentos	17
2.2.4 Arquitetura do Século XX	18
2.3 Caso de Estudo – A Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis	20
2.3.1 Dados Geográficos	20
2.3.2 Surgimento da Avenida Beira Mar Norte	23
2.3.3 Avenida Beira Mar Norte: Verticalização x Legislação	25
2.4 Evolução dos Sistemas Construtivos das Vedações Verticais	27
Capítulo 3 – RUÍDO URBANO: EVOLUÇÃO E PREDIÇÃO TEÓRICA	30
3.1 Perturbações e Reclamações Sobre Ruído de Tráfego	30
3.2 Teoria e Predições Sobre Ruído de Tráfego	33
3.3 Emissão de Ruído de Tráfego em Vias com Edifícios de Alto Gabarito	37
3.4 O Ruído de Tráfego na Avenida Beira Mar Norte	38
Capítulo 4 - ISOLAMENTO SONORO DE FACHADAS	43
4.1 Índices de Desempenho de Isolamento de Fachadas	43
4.1.1 Índice de Redução Sonora (R)	44
4.1.2 Diferença de Nível (D)	45
4.2 Particularidades do Desempenho Acústico de Fachadas	48
4.2.1 Isolamento de Vãos Envidraçados	48
4.2.2 Influência do Balcão na Diferença de Nível Sonoro	49
4.3 Principais Normas de Isolamento Sonoro Aéreo.	53

Capítulo 5 - A FACHADA E O ISOLAMENTO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES DA AVENIDA BEIRA MAR NORTE	61
5.1 Método	61
5.2 Delimitação da Pesquisa	62
5.3 Simulação Através do Programa <i>Acoubat Sound</i>	69
Capítulo 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
6.1 Sugestões Para Trabalhos Futuros	78
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICES	88
1 Tabela de Dados da Amostra	88
2 Resultados de Simulações	102
INDICE DE GRÁFICOS	
Gráfico 1 – Área construída com alvará em Florianópolis.	2
Gráfico 5.1 – Número de edifícios residenciais multifamiliares de Florianópolis com alvará	63
Gráfico 5.2 – Distribuição numérica das edificações ao longo dos anos.	64
Gráfico 5.3 – Percentual de abertura nas fachadas ao longo dos anos.	68
Gráfico 5.4 – Altura do pé direito das edificações multifamiliares da Avenida Beira-Mar ao longo dos anos.	68
Gráfico 5.5 – Espessura das paredes da fachada frontal das edificações da Avenida Beira-Mar.	69
Gráfico 5.6 – Variação do coeficiente de redução sonora R_w dos edifícios residenciais multifamiliares da amostra selecionada.	72
Gráfico 5.7 – Coeficientes de redução sonora, R_w , dos edifícios residenciais multifamiliares da amostra e valores estimados de ruído urbano na região, L_{eq} .	74

INDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Lei Complementar da Câmara Municipal de Florianópolis no003/99.	32
Tabela 3.2 – Comparação entre níveis de pressão sonora medidos em alguns centros urbanos.	35
Tabela 3.3 – Comparação entre níveis de pressão sonora, medidos em vias com diferentes tipos de pavimentação.	37
Tabela 3.4 – Evolução do volume de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis.	40
Tabela 3.5 – Estimativa da evolução do ruído de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis através da equação 3.3.	42
Tabela 4.1 – Principais parâmetros para determinação do índice de redução sonora.	45
Tabela 4.2 – Principais normas internacionais sobre isolamento aéreo	54
Tabela 4.3 – Valores de índices de isolamento de elementos de fachada medidos em laboratório.	56
Tabela 4.4 – Valores de índices de isolamento de elementos brasileiros de fachada medidos em laboratório.	56
Tabela 4.5 – Valores mínimos para diferença de nível da vedação externa.	57
Tabela 4.6 – Valores mínimos para diferença de nível da vedação externa.	58
Tabela 4.7 – Valores de isolamento mínimo exigidos pela legislação internacional.	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – O homem primitivo protegendo-se da chuva, segundo Filarete.	8
Figura 2.2 – A cabana primitiva, segundo Oscar Niemeyer.	8
Figura 2.3 – Casas de estilo lusitano, centro histórico de Paraty.	9
Figura 2.4 – Sobrado 1830.	1
Figura 2.5 – Cortiço, superlotação e péssimas condições sanitárias: nº 47 da Rua Visconde do Rio Branco, Rio de Janeiro, 1906.	12
Figura 2.6 – Edificação mais alta à direita é o edifício A Noite, em 1930.	1
Figura 2.7 – Prédio Martinelli, edificação mais alta em primeiro plano, 1929.	1
Figura 2.8 – No centro da figura a edificação mais alta é o Empire State Building	16

Figura 2.9 – Residencial Portal do Morumbi, São Paulo.	2
Figura 2.10 – Foto aérea dos bairros Centro, Trindade e Pantanal da cidade de Florianópolis.	23
Figura 2.11 – Visão panorâmica da Avenida Beira Mar Norte	2
Figura 2.12 – Visão das pistas da Avenida Beira Mar Norte.	2
Figura 3.1 – Localização dos pontos de medição de volume de tráfego executadas pelo IPUF	39
Figura 3.2 – Evolução do volume de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis	41
Figura 3.5 – Evolução do ruído de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis através da equação 3.3.	42
Figura 4.1 – Parâmetros relevantes para a redução sonora da fachada	4
Figura 4.2 – Parâmetros relevantes da geometria da fachada para a diferença de nível	50
Figura 4.3 – Denominações para as diferentes geometrias das fachadas	5
Figura 4.4 – (a) Visão de balcão fechado por janela de correr (b) Corte da mesma sacada	53
Figura 4.5 – Comparação entre índices mínimos de R_w e D_{ntw} exigidos por normas internacionais	58
Figura 5.1 – Mapa da região estudada	6
Figura 5.2 – Edificação multifamiliar construída em 1968. Observa-se a presença de sacadas tímidas e esquadrias de correr.	65
Figura 5.3 – Edificação multifamiliar construída em 1984. Sacadas por toda a fachada, revestimento cerâmico e vidro fumê.	66
Figura 5.4 – Edificação multifamiliar construída em 1980. Concreto aparente como adorno das fachadas.	66
Figura 5.5 – Edificação multifamiliar construída em 1997. Esquadrias sem caixilho e vidro colorido verde.	67
Figura 5.6 – Edificação multifamiliar construída em 1972. Foi reformada nos anos 90 e recebeu fechamento da sacada.	67
Figura 5.8 – Método alternativo para simulação de índice de redução sonora de fachadas com geometria não plana.	70
Figura 5.9 – Tela de operação do programa ACOUBAT.	7
Figura 5.10 – Tela de resultados do programa ACOUBAT.	7

Os altos investimentos na área de construção civil e a evolução das técnicas e materiais construtivos não têm refletido na qualidade do conforto acústico das edificações no Brasil. Essa realidade é ainda mais preocupante para o caso dos edifícios residenciais multifamiliares, visto que é justamente ali onde o usuário espera encontrar maior grau de proteção e conforto. Esta dissertação trata de um relevante componente para a determinação do desempenho do isolamento acústico da edificação contra o ruído urbano, a fachada frontal.

1.1 PROBLEMÁTICA

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006), a população dos grandes centros urbanos cresce em progressão geométrica. Esse crescimento acelerado da população, somado à ineficácia do planejamento urbano, acarreta uma série de desequilíbrios nas cidades, que se reflete no congestionamento de rodovias e vias públicas, na violência urbana, na poluição do ar, sonora e visual, na insuficiência de transporte coletivo urbano, na valorização excessiva do solo e, conseqüentemente, na falta de moradia adequada para grande parte da população.

Devido à escassez de terrenos e à densidade demográfica nas grandes cidades, os edifícios multifamiliares se transformaram na principal tipologia habitacional. A título de ilustração, a concessão de pedidos de alvará em Florianópolis no ano de 2004 foi de 507.750,79 m² em área para residências, conforme apresentado no gráfico 1, produzido com dados fornecidos pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON, 2007). Do total, 343.342,695 m² foram para residências multifamiliares, ou seja, 67,62%. O ano de 2002 foi quando esse fenômeno de verticalização foi mais acentuado, com os pedidos de alvará para residências multifamiliares chegando a 75,68% do total, segundo a mesma fonte.

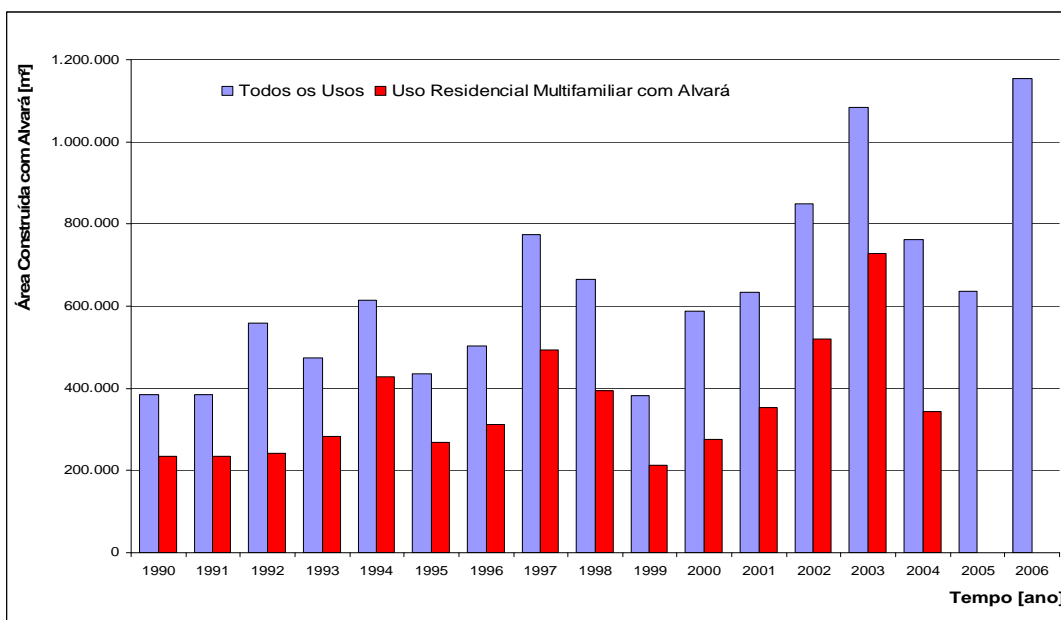


Gráfico 1 – Área construída com alvará em Florianópolis (SINDUSCON, 2007).

O crescimento dos centros urbanos tem pressionado a indústria da construção civil a tornar a moradia cada vez mais acessível à população em geral. Nesse sentido, faz-se necessário minimizar o tempo da obra e o custo da construção. Para isto, como afirma Gerretsen (2003), os materiais construtivos estão se tornando cada vez mais leves para facilitar a pré-fabricação da arquitetura. Paredes, fachadas, divisórias de ambientes e lajes de cobertura ficam cada vez menos espessos, acarretando maior transmissão sonora entre os ambientes, já que segundo a Lei da Massa a perda de transmissão é diretamente proporcional à densidade do elemento e à sua espessura, ou seja, quanto mais espessa e densa a divisória entre os meios, menor será a quantidade de energia sonora transmitida. O progresso, observado pelo ponto de vista da qualidade acústica das habitações, tem se oposto ao bem estar da população.

O aumento populacional nas cidades também fez crescer o número de veículos em circulação. Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2007), o número de veículos no Brasil praticamente dobrou em apenas treze anos, no período de 1990 a 2003. Esse crescimento é mais acelerado nas capitais dos estados e grandes municípios. O aumento de veículos

circulando nas cidades acarreta aumento da poluição sonora, visto que é o tráfego de veículos o maior emissor de ruído urbano.

Pimentel (2005a) aponta o ruído como um dos mais importantes causadores de distúrbios do sono, estresse e perturbação do ritmo biológico. Afirma ainda, que a exposição ao ruído provoca, direta ou indiretamente, aumento do risco de enfarte, derrame cerebral, infecções, osteoporose, alterações do humor, danos na memória, fadiga mental, dentre outros. E, não menos importante que tudo isso, é a falta de privacidade que gera enorme desconforto, além de agravar ainda mais a insatisfação, irritação e a violência no convívio social (PIMENTEL, 2005b).

Conforme Báring (1988), o ruído é um problema de saúde pública, sendo a terceira principal causa de poluição no mundo. Mas, como as seqüelas são lentas e gradativas, muitas vezes, não são associadas como principais causadoras dos efeitos acima citados.

Segundo Hammad (1983), o isolamento acústico é freqüentemente negligenciado no projeto, principalmente nos países de clima quente, onde fatores como proteção térmica, insolação e ventilação também precisam ser considerados.

O panorama descrito reflete o conflito das edificações brasileiras da atualidade. Enquanto o ruído urbano aumentou, o isolamento sonoro perdeu eficiência (DUARTE, 2005). Apesar disto, no Brasil não existe projeto para esclarecimento da população e conscientização da indústria da construção a respeito da importância do isolamento acústico da moradia brasileira. Também não se sabe o percentual de habitantes incomodados com o ruído em suas moradias.

Na Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis, FLORAM, responsável por prevenir e fiscalizar todas as formas de poluição na cidade, não disponibiliza banco de dados a respeito do número de reclamações do ruído nas habitações residenciais. Então, apesar do nível de ruído estar aumentando cada vez mais em função da grande concentração de atividades e pessoas nos centros

urbanos, não está havendo preocupação adicional com o isolamento sonoro das edificações, permitindo que os usuários venham a sofrer os todos os efeitos e problemas causados pela exposição a níveis elevados de ruído.

O futuro próximo ameaça o conforto acústico, trazendo cada vez mais fontes sonoras para perto das habitações, enquanto a indústria da construção civil não está aumentando o isolamento das vedações, em contraste com o evidente desejo de tranquilidade em casa e no trabalho.

Tendo em vista que a tendência da arquitetura brasileira é se apresentar com maiores aberturas, com fechamentos cada vez mais leves, a hipótese da pesquisa é que haveria um decréscimo da qualidade do isolamento sonoro das fachadas nas residências brasileiras ao longo da história, que teria se agravado quando foi adotada a tipologia do edifício multifamiliar em escala nacional.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a evolução do isolamento das fachadas frontais de edificações multifamiliares residenciais ao longo do tempo, comparando-se o índice de redução sonora das edificações dos diferentes períodos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar se houve alteração na tipologia das fachadas frontais ou nos elementos e características construtivas que às compõem e verificar se influenciaram na qualidade do isolamento sonoro aéreo das habitações multifamiliares residenciais;
- Quantificar o isolamento acústico das fachadas, através do número único do índice de redução sonora das edificações residenciais multifamiliares da Avenida Beira Mar Norte;
- Confrontar a variação do isolamento das fachadas ao longo do tempo com a evolução do ruído urbano na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis para o mesmo período.

1.3. METODOLOGIA

Para o estudo das edificações residenciais brasileiras com ênfase na qualidade do isolamento sonoro de suas fachadas, foram realizadas as seguintes etapas:

Pesquisa sobre a história da habitação e da construção civil no Brasil, com destaque para o século XX, onde se iniciou o processo de verticalização da moradia; levantamento do estado da arte na área de acústica das edificações no Brasil e no mundo; estruturação da teoria de isolamento sonoro, aplicada à área de estudo; levantamento do estado da arte para predição de ruído urbano; revisão sobre as perturbações e efeitos causados pela exposição do homem ao ruído excessivo. Ainda, foram levantadas as normas nacionais e internacionais sobre ruído urbano, bem como as de isolamento sonoro aéreo de fachadas de edificações.

A partir da delimitação geográfica da pesquisa, foi feito o levantamento de todas as edificações atualmente existentes na Avenida Beira Mar Norte, baseado nos registros oficiais do município. Criou-se, ainda, um banco de imagens desses edifícios.

Com as informações do arquivo municipal, constatações *in loco*, e informações fornecidas pelas construtoras ou administradoras de condomínios, elaborou-se um quadro comparativo das principais características levantadas das edificações.

Foram entrevistados técnicos do Instituto de Planejamento Urbano municipal para identificar os dados oficiais de volume de tráfego nas diversas datas em estudo, que possibilitaram estimar o crescimento do ruído urbano.

Com o cruzamento dos dados obtidos na coleta e a identificação da evolução da técnica e matérias de construção civil, identificaram-se os fatores que influenciaram nas alterações da tipologia das fachadas das edificações, sejam eles: alterações na legislação vigente da época ou fatores econômicos do país, por exemplo. Em seguida, selecionou-se uma edificação por tipologia predominante para cada período de tempo a ser estudado.

Entre os dados pesquisados de cada edificação, os mais relevantes foram:

- Ano de aprovação dos projetos;
- Evolução da relação abertura e vedação nas fachadas frontais;
- Gabarito das edificações;
- Espessura de parede das fachadas;
- Materiais componentes das vedações;
- Tipo de esquadrias;
- Geometria das fachadas, por exemplo, presença ou não de balcões.

Deste ponto foi definida a ferramenta de cálculo para quantificar o índice de redução sonora das fachadas dos edifícios multifamiliares, adotando-se o programa *Acoubat Sound*, que permite a simulação computacional do desempenho da fachada através da inserção de dados dos diversos elementos que a compõe.

As características levantadas, através das plantas dos edifícios e das visitas *in loco*, foram inseridas como dados de entrada para a simulação computacional do desempenho do isolamento da fachada.

Os resultados obtidos através da simulação foram comparados e analisados em ordem cronológica permitindo-se, dessa forma, observar-se o comportamento histórico de um importante parâmetro de conforto acústico no desempenho das fachadas.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação é composta por seis capítulos. Na seqüência deste, o capítulo 2 apresenta a evolução das construções residenciais no Brasil a partir do aparecimento dos cortiços e sobrados, identificando-se os principais elementos das fachadas que podem interferir na qualidade do isolamento sonoro nas unidades habitacionais.

O capítulo 3 trata do ruído urbano e sua consequência. Traz constatações a respeito do desenvolvimento dos meios de transporte no Brasil e nele são desenvolvidos os cálculos estimativos do ruído urbano para a área de estudo, através dos dados do volume de tráfego.

No capítulo 4 estão as principais formulações analíticas sobre isolamento sonoro e desempenho acústico de fachadas e as normas específicas internacionais são comparadas com as nacionais.

No capítulo 5 é feita a predição teórica do isolamento sonoro para as fachadas selecionadas, através de simulação, e é apresentada a discussão dos resultados.

Como conclusão, no capítulo 6 deste trabalho são expostas propostas para outras futuras investigações sobre o tema.

Por fim, nos apêndices estão os registros dos dados obtidos através das pesquisas de campo e análise das plantas bem como os resultados do isolamento sonoro das fachadas de cada edificação estudada, obtido na simulação computacional.

**A EVOLUÇÃO RESIDENCIAL NO BRASIL E A EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA
NA AVENIDA BEIRA MAR NORTE**

Neste capítulo é feito um levantamento qualitativo sobre a história da habitação no Brasil com suas principais características a partir do início do processo de verticalização. É discutida a evolução da arquitetura na Avenida Beira Mar Norte, através do estudo das alterações dos códigos de obras e leis municipais, além das ocorrências históricas significativas em seu processo de ocupação.

2.1. ORIGEM E TRANSFORMAÇÃO DA CASA

Desde o seu surgimento, o homem sempre buscou refúgio contra predadores e intempéries, desejo esse retratado na figura 2.1, de Filarete. Esse desejo evoluiu com a civilização até o conceito atual de moradia. Existem diversas especulações a respeito das primeiras habitações, como o croqui de Oscar Niemeyer apresentado na figura 2.2.



Figura 2.1 – O homem primitivo se protegendo da chuva, segundo Filarete(MIGUEL, 2002).



Figura 2.2 – A Cabana Primitiva, segundo Oscar Niemeyer (MIGUEL, 2002).

Quando o homem começou a domesticar animais e estocar alimentos foram construídas as primeiras casas permanentes, fundaram-se as primeiras aldeias e, então, as primeiras civilizações.

Por se tratar de pesquisa da qualidade da arquitetura da habitação no Brasil, neste ponto avançaremos na história para o ponto em que os colonizadores chegaram ao país, promovendo grande choque cultural com as civilizações primitivas que aqui habitavam.

A partir da chegada dos colonizadores europeus no Brasil no século XVI, começaram a se estabelecer os primeiros núcleos urbanos brasileiros. As primeiras moradias usavam praticamente a mesma técnica construtiva e repetiam o estilo lusitano (LEMOS, 1996).

Os processos construtivos mais característicos da construção civil à época eram: paredes feitas de pau-a-pique, adobe ou taipa ou pilão, conforme estudo de Duarte (2005). As casas urbanas eram térreas ou sobrados de no máximo seis andares. Eram compridas, geminadas, construídas sobre os alinhamentos das ruas e os limites laterais do terreno ocupando todo o limite do lote. Não havia áreas livres nem jardins, que foram introduzidos somente no séc. XIX (LEMOS, 1996). A largura dos lotes era, em sua maioria, de 10 m de frente. As ruas não eram calçadas nem possuíam passeio, o conjunto de prédios definia a espaciabilidade das vias públicas conforme pode ser observado na figura 2.3.



Figura 2.3 – Casas de estilo lusitano, centro histórico de Paraty.
(Foto do autor).

No século XIX, com a transferência da corte de Lisboa para o Rio, a criação da Academia Imperial de Belas Artes do Rio de Janeiro e a influência da Revolução Industrial, novos elementos construtivos foram agregados às edificações brasileiras. Do ponto de vista da qualidade acústica das edificações, algumas características eram significativas, tais como: Paredes grossas com espessura média de sessenta centímetros; Óculos ou seteiras com gradis de ferro sob as janelas dos salões; Bandeiras de vidro e outras portas se inserem na fachada, conforme se verifica na fachada do sobrado na figura 2.4.

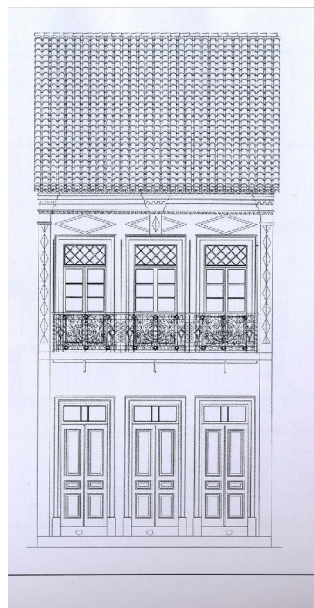


Figura 2.4 – Sobrado 1830, (BROOS, 2002).

O Eclétismo predominou entre os anos 1850 a 1900. A abertura dos portos permitiu a entrada de equipamentos que colaboraram na alteração dos materiais utilizados nas casas nas cidades brasileiras. Dentre eles, destaca-se o vidro que, por ter se tornado mais acessível economicamente, logo substituiu as pesadas janelas de madeira que, em dias de chuva ou vento forte, escureciam o interior das residências. Surgiram os elementos de iluminação artificial, desde os modernos lampiões de mecha circular às lâmpadas incandescentes, o que contribuiu para a mudança de hábitos dos moradores, refletindo na transformação da planta interna das habitações. Foi criada a clássica divisão da casa brasileira

em sala de visitas e sala de jantar, com a rígida separação dos quartos e varandas (LEMOS, 1996).

A abolição da escravatura e a proclamação da república também marcaram a configuração da casa brasileira. Os espaços foram reduzidos por não existir mais o trabalho escravo. A mulher passou então a executar tarefas antes destinadas aos escravos como limpar a casa, lavar a louça, cozinhar e cuidar do lixo (VERÍSSIMO e BITTAR, 1999).

Entre os anos de 1850 a 1900, os fatos que mais influenciaram o período foram: o surgimento do trabalho remunerado com a vinda de imigrantes europeus, o aumento das exportações do café, a facilidade de importação com a abertura dos portos, a presença da máquina a vapor e das linhas férreas. As alterações mais significativas das fachadas nesse período proporcionadas pelo aperfeiçoamento das técnicas construtivas foram: os porões altos para acomodação de criados, paredes de tijolos com largura exagerada, cerca de 60 centímetros, o uso freqüente de madeira em esquadrias que eram do tipo do "palmo em quadro", com vidraças externas e bandeiras fixas, o pé direito de cinco metros, o aparecimento de casas suburbanas com afastamento dos vizinhos e jardins. Na maioria das vezes, esses afastamentos eram apenas de um lado do terreno, do outro, caso existisse, era o menor possível (REIS FILHO, 1987). Ainda nesse período surgiram os transportes coletivos e a maior parte dos veículos em circulação possuía tração animal.

Com as exigências do Código de Posturas de 1886 da cidade de São Paulo, cuja importância é destacada por Lemos (1999b), todos os cômodos passaram a ter aberturas, como janelas, para aumentar as condições de salubridade.

2.2 A EVOLUÇÃO DA EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NO BRASIL

No final do século XIX, com a diminuição do trabalho escravo e a imigração de europeus para o país, a qualidade técnica das construções melhorou e o modelo de casa colonial foi sumindo aos poucos.

Havia água potável encanada, gás e energia elétrica nas residências, mas as tubulações, como grande parte dos elementos construtivos, de acabamento e de decoração, vinham da Europa e tinham alto custo (LEMOS, 1999b).

Houve uma separação entre os locais de trabalho e de residência e maior concentração da população em cidades maiores (Mumford, 1998). Os velhos sobrados deram lugar a prédios de alguns andares com paredes estruturais de tijolos. As janelas exibiam vidros ornamentados e tinham folhas cegas de madeira ou venezianas.

2.2.1. Cortiços (1900-1920)

O cortiço surgiu a partir do conceito de senzala. Como se observa na figura 2.5, era uma construção com diversas casas enfileiradas de mesmo padrão. Sua configuração mais comum era de duas fileiras de quartos separados por um corredor central com comprimento entre dois e quatro metros com dois ou três banheiros ao fundo, equipados com tanques para lavar roupas. Vários proprietários mantiveram seus cortiços por longo período, até o fim da década de 60, por ser bom investimento.



Figura 2.5 – Cortiço, superlotação e péssimas condições sanitárias: número 47 da Rua Visconde do Rio Branco, Rio de Janeiro, 1906 (KOK,2005).

As casas operárias surgiram dos cortiços e tinham, no mínimo, três cômodos, sala, quarto, cozinha, sendo o banheiro no quintal. Eram o que hoje se denomina como casa popular. Devido às vantagens de manter seus empregados perto do trabalho, os industriais criaram quarteirões inteiros, próximos às fábricas, com casas destinadas a abrigar os seus funcionários as chamadas vilas operárias (LEMOS, 1996).

A Primeira Guerra Mundial, em 1914, teve grande influência na arquitetura residencial brasileira. Lemos (1996) destaca que, durante o período de guerra, houve a paralisação quase que total das construções, o que colaborou na mudança mais radical dos estilos arquitetônicos. Pode-se dizer que houve um bloqueio, um esquecimento do ecletismo nesse tempo.

2.2.2. Edifício de Concreto Armado (1920-1940)

Com o ecletismo em declínio, surge o movimento neocolonial, que permaneceu até meados dos anos 50. Foi um resgate das raízes da casa brasileira, visto que a casa moderna naquela época ainda causava espanto.

Entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, a arquitetura urbana brasileira sofreu muitas transformações, correspondendo ao início do desenvolvimento industrial.

Vargas (1994) aponta o professor Francisco de Paula Ramos de Azevedo, da Escola Politécnica em São Paulo, como o precursor de todo o processo de organização na construção civil em 1886. São de autoria do professor o Teatro Municipal de São Paulo e várias mansões de alvenaria de tijolos. Em 1922, o professor Ramos de Azevedo foi o pioneiro em construir importantes estruturas de aço.

Nesse período o desenvolvimento da técnica de construção propiciou a liberdade de criação e diversos arquitetos começaram a se superar em projetos revolucionários. Emílio Baugart projetou o primeiro edifício de concreto armado em todo o mundo, o edifício A Noite em 1928, no Rio de Janeiro. A figura 2.6 abaixo mostra uma fotografia do prédio e seu entorno, no ano de 1930.



Figura 2.6 – Edificação mais alta à direita é o edifício A Noite, em 1930 (INPI, 2007).

Além do edifício A Noite, merece destaque o Prédio Martinelli que marcou o início do movimento de verticalização na cidade de São Paulo (VARGAS, 1994). Construído totalmente em concreto armado, entre 1925 e 1929, na Avenida São João, em São Paulo. Apesar dos entraves na prefeitura, o edifício, mostrado na figura 2.7, chegou a 24 andares.



Figura 2.7 – Prédio Martinelli, edificação mais alta em primeiro plano, 1929 (PROJETO SÃO PAULO 450 ANOS, 2007).

O Martinelli mede 130 metros de altura. Na época de sua construção abrigava salões, apartamentos, restaurantes, cassinos, *night clubs*, cinema, barbearias, lojas, igreja e o Hotel São Bento. Para comprovar a segurança do edifício, o proprietário, Giuseppe Martinelli, instalou-se na cobertura.

Como afirmam Veríssimo e Bittar (1999), a década de 20 foi um período de radicalismo, aguçamento de tensões políticas, conflitos ideológicos, busca de raízes e identidades. Foi quando as prefeituras formularam novas exigências e foram estabelecidos os recuos de frente e laterais.

Tendo, ainda, como referência as cidades européias, iniciou-se um processo de grandes intervenções nos traçados das cidades com o desenho de avenidas e bulevares. Além disso, modernos planos de saneamento básico foram implantados.

No final dos anos vinte, com objetivo inicial de abrigar escritórios ou comércio, chega ao Brasil uma novidade que teve origem nos Estados Unidos, o *sky-scrafer* – o arranha-céu, (VARGAS, 1994).

A figura 2.8 retrata um dos mais famosos arranha céus, o *Empire State Building*, inaugurado em 1931. Situado na Quinta Avenida na ilha de Manhattan, Nova York, foi a mais alta construção do mundo até 1954, possuindo 85 andares distribuídos em 381 metros de altura e, ainda, uma haste metálica de 200 pés, projetada inicialmente para amarração de dirigíveis.

Não demorou muito para que fossem construídos os primeiros arranha-céus em São Paulo e no Rio de Janeiro. O edifício de apartamentos se torna uma boa opção de investimento para a classe média, sendo logo associado à idéia de progresso.

Com a pressão da supervalorização dos imóveis, os edifícios também são construídos nos bairros populares, só que com menor gabarito. As plantas dessas unidades não eram muito diferentes das casas da época. Eram plantas residenciais como as das térreas, só que sobrepostas, porém com mesmo programa, organização espacial e postura.

Na década de 30 o eletrodoméstico começa a participar da rotina das casas da classe média. O ferro de passar foi o primeiro, seguido dos refrigeradores elétricos, aspiradores de pó e enceradeiras. O rádio, acoplado às vitrolas de 78 rotações, logo substituiu o som dos instrumentos musicais. Esta nova presença colaborou para diminuir o número de ambientes da antiga casa colonial bem como o tamanho das áreas de serviço e da cozinha (LEMOS, 1999a).



Figura 2.8 – No centro da figura a edificação mais alta é o Empire State Building (ENCYCLOPEDIA BRITANNICA, 2007).

Apesar das resistências, o modernismo chegou à arquitetura brasileira nas décadas de 30 e 40, apresentando uma imensidão de soluções estilísticas e técnico-construtivas (REIS FILHO, 1987).

Além dos arranha céus, apareceram os grandes bairros proletários, os prédios de apartamento e um rápido desenvolvimento dos meios de transporte, com carros, caminhões e ônibus.

Entre os anos de 1914 a 1940, os edifícios multifamiliares possuíam aparência de uma estrutura maciça de concreto e suas principais características eram: frisos e gesso sob as lajes, janelas com venezianas ou vidraças de

guilhotina, estruturas metálicas ou de concreto e pés direitos elevados, exceto quando havia aproveitamento do pé direito para construção de outro ambiente (sobreloja).

2.2.3. Consagração dos Edifícios de Apartamentos

Com a Segunda Guerra e a Semana da Arte Moderna ocorre grande avanço técnico e econômico, iniciando-se um período de grande desenvolvimento e urbanização no Brasil, cujo destaque da época é a construção do Ministério da Educação no Rio de Janeiro. O período estende-se até 1960, com a construção de Brasília.

Após a Segunda Guerra, a influência norte-americana é intensa, com a imposição do *american-way-of-life*. Há uma supervalorização do novo, das tecnologias e diversos equipamentos invadem as casas dos brasileiros.

O automóvel, símbolo de modernidade e liberdade, torna-se o principal desejo dos brasileiros, pois possuir carro significava status. A garagem, então, fica no lugar mais exposto da casa, tomando o lugar da varanda.

A década de 50 é de grande euforia no país em diversas áreas, no futebol, na música, com a Bossa Nova, no cinema, com a Palma de Ouro em Cannes, e na arquitetura, com notáveis obras, como a de Brasília.

Nessa década a televisão se popularizou e a rotina das famílias muda. A sala de estar se fundi com a de jantar e aparece a sala de televisão, onde a família permanece por longo tempo (LEMOS, 1996).

A planta interna das casas modernas era o que Lemos (1996) chama de uma espécie de “proletarização” do programa das superposições. Ou seja, a idéia de planta livre provocou um acúmulo consciente de funções, algo que até aquele momento não era aceitável.

Os prédios de apartamentos proliferaram no final da década de 40, respondendo à urgente demanda por casa própria de valor acessível e próxima ao local de trabalho. Surge o apartamento mínimo, com cozinha, sala-quarto e banheiro, a então chamada *kitchenette*. Em seguida, começam a surgir outras

opções de escolha, com apartamentos de dois a cinco dormitórios. Há edifícios para todos os gostos, tamanhos e modelos, tornando-se o principal modelo de habitação para todas as classes sociais.

A partir de 1960, bairros antes tranqüilos e arborizados, adquirem movimento intenso, modificando-se completamente. Características marcantes desse período são as estruturas de concreto, as lajes de piso e cobertura em concreto, as paredes de vedação de tijolos, com aproximadamente 15 centímetros de espessura, a planta livre, a variação nos níveis de pé-direito, as áreas livres no térreo e as grandes aberturas envidraçadas.

2.2.4. Arquitetura do século XX

O fim da euforia com o movimento moderno acontece no início da década de 70, principalmente nas regiões menos desenvolvidas, onde era mais evidente a situação pela qual passava o país, com a crise capitalista em razão da valorização do petróleo e do dólar.

O crescimento das distâncias e a deficiência do transporte coletivo supervalorizam o automóvel e muitas famílias passam a ter mais de um carro. Em decorrência, o tráfego de automóveis aumenta consideravelmente e surge mais uma dificuldade, a falta de estacionamentos. A garagem não é mais status e sim um espaço essencial à residência e à cidade. As prefeituras começam a criar normas, relacionando a quantidade de quartos ao número de vagas oferecidas às unidades. Nos edifícios, andares inteiros são separados exclusivamente para estacionamento dos carros dos usuários ou moradores (LEMOS, 1996).

Nos anos 80 inicia-se o uso doméstico do microcomputador. Essa ferramenta muda a rotina do homem urbano, marcando a volta do trabalho para o ambiente residencial (Duarte, 2005).

Segundo dados do IBGE (2006), a televisão se faz presente em vários ambientes da casa, inclusive nos quartos, e o microcomputador contribui para um maior isolamento e individualização dos membros da família.

Nos anos 90, nos grandes centros urbanos, existe a total inadequação dos sistemas de transporte, em razão da saturação da malha viária, evidenciada pela ocorrência diária de congestionamentos de veículos e pela superlotação dos transportes coletivos. As grandes cidades apresentam diversas formas de poluição, seja do ar, das águas, sonora e visual. A corrupção das instituições, a desigualdade social e a disseminação do tráfico de drogas aumentaram a violência urbana, gerando desconforto e insegurança e provocando uma nova epidemia, o *stress*. Segundo Azevedo (1989), “*o homem desta era tecnológica tinha que ser feliz, no entanto, este homem é um angustiado, um neurótico, um agressivo, um torturado. É um homem poluído*”.

A crescente busca pela privacidade, segurança e sossego, motiva os moradores a equipar a casa de forma mais completa possível. A presença de aparelhos como o *home theater*, aparelhos de vídeo cassete, DVD, o desenvolvimento e a popularização da comunicação através da internet e o aparecimento dos serviços de entrega em domicílio tornam possível aos moradores a permanência prolongada em casa.

Segundo Caldeira (2000), o primeiro condomínio fechado no Brasil foi o Ilha do Sul, construído em 1973, na zona oeste de São Paulo. No Morumbi, zona sudoeste da cidade, concentra-se a maioria dos lançamentos dessa tipologia nos anos 80, como o Portal do Morumbi, mostrado na figura 2.9. Com 46.000 m² de área construída, possui sistema de segurança próprio, pista de corrida, academias, salas de cinema, equipes de animação infantil, piscinas, áreas de lazer com *playground*, quadras poli-esportivas, churrasqueiras, salão de festas, pequenas lojas e restaurante.

O crescimento das cidades provocou a mudança, inclusive, no valor da propriedade. Hoje, residências localizadas em bairros ou condomínios mais afastados dos centros urbanos, protegidos da poluição e da violência, são mais valorizadas que apartamentos nos edifícios mais centrais.

O último século foi marcado pelo ritmo acelerado de mudanças e descobertas, que ainda estão se refletindo no comportamento da sociedade nos dias de hoje.



Figura 2.9 – Condomínio Residencial Portal do Morumbi, no bairro Morumbi, São Paulo (SOLUBRAS, 2006).

2.3. CASO DE ESTUDO – A AV. BEIRA MAR NORTE EM FLORIANÓPOLIS

Nesta pesquisa, o caso de estudo foi a cidade de Florianópolis que é a capital do Estado de Santa Catarina no sul do Brasil, que foi considerada a capital do Brasil com melhor qualidade de vida (VEJA, 1999) a cidade detém o segundo maior índice de desenvolvimento humano entre todas as mais de 5.000 cidades do país e a avenida selecionada é um importante eixo residencial com o metro quadrado mais caro da cidade, onde, por este motivo, as edificações deveriam apresentar melhores condições de conforto.

2.3.1. Dados Geográficos

Florianópolis é composta por uma ilha e por uma parte continental. Sua população, segundo a pesquisa de 2006 do IBGE, é de 406.564 habitantes e em sua área metropolitana vivem mais de 821.423 habitantes.

No início do século XVI, embarcações que se dirigiam à Baía do Prata aportavam na Ilha de Santa Catarina para abastecerem-se com água e víveres. Entretanto, somente por volta de 1675 é que Francisco Dias Velho, junto com sua família e agregados, dá início à povoação da ilha, fundando Nossa Senhora do Desterro. A partir daí, intensifica-se o fluxo de paulistas, que passam a ocupar vários outros pontos do litoral. Em 1726, Nossa Senhora do Desterro é elevada à categoria de vila.

A ilha de Santa Catarina, por sua invejável posição estratégica como vanguarda dos domínios portugueses no Brasil meridional, passa a ser ocupada militarmente a partir de 1737, quando são erguidas fortalezas necessárias à defesa de seu território. A partir daí, há o desenvolvimento da agricultura e da indústria manufatureira de algodão e linho, permanecendo, ainda hoje, resquícios desse passado, visíveis na confecção artesanal da farinha de mandioca e das rendas de bilro presentes na região.

No século XIX, Desterro é elevada à categoria de cidade, tornando-se capital da província de Santa Catarina em 1823, e inaugurando um período de prosperidade e de investimentos de recursos federais. Houve a melhoria do porto e a construção de edifícios públicos, entre outras obras urbanas, e a modernização política e a organização de atividades culturais, marcando, inclusive, os preparativos para a recepção ao Imperador D. Pedro II (1845).

Com o advento da República (1889), as resistências locais ao novo governo provocam o distanciamento do governo central e a diminuição dos investimentos. A vitória das forças comandadas pelo Marechal Floriano Peixoto determinou, em 1894, a mudança do nome da cidade para Florianópolis, em homenagem ao oficial.

A cidade, ao entrar no século XX, passou por profundas transformações, sendo a construção civil um de seus principais suportes econômicos. À implantação de redes básicas de energia elétrica e do sistema de fornecimento de água e captação de esgotos somou-se a construção da Ponte Governador Hercílio Luz, marcos do processo de desenvolvimento urbano.

A população de Florianópolis foi a que mais cresceu entre as três capitais do Sul na última década, motivada pela migração do Sudeste, foi de 2.000 para 2.006 habitantes, aumento de quase 19%, segundo os dados do IBGE. Curitiba cresceu 12,7% no período, e Porto Alegre, 6%. O preço do metro quadrado, medido pelo custo unitário básico (CUB) já é um dos dez maiores do país - R\$ 890,14 em janeiro de 2007. Além disso, Florianópolis já tem uma das maiores taxas de frota de carros per capita: um carro para cada 1,9 morador (JURGENFELD, 2007).

2.3.2. Surgimento da Avenida Beira Mar Norte

Florianópolis tem sua economia alicerçada nas atividades de comércio, prestação de serviços públicos, indústria de transformação e turismo. Recentemente, a indústria do vestuário e a informática vêm se tornando, também, setores de grande desenvolvimento.

Com a aprovação da lei de criação da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, em 1960, e o início da Faculdade de Engenharia, em 1962, foi necessária a abertura de uma moderna via de ligação entre o centro da cidade e o bairro Trindade (CORRÊA, 2005).

Em 1976 as Centrais Elétricas do Sul do Brasil, a Eletrosul, empresa estatal, se instalou em Florianópolis no bairro Pantanal, próximo à UFSC. A Eletrosul trouxe para a cidade mais de 2.000 engenheiros e suas famílias.

Na década de 70 houve a abertura da rodovia federal BR 101. Segundo Corrêa (2005), entre 1950 a 1960, a população florianopolitana cresceu de 48.264 pessoas para 72.889, um crescimento de 53,09%, o que pressionou o desenvolvimento da construção civil. Edifícios passaram de oito para doze ou mais pavimentos.

O Governador Celso Ramos planejou executar a Avenida Beira Mar Norte, uma via de trânsito rápido para melhorar o trajeto dos veículos que partiam da região central em direção à Trindade e ao Pantanal, uma alternativa ao antigo caminho da Agrônômica que contornava o Morro do Antão, esse antigo percurso pode ser visualizado na figura 2.10 em vermelho (CORRÊA, 2005).

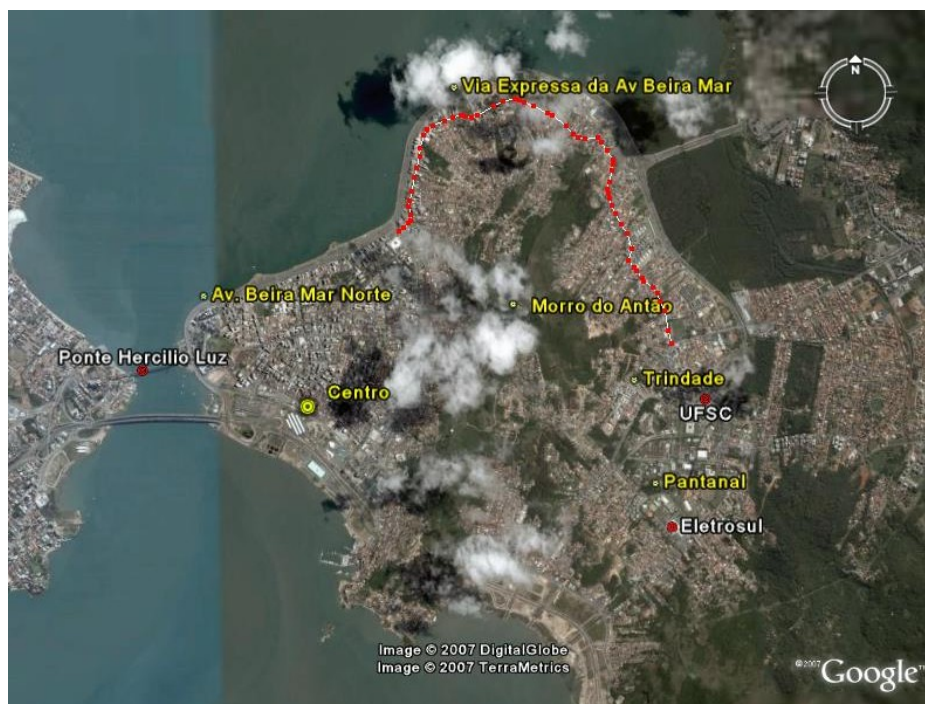


Figura 2.10 – Foto aérea dos bairros Centro, Trindade e Pantanal da cidade de Florianópolis (GOOGLE EARTH, 2007).

A avenida atraiu grandes edifícios de apartamentos, como mostra a figura 2.11, constituindo-se na área mais nobre da cidade até os dias de hoje.



Figura 2.11 – Visão panorâmica da Avenida Beira Mar Norte (GOOGLE EARTH, 2007).

Em 1977 foi inaugurada a via expressa da Avenida Beira Mar, com três pistas em cada sentido, retratada na figura 2.12. Criada com objetivo de viabilizar

a circulação de veículos entre o centro da cidade e o bairro Pantanal (MEDEIROS, 2007).



Figura 2.12 – Visão das pistas da avenida Beira-Mar (COUTINHO, 2007).

2.3.3. Avenida Beira Mar Norte: Verticalização x Legislação

Esta parte da dissertação tem por objetivo a compreensão de como se deu o processo de verticalização nessa parte da cidade a partir do entendimento da evolução da legislação urbana vigente.

Ramirez (1997) afirma que:

“ (...) verticalizar significa criar novos solos, sobrepostos, lugares de vida dispostos em andares múltiplos, possibilitando, pois, o abrigo, em local determinado, de maiores contingentes populacionais do que seria possível admitir em habitações horizontais e, por conseguinte valorizar e revalorizar estas áreas urbanas pelo aumento potencial de aproveitamento”

O Estado possui o poder político e a responsabilidade legal de criar e regulamentar as leis, e para isto possui mecanismos como: a) direito de desapropriação e precedência na compra de terras; b) regulamentação do uso do solo; c) controle e limitação dos preços de terras; d) limitação da superfície da

terra de que cada um pode se apropriar; e) impostos fundiários e imobiliários que podem variar segundo a dimensão do imóvel, uso da terra e localização; f) taxação de terrenos livres, levando a uma utilização mais completa do espaço urbano; mobilização de reservas fundiárias públicas, afetando o preço da terra e orientando espacialmente a ocupação do espaço; h) investimento público na produção do espaço, através de obras de drenagem, desmontes, aterros e implantação da infra-estrutura; i) organização de mecanismos de crédito à habitação; j) pesquisas, operações-teste sobre materiais e procedimentos de construção, bem como o controle de produção e do mercado desse material (CORRÊA, 1999).

Verificou-se assim a presença do Estado como regulador, pois a legislação urbanística teve papel fundamental na configuração do espaço. Por isso, analisou-se os aspectos da legislação, ferramenta de controle da construção de empreendimentos verticais, verificando os parâmetros de ocupação do solo.

As primeiras normas vigentes foram as regulamentações urbanas instituídas pela Coroa Portuguesa em 1747, as chamadas Provisões Régias, que definiam as regras urbanísticas dos territórios conquistados, que no nosso caso, originaram a Praça XV, com as atuais dimensões, a Casa de Câmara e Cadeia, ao lado do Correio, a Igreja no topo da praça, atual Catedral Metropolitana, e o Palácio do Governo, atual Museu Cruz e Souza.

O primeiro Código Municipal de Florianópolis foi instituído pela lei nº. 246 de 1955 e sancionada pelo Prefeito Osmar Cunha. O código estabelecia normas urbanísticas, edilícias, de parcelamento do solo, posturas e tributárias, dentre outras.

Antes de 1955, segundo informações do Professor Nereu do Valle Pereira vereador à época e redator da lei nº. 246 de 1955, haviam leis específicas de posturas, de obras, tributárias, dentre outras, que foram compiladas e consubstanciadas no Código Municipal de Florianópolis, regulamentado por esta lei.

Na lei n.º. 246, artigo 312, que normatiza o uso de elevadores, fica estabelecido o número máximo oito de pavimentos quando se tem apenas um elevador. E no artigo 313 vem expresso que “Para os edifícios com mais de oito pavimentos, é obrigatória a instalação de dois elevadores no mínimo”. Logo, podemos concluir que, já nessa época era permitido construir edifícios com doze pavimentos na cidade.

No Código de Obras, instituído pela lei n.º. 1246 de 1974, os artigos de 235 a 237, definem os prismas de ventilação e iluminação para as edificações até doze pavimentos. Estas regras efetivamente influenciaram a definição das fachadas dos prédios na Avenida Beira-Mar e área central de Florianópolis. Esta lei foi totalmente revogada pela lei n.º. 060/2000 (Código de Obras em vigor).

Com a edição da lei n.º. 1440 de 1976, novas regras de densidade foram estabelecidas para a região da Avenida Beira Mar Norte, a saber:

- a) Faixa de densidade de 100/250 hab/ha, com Taxa de Ocupação de 30% para 12 pavimentos;
- b) Faixa de densidade de 250/500 hab/ha, com Taxa de Ocupação de 46% para 12 pavimentos.

Estas taxas de ocupação diferenciadas resultaram em novos movimentos de fachadas diferentes das que vinham sendo adotadas com base no Plano Diretor anterior. Observar exemplo dos Edifícios Zahia, Dias Velho, Meridional, Cecontur e outros.

Em 1980 foi editada a Lei 1715, de 15 de abril de 1980, estabelecendo afastamento frontal proporcional à largura de cada logradouro, de forma a garantir um ângulo de 70º de insolação nas fachadas, a partir dos últimos pavimentos, resultando em corte inclinado no plano da Fachada Frontal. Esta mesma regra continua sendo adotada na lei n.º. 2193/85 e na lei complementar n.º. 001/97, respectivamente Planos Diretores dos Balneários e Distrito Sede.

A lei n.º. 3338 foi editada em 1989, e criou novas regras de afastamento conjugadas com a transferência de índice e a permissão de 02 pavimentos -

garagens ocupando até 80% de taxa de ocupação. “O afastamento mínimo para edificações com mais de dois pavimentos e fachadas com até 40m de comprimento deverão manter afastamentos laterais e de fundos em medida não inferior a 1/6 da altura máxima da edificação...” (lei nº. 3338/89).

A lei complementar nº. 001 de 1997 manteve as regras de afastamentos frontais da lei nº. 3338/89, mas, foi agregado à transferência de índice, incremento de até 03 pavimentos além do gabarito de 12 para edificações residenciais. Além disso, foi dado incentivo à hotelaria com a permissão de 18 pavimentos-tipo para hotéis em todo o triângulo central, que somados aos pavimentos-garagem e áticos, possibilita um gabarito real de 21 pavimentos;

Segundo o arquiteto do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis José Rodrigues da Rocha (2007), o escalonamento de afastamentos descrito no item anterior decorria da necessidade de melhorar as condições de habitabilidade das edificações com vista à melhor salubridade.

“... Nas condições geográficas e climáticas da cidade de Florianópolis, para se garantir uma hora de insolação direta no interior das dependências de longa permanência (exigência das Organizações Mundiais de Saúde/ONU) foi estabelecido o afastamento mínimo de 1/5 da altura, que tende a permanecer no novo plano diretor em discussão...”.

O atual Código de Obras e Edificações, lei nº. 060 de 2000, em sua seção XIV determina que, para ambientes classificados como tipo “A”, que são os compartimentos destinados a uso residencial como dormitórios e salas de estar, a soma das áreas dos vãos de iluminação e ventilação dos compartimentos deverá corresponder à no mínimo um sexto da área total do compartimento.

2.4. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DAS FACHADAS

Para avaliar-se o comportamento das fachadas, tecnicamente denominadas vedações verticais, no isolamento acústico das edificações, é necessário um estudo sobre o histórico dessas vedações na construção civil brasileira.

A vedação vertical ocupa posição estratégica entre os serviços da construção de edifícios. A vedação vertical é o subsistema que tem como principais funções compartimentar a edificação e propiciar aos ambientes características que permitam o adequado desenvolvimento das atividades para as quais eles foram projetados. Além disso, a vedação vertical possui interface com vários outros subsistemas do edifício, como a estrutura, as instalações, as vedações horizontais, impermeabilizações, entre outros (FRANCO, 2006).

Apesar da incidência do custo da produção das vedações no orçamento do edifício não ser o item de maior importância, quando se considera conjuntamente toda a vedação vertical e as interfaces que faz com os demais subsistemas do edifício, esse conjunto representa, normalmente, o maior item de custo de produção.

A vedação vertical é um dos principais subsistemas que condicionam o desempenho do edifício, sendo a principal responsável por características ligadas ao conforto higro-térmico e acústico, pela segurança de utilização e frente a ações excepcionais (como, por exemplo, no caso de incêndios) e pelo desempenho estético que proporciona valorização do imóvel.

Nos últimos anos, algumas empresas têm reconhecido a importância da vedação vertical para a racionalização dos edifícios e têm investido na implantação de tecnologias racionalizadas para a produção desse subsistema.

O detalhamento da vedação vertical retira dos profissionais ligados à produção a necessidade de definições técnicas no momento de execução da obra, pois quando isto acontece, são baseadas apenas em preferências pessoais ou intuição, nem sempre coerentes com as situações em que se encontram esses subsistemas. Por outro lado, o detalhamento técnico deve considerar a construtibilidade das soluções adotadas.

Barth (2007) afirma que os blocos de vedações evoluíram dos tijolos maciços aos blocos cerâmicos vazados, depois aos blocos de concreto e, então, aos blocos de concreto celular. As vedações eram a princípio auto-portantes e evoluíram para sistemas estruturados (vigas e pilares). Quando surgiram os

sistemas estruturados, esses eram de madeira, depois, passaram para o concreto armado e evoluíram para as estruturas metálicas.

A utilização da alvenaria como principal material de construção tem acompanhado o homem durante toda a sua história. Na Antigüidade tem-se notícia da utilização de tijolos secados ao sol nas construções persas e assírias, já a partir de 10.000 a.C. e de tijolos queimados em fornos a 3.000 a.C.

No Brasil, a alvenaria de pedras foi utilizada nas cidades litorâneas em que esse material existia em abundância, a partir da colonização do país. Em São Paulo, onde não havia disponibilidade de pedras, a metodologia construtiva utilizada a partir da colonização do país foi a taipa de pilão. A utilização de tijolos só se tornou popular a partir do ciclo econômico do café, começando por obras ligadas diretamente ao beneficiamento daquele produto agrícola.

Em 1867, instalou-se em Campinas a primeira olaria mecanizada e com grande produtividade mensal. A partir de 1886, Ramos de Azevedo construiu edifícios públicos nos quais o arquiteto se esmerou em mostrar toda a potencialidade da alvenaria. Esse foi o método de construção dos palacetes da classe alta, a partir de 1890. Nos anos 30, iniciou-se a utilização intensiva do concreto armado mesmo nas construções de pequena altura, como as residências utilizadas pela classe média (LEMOS, 1989).

O domínio tecnológico da produção das alvenarias e revestimentos até esta época era dos mestres de obra, responsáveis pelo andamento e qualidade da execução dos serviços. As técnicas eram repassadas informalmente de geração para geração de profissionais.

No próximo capítulo é apresentado um estudo sobre teoria de isolamento sonoro e as normas internacionais que existem a respeito.

Muitos ocupantes de apartamentos residenciais multifamiliares não sabem o que o termo conforto acústico pode significar e nem têm idéia sobre os níveis de ruído urbano a que estão expostos ou mesmo quais efeitos a exposição a esses ruídos pode significar à sua saúde. Mas a maioria já exige seu direito a viver em paz, em casa, sem perturbar ou ser perturbado por vizinhos e demais cidadãos. Nesse capítulo é apresentada a teoria de predição de ruído urbano através dos dados de volume de veículos em circulação e são discutidos os valores na região da Avenida Beira Mar Norte.

3.1. PERTURBAÇÕES E RECLAMAÇÕES SOBRE RUÍDO DE TRÁFEGO

A princípio entende-se que o ruído é um som que causa incômodo, não é desejado. Kryter (1985) define o ruído como um sinal sem informação cuja intensidade varia com o tempo. Trata-se de uma energia acústica audível que afeta negativamente o fisiológico e o psicológico do bem estar das pessoas.

Em sua maioria, as grandes cidades se caracterizam por apresentarem uma grande concentração de atividades sócio-econômicas nas áreas centrais. Nestas áreas a capacidade viária disponível tem fortes restrições para atender satisfatoriamente à demanda, acentuando diversos problemas, entre eles os impactos ambientais gerados pela poluição sonora e atmosférica, degradando a qualidade de vida da população (NUNES et al, 1999).

O ruído ambiental é reconhecido como um grande problema para a saúde. Os efeitos adversos na saúde causados pela exposição ao ruído em excesso como, por exemplo, perturbação, do inglês *annoyance*, interferência na fala, distúrbios no sono estão bem documentados. Mas, enquanto outros problemas ambientais estão relativamente estagnados ou em redução, a situação da poluição sonora continua preocupante. Desde 1992 é o único problema ambiental cujos

registros de reclamações da população vêm crescendo na Europa (ÖHRSTRÖM et al, 2006).

O instituto inglês *British Research Establishment* produziu um levantamento estatístico das reclamações sobre ruído na Inglaterra e demonstrou que o número de pessoas incomodadas com o ruído está aumentando com o passar dos anos e o crescimento das cidades. Entre 1987 e 1988 o número de reclamações a respeito de ruído doméstico por milhão de pessoas foi de 1700, entre 1997 a 1998 este valor chegou a 5000, comprovando o aumento do descontentamento da população com o ruído (BRE, 1999).

A capacidade ambiental do trânsito, muitas vezes estudada apenas sob a ótica da poluição atmosférica, sofre uma grande contribuição da poluição sonora. O ruído oriundo do tráfego de veículos é comprovadamente um dos maiores poluidores ambientais e o que causa maior incômodo à população (NUNES et al, 1999).

Souza e Cardoso (2002) publicaram que os indivíduos possuem uma grande capacidade de adaptação, admitindo a possibilidade de que a maioria da população não percebe os níveis de ruído urbano a que está exposta. Especialmente quando a fonte de ruído é contínua, como é o caso do ruído urbano.

Öhrström et al (2006) pesquisaram 956 pessoas na Suíça e verificaram que 18% delas se consideravam não sensíveis ao ruído, 46% não muito sensíveis, 27% um pouco sensíveis e 9% muito sensíveis.

Das pessoas entrevistadas em Curitiba por Zannin *et al* (2002), 73% identificam o tráfego de veículos como a principal fonte de ruído causadora de incômodo e, em segundo lugar, está o ruído gerado pelos vizinhos, com 38%.

Em Florianópolis, a Lei Complementar CMF no003/99, de autoria do Vereador Gean Marques Loureiro, dispõe sobre o controle de ruídos urbanos e a proteção do cidadão contra os efeitos da exposição ao som excessivo, promovendo o bem estar da população e contribuindo para a saúde pública

(FLORIANÓPOLIS, 1999). Essa legislação estabelece os limites sonoros máximos permissíveis, conforme a tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Lei Complementar da Câmara Municipal de Florianópolis nº003/99.

Zonas de Uso	Diurno (7h –19h)	Vespertino (19h –22h)	Noturno (22h –7h)
Área Residencial Exclusiva Área de Exploração Rural Área Mista Rural Área de Preservação com Uso Limitado	55 dB (A)	50 dB (A)	45 dB (A)
Área Residencial Predominante Área de Parque Tecnológico Área Comunitária Institucional Área Verde de Lazer Área Verde de Uso Privado	60 dB (A)	55 dB (A)	50 dB (A)
Área Mista Central Área Turística Residencial	65 dB (A)	60 dB (A)	55 dB (A)
Área Mista de Serviço Área Serviço Exclusivo Área Industrial Exclusiva	70 dB (A)	60 dB (A)	60 dB (A)

É de responsabilidade da FLORAM – Fundação Municipal do Meio Ambiente, juntamente com os órgãos competentes, estabelecer medidas para a eliminação ou minimização dos distúrbios sonoros que vierem a ultrapassar os níveis fixados pela lei.

A importância do ruído de tráfego no controle ambiental atraiu a atenção de muitos cientistas e estudiosos da área de acústica na década de 1990.

O impacto ambiental resultante de alternativas propostas para solucionar problemas associados ao rápido crescimento das cidades brasileiras raramente é

devidamente analisado. O ruído resultante do tráfego urbano é um exemplo. A população brasileira continua a crescer em ritmo acelerado e os recursos do setor público certamente não têm sido suficientes para prover alternativas de transporte público de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender às demandas da população. Como resultado, o problema de vazão de tráfego, constituído principalmente por automóveis, vem se tornando crítico, e cada vez mais freqüente os congestionamentos em um grande número de cidades (SATTLER, 1999a).

3.2. TEORIA E PREDIÇÕES DE RUÍDO DE TRÁFEGO

Os estudos sobre ruído de tráfego são essenciais no controle da poluição sonora e, conseqüentemente, na melhoria da qualidade de vida das populações dos centros urbanos.

To e Rodney *et al*(2002) afirmam que o volume de tráfego e número de veículos pesados são os fatores mais significativos na determinação do ruído de tráfego urbano. Definem áreas urbanas como lugares com alta densidade e desenvolvimento variado, incluindo uma mistura de elementos como grandes negociações, atividades comerciais e premissas residenciais.

Stephenson e Vulkan (1968) apresentaram um estudo sobre tráfego urbano no centro de Londres e concluíram que o ruído de tráfego em ruas urbanas era influenciado principalmente pelo número total de veículos, composição de tráfego e pelo tipo de pavimentação das vias.

Lewis (1973) investigou o ruído gerado por veículos únicos transitando por uma via, verificou uma pequena diferença entre os movidos a diesel e a gasolina.

Barry e Regan (1978) publicaram guia para prever o ruído em rodovias de trânsito rápido e introduziram a primeira versão do Modelo de Ruído de Tráfego da administração federal de rodovias utilizando o nível sonoro L_{10} , que é o nível de ruído de tráfego estimado relativo a dez por cento do tempo total.

Jones et al (1983) usaram métodos computacionais para simular o comportamento do ruído de tráfego em várias situações com trânsito congestionado. Mostraram que o nível L_{10} gerado por regiões onde há aceleração é maior que nas regiões onde há redução de velocidade.

Atualmente as duas equações mais usadas e testadas são: a equação do Departamento de Transportes do Reino Unido e a de Garcia e Faus (1991), pesquisadores espanhóis.

O procedimento de cálculo recomendado pelo Departamento de Transportes do Reino Unido para previsão do ruído de tráfego inclui a possibilidade de determinadas correções, a partir da seguinte equação geral (GARCIA; FAUS, 1988):

$$L_{10} = 10 \log_{10} q + 33 \log_{10} (v + 40 + 500/v) + 10 \log_{10} (1 + 5p/v) - 26,6 \quad (3.1)$$

onde q é o volume de tráfego em veículos/hora, v é a velocidade média em km/h e p é a porcentagem de veículos pesados em %.

O modelo foi elaborado para situações onde a fonte esteja a 0,5 metros de altura e a 3,5 metros do meio-fio ao eixo da via de tráfego. Considera-se que para uma distância igual a 10 m, o incremento causado pela distância “ d ” da fonte ao receptor é igual à zero, e que para distâncias superiores aos 13 m previstos, deva haver uma consideração específica.

Em sua pesquisa, Garcia e Faus (1991), mediram os níveis de ruído continuamente por períodos de 24 horas em 50 locais selecionados de sete diferentes cidades espanholas de pequeno, médio e grande porte, Madrid, Barcelona e Valência e desenvolveram um modelo empírico com a finalidade de prever os níveis de ruído equivalente em áreas urbanas com a seguinte equação:

$$L_{eq} = 48.6 + 8.1 \log q \quad r = 0.790 \quad (3.2)$$

onde L_{eq} é o nível de ruído equivalente em dB e q é o volume de tráfego em veículos/hora.

Os autores concluíram, após extenso estudo, que a equação anterior tem uma validade geral para qualquer predição de nível de ruído em uma grande variedade de áreas urbanas.

As equações 3.1 e 3.2 foram testadas nas cidades gaúchas de Porto Alegre e Santa Maria e mostraram forte adequação nos dois casos (GARCIA; FAUS, 1991).

O trabalho de Nunes *et al* (1999) apresenta um panorama da poluição sonora nos centros urbanos, reproduzido na tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Comparação entre níveis de pressão sonora medidos em alguns centros urbanos (NI INFS *et al* 1999).

Países	Cidades	Data	Níveis de Pressão Sonora Medidos
Espanha	Madrid, Barcelona e Valência	1991	acima de 70 dB(A)
	Terrassa	1998	entre 60 e 75 dB(A)
Índia	Calcutá	1997	entre 81,3 a 91,1 dB(A)
Argentina	La Plata	1998	entre 68,60 e 78,90 dB (A)
Polônia	Cracóvia	1995	entre 54 e 65dB(A)
Brasil	Rio de Janeiro (Copacabana)	1991	entre 72 e 82,5 dB(A)
	Belo Horizonte/MG	1997	entre 71,7 e 85,5 dB(A)
	Porto Alegre/RS	1995-96	entre 57,6 e 82,6 dB(A)
	Santa Maria/RS	1998	entre 68,9 e 80,2 dB(A)

Nunes propõe através de equações e modelos de previsão, formas de se calcular o nível sonoro ponderado de tráfego veicular. Procura, dessa forma, estabelecer parâmetros confiáveis nos projetos que visam o conforto acústico dos usuários, uma vez que os equipamentos para medição de ruído são economicamente inacessíveis à grande maioria dos profissionais.

A equação que determina o parâmetro ponderado para predição de ruído urbano proposta por Nunes *et al* (1999) é a seguinte:

$$LA_{eq} = 8,0176 \log (q) + 51 \quad (3.3)$$

onde LA_{eq} é o nível ponderado de ruído equivalente em dB(A) e q é o volume de tráfego em veículos/hora.

Essa equação foi testada e os resultados encontrados foram comparados a valores calculados a partir dos modelos de previsão do Departamento de Trânsito do Reino Unido e de Garcia e Faus (1991), revelando um forte potencial de aplicação destas equações nas previsões de ruído em cidades de médio porte. Por outro lado, equações onde o número de variáveis é maior, a confiabilidade dos resultados tende a ser superior. Cabe ressaltar, porém, que a fonte de obtenção desses dados, volume de tráfego, velocidade média, porcentagem de veículos pesados, deve ser confiável para que os resultados da aplicação da equação sejam representativos do clima de ruído da cidade (NUNES, *et al*, 1999).

Dadas as dificuldades associadas à realização de medições de ruído de tráfego, que requerem a disponibilidade de equipamentos e pessoal, é prática comum a adoção de modelos de simulação onde a principal variável é a densidade de tráfego. Os modelos disponíveis, no entanto, nem sempre se adequam às características de vias, de veículos, comportamento à direção, etc., que identificam as diversas condições existentes em nosso país. Uma destas características diferenciais está associada ao tipo de pavimento das vias de tráfego. Em experimentos com medições *in loco* feitas por Sattler (1999), foram encontradas diferenças no nível de ruído medido entre ruas com o mesmo volume de tráfego e diferente tipo de pavimentação conforme registrado na tabela 3.3.

Estas medições realizadas em Porto Alegre comparando pavimento, asfáltico e paralelepípedo de granito, indicam que a superfície permeável de paralelepípedo determina, a uma distância de 13,5 m da linha de referência (centro da via), uma diferença a mais no nível de pressão sonora que varia de 3 a 6 dB(A), considerando-se um fluxo de tráfego misto, com densidade entre 2100 e 2500 veículos/hora e uma velocidade de tráfego de aproximadamente 50 km/h.

Tabela 3.3 – Comparação entre níveis de pressão sonora, medidos em vias com diferentes tipos de pavimentação (SATLLER, 1999).

Pavimentos com asfalto				Pavimento com Paralelepípedos			
Densidade de veículos (veículos/hora)	2276	2444	2500	Densidade de veículos (veículos/hora)	2148	2244	2116
Nível de Pressão Sonora (valor medido corrigido)*	75,7	75,9	76	Nível de Pressão Sonora (valor medido corrigido)*	81,5	82,5	79,3
Nível de Pressão Sonora (valor estimado)**	75,4	75,8	75,9	Nível de Pressão Sonora (valor estimado)**	75,2	75,4	75,1
Diferença dB(A)	0,3	0,1	0,1	Diferença dB(A)	6,3	7,1	4,2

*: Valor medido corrigido para a distância de 13,5 m do eixo das vias de tráfego.

** : Valor estimado através da expressão: $LA_{eq} = 38,6 + 10,97 \log q$

Comparando-se os resultados das medições com aqueles derivados de diferentes modelos de simulação de ruído a partir da densidade de tráfego, ficou patente a importância de se referenciar o tipo de pavimento onde são simulados os ruídos de tráfego, assim como da inclusão de correções nos modelos de simulação, que levem em consideração o tipo de pavimento das vias em estudo.

3.3. EMISSÃO DE RUÍDO DE TRÁFEGO EM VIAS COM EDIFÍCIOS DE ALTO GABARITO

O aumento de densidade de edifícios de alto gabarito nas grandes cidades é muito comum e, por muitas vezes, é possível constatar a existência de verdadeiros vales artificiais.

Nessas situações, para um ouvinte (receptor) situado em uma das fachadas desses vales, o nível de pressão sonora recebido é muito superior do que se a mesma fachada estivesse situada um campo livre, ou seja, sem limitantes ou barreiras. Isto se dá em função das múltiplas reflexões sofridas pelo ruído de tráfego nas superfícies das várias fachadas dos edifícios. Em estudos conduzidos por Heutschi é possível confirmar esta afirmação através de medições de resposta impulsiva para uma rua com largura de 20 metros (HEUTSCHI, 1994).

Para considerar o ruído de tráfego é necessário levar em conta a influência desta geometria urbana. Heutschi publicou em 1994 um método para medir o aumento de ruído de tráfego relativo às reflexões entre edifícios. Esse método leva em consideração a altura das fachadas, a distância entre fachadas, coeficiente de absorção das fachadas, grau de difusão para as reflexões nas fachadas, altura da posição receptora, distância horizontal da fachada receptora à via de tráfego e existência de lacunas entre os prédios (HEUTSCHI, 1994).

Chew (1989) considerou os efeitos que as fachadas de edifícios em um dos lados da via exercem sobre os níveis de ruído urbano e propôs um modelo de predição, baseado na forma regressiva. Chew e Lim (1994) reportaram que a presença de edifícios nos dois lados da via pode aumentar os valores de L_{10} em mais de 10dBA quando comparados às mesmas condições de tráfego em vias sem edificações nas laterais. A distâncias maiores que 20 metros dos edifícios os efeitos das fachadas podem ser desconsiderados.

3.4. O RUÍDO DE TRÁFEGO NA AVENIDA BEIRA MAR NORTE

Conforme descrito na teoria apresentada anteriormente neste capítulo, é possível predizer o nível de ruído de tráfego a partir dos dados de volume de tráfego em circulação. Para comparar a evolução do ruído no estudo de caso da Avenida Beira Mar Norte, foi necessário levantar então, qual o volume de tráfego nas diferentes fases de sua história.

No Brasil, o DENATRAN, Departamento Nacional de Trânsito, possui registro do número total de veículos no Brasil apenas partir do ano de 1990 e, até a

publicação desta pesquisa, só disponibilizaram os dados para o período compreendido entre os anos de 1990 a 2003. Em 1990 o total era de 18.267.245 veículos e em 2003 esse número passou a ser de 36.658.501 veículos (DENATRAN, 2007). Esses dados revelam que o número total de veículos nesses dez anos praticamente dobrou.

Na cidade de Florianópolis o registro do DENATRAN iniciou-se em 1999, onde foram contabilizados 141.044 veículos, número que em 2003 cresceu para 165.615 (DENATRAN, 2007). O IPUF, Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, possui registros do volume de tráfego em alguns pontos da cidade, que estão localizados como mostra o mapa da figura 3.1.



Figura 3.1 – Localização dos pontos de medição de volume de tráfego executadas pelo IPUF (IPUF, 2007).

O primeiro registro foi feito no ano de 1987 quando se produziu um mapa com a estimativa de volume de tráfego em vários pontos. A atualização desse mapa foi feita em 1997, por ocasião do projeto de alteração do sistema de transporte coletivo, chamado de Sistema Integrado. Atualmente existem equipamentos de controle de trânsito instalados nos principais semáforos da cidade, que permitem a contagem eletrônica dos veículos por dia em cada ponto, além de produzirem relatório fotográfico dos veículos que excederem a velocidade limite ou avançarem o sinal de pare (MEDEIROS, 2007). Cabe ressaltar que as contagens eletrônicas são muito mais precisas por fazerem um registro total a cada dia e não apenas uma estimativa em função de contagens manuais de 1 hora em diversos períodos do dia, conforme método anterior utilizado nas contagens.

A tabela 3.4 registra os dados de volume de tráfego fornecidos pelo IPUF, obtidos em diferentes pontos da Avenida Beira Mar Norte na cidade de Florianópolis. Como curiosidade vale ressaltar a significativa diferença de volume de tráfego registrada entre as medições feitas, no verão, alta temporada turística e, no inverno, baixa temporada. Para efeito de análise calculou-se a média aritmética entre as medições de cada ano.

Tabela 3.4 – Evolução do volume de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis (IPUF, 2007).

ANO	1987		1997		2006							
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5		Ponto 6		Ponto 7		Ponto 8	
ESTAÇÃO					verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno
AUT.	17.159	27.359	32.267	19.666								
ÔNIBUS	400	372	346	346								
CAMINHÃO	1.083	1.092	1.031	382								
TOTAL	18.642	28.823	33.644	20.394	54.712	47.757	47.624	34.888	60.000	54.113	56.367	49.544
MÉDIA est					51.235		41.256		57.057		52.956	
MÉDIA Ano	23.733		27.019		50.626							

Desses dados verifica-se que o volume de tráfego urbano na região praticamente dobrou no período de 20 anos, como mostra o gráfico da figura 3.2.

Segundo o diretor de operações do IPUF, o volume de tráfego em Florianópolis cresce a uma taxa de 3,8% ao ano (MEDEIROS, 2007).

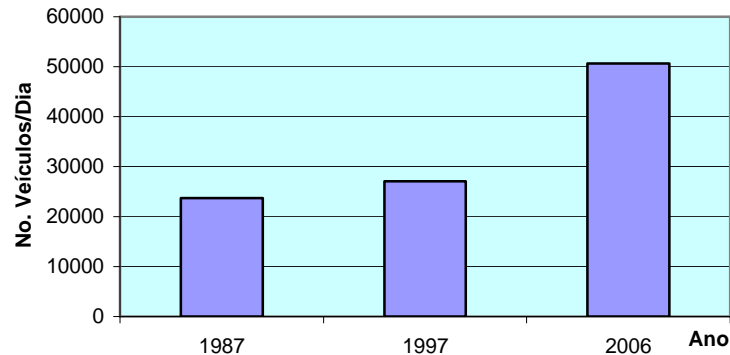


Figura 3.2 – Evolução do volume de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis (IPUF, 2007).

Pode-se presumir, através de regressão de dados que o volume de tráfego em 1977 era de 16.345 veículos por dia, que em 1966 era de 11.257 veículos por dia, que em 1955 era de 7.753 e assim por diante. No entanto, cabe a ressalva que, para o caso da avenida em estudo, o volume de tráfego anterior a 1977 era muito menor do que esse estimado, visto que em 1977 houve a inauguração das pistas expressas que duplicou o número de pistas anterior. Também é preciso admitir que esta regressão linear é uma generalização e que não corresponde à realidade principalmente para o volume de veículos nos anos anteriores a 1950, pois, sabe-se que naquela época o automóvel era um luxo para poucos, no entanto, como não se tem registros oficiais sobre esse valor à época, aceitaremos a aproximação a título de ilustração.

Aplicando-se a equação simplificada 3.3, apresentada na página 37, para predição de ruído urbano proposta por Nunes *et al* (1999), dos valores de volume de tráfego em Florianópolis, tem-se uma estimativa da evolução do ruído urbano, a Avenida Beira Mar Norte nas últimas décadas, apresentada na tabela 3.5.

No gráfico da figura 3.5 pode-se avaliar graficamente a evolução do ruído urbano estimado na Avenida Beira Mar Norte. Na cor rosa mais clara está

representada a curva obtida com valores presumidos através de regressão de valores de volume de tráfego através da taxa de crescimento informada pelo IPUF.

Tabela 3.5 – Estimativa da evolução do ruído de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis através da equação 3.3.

ANO	1957	1967	1977	1987		1997		2006							
Local				Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5		Ponto 6		Ponto 7		Ponto 8	
Estação								verão	Inv.	verão	Inv.	verão	Inv.	verão	Inv.
L _{Aeq}	71,1	72,4	73,7	74,17	75,69	76,23	74,5	78	77,4	77,4	76,4	78,2	77,9	78	77,6
L _{aeq M.}	71,1	72,4	73,7	75		75,5		77,6							

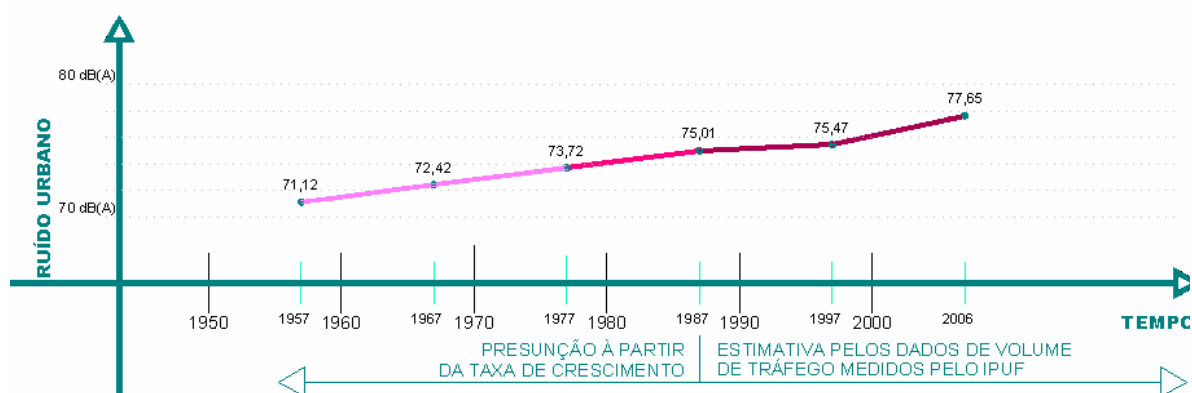


Figura 3.5 – Evolução do ruído de tráfego na Avenida Beira Mar Norte em Florianópolis através da equação 3.3.

Conclui-se que o nível sonoro urbano aumentou pelo menos 6 dBA em 50 anos. Os valores de ruído são considerados muito elevados se comparados aos de outros locais ilustrados na tabela 3.2. Principalmente considerando-se que são valores médios, sem levar em conta o efeito dos horários de pico onde o volume de tráfego é maior que no restante do dia e por isso com ruídos mais elevados.

O capítulo seguinte apresenta as normas e a teoria de isolamento sonoro aéreo, com ênfase no comportamento das fachadas e seus elementos.

O som se propaga em ondas através de qualquer meio elástico que permita vibração, seja ele: sólido, líquido ou gasoso. Ondas sonoras incidem sobre as superfícies (partições) das edificações, paredes, lajes ou coberturas e fazendo com que vibrem. Esse fenômeno exerce pressão na camada de ar logo a seguir das partições propagando o som.

Nesse processo nem toda a energia sonora atravessa as partições, parte da energia é refletida, parte é absorvida (transformada em calor) e outra parte é transmitida através da estrutura para outros elementos da construção. Evitar a propagação das ondas sonoras, através das partições é imprescindível no âmbito da arquitetura, como em escolas, hospitais, escritórios e principalmente em residências.

Em edificações verticais como as multifamiliares, a importância das fachadas principais no isolamento é ainda maior que nas edificações térreas, pois nesta última a área total do envoltório externo é influenciada também pela cobertura. Por esse motivo, é preciso conhecer a teoria de isolamento sonoro de fachadas, exposta neste capítulo.

4.1. ÍNDICES DE DESEMPENHO DE ISOLAMENTO DE FACHADAS

Para proteger moradores contra ruído externo é necessário isolar acusticamente o envoltório das edificações. Fachada é o termo técnico utilizado para identificar esse envoltório, é a superfície entre o interior e o exterior de uma edificação. A fachada é composta por diferentes elementos, como por exemplo, janela, porta, parede, equipamento de ventilação, etc. É possível estimar o desempenho do isolamento da edificação através do desempenho de cada elemento, de acordo com a norma ISO 15712-3 (2005).

O isolamento sonoro das fachadas pode ser expresso por diferentes índices, que são determinados por bandas de frequência, através das quais o número único para desempenho do isolamento da edificação é obtido, segundo a norma internacional EN ISO 717-1.

Em função dos diversos parâmetros e nomenclaturas utilizados na bibliografia disponível para avaliar o desempenho do isolamento cabe aqui definir os mais relevantes com seus respectivos símbolos, nomenclaturas e unidades, bem como as principais variáveis envolvidas nos cálculos.

4.1.1. Índice de Redução Sonora (R)

Existem diversas terminologias para esta grandeza, dentre elas Perda de Transmissão, *PT*.

Redução sonora pode ser definida como um índice capaz de determinar a capacidade de um elemento de isolar a passagem do som e é calculado através da equação (SHARLAND,1979; REYNOLDS, 1981; BERANEK, 1992; GERGES, 2000; FAHY, 2001):

$$R = 10 \log \frac{W_i}{W_t} \quad [\text{dB}] \quad (4.1)$$

onde W_i é a energia sonora incidente e W_t é a energia sonora transmitida.

A expressão da perda de transmissão pode ser expressa por:

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) \quad [\text{dB}] \quad (4.2)$$

onde τ é a razão entre a potência sonora transmitida (W_t) e a potência sonora incidente (W_i).

Existem outros índices que determinam a redução sonora da fachada e de seus elementos, de acordo com o tipo de campo sonoro à que está submetida e outras particularidades. Na tabela 4.1 estão as principais variações desta grandeza.

Tabela 4.1 – Principais parâmetros para determinação do índice de redução sonora (extraído e adaptado de ISO 15712-3, 2005).

Símbolo	Descrição	Unidade
R	Índice de redução sonora de um elemento conforme ISO 140 - 3	[dB]
R'	Índice de redução sonora aparente da fachada para campo sonoro incidente difuso.	[dB]
R_G	Índice de redução sonora global da fachada para campo sonoro incidente difuso.	[dB]
R'_{45°	Índice de redução sonora aparente da fachada para campo sonoro incidente com ângulo de 45°.	[dB]
$R'_{tr,s}$	Índice de redução sonora aparente da fachada para ruído de tráfego.	[dB]
R_i	Índice de redução sonora para o elemento i da fachada.	[dB]
R_j	Índice de redução sonora para a parte composta j de um elemento da fachada.	[dB]
R_w	Número único para o índice de redução sonora conforme ISO 717	[dB]

Por não ser dependente da geometria das fachadas, nesta pesquisa foi avaliado o índice de redução sonora das edificações, através do número único, R_w , obtido segundo procedimentos descritos na norma internacional EN ISO 717-1 e aplicados diretamente pelo programa *Acoubat Sound* visto que os outros parâmetros variam conforme a banda de frequência dificultando a comparação entre as diversas edificações em estudo.

4.1.2. Diferença de Nível (D)

Esse parâmetro, assim como o anterior, também possui diferentes terminologias, tais como em inglês: *Level Difference*, D , ou *Noise Reduction*, NR .

Na prática, a diferença de nível é obtida da medição dos níveis de pressão sonora dos dois lados da partição.

De acordo com a norma ISO 140 (1997), a diferença de nível de um elemento de partição poderá ser obtida se forem inseridos os dados de nível de pressão dos dois lados da partição na expressão da diferença do nível a seguir:

$$D = L_1 - L_2 = PT - 10 \log \left(\frac{S}{S_s \bar{\alpha} + S\tau} \right) \quad (4.3)$$

Esta equação 4.3 só é válida para partições com perda de transmissão superior a 15 dB (VIVEIROS, 1998).

Supondo que $S_s \bar{\alpha} \gg S\tau$, desconsidera-se o último fator e obtém-se, então, o seguinte:

- Em salas cuja recepção reverberante $\bar{\alpha} < 0,2$:

$$D = L_1 - L_2 = PT - 10 \log \left(\frac{S}{S_s \bar{\alpha}} \right) \quad (4.4)$$

onde L_1 e L_2 são os níveis de pressão sonora medidos respectivamente nos dois lados da partição em dB, S é a área do painel em m^2 e $S_s \bar{\alpha}$ é a área e o coeficiente de absorção das paredes da sala receptora respectivamente.

A equação (4.3) também varia para as seguintes situações:

- Para uma sala de recepção não-reverberante:

$$D = L_1 - L_2 = PT - 10 \log \left(\frac{1}{4} + \frac{S(1 - \bar{\alpha})}{S_s \bar{\alpha}} \right) \quad (4.5)$$

- Em ambientes com coeficiente de absorção $\bar{\alpha} > 0,8$, tem-se:

$$D = PT + 6dB \quad (4.6)$$

Assim, obtém-se em laboratório os dados sobre a partição e se podem estimar as diferenças de níveis nos diversos ambientes das edificações.

O nível de pressão sonora resultante da fachada de uma edificação residencial é normalizado para um tempo de reverberação de 0,5 segundo (GERRETSEN, 1981). Esse índice é definido na norma ISO 140 (1997) por D_{nt} , diferença de nível normalizada.

$$D = L_{2m} - L_o + 10 \log \left(\frac{T}{T_o} \right) \quad ; \text{ para } T_o = 0,5 \text{ s} \quad (4.7)$$

O nível sonoro externo, L_{2m} , é determinado à 2m à frente do plano da fachada e representa, inclusive, os efeitos sonoros da reflexão da fachada. O nível sonoro interno, L_o , é a média da sala e T é o tempo de reverberação.

A diferença de nível normalizada depende da relação C_f entre a pressão sonora externa e o nível de som de impacto no plano da fachada, do isolamento sonoro R_f do plano da fachada composta e das dimensões da sala, volume V e área da fachada S_f , relação expressa pela equação 4.8, conforme ilustrado na figura 4.1 (GERRETSEN, 1981).

$$D_{nT} = C_f + R_f + 10 \lg V/3S_f \quad (4.8)$$

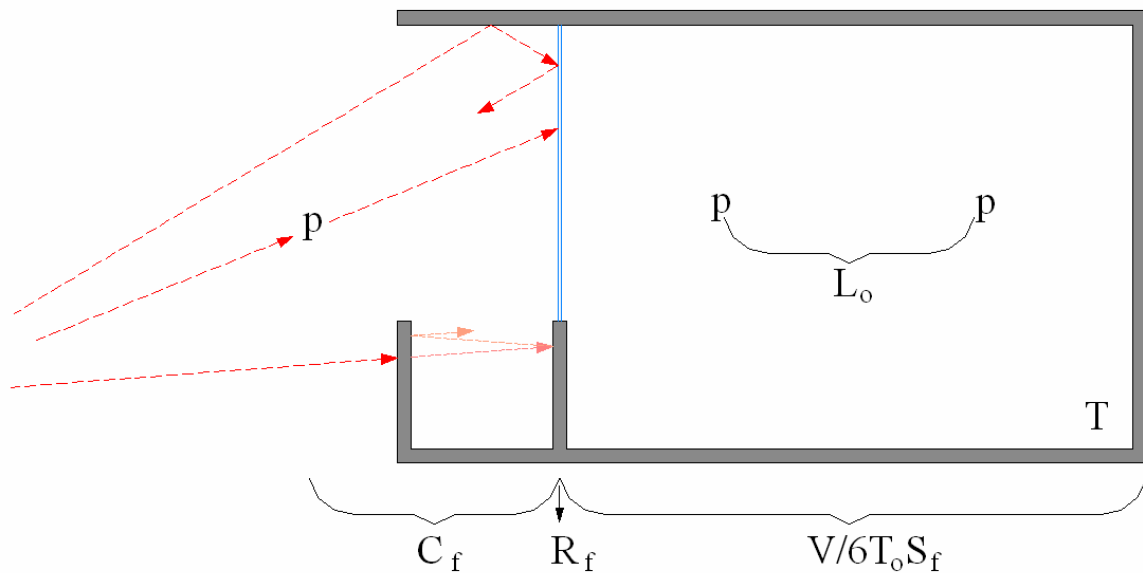


Figura 4.1 – Parâmetros relevantes para a redução sonora da fachada (GERRETSEN, 1981).

Com base na figura acima vale observar que o isolamento sonoro R_f do plano da fachada composta é um dos parâmetros na análise do conforto acústico das edificações, bem como, a geometria externa da edificação, representada pelo parâmetro C_f . No entanto, este último não interfere no valor de R_f .

4.2. PARTICULARIDADES DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS

Existem várias situações na avaliação do desempenho do isolamento das fachadas, tais como sua composição, sua geometria e seu comportamento nas diversas bandas de frequência. Apesar do parâmetro R avaliado nesta pesquisa não ser influenciado pela geometria, é importante registrar sua influência na diferença de nível entre interior e exterior das edificações.

4.2.1. Isolamento de Vãos Envidraçados

Tendo em vista as dificuldades na busca de dados normalizados sobre o isolamento de cada elemento da fachada e que a própria norma EN 12354 (2000) recomenda que os dados de entrada para os cálculos devem ser baseados em resultados obtidos através de medições em laboratório ou deduzidos através de cálculos ou estimativas teóricas, buscou-se na bibliografia experimentos de medição do desempenho dos diferentes elementos das fachadas.

Em sistemas heterogêneos, onde a área global é composta por elementos com diferentes índices de isolamento, o resultado global do desempenho do sistema, dependerá essencialmente do elemento com o isolamento mais baixo.

Em fachadas de edifícios residenciais multifamiliares, os elementos com isolamento acústico mais baixo são, geralmente, os vãos envidraçados que, portanto, merecem estudo especial.

Mateus e Tadeu (1989) descrevem os procedimentos de medição de isolamento de diferentes tipos de vãos envidraçados. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira, estudou-se apenas o painel de vidro ou os painéis de vidro, no caso de vidros múltiplos, variando a sua espessura, o número de painéis e a espessura da caixa de ar entre eles. Na segunda etapa foi estudado o painel de vidro integrado a dois tipos distintos de caixilhos. Desses experimentos concluiu-se que o isolamento acústico do vão envidraçado é geralmente inferior à solução sem caixilho, isto se deve à presença de frestas e a pouca massa dos caixilhos.

Nos vãos envidraçados sem caixilho, o isolamento do vidro duplo só apresenta melhorias significativas em relação ao do vidro simples se distância entre os vidros for em torno de 50mm ou superior. A qualidade da esquadria tem grande influência no resultado do isolamento, a mesma área de abertura pode apresentar desempenho conforme o sistema de fechamento.

Na prática, a execução de envidraçados duplos ou triplos de elevado isolamento acústico com caixilhos independentes pode tornar-se uma boa alternativa para o aumento de isolamento acústico de fachadas já existentes.

4.2.2. Influência do Balcão na Diferença de Nível Sonoro

Muitas unidades de apartamento no Brasil possuem balcões em suas fachadas, principalmente em edificações situadas em locais com vista privilegiada. Esta geometria peculiar da fachada interfere na diferença de nível de pressão sonora entre interior e exterior das edificações.

Cabe dizer que os balcões, popularmente conhecidos como sacadas ou varandas, variam muito em formato e dimensão. O comportamento da onda sonora incidindo em balcões está ilustrado na pesquisa de Lee *et all* (2007), onde são descritos os diversos ângulos de incidência com suas respectivas reflexões.

A norma ISO 15712-3 (2005) ilustra no anexo C a influência da geometria da fachada na diferença do nível de pressão sonora, que pode ser medida com precisão considerável através da equação (ISO 15712-3, 2005):

$$\Delta L_{fs} = L_{1,2m} - L_{1,s} + 3 \quad [\text{dB}] \quad (4.9)$$

onde $L_{1,2m}$ é a pressão sonora média à 2m da fachada em decibéis e $L_{1,s}$ é a pressão sonora média no plano da fachada, incluindo os efeitos das reflexões desse plano, em decibéis.

Pode-se representar graficamente a geometria da fachada através de um corte longitudinal, conforme a figura 4.2 a seguir.

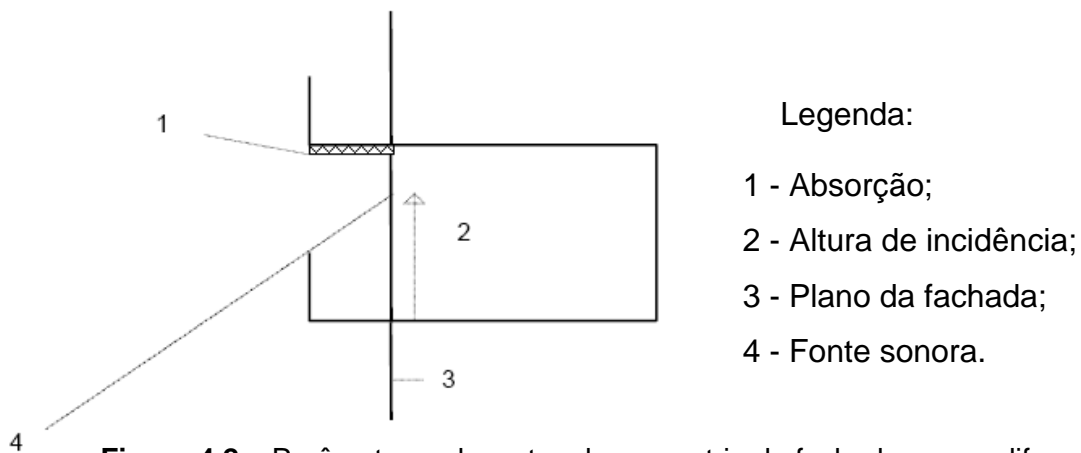


Figura 4.2 – Parâmetros relevantes da geometria da fachada para a diferença de nível (ISO 15712-3, 2005).

A norma ISO 15712-3 (2005) classifica as diferentes geometrias da seguinte conforme as denominações descritas na figura 4.3.

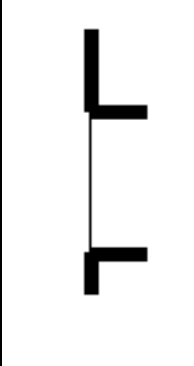
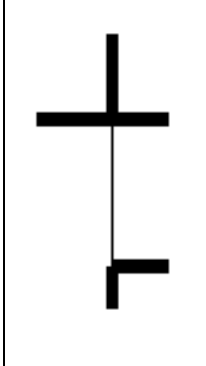
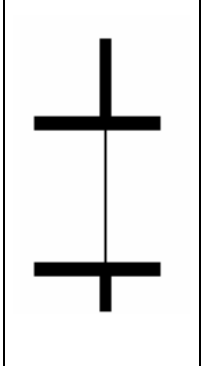
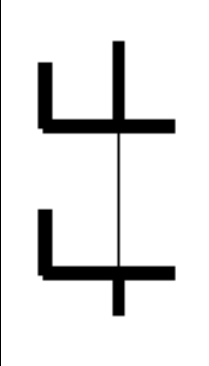
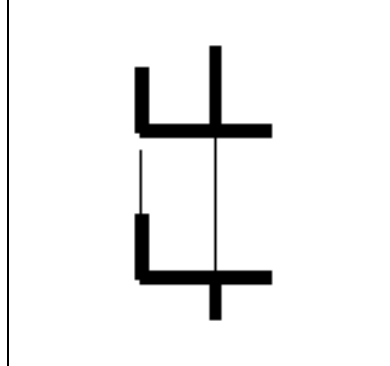
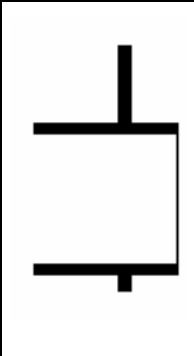
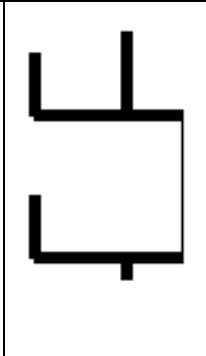
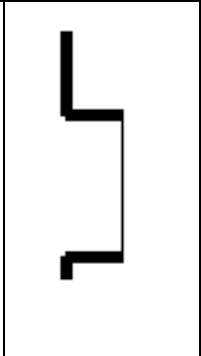
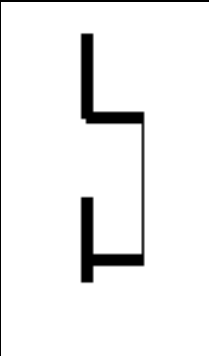
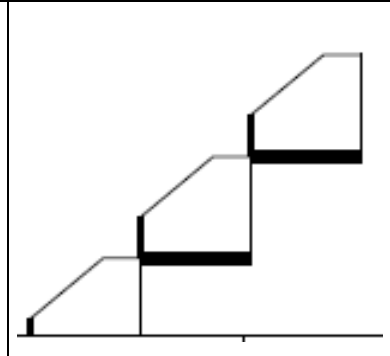
				
Fachada Plana	Galeria			
				
Balcão				Terraço

Figura 4.3 – Denominações para as diferentes geometrias das fachadas (ISO 15712-3, 2005).

Mohsen e Oldham (1977) simularam o desempenho de fachadas com balcões utilizando maquetes em escala 1:10 e concluíram que a influência de balcões abertos de 1m de profundidade, sem cobertura, no primeiro andar proporciona um incremento de aproximadamente 6dB(A) no nível sonoro L_{10} no interior do cômodo próximo ao plano da fachada.

Gilbert (1969) fez medições em campo, introduzindo um balcão entre uma fonte pontual e uma sala receptora. Chegou à conclusão de que o ganho sonoro promovido pela inclusão de balcões em fachadas é, em geral, menor que 6 dB e é invariante para pequenos ângulos de incidência sonora, mas, aumenta com a frequência para ângulos de incidência sonora maiores que 50° .

Hammad e Gibbs (1983 b) afirmam que existe pouca informação sobre a proteção acústica produzida pelos balcões. Por isso produziram experimentos utilizando uma fonte sonora linear incidindo em um sistema composto por um balcão, um painel (fachada) e uma sala interna onde posicionaram o microfone. Nestas medições o forro dos balcões e as paredes estão cobertas por uma camada absorvente de 20 milímetros de espessura, para reduzir a reflexão sonora. Nos resultados dos experimentos para a proteção proporcionada por um balcão em função da frequência, da altura do pavimento e da profundidade do balcão foi verificado que no primeiro andar e para todas as profundidades de balcão, a proteção medida, que não é grande, pode ser considerada não variante com a frequência. Isto também é verdade para balcões com profundidade de 1 metro, mesmo acima do primeiro andar. Isto acontece porque nesses casos o microfone está sujeito a um forte componente direto e refletido. Já nos casos de balcões com 4 metros de profundidade, no segundo andar ou mais altos, a proteção aumenta de aproximadamente 3 dB por oitava. Esse aumento acontece porque a incidência sonora direta e por difração é bloqueada pelo piso do balcão. No entanto, a componente refletida ainda existe.

Se comparados os experimentos de Gilbert (1969) com os de Hammad e Gibbs (1983 b), percebe-se que os resultados apresentados por Gilbert são 3 à

6dB maiores que os de Hammad e Gibbs. Isto se dá porque o primeiro utilizou uma fonte pontual e os segundos, uma fonte linear.

Para os primeiros andares, a proteção aumenta 3dB(A) por metro de aumento de profundidade e 2dB(A) por aumento de altura de pavimento.

Outra característica a ser levada em conta na geometria da fachada é a existência ou não de um peitoril nos balcões. Esta situação foi simulada por Hammad e Gibbs (1983 b) que introduziram uma fina parede de 1 metro de altura em balcões de 1 metro e 4 metros de profundidade respectivamente, em diversos pavimentos e obtiveram os resultados onde se verifica que o incremento na proteção acústica varia entre 6dB(A) para o primeiro pavimento a 2 dB(A) para o quinto, nos balcões com profundidade igual à 4 metros. Nos balcões com profundidade de 1 metro o ganho na proteção é aproximadamente 5 dB(A) para todos os andares.

O efeito do ganho no desempenho acústico proporcionada por peitoris de alvenaria é reduzido nos andares superiores e não pode ser considerado maior que 1 dB(A) (HAMMAD e GIBBS, 1983 b).

Existe ainda uma outra situação a ser considerada no que diz respeito às sacadas. Muitos apartamentos, motivados pelo desconforto causado pelo vento excessivo ou frio, fecham as sacadas com esquadrias de vidro de correr, como mostra a figura 4.4. Esta situação foi freqüente nos edifícios da amostra do estudo de caso desta pesquisa.

A janela externa é chamada janela de balcão, a interna é uma porta janela. Kim & Kim (2007) afirma que as duas janelas podem ser consideradas como janelas duplas com grande cavidade interna. Esta cavidade é a largura do balcão e tem muita influência no isolamento da fachada. Quanto mais largo o balcão, melhor o desempenho do isolamento, principalmente para as freqüências de bandas de oitava entre 1000 a 2000 Hz. Portanto, pode-se afirmar que o fechamento das sacadas externas, quando acontece sem a remoção da esquadria interna, afeta positivamente a diferença de nível sonoro das edificações.

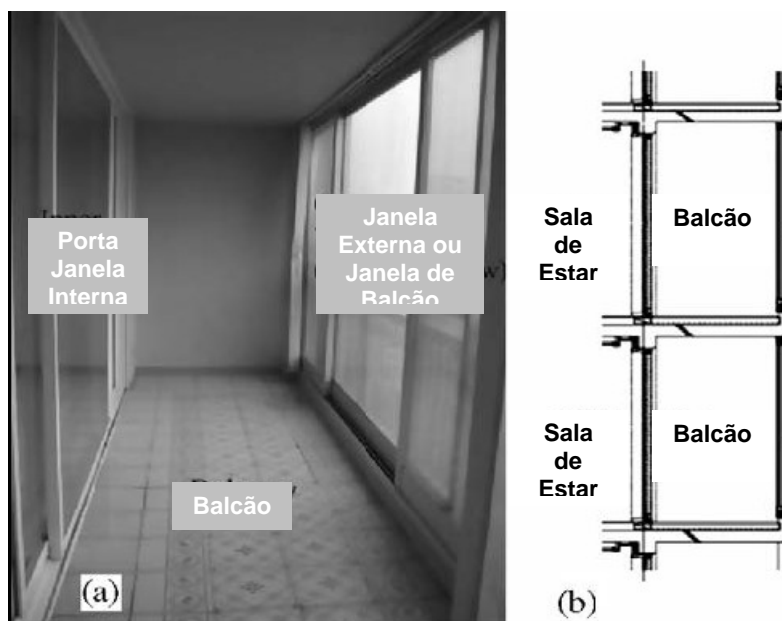


Figura 4.4 – (a) Visão de balcão fechado por janela de correr
(b) Corte da mesma sacada (KIM & Kim, 2007).

É possível então concluir que as variações na geometria e na composição da fachada e seus elementos têm grande influência na diferença de nível de pressão sonora. No entanto, seus efeitos variam de acordo com a frequência e a altura dos ambientes em estudo.

4.3. PRINCIPAIS NORMAS DE ISOLAMENTO SONORO AÉREO

As definições e diretrizes para medições e cálculos científicos são determinadas através de algumas normas técnicas. As principais normas nacionais e internacionais que tratam do isolamento sonoro aéreo em fachadas de edificações residenciais multifamiliares, estão representadas na tabela 4.1.

O conjunto de normas internacionais ISO 15712 é equivalente ao conjunto de normas europeias EN 12354 cujo título original é “*Estimation of acoustical performance of building from the performance of elements*” que pode ser traduzido para Estimativa do desempenho acústico de um edifício pela performance de seus elementos. Esse descreve um modelo de cálculo para estimar a diferença de pressão sonora imposta pelas características do envelope de uma construção,

mais particularmente em sua parte 3 trata do isolamento sonoro aéreo contra ruído externo, especialmente para as designadas ao uso habitacional.

Tabela 4.2 – Principais normas internacionais sobre isolamento aéreo.

NORMAS	ANO	EXIGÊNCIAS PARA:
Conjunto de Normas ISO 140		Medição do isolamento sonoro em edificações e elementos construtivos.
ISO 140 -3	1995	Medições em laboratório do isolamento de ruído aéreo em elementos construtivos.
ISO 140 -5	1998	Medições em campo de isolamento de ruído aéreo de fachadas ou elementos de fachadas.
Conjunto de Normas ISO 717		Número único a partir do desempenho acústico de edificações e de seus elementos construtivos.
ISO 717-1	1996	Isolamento de ruído aéreo.
Conjunto de Normas EN 12354		Estimativa do desempenho acústico de edificações a partir do desempenho e de seus elementos construtivos.
EN 12354 -1	2000	Isolamento de ruído aéreo.
EN 12354 -3	2000	Isolamento de fachadas.
EN 12354 -4	2000	Radiação sonora de fachadas.
Conjunto de Normas ISO 15712		Estimativa do desempenho acústico de edificações a partir do desempenho e de seus elementos construtivos.
ISO 15712-1	2005	Isolamento de ruído aéreo entre salas.
ISO 15712-3	2005	Isolamento aéreo contra ruído externo.

Segundo a ISO 15712, a transmissão sonora aérea pela fachada se dá pela transmissão sonora de cada elemento pelo qual a fachada do edifício é composta. O cálculo é baseado nas informações que caracterizam o índice de redução sonora dos elementos relevantes que compõe a fachada, por exemplo, janelas, portas, paredes, equipamentos de ventilação, presença de aberturas ou vãos, etc.

A mesma norma afirma que os principais índices que expressam o desempenho acústico da fachada do edifício são as diferenças de nível $D_{2m,n}$ e os

índices de redução sonora aparente $R_{tr,s}$ definidos o início deste capítulo. O método da norma não avalia as transmissões sonoras diretas nem as por flanco.

O parâmetro avaliado nesta pesquisa, através de seu número único R_w , para análise da evolução do desempenho acústico das fachadas das edificações multifamiliares é o índice de redução sonora aparente da fachada, R_G , ao campo sonoro difuso e é calculado por:

$$R_G = -10 \log \frac{\sum_i (A_0 10^{-Dn/10})}{\sum S} \text{ [dB]} \quad (4.10)$$

Ou por:

$$R_G = -10 \log \frac{\sum_i (S_i 10^{-R_i/10})}{\sum S} \text{ [dB]} \quad (4.11)$$

onde A_0 é a área de absorção sonora equivalente de referência (10m² para habitações), Dn é a diferença de nível sonoro normalizada do elemento, R_i é o índice de redução sonora do elemento, S_i é a área do elemento da fachada e S é a área total da fachada.

A norma determina que os dados de entrada para os cálculos podem ser baseados em resultados obtidos através de medições em laboratório ou deduzidos através de cálculos teóricos, estimativas empíricas ou resultados de medições em campo. A precisão desse método depende da precisão dos dados de entrada, do tipo dos elementos envolvidos, da geometria da situação, entre outros (SAARINEN, 2002).

Saarinen (2002) obteve em seus experimentos uma variação de 0,3+ 0,4 dB entre os resultados obtidos através dos cálculos descritos na norma e os resultados medidos em laboratório. Já em uma comparação entre os resultados de cálculo e os medidos em campo, o autor obteve uma variação de 3,8 +- 3,8 dB. Ele atribui a diferença entre as variações de campo e laboratório ao fato dos dados de entrada na medição em campo terem sido estimados empiricamente, enquanto que os dados de entrada na medição em laboratório foram obtidos através de resultados medidos também em laboratório. Portanto, ele recomenda

que, para uma maior precisão, sejam medidos em laboratório os desempenhos dos diferentes elementos que compõe as fachadas. A tabela 4.2 mostra os resultados, obtidos em laboratório nesta pesquisa para alguns elementos de fachadas.

Tabela 4.3 – Valores de índices de isolamento de elementos de fachada medidos em laboratório (SAARINEN 2002).

Nº	R_w [dB]	Elemento de Fachada	Área [m ²]
1	67	Parede em teste: profundidade 400 mm	12
2	43	Janela 1; moldura 170 mm, painéis de vidro 3-12-4 e 5 mm	1,5
3	34	Janela 2; moldura 130 mm, painéis de vidro 3-12-4 e 3 mm	1,5
4	30	Janela 3; painéis de vidro 4-12-4	1,5
5	32	Janela 41; moldura 170 mm, painéis de vidro 4-12-4 e 4 mm	1,5
6	41	Porta de Sacada 1 ; painéis de vidro 4-12-4 e 4 mm	1,9
7	43	Porta de Sacada 2 ; painéis de vidro 4-12-4 e 4 mm	1,9

Uma dificuldade encontrada para a aplicação da norma ISO 15712 no Brasil é a falta dos coeficientes de isolamento acústico dos elementos construtivos comercializados no país. Na tabela 4.3 estão alguns coeficientes de elementos constituintes das fachadas brasileiras usados por Marcon e Zannin (2005).

Tabela 4.4 – Valores de índices de isolamento de elementos brasileiros de fachada medidos em laboratório (MARCON e ZANNIN, 2005).

Sala Receptora	$R'_{TR,S,W}$
Elementos Básicos	dB
Bloco de concreto vazado	49,6
Janela de alumínio de correr com vidro 3mm	23,7
Bloco de concreto vazado	55,5
Bloco de concreto vazado	55,5
Forro em madeira 7mm	33,3
Piso em concreto 100mm	56,3
Total:	23,6

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, em seu projeto de norma para avaliar o desempenho de edifícios residenciais com até 5 pavimentos - CB-020136.01.004 - afirma que:

“... as paredes internas e externas das edificações devem apresentar isolamento acústico adequado para proporcionar repouso em dormitórios, atividades intelectuais, descanso e lazer doméstico em sala de estar e de privacidade em qualquer cômodo”. (CB-020136.01.004, 2004)

Para a medição do isolamento acústico a ABNT aponta as normas ISO 140 parte 5. Para determinação da diferença de nível entre os meios e índice de redução sonora a ABNT recomenda a norma ISO 717-1:1996.

A norma brasileira CB-020136.01.004 define valores mínimos aceitáveis para diferença de nível promovida pela vedação externa conforme a tabela 4.4. Onde “**M**” é a categoria para parâmetros mínimos, “**S**” é um nível de desempenho satisfatório ou intermediário e por fim, “**E**” é a melhor classificação para o parâmetro em avaliação.

Tabela 4.5 – Valores Mínimos para Diferença de Nível da Vedação Externa (CB-020136.01.004).

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$D_{2m,nT,w} + 5$ [dB]	Nível de Desempenho
Vedação Externa	30	35	M
	35 - 40	40 - 45	S
	> 40	> 45	E

Para o caso da edificação situar-se junto a vias de tráfego intenso a norma prevê um acréscimo de 5 dB nos parâmetros mínimos de diferença de nível e redução sonora.

Segundo a mesma norma a unidade habitacional deve apresentar índice de redução sonora R_w da fachada conforme o nível de desempenho da tabela 4.5.

Tabela 4.6 – Valores Mínimos para Diferença de Nível da Vedação Externa (CB-020136.01.004).

Elemento	R _w [dB]	R _w + 5 [dB]	Nível de Desempenho
Vedação Externa	35	40	M
	40 - 45	45 - 50	S
	> 45	> 50	E

Se a CB-020136.01.004 for comparada com outras normas internacionais, será verificado que ela recomenda valores menores que os usados em outros países, como mostram a figura 4.5 e a tabela 4.7 a seguir.

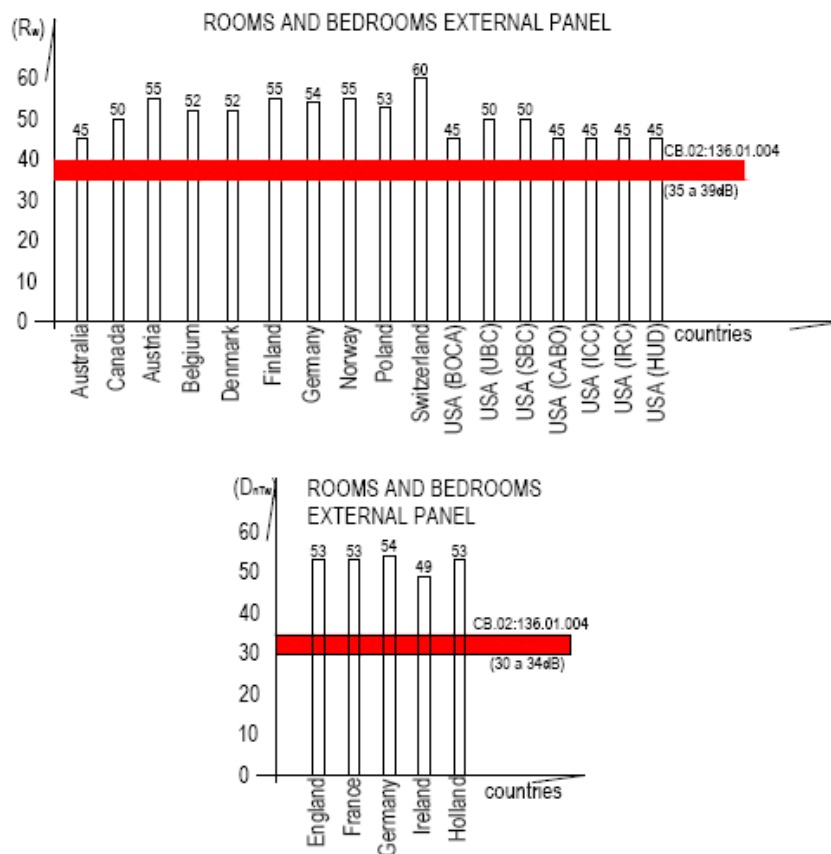


Figura 4.5 – Comparação entre índices mínimos de R_w e D_{ntw} exigidos por normas internacionais (GARCIA e VECCI, 2005).

Tabela 4.7 – Valores de isolamento mínimo exigidos pela legislação internacional (AKDAG 2004).

País / Norma	Condições	Isolamento Mínimo Exigido (R_w)
Áustria (Önorm B 8115)	Paredes externas de escolas, hotéis e habitações	
	$L_{Aeq} \leq 55$	33
	$56 \leq L_{Aeq} \leq 60$	38
	$61 \leq L_{Aeq} \leq 65$	43
	$66 \leq L_{Aeq} \leq 70$	48
	$L_{Aeq} > 70$	52
Bulgária (BDC 8998-80)	Paredes externas de habitações	
	$L_{Aeq} \leq 55$	25
	$L_{Aeq}: 60$	30
	$L_{Aeq}: 65$	35
	$L_{Aeq}: 70$	40
Inglaterra (Building Regulation 1985)	$L_{10} > 68$ dBA	vidro duplo e parede isolada
Alemanha (DIN 4109)	Paredes externas de escolas, hotéis e habitações	
	$L_{Aeq} \leq 55$	30
	$56 \leq L_{Aeq} \leq 60$	30
	$61 \leq L_{Aeq} \leq 65$	35
	$66 \leq L_{Aeq} \leq 70$	40
	$71 \leq L_{Aeq} \leq 75$	45
	$76 \leq L_{Aeq} \leq 80$	50
	$L_{Aeq} > 80$	necessita estudo específico

Enquanto a exigência mínima de isolamento sonoro médio dos países listados acima varia entre 45 a 69 dB, os índices exigidos pela norma brasileira estão entre 30 a 34 dB. Um dos motivos para esta diferença pode ser devido aos aspectos culturais do comportamento do brasileiro frente ao excesso de ruído (GARCIA, 2005), além é claro das pressões exercidas pela indústria da construção civil.

Os índices usados na norma CB-020136.01.004 para graduar os parâmetros de isolamento não informam em que situações os **M**, **S** ou **E** devem ser usados. Portanto, o parâmetro **M** mínimo, é a referência nacional, independentemente do padrão do imóvel ou do nível de ruído em que se encontra a edificação. Por exemplo, um imóvel situado em zona rural está sujeito a um menor nível de ruído que outro próximo a um aeroporto, no entanto, isto não é considerado na norma.

No capítulo 5, a seguir, serão exibidos os procedimentos e a simulação através do programa *Acoubat Sound* do índice de redução sonora R_w das edificações avaliadas, a partir do que será possível perceber o resultado prático das exigências das normas brasileiras.

**A FACHADA E O ISOLAMENTO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES DA AVENIDA
BEIRA MAR NORTE**

Neste capítulo além do registro dos dados dos elementos componentes das fachadas das edificações levantadas nesta pesquisa, encontram-se os índices de redução sonora das edificações da amostra. Obtidos por simulação computacional através do programa *Acoubat Sound*, a partir do que, é comentada a evolução da arquitetura das edificações familiares ao longo do tempo. É verificada a variação do isolamento das fachadas, analisando o parâmetro escolhido, e avalia-se a relação entre o isolamento das fachadas, evolução do ruído urbano e da arquitetura das fachadas frontais das edificações residenciais multifamiliares na Avenida Beira Mar Norte.

5.1. MÉTODO

A primeira etapa desse trabalho consiste na seleção dos edifícios a serem estudados. Para isto foi preciso delimitar a área de estudo para levantar o universo total das edificações existentes.

Na segunda etapa definiu-se a ferramenta de cálculo para quantificar a variação do isolamento acústico das fachadas dos edifícios multifamiliares. Nesta pesquisa, a simulação do desempenho das fachadas foi realizada através da simulação computacional utilizando o programa *Acoubat Sound*.

A partir do estudo da teoria de isolamento e da escolha da ferramenta de cálculo, foi possível identificar quais características construtivas é preciso conhecer de cada edificação para poder cumprir os objetivos da pesquisa. Nesse ponto, foi realizada a terceira etapa do trabalho, onde foram feitos levantamentos de cada edificação por meio de plantas arquitetônicas e visitas *in loco*.

Os dados levantados são computados e avaliados graficamente para proporcionar melhor comparação entre os dados levantados.

Por fim, a quarta etapa foi a aplicação da ferramenta de cálculo escolhida para a comparação dos resultados então obtidos.

5.2. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O ponto de partida foi a escolha da cidade de Florianópolis como delimitação geográfica configurando uma contribuição científica à cidade sede da Universidade Federal de Santa Catarina que possibilitou o curso de mestrado que resultou nesta dissertação. Essa escolha proporcionou melhores condições para os registros *in loco*.

A Secretaria de Urbanismo e Serviços Públicos do Município de Florianópolis, SUSP, possui em seu arquivo os projetos arquitetônicos de todas as edificações regulares da cidade para fornecer-lhes alvará de construção. Com base nos registros da SUSP de março de 2007, foi possível constatar o processo de verticalização na cidade conforme o gráfico 5.1. A coluna que indica o número de construções com alvará para a década de 2000 ainda é muito pequena, isto porque, até o mês de maio de 2007 a SUSP não registrou os dados finais dessa década. Tendo em vista que os processos estão tramitando junto ao órgão e ainda não foram computados em sua totalidade. Mesmo assim, percebe-se que o número de edifícios residenciais multifamiliares aumenta consideravelmente com o passar dos anos.

De forma semelhante ao método utilizado por Minku, *et all* (2005) foi elaborada uma tabela com os dados disponíveis na SUSP. A partir desses dados, foi possível identificar o bairro em que o fenômeno de verticalização foi mais significativo em Florianópolis - o bairro do Centro. O maior número de edifícios residenciais multifamiliares do Centro concentra-se, mais especificamente, ao longo da Avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos, mais conhecida como Avenida Beira Mar Norte. Limitar a amostra às edificações nessa avenida é conveniente por se tratar de um bairro valorizado economicamente e, portanto, onde as edificações supostamente apresentam maior padrão de conforto e modernidade em todas as épocas (POLLI, 2007). Outro fator positivo é que essa

avenida, em particular, propicia um bom registro fotográfico, já que possibilita uma boa distância entre o fotógrafo e a edificação a ser registrada.

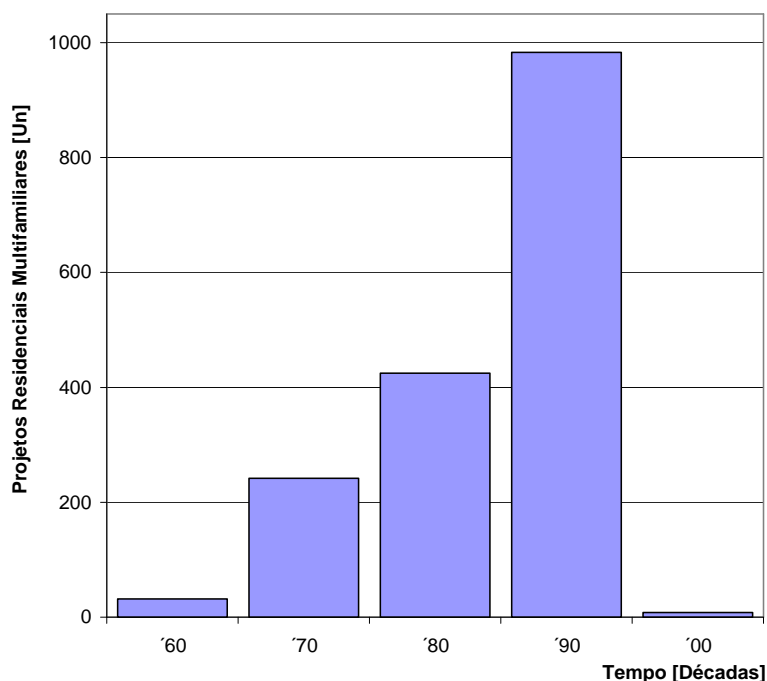


Gráfico 5.1 – Número de edifícios residenciais multifamiliares de Florianópolis com alvará (SUSP, 2007).

O total de edificações multifamiliares na Avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos com registro na SUSP é de 63 unidades, destas, foram selecionadas aquelas edificações que se localizavam entre a Avenida Mauro Ramos e a Ponte Hercílio Luz, excluindo-se as demais, em vermelho no mapa da figura 5.1. Também foram excluídas aquelas cujo registro não apresentava endereço ou nome da edificação porque a ausência dessas informações impediu a localização e visita para coleta de dados. Restaram 51 edificações, das quais foram excluídas, ainda, 11 edificações por apresentarem geometria muito peculiar impossibilitando a simulação no programa *Acoubat Sound*. Restaram 40 casos de diferentes épocas, conforme gráfico 5.2.

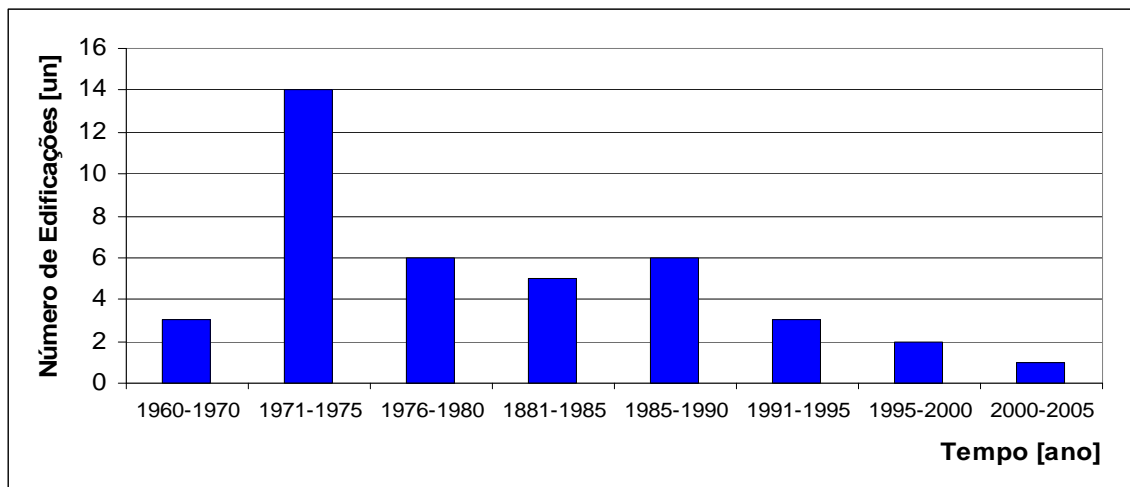


Gráfico 5.2 – Distribuição numérica das edificações ao longo dos anos.

Os primeiros registros de construção de edificações multifamiliares na Avenida Beira Mar Norte datam de 1968. Na década de 70 aconteceu o maior número de construções, um total de 18 edifícios, e permaneceu em ritmo acelerado até os anos 90 quando, talvez pela escassez de terrenos disponíveis, o número de construções voltou a ser de um ou dois por ano até a presente data.



Figura 5.1 – Mapa da região estudada.

Com base no registro fotográfico e em constatações feitas no local, verificou-se que as alterações nas características arquitetônicas das fachadas em cada período foram meramente decorativas. Ou seja, houve uma mudança de revestimentos, estilos, mas as características físicas e estruturais permaneceram as mesmas. Em todas as edificações pesquisadas, as paredes eram de alvenaria com tijolos cerâmicos furados rebocados dos dois lados.

Até década de 80 pode-se constatar que as fachadas dos edifícios eram planas em sua maioria. As sacadas existentes eram tímidas, marcadas por pintura colorida, com profundidade em torno de 1,5 metro e ocupavam apenas uma pequena parte da fachada. A espessura das paredes variava entre 25 a 15 cm. As esquadrias eram compostas por vidro transparente de 6 à 8 milímetros com caixilho de alumínio e sistema de abertura de correr, como mostra a figura 5.2.



Figura 5.2 – Edificação multifamiliar construída em 1968. Pode-se observar a presença de sacadas tímidas e esquadrias de correr.

A década de 80 foi marcada pelo revestimento cerâmico que aparecia como substituição da pintura colorida na marcação das sacadas, estas passaram a ter 2 metros de profundidade em média e tornaram a geometria predominante em toda

a extensão da fachada, observar figura 5.3. Algumas edificações apresentaram também o concreto aparente como forma de adorno das fachadas, conforme edificação da figura 5.4. A espessura das paredes diminuiu um pouco, variando entre 20 a 12 centímetros. As esquadrias passaram a exibir vidro com coloração *fumê*, mas as espessuras, caixilho e sistema permaneceram sem alteração ao do período anterior.

A partir da década de 90 o sistema de fechamento de aberturas evoluiu para o vidro temperado com espessura entre 10 a 12 milímetros com diversas possibilidades de coloração, incluindo verde, azul e espelhado, sem caixilho, verificado na edificação da figura 5.5. As paredes reduziram um pouco mais sua espessura, que variou entre 15 e 13 centímetros. Nesse período muitas edificações anteriores se aproveitaram da evolução da tecnologia das esquadrias para fazer o fechamento das sacadas, para proporcionar mais conforto no período de inverno ou mesmo para agregar a área da sacada aos ambientes internos, como aconteceu, por exemplo, na edificação registrada na figura 5.6.



Figura 5.3 – Edificação multifamiliar construída em 1984. Sacadas por toda a fachada, revestimento cerâmico e vidro *fumê*.



Figura 5.4 – Edificação multifamiliar construída em 1980. Concreto aparente como adorno das fachadas.



Figura 5.5 – Edificação multifamiliar construída em 1997. Esquadrias sem caixilho e vidro colorido verde.



Figura 5.6 – Edificação multifamiliar construída em 1972. Foi reformada nos anos 90 e recebeu fechamento da sacada.

Apesar da constatação dessas alterações na arquitetura predominante, verificou-se que edificações com características do período anterior continuaram sendo erguidas nos períodos posteriores.

A figura 5.7 mostra resumidamente todas as fases citadas acima. Em destaque, no texto em verde encontram-se as mudanças na legislação que tiveram um rebatimento na arquitetura dessa região e em azul os eventos históricos que influenciaram no aumento do volume de tráfego e do número de edificações em construção.

O percentual de área de abertura em relação à área total da fachada, bem como a altura do pé direito, variaram ao longo do tempo, como mostram os gráficos 5.3 e 5.4 respectivamente. O pé direito tem, em média, altura de 2,80 metros e o percentual de aberturas varia numa relação de 50% da área total da fachada. Pode-se observar em vermelho a curva de tendência dos gráficos.

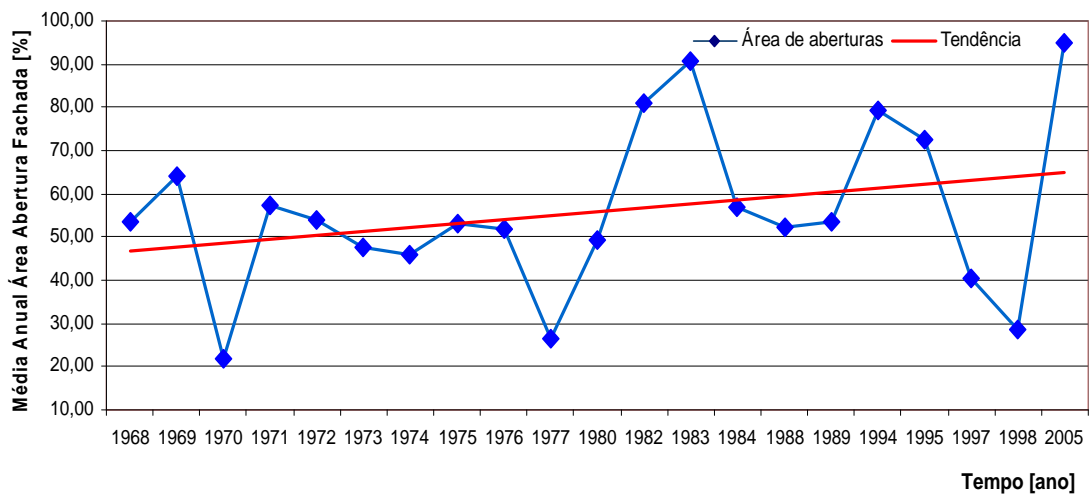


Gráfico 5.3 – Percentual de abertura nas fachadas ao longo dos anos.

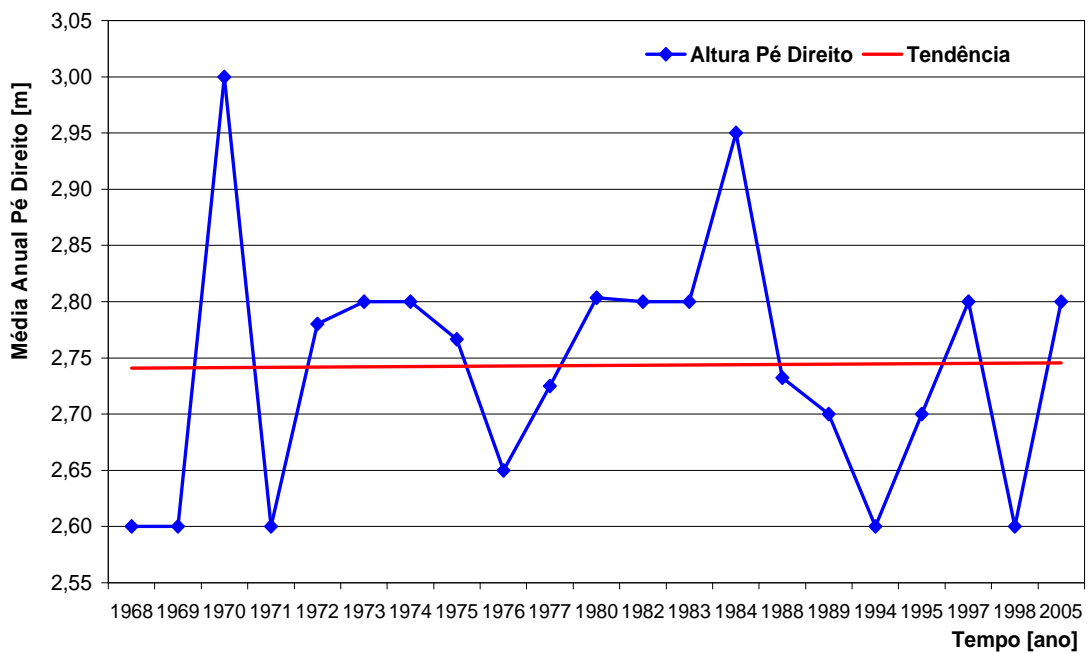


Gráfico 5.4 – Altura do pé direito das edificações multifamiliares da Avenida Beira-Mar ao longo dos anos.

A espessura das paredes da fachada principal apresentou leve decréscimo gradual ao longo do tempo, de 10 centímetros, conforme podemos constatar no gráfico 5.5, tendência ressaltada no gráfico pela curva em vermelho.

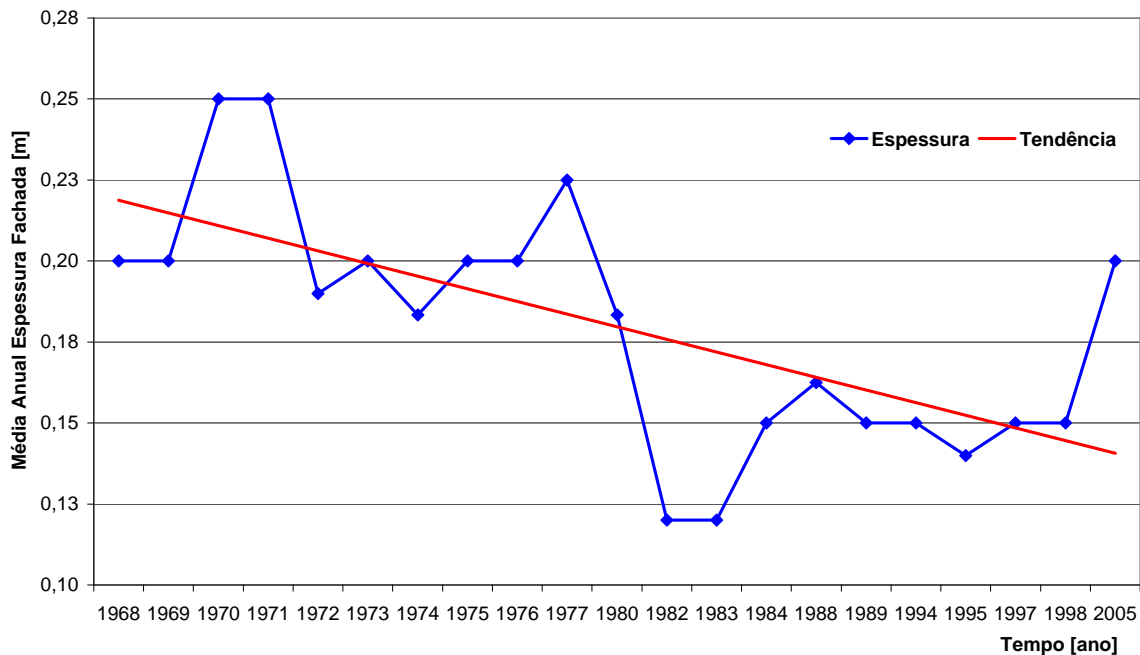


Gráfico 5.5 – Espessura das paredes da fachada frontal das edificações da Avenida Beira-Mar.

Os parâmetros mais importantes na definição do isolamento sonoro da fachada são a espessura e composição das paredes e esquadrias e o percentual de área de abertura. A variação desses parâmetros não foi uniforme em nenhum período, portanto, não foi possível determinar representantes dos diversos períodos de tempo. Optou-se por submeter a totalidade das edificações à ferramenta de cálculo de isolamento escolhida. Os 40 edifícios foram submetidos à simulação computacional do programa *Acoubat Sound*.

5.3. SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO PROGRAMA ACOUBAT SOUND

Os cálculos executados pelo programa *Acoubat Sound* atendem ao conjunto de normas EN 12354 e EN ISO 717. Esse programa permite avaliação de isolamento sonoro aéreo e de impacto entre ambientes adjacentes e fachadas das edificações. A avaliação do isolamento acústico da fachada foi feita através da análise comparativa da variação dos valores do índice R_w .

O programa possui uma série de limitações, dentre elas, destaca-se a impossibilidade de inserção de volumetrias variadas na fachada, pois, só permite a

inserção de fachadas planas, isto impossibilitou a verificação, através do *software*, dos efeitos dos balcões no desempenho do isolamento acústico das fachadas. No entanto, o índice de redução sonora, parâmetro escolhido para avaliação do isolamento acústico da fachada é intrínseco de sua composição e não depende da geometria da mesma, conforme apresentado no Capítulo 4, onde há o registro da teoria de isolamento de fachadas.

Para os casos em que as fachadas possuíam paredes diagonais ou recuadas, optou-se por planificar a fachada aumentando sua largura total, mantendo assim, a área total de paredes e aberturas igual à original. Conforme ilustrado na figura 5.8.

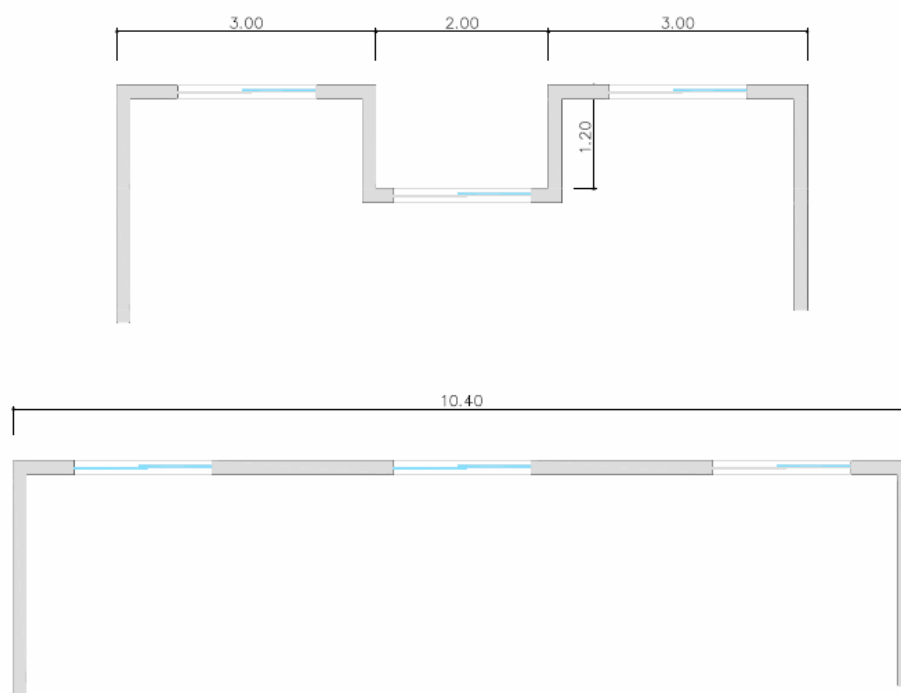


Figura 5.8 – Método alternativo para simulação de índice de redução sonora de fachadas com geometria não plana.

Outro entrave do programa é o limite do valor da largura das esquadrias em 5 metros. Sendo assim, em muitos casos, foi necessário inserir mais de uma esquadria para garantir que a área final de esquadria fosse a mesma que a real. Além disto, o programa possui uma biblioteca de materiais limitada, mas, permite a introdução de novos elementos desde que se tenha conhecimento de suas

características físicas determinantes, que para os elementos brasileiros não é disponibilizado comumente.

Como a intenção do trabalho é comparar a qualidade do isolamento entre diversas fachadas para verificar se esse componente da edificação contribuiu ou prejudicou o conforto acústico ao longo dos anos, não está em questão o valor específico do isolamento, então, alguns parâmetros foram mantidos constantes, para melhor comparação entre os dados. Como, por exemplo, a profundidade do ambiente interno e o valor do ruído urbano.

A operação do *Acoubat Sound* é relativamente simples, conforme se observa na tela do programa exibida na figura 5.9.

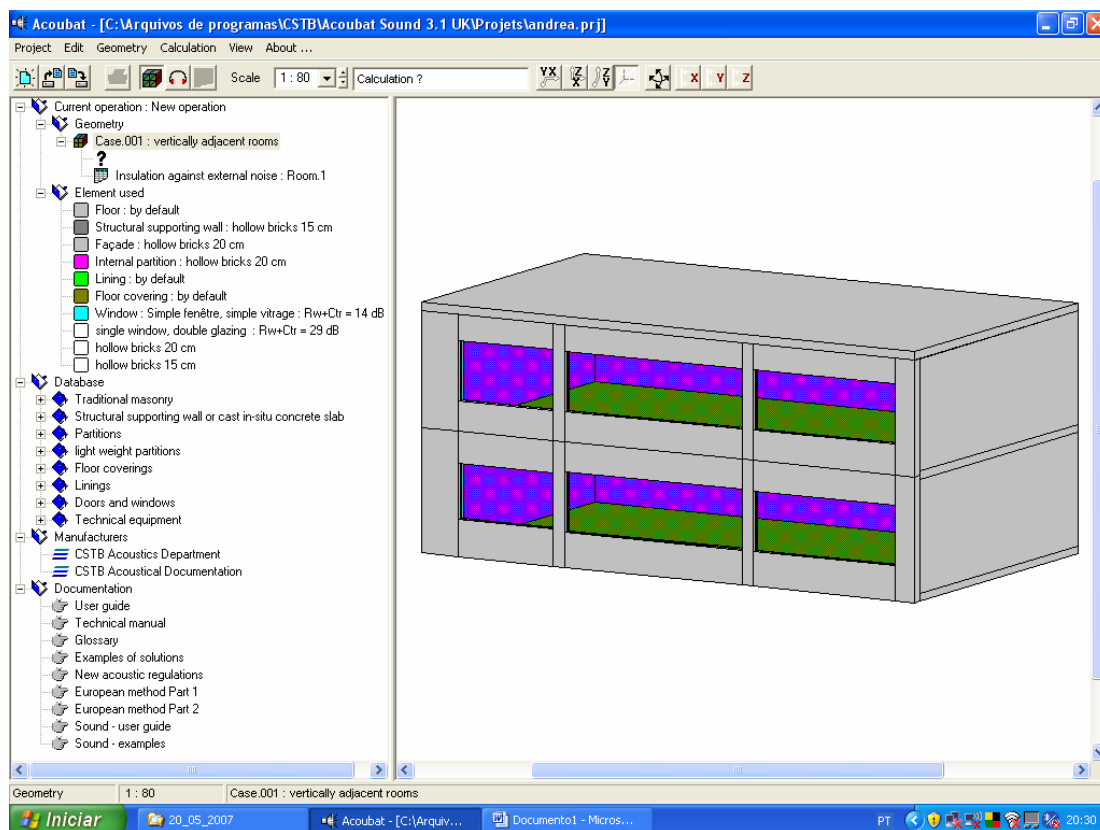


Figura 5.9 – Tela de operação do programa ACOUBAT.

O procedimento de simulação do comportamento acústico da edificação em estudo consiste na inserção dos seguintes dados:

1. Medidas de planta baixa da unidade em avaliação;
2. Valor do pé direito;
3. Medidas das esquadrias;
4. Definição dos materiais de parede e esquadrias, com a especificação de cada elemento que compõe as partições, incluindo o material dominante das esquadrias, por exemplo, vidro, madeira ou alumínio.
5. Definição da espessura das partições;
6. Definição do tipo e intensidade de ruído à que está exposta a fachada;
7. Definição do posicionamento do microfone, ponto onde é feita a medição do ruído que atravessa a fachada.

A partir da inserção dos dados de entrada, o programa fornece os resultados, como exibidos na figura 5.10, onde é possível avaliar o parâmetro escolhido para análise, índice de redução sonora, através de seu comportamento nas diversas bandas de frequência e de seu número único correspondente, que é o valor a ser comparado entre as edificações da amostra.

Após a inserção dos dados da amostra selecionada no programa *Acoubat Sound*, a variação do coeficiente de redução sonora $R'w$ se deu como mostra o gráfico 5.6, em vermelho está a curva de tendência verificada.

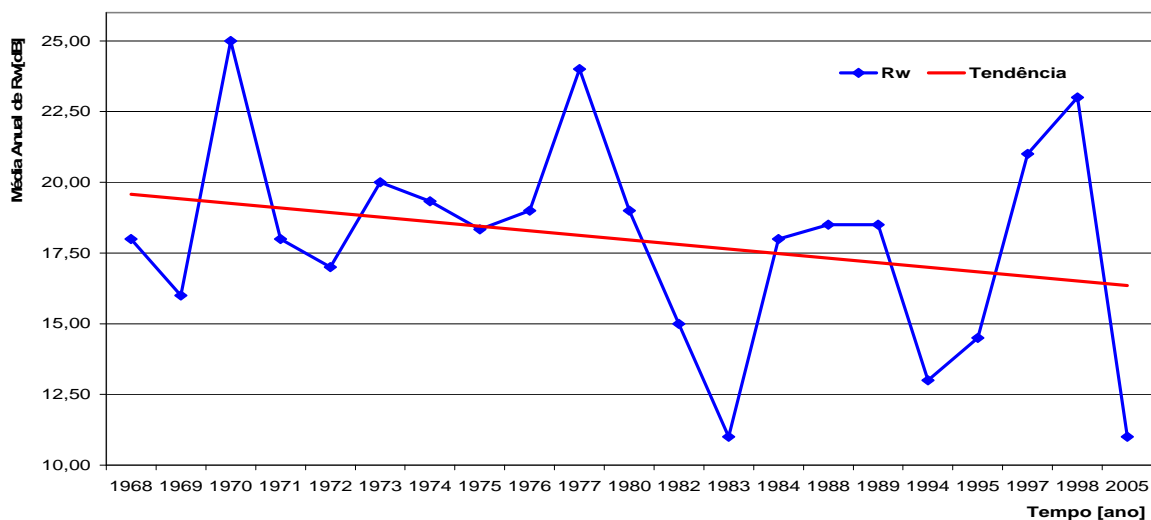
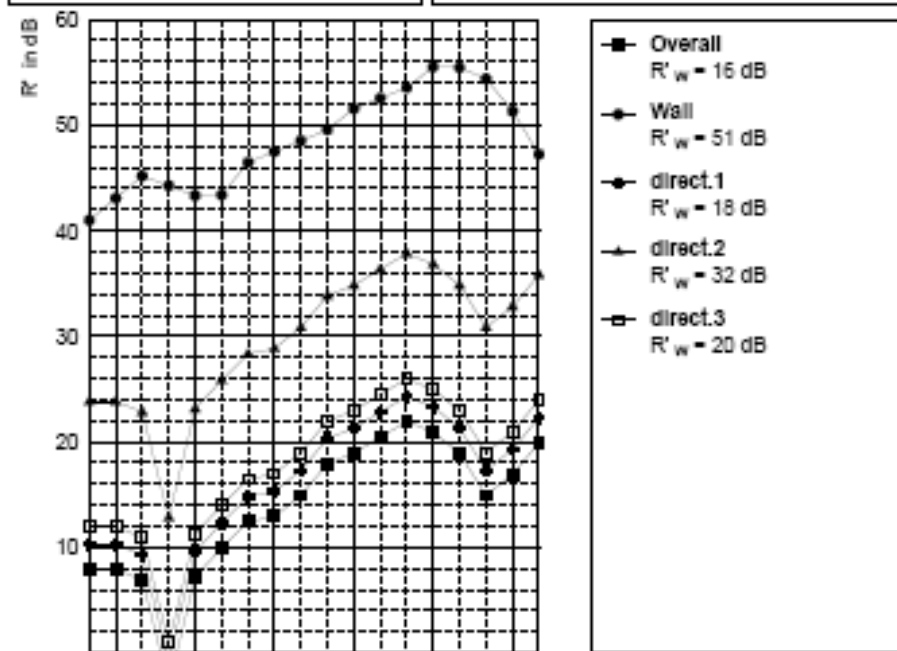
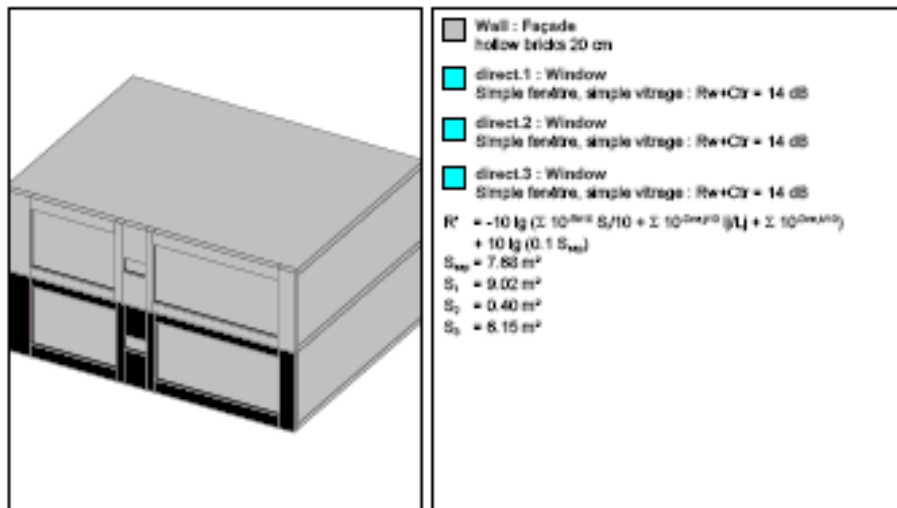


Gráfico 5.6 – Variação do coeficiente de redução sonora $R'w$ dos edifícios residenciais multifamiliares da amostra selecionada.

New operation

Case.002 : vertically adjacent rooms
 Insulation against external noise : Room.1
 Overall



$R'_w = 16$ dB

Overall index calculated according to the standard EN ISO 717-1 (1997)

Copyright © 1998-2001 CSTB Acoubat V3.1
 20-may-2007 15:55:29

Figura 5.10 – Tela de resultados do programa ACOUBAT.

Observando o gráfico 5.6, percebe-se através da curva de tendência que, no período de tempo analisado, na medida em que os anos se passaram as edificações construídas foram reduzindo o isolamento de forma que o índice de redução sonora das fachadas frontais das edificações da amostra foi caindo.

A constatação do decréscimo na qualidade do isolamento das fachadas frontais somado à estimativa de crescimento do nível estimado de ruído urbano da região, calculado no capítulo 3, fica mais evidente através da observação do gráfico 5.7 onde em vermelho está a curva de tendências do índice de redução sonora e em verde a curva de tendência do nível de ruído urbano, ambos em função do tempo.

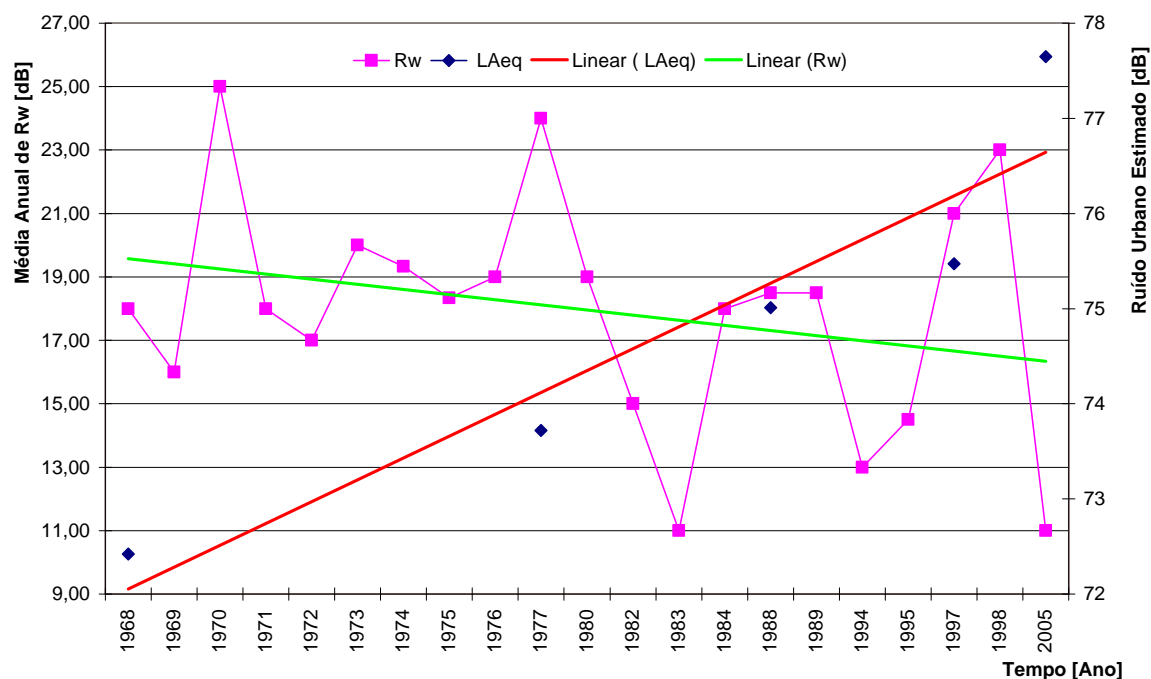


Gráfico 5.7 – Coeficientes de redução sonora, Rw, dos edifícios residenciais multifamiliares da amostra e valores estimados de ruído urbano na região, Leq.

É importante constatar que a arquitetura das edificações estudadas não variou muito. As alterações observadas se restringiram ao material de revestimento e à coloração dos vidros e da pintura. Em termos volumétricos as variações foram praticamente desprezíveis.

Cabe destacar a edificação número 39, construída em 1998, que foi a única da amostra que apresentou preocupações quanto ao isolamento acústico. A planta baixa oferece zoneamento apropriado para garantir privacidade entre as unidades e a parede interna entre apartamentos distintos apresenta espessura maior que as demais com 25 centímetros. Apresentou como resultado das simulações um valor de R_w igual a 23 dB.

As mudanças na legislação municipal não contribuíram nem prejudicaram o isolamento das fachadas. A lei nº 060 de 2000 que estabelece áreas mínimas de abertura não teve repercussão nas fachadas da Avenida Beira Mar Norte, pois as mesmas já atendiam à exigência dessa lei anteriormente.

Através da comparação dos valores do número único dos índices de redução sonora das fachadas frontais das edificações multifamiliares estudadas, pode-se afirmar que houve decréscimo na qualidade do isolamento das fachadas frontais das edificações com o passar do tempo. Verificou-se também que, se o ruído urbano cresceu e o isolamento diminuiu, o conforto acústico do interior das edificações está diminuindo.

A pressão da supervalorização dos imóveis, causada pela escassez de terrenos e concentração de atividades nos centros urbanos, transformou o edifício multifamiliar na principal tipologia habitacional brasileira. Tendência que também se verificou no caso deste estudo. As edificações residenciais unifamiliares deram lugar, em meados da década de setenta, aos edifícios multifamiliares, com 12 pavimentos em média.

Na Avenida Beira Mar Norte, caso deste estudo, além dos motivos citados, o aumento de densidade populacional foi estimulado por razões históricas que motivaram a ocupação intensa da região, tais como a criação da Universidade Federal de Santa Catarina e o estabelecimento da sede da empresa estatal Eletrosul na cidade, ambas trazendo inúmeros imigrantes à Florianópolis. A implantação das duas instituições fez da Avenida Beira Mar Norte a principal via de ligação entre esses pólos e o centro da cidade. Em decorrência, houve a criação das pistas de via rápida na referida avenida, inauguradas em 1977.

Diversas alterações no Código Municipal de Obras foram introduzidas para conter a grande exploração imobiliária da região e tentar garantir um mínimo de ventilação e insolação aos moradores. No entanto, no que tange o controle de emissão do ruído urbano ou o isolamento acústico das edificações, nenhuma medida legal eficaz foi tomada. A única exceção é a lei municipal nº 003/99, que define os limites sonoros máximos permissíveis para os diferentes tipos de zoneamento.

Através dos dados de volume de tráfego, fornecidos pelo Instituto de Planejamento Urbano do Município de Florianópolis, verificou-se que o número de veículos em trânsito na região estudada praticamente dobrou no período, compreendido entre os anos de 1987 e 2006. A partir desses dados foi possível fazer a predição teórica do nível de ruído urbano desde a década de oitenta, verificando-se um aumento de 2,5 dB(A) durante os últimos 20 anos. O nível de

ruído urbano estimado a partir dos dados de volume de tráfego urbano para o ano de 2006 na Avenida Beira Mar Norte foi de 77,6 dB(A).

O período estudado compreendeu o passar de quatro décadas. No entanto, a coleta dos dados das 40 edificações estudadas mostrou que as variações na arquitetura, nos materiais e nos sistemas construtivos empregados não foram significativas pela ótica do isolamento acústico de fachadas. Porém, a espessura das fachadas frontais foi gradativamente diminuindo, até uma diferença de 5 centímetros em média. A qualidade acústica dos fechamentos de aberturas praticamente não se alterou, mas a porcentagem de área aberta flutuou apresentando tendência de crescimento com o passar dos anos em que foram construídas as edificações.

A inserção desses dados no programa *Acoubat Sound* permitiu a comparação entre o desempenho do isolamento acústico das fachadas estudadas e a partir daí foi possível constatar tendência de queda do índice de redução sonora das edificações da amostra à medida que cresce o ano de sua construção, ou seja, quanto mais recente a edificação da amostra, pior a qualidade do isolamento das fachadas frontais.

Foi identificado que o ruído urbano cresceu no período de tempo em estudo, se o isolamento não aumentou, ao contrário, tende à diminuir, necessariamente o conforto acústico do interior das edificações, apesar dos grandes investimentos na área construção civil, vem diminuindo.

Esta constatação é preocupante, pois justamente nas moradias onde o cidadão busca proteção e sossego, ele está sujeito, sem saber, aos efeitos danosos da exposição contínua ao ruído. Situação que já é considerada mundialmente um problema de saúde pública, visto que é comprovadamente causadora de diversos malefícios como: distúrbios do sono, problemas cardíacos, stress, derrame cerebral, infecções, impotência sexual, danos à memória e inúmeros outros.

Se a população não tomar conhecimento do mal à que estão sendo submetidas, para poder exigir, que a indústria e os profissionais da construção civil

tomem partido dos materiais e técnicas disponíveis para proporcionar conforto acústico aos moradores das edificações multifamiliares, não haverá alternativa senão a adequação das normas e leis para que garantam condições mínimas de saúde e bem estar da população.

Não menos importante foi a constatação de que as edificações estudadas demonstraram pouca evolução tecnológica e arquitetônica na composição e geometria de suas fachadas. As alterações verificadas se limitaram a algumas diferenciações de adorno através de coloração das esquadrias, tintas e revestimentos cerâmicos.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em conjunto com a necessidade por mais conforto acústico nas edificações, o poder público deve, também, gerenciar o ruído urbano, de forma a resguardar a saúde e o bem estar da população. Nesse sentido, esta pesquisa traz as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- Realização do mapeamento do ruído urbano das cidades brasileiras, como forma de contribuir com os planos diretores e legislações municipais. Um plano diretor eficiente deve controlar o crescimento das diferentes regiões de uma cidade. Com a utilização de tal ferramenta, é possível gerenciar os níveis sonoros presentes em cada região, a estimativa para os anos seguintes e o impacto gerado, por exemplo, por alterações viárias ou implantação de grandes empreendimentos;
- Pesquisar a respeito de alternativas para a redução de emissão de ruído urbano através do tratamento das superfícies em atrito como, por exemplo, os pneus e a pavimentação das vias de trânsito;
- Efetuar medições em campo para definir qual o desempenho acústico das edificações e comparar com os dados aqui obtidos;

- Verificar, também através de medições, qual a contribuição das diferentes geometrias geradas por balcões, varandas, floreiras, etc., na diferença de nível sonoro entre interior e exterior da edificação.

ACOUBAT SOUND, Manual do Programa.

AKDAG, N. Y. **A simple method to determinate required Rtr values of building envelope components against road traffic noise.** Building and Environment, November 2004. Volume 39, p. 1327-1332.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Norma CB 02: 136.01.001. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais.** (2004).

_____. Projeto de Norma CB 02: 136.01.004. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 4: Fachadas e paredes internas.**(2004).

AZEVEDO, A. V. de A. **Acústica – Controle de Ruídos.** Apostila 02, Curso de Extensão Universitária. Maceió: 1989.

BÁRING, J. G. de A. Desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações: conceituação (1ª parte). In: **Tecnologia de Edificações.** São Paulo: PINI, 1988. Divisão de Edificações do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

BARRY, T. M.; REAGAN, J. A. **FHWA highway traffic noise prediction model.** Report no. FHWA-RD-77-108, US Federal Highway Administration, Washington, DC, 1978.

BARTH, Fernando. Professor do departamento de pós-graduação em arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina. Entrevista pessoal em 22 de maio de 2007.

BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. **Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.

BRITISH RESEARCH ESTABLISHMENT. **Domestic Noise Complaints.** Report no. 204732. Inglaterra. Dezembro, 1999.

BROOS, Hans. **Construções Antigas em Santa Catarina.** Florianópolis: UFSC, 2002.

BRÜEL & KJAER, Environmental Noise Booklet. **Brüel & Kjaer Sound e Vibration Measurement A/S, 2000.**

CALDEIRA, Teresa Pires do Rio. **Cidades de Muros. Crime, Segregação e Cidadania em São Paulo.** São Paulo: Editora 34/Edusp,2000.

CHEW ,C. H., Prediction of traffic noise from expressways—Part I: buildings flanking one side of expressways. **Applied Acoustics** no. 28, pg 203–212, 1989.

CHEW, C. H.; LIM, K. B. Facade effects on the traffic noise from the expressway. **Applied Acoustics** no. 41, pg 47–62, 1994.

CORRÊA, C.H.P.; **História de Florianópolis, ilustrada.** Florianópolis, Editora Insular, 2ª Ed, 2005, p. 334-355.

CORRÊA, R.L. **O Espaço Urbano.** São Paulo, Ática, 2ª Ed, 1999, p. 25.

COUTINHO, L. **Florianópolis Uma Radiografia.** RBS Jornal Diário Catarinense. Florianópolis, 25 de março, 2007. Disponível em < www.mapa.com.br/arquivo/ftp/identidade/ff_01.jpg> Acesso: 24 de junho de 2007.

DENATRAN – **Departamento Nacional de Trânsito** . Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso: 13 de junho de 2007.

Department of Transport, Welsh Office HMSO. **Calculation of road traffic noise.** London, 1988.

DUARTE, Elizabete. **Estudo do Isolamento Acústico de Paredes de Vedação da Moradia Brasileira ao Longo da História.** Dissertação de Mestrado - PosARQ/UFSC, Florianópolis, 2005.

ENCYCLOPEDIA BRITANNICA. **Empire State Building.** Disponível em <www.britannica.com/eb/art> Acesso: maio de 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Building Acoustics – Estimation of acoustical performance of building from the performance of elements** . Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound. EN 12354-3. Brussels, 2000.

FAHY, F. **Foundations of Engineering Acoustics.** United Kingdom: Academic Press, 2001.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal de Florianópolis. **Código Municipal de Florianópolis**: Lei No. 246. Florianópolis, 1955.

_____. **Lei No. 001**. Florianópolis, 1997.

_____. **Lei No. 060**. Florianópolis, 2000.

_____. **Lei No. 1246, artigos 235 - 237**. Florianópolis, 1974.

_____. **Lei No. 1440**. Florianópolis, 1976.

_____. **Lei No. 1715**. Florianópolis, 1980.

_____. **Lei No. 3338**. Florianópolis, 1989.

FLORIANÓPOLIS. **Lei Complementar Municipal CMF n° 003/99**. Dispõe sobre ruídos urbanos e proteção do bem estar e do sossego público. Diário Oficial: jul., 1999.

FRANCO, L.S. **O projeto das vedações verticais: Características e a importância para a racionalização do processo de produção**. Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, 2006.

GARCIA, A.; FAUS, L. J. Statistical analysis of noise levels in urban areas. **Applied Acoustics**, v.34, p. 227-47, 1991.

GARCIA, D.B.; VECCI, M.A. Evaluation of residential buildings sound insulation criteria for Brazil. **Proceedings International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Internoise)**. Rio de Janeiro, 07-10 de agosto de 2005.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Florianópolis: NR Ed, 2ª ed, 2000.

GERRETSEN, E. Calculation of the sound reduction by façades. In: **Internoise**. 1981.

_____. Prediction of sound insulation in buildings: a tool to improve the acoustic quality. In: **DAGA'03**. Aachen, 2003.

GILBERT, P. H. **Une etude sur la protection des extérieurs habitations contre les bruits pénétrant par les façades cahiers du C.S.T.B. N^o. 103, Cahier 901.** Paris, 1969.

GOOGLE EARTH. **Fotos Aéreas.** Disponível em <www.googleearth.com.br> Acesso em: 20 de junho de 2007.

HAMMAD, R.N.S.;GIBBS,B.M. The acoustic performance of building façades in hot climates: Part 1 – Courtyards. **Applied Acoustics**, n^o. 16, p 121-137, 1983 a.

_____: Part 2 – Closed balconies. **Applied Acoustics**, n^o. 16, p 441-454, 1983 b.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em www2.ibge.gov.Br/pub/indicadores_sociais/ Acesso: 10/02/2006.

INPI, Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **O Edifício A Noite.** Rio de Janeiro. Disponível em <www.inpi.gov.br/conheca_inpi/imagens/noite01.jpg > Acesso em: 24 de junho de 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission.** ISO 140-1. Switzerland, 1997.

_____. **Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements.** Part 1: Airborne sound insulation. 2nd ed. ISO 717-1. Switzerland, 1996.

_____. **Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements.** Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound. 1st ed. ISO 15712-3. Switzerland, 2005.

JONES, R. R. K., et al. Techniques for the investigation of road traffic noise in regions of restricted flow by the use of digital computer simulation methods. **Journal of Sound and Vibration** no 75, pg 307–322, 1981.

KIM, M.J.; KIM H.G. Field measurements of façade sound insulation in residential buildings with balcony windows. **Building and Environment**, 42, p. 1026–1035, 2007.

KOK, Glória. **Rio de Janeiro na época da Av. Central.** São Paulo: Bei Comunicação, 2005, p. 30. Disponível em < www.educacaopublica.rj.gov.Br/biblioteca/historia/hist31f.htm > Acesso em:24 de junho 2007.

KRYTER, K. D. **The Effects of Noise on Man**. London: Academic Press, Inc., 1985.

LEE, P.J. et all. Effects of apartment building façade and balcony design on the reduction of exterior noise. **Building and Environment**, 2007.

LEMOS, C. A. C. **A República ensina a morar (melhor)**. São Paulo: HUCITEC, 1999a.

_____. **Alvenaria Burguesa**. São Paulo: Nobel, 1989.

_____. **Casa Paulista**: história das moradias anteriores ao ecletismo trazido pelo café. São Paulo: EDUSP, 1999b.

_____. **História da Casa Brasileira**. São Paulo: Contexto, 1996. Coleção Repensando a História.

LEWIS, P. T. The noise generated by single vehicles in freely flowing traffic. **Journal of Sound and Vibration** no.30, pg191–206,1973.

MARCON, C. R., ZANNIN, P.H.T. **Avaliação das condições acústicas em residências**, ENCAC 2005.

MATEUS, D. M. R.; TADEU, A.J.B. **Isolamento acústico de vãos envidraçados**. Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. PCC, USP, 3-6 de novembro de 1989. São Paulo, Brasil.

MEDEIROS, Carlos Eduardo. Engenheiro diretor de operações do Instituto de Planejamento Urbano do Município de Florianópolis, IPUF. Entrevista pessoal em 14 de junho de 2007.

MIGUEL, J. M. C. **Casa e lar. A essência da arquitetura**. Arqutextos n° 156. Outubro de 2002. Disponível em <www.vitruvius.com.br> Acesso em: setembro de 2005.

MINKU, M.P.;SANTANA,M.V.;GHISI,E.;LAMBERTS,R. **Tipologias construídas de edifícios de escritório localizados em Florianópolis-SC**. ENCAC, Maceió, 5-7 de outubro de 2005.

MOHSEN, E.A.;OLDHAM, D.J. Traffic noise reduction due to the screening effect of balconies on a building façades. **Applied Acoustics**, n°. 10, p 243-257, 1977.

MUMFORD, L. **A Cidade na História**: suas origens, transformações e perspectivas. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

NUNES, M. F. O. **Estudo do ruído de tráfego veicular urbano em interseções semaforizadas no centro de Santa Maria – RS**. Dissertação de Mestrado, CPGEC/UFMS. Santa Maria, 1998.

NUNES, M. F. O; et al. **Medidas de atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto acústico em áreas residenciais**. V ENCAC, Fortaleza, 1999.

ÖHRSTRÖM, E.; SKANBERG, A.; et al. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. **Journal of Sound and Vibration** no.295, pg 40–59, 2006. JURGENFELD, Vanessa. **Disputa por espaço urbano atrasa plano diretor em SC**. Jornal A Notícia. Publicado em 07 de março de 2007.

PAIXÃO, D. X. da. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA)**. Tese de doutorado, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, UFSC. Florianópolis, 2002.

PEREIRA, Nereu do Vale. Vereador do Município de Florianópolis, durante elaboração do primeiro plano diretor. Entrevista pessoal em 10 de março de 2007.

PIMENTEL-SOUZA, F. **Efeitos da Poluição Sonora no Sono e na Saúde em Geral – Ênfase Urbana**. Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/lpf/2-1.html>. Acesso: 31/03/2005 a.

PIMENTEL-SOUZA, F. **Efeitos do Ruído Estressante**. Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/lpf/2-22.html>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2005 b.

POLLI, Taiana. **O Isolamento Acústico Comparado aos Investimentos financeiros em edifícios multifamiliares de Florianópolis**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

PROJETO SÃO PAULO 450 ANOS. **Edifício Martinelli**. Disponível em < www.aprenda450anos.com.br/450anos/vila_metropole/2-3_edificio_martinelli.asp > Acesso em: junho 2007.

RAMIREZ, Júlio César de Lima. A verticalização de São Paulo e o cinema: uma nova dimensão nos estudos da cidade. In: **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, nº 9, pp. 5-22, Jan./Jun, 1997.

REIS FILHO, N. G. **Quadro da Arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1987.

REYNOLDS, D. D. **Engineering Principles of Acoustics: Noise and Vibration Control**. Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1981.

ROCHA, José Rodrigues da. Arquiteto do Instituto de Planejamento Urbano do Município de Florianópolis, IPUF. Entrevista pessoal em 29 de maio de 2007.

SAARINEN, A. Reduction of external noise by building façades: tolerance of standart EN 12354-3. **Applied Acoustics**, nº 63, p 529-545, 2002.

SATTLER, M. A. **Avaliação de impacto de ruído determinado por sistemas binários de tráfego**. V ENCAC, Fortaleza, 1999 b.

_____. **Estudo comparativo de níveis de ruído entre pavimento asfáltico e pavimento com pedra granilítica regular**. V ENCAC, Fortaleza, 1999 a.

SHARLAND, I.; LORD, P. **Woods practical guide to noise control**. 3rd ed. England: Woods of Colchester Limited, 1979.

Sistema SINDUSCON – Grande Florianópolis. Disponível em www.sinduscon-polis.org.br/retorno_area2.asp. Acesso em: 13 de junho de 2007.

SOLUBRAS, **Condomínio Residencial Portal do Morumbi**. Disponível em < www.solubras.com.br > Acesso em: 9 de março de 2006.

SOUSA, C. M.; CARDOSO, M. R. A. **Ruído Urbano na Cidade de São Paulo, Brasil**. In: 10^o Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica e 2^o Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações, 2002, Rio de Janeiro. Anais do 2 SOBRAC Rio de Janeiro, 2002.

STEPHENSON, R. J.; VULKAN; G.H. Traffic noise. **Journal of Sound and Vibration** no.7, pg 242–262, 1968.

SUSP, **Relação de edificações na cidade de Florianópolis**, fornecida em março de 2007.

TADEU, A.; ANTÔNIO, J. M. P. Acoustic insulation of single panel walls provided by analytical expressions versus the mass law. **Journal of Sound and Vibration**. nº 257(3), p. 457-475.

The UK Department of Environment, **Calculation of Road Traffic Noise**. Her Majesty's Stationary Office. London, 1975.

TO, W.M.; RODNEY, C.W.; et al. A multiple regression model for urban traffic noise in Hong Kong. **Acoustical Society of America**, no. 112, 2002.

VARGAS, M. A Tecnologia na Engenharia Civil. In: **História da Técnica e da Tecnologia no Brasil**. Coordenador: Milton Vargas. São Paulo: UNESP/ Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994.

VEJA. **Aqui se vive melhor: Florianópolis, a capital com jeito de cidade pequena, atrai cada vez mais migrantes**. Disponível em <www.veja.abril.com.br/070499/p_100.html>. Acesso em: 07 de dezembro de 2006.

VERÍSSIMO, F. S.; BITTAR, W. S. M. **500 anos da Casa no Brasil – as transformações da arquitetura e da utilização do espaço de moradia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

VIVEIROS, E. B. **Acústica**. Apostila de disciplina Acústica Avançada do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC, 2003.

VIVEIROS, E. B. **Evaluation of the Acoustical Performance of Louvre by Impulse Response Analysis**. Tese de Doutorado – POSMEC/UFSC, 1998.




WEISSENBURGER, J. T. Room-to-room privacy and acoustical design criteria. **Sound and Vibration**. February, 2004.




WIKIPEDIA, **Mapa do Estado de Santa Catarina**. Disponível em <www.en.wikipedia.org/wiki/Image:SantaCatarina_Municip_Florianopolis.svg#file>. Acesso em: 26 de maio de 2007.




ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B. et al. **Annoyance caused by urban noise to the citizens of Curitiba, Brazil**. Rev. Saúde Pública, ago. 2002, vol.36, n. 4, p.521-524. ISSN 0034-8910




Apêndice




1-TABELA DE DADOS DA AMOSTRA



	pav extra		1 gar 1 subsolo	
	no. pav.	13	12	4
	gab total	13	14	4
	R'W (dB)	18	16	25
Obs.		J2 e J3 sob influência de sacada de 1,50m		
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3		4.40x2.05	2.00x1.50
	J2		0.80x0.40	2.00x1.50
	J1		3.00x2.05	1.90x1.50
	Área de Parede	20,60	8,69	31,95
	%abertura	53,39	64,06	21,69
Janelas Reais	Área de Janela	23,60	15,49	8,85
	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4	2,00x1,40		
	J3	3,75x2,40	4.40x2.05	2.00x1.50
	J2	3,75x2,40	0.80x0.40	2.00x1.50
J1	2,00x1,40	3.00x2.05	1.90x1.50	
Fac had	A Total	44,20	24,18	40,80
	Largura	17,00	9,30	13,60
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,20	0,20
	Externa Real	0,20	0,20	0,25
	Pé Direto	2,60	2,60	3,00
	No.	2192	2220	
IMAGEM				
		14707	15987	17981
	ruído	LAeq	72,42	
ano		1968	1969	1970
	Edificação	┌	∞	∞




	pav extra	1 subsolo		
	no. pav.	13	6	12
	gab total	14	6	12
	R'W (dB)	18	19	19
	Cbs.	J2 sob influência de sacada de 1,40m		
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3	1,00x2,47		0,67x1,53
	J2	5,00x2,47		5,00x1,53
	J1	3,25x1,60		5,00x1,53
	Área de Parede	15,60	29,26	14,33
	%abertura	57,14	34,69	53,26
Janelas Reais	Área de Janela	20,80	15,54	16,33
	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4		2,00x1,40	
	J3		3,55x1,40	
	J2	6,00x2,60	3,55x1,40	
	J1	3,25x1,60	2,00x1,40	10,67x1,53
Fac ha d ha d	A Total	36,40	44,80	30,66
	Largura	14,00	16,00	10,95
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,15	0,20
	Externa Real	0,25	0,15	0,25
	Pé Direto	2,60	2,90	2,90
	No.	1540	943	900
IMAGEM				
		19116	19740	20150
	ruido	LAeq		
	ano	1971	1972	1972
	Edificação	4	5	5




	par extra	1 sobreloja 1 subsolo		1 subsolo
	no. pav.	12	10	12
	gab total	14	10	13
	R'W (dB)	17	12	18
	Obs.	J2 e J3 sob influência de sacada de 1,95m	toda a fachada sob influência de sacada	J2 e J3 sob influência de sacada de 1,00m
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3			
	J2			
	J1			
	Área de Parede	25,32	5,28	21,27
	%abertura	41,66	82,85	66,22
Janelas Reais	Área de Janela	18,08	25,50	27,31
	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4	3,40x1,40		3,10x1,40
	J3	3,80x2,40	3,25x2,50	3,88x2,40
	J2	3,80x2,40	3,70x2,50	3,88x2,40
J1	2,20x1,40	3,25x2,50	3,10x1,40	
Fac. Fachada	A Total	43,40	30,78	48,58
	Largura	15,50	11,40	17,35
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,15	0,20
	Externa Real	0,20	0,15	0,20
	Pé Direto	2,80	2,70	2,80
	No.	1892	1948	2424
IMAGEM				
		20149	20238	20349
	ruido	LAeq		
	ano	1972	1972	1972
		∞	∞	∞




	pav extra		1 subsolo	
	no. pav.	12	12	12
	gab total	12	13	12
	R'W (dB)	20	20	21
	Obs.	J1, J2, J5 e J6 sob influência de sacada de 1,10m - J3 e J4 sob influência de sacada de 1,10m		J2 e J3 sob influência de sacada de 1,50m
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3		4,00x1,50	
	J2		5,00x1,50	
	J1		2,65x1,50	
	Área de Parede	32,62	18,93	27,54
	%abertura	47,05	48,01	33,54
Janelas Reais	Área de Janela	28,98	17,48	13,90
	J8			
	J7			
	J6	2,10x1,95		
	J5	2,10x1,95		
	J4	3,00x2,10		2,00x0,85
	J3	3,00x2,10		3,00x2,10
	J2	2,10x1,95	4,00x1,50	2,00x2,10
	J1	2,10x1,95	7,65x1,50	2,00x0,85
Fac. h/d h/d	A Total	61,60	36,40	41,44
	Largura	22,00	13,00	14,80
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,15	0,20	0,15
	Externa Real	0,15	0,25	0,15
	Pé Direto	2,80	2,80	2,80
	No.	120	2292	1052
IMAGEM				
		20745	20576	21931
	ruído	LAeq		
	ano	1973	1973	1974
		10	11	12




	pav extra	1 subsolo 1 ático		1 subsolo 1 ático
	no. pav.	12	12	12
	gab total	14	12	14
	R'W (dB)	19	18	21
	Obs.	Sacadas existentes serao desconsideradas	J2 e J5 sob influencia de sacada de 1,20m	
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3	3.37x1.50		
	J2	3.56x1.50		
	J1	4.30x1.50		
	Área de Parede	35,48	22,16	31,99
	%abertura	49,12	55,66	39,23
Janelas Fixas	Área de Janela	34,25	27,82	19,80
	J8			
	J7			
	J6	4.295x1.50	3,00x1,40	2,80x1,50
	J5	3.56x1.50	3,78x2,40	3,20x1,50
	J4	3.365x1.50	0,80x0,80	0,50x1,80
	J3	3.365x1.50	0,80x0,80	0,50x1,80
	J2	3.56x1.50	3,78x2,40	3,20x1,50
	J1	4.295x1.50	3,00x1,40	2,80x1,50
Fac ha d ha d	A Total	69,72	49,98	51,79
	Largura	24,90	17,85	19,18
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,20	0,15
	Externa Real	0,20	0,20	0,15
	Pé Direto	2,80	2,80	2,70
	No.	2082	2784	28
IMAGE				
		22451	21944	23341
	ruído	LAeq		
	ano	1974	1974	1975
		13	14	15




	pav extra			1 subsolo 1 ático
	no. pav.	12		12
	gab total	12		15
	R'W (dB)	14	20	19
	Cbs.		J4 e J3 sob influência de sacada de 1,00m	
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3			
	J2	3,90x2,20		
	J1	2,50x2,20		
	Área de Parede	11,95	36,37	20,19
	%abertura	76,40	44,61	51,93
Janelas Reais	Área de Janela	39,70	29,29	21,81
	J8			
	J7			
	J6	2,50x2,20	1,50x1,45	
	J5	2,50x2,20	1,50x1,45	
	J4	3,796x2,20	4,38x2,35	2,00x1,45
	J3	3,796x2,20	4,38x2,35	3,48x2,30
	J2	2,50x2,20	1,50x1,45	3,48x2,30
	J1	2,50x2,20	1,50x1,45	2,00x1,45
Fac. h/d h/d	A Total	60,65	65,66	42,00
	Largura	18,09	23,45	15,95
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,20	0,20
	Externa Real	0,20	0,25	0,20
	Pé Direto	2,80	2,90	2,65
	No.	1612		747
IMACEM				
		22724	23050	23954
ruido	LAeq			
ano		1975	1975	1976
		18	17	18




	pav extra		1subsolo 1 ático	1subsolo 1 ático
	no. pav.	12	12	12
	gab total	12	14	14
	R'W (dB)	21	27	19
	Obs.		J2 sob influência de sacada de 1,60m	
Janelas Inseñadas no-Acoobat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4	1.70x0.70		
	J3	5.00x1.35		
	J2	2.00x1.35		
	J1	3.00x1.35		as mesmas do real
	Área de Parede	43,98	49,02	10,56
	%abertura	40,05	13,16	50,75
Janelas Reais	Área de Janela	29,38	7,43	10,88
	J8			
	J7			
	J6	3.00x1.35		
	J5	7.00x1.35		1.45x1.50
	J4	1.70x0.70		1.45x1.50
	J3	1.70x0.70		1.45x1.50
	J2	7.00x1.35	2.00x2.22	1.45x1.50
	J1	3.00x1.35	2.30x1.25	1.45x1.50
Fac. Fac. ha d ha d	A Total	73,36	56,45	21,43
	Largura	26,20	21,30	7,85
Espessura Parede	Externa Acoobat	0,20	0,20	0,15
	Externa Real	0,20	0,25	0,15
	Pé Direto	2,80	2,65	2,73
	No.	920	1784	1038
IMAGEM				
		26107	25590	28810
	ruido	LAeq	73,72	
	ano	1977	1977	1980
		7	8	5


	par extra	1subsolo 1 ático	1subsolo 1 ático	1subsolo 1 ático
	no. par.	12	12	12
	gab total	14	14	14
	R'W (dB)	15	23	23
	Obs.	J4 e J5 sob influência de sacada de 1,20m	Sacadas existentes serao desconsideradas	Prédio de esquina
Janelas inseridas no Acoubat	J9			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3			
	J2			
	J1		as mesmas do real	as mesmas do real
	Área de Parede	21,20	52,44	21,46
	%abertura	65,43	31,40	28,85
Janelas Reais	Área de Janela	40,14	24,00	9,70
	J9		2,40x2,10	
	J7		0,80x0,60	
	J6	1,60x1,80	2,40x1,10	
	J5	3,30x2,70	2,40x1,10	
	J4	3,30x2,70	0,80x0,60	
	J3	3,60x1,80	2,40x2,10	
	J2	3,60x1,80	2,40x2,10	3,70x2,20
	J1	3,60x1,80	2,40x1,10	0,40x1,40
Fac. Fachada	A Total	61,34	76,44	30,16
	Largura	21,30	27,30	11,60
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,20	0,20
	Externa Real	0,20	0,20	0,20
	Pé Direto	2,88	2,80	2,60
	No.	2148	2174	1496
IMAGEM				
		29871	30011	31936
	ruído	LAeq		
	ano	1980	1980	1882
		8	8	8

	par extra	1 ático 1 garagem	1subsolo 1 ático	1subsolo 1 ático
	no. pav.	12	12	11
	gab total	14	14	13
	R'W (dB)	15	11	19
	Obs.			J2 sob influência de sacada de 2,40m
Janelas inseridas no Acoubat	J9			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3		5,00x2,70	
	J2		1,00x2,70	
	J1		2,00x2,90	
	Área de Parede	6,66	2,60	16,16
	%abertura	90,83	90,71	51,47
Janelas Reais	Área de Janela	27,68	25,40	17,14
	J9			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3		2,00x2,90	
	J2	6,40x2,45	6,00x2,70	3,60x2,50
	J1	4,9x2,45	2,00x2,90	3,70x2,20
Fac ha d ha d	A Total	34,24	28,00	33,30
	Largura	12,23	10,00	11,10
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,12	0,12	0,15
	Externa Real	0,12	0,12	0,15
	Pé Direto	2,90	2,90	3,00
	No.		2608	1226
IMAGEM				
		32943	33469	34507
	ruido	LAeq		
	ano	1982	1983	1984
		8	8	6

	pav extra	1 ático 1 subsolo 2 garagens	1 ático 1 subsolo 1 garagem	1 ático 1 subsolo 1 garagem
	no. pav.	12	12	12
	gab total	16	15	16
	R'W (dB)	18	19	21
	Cbe.	J1, J2 e J3 sob influência de sacada de 1,50m	toda a fachada sob influência de sacada de 2,00m	J1 sob influência de sacada de 2,05m
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3			
	J2			
	J1			
	Área de Parede	11,22	18,48	18,19
	%abertura	58,44	49,09	40,46
Janelas Reais	Área de Janela	15,78	17,82	12,36
	J8			
	J7	0,60x1,40		
	J6	0,60x1,40		
	J5	0,60x1,40		
	J4	0,60x1,40	2,00x2,20	
	J3	2,00x2,30	,73x2,00	
	J2	1,70x2,30	2,28x2,00	4,40x1,50
	J1	1,70x2,30	3,70x2,00	2,40x2,40
Fac. Fachada	A Total	27,00	36,30	30,55
	Largura	10,00	13,20	11,75
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20	0,15	0,15
	Externa Real	0,20	0,15	0,15
	Pé Direto	2,70	2,75	2,60
	No.	2354	2368	1098
IMAGE				
		39965	39079	39630
ruido	LAeq	75,01		75,01
ano		1988	1988	1989
		⊗	⊗	⊗

	pav extra	1 ático 1 subsolo 1 garagem	1 ático 1 subsolo 1 garagem	1 ático 1 subsolo 1 garagem
	no. pav.	12	12	12
	gab total	15	15	15
	R'W (dB)	16	13	10
	Cbs.		J1, J2, J3 e J4 sob influência de sacada de 2,00m	
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3	5x2,50		2x2,75
	J2	1,60x2,50		5x2,75
	J1	1,20x2		5x2,75
	Área de Parede	9,66	6,36	1,19
	%abertura	66,18	79,18	96,68
Janelas Reais	Área de Janela	18,90	24,19	34,65
	J8			
	J7			
	J6			
	J5		(0,96x2,40)x6	
	J4		1,08x2,40	
	J3		1,08x2,40	
	J2	6,60x2,50	1,08x2,40	
	J1	1,20x2,00	1,08x2,40	12,60x2,75
Fac. h/d h/d	A Total	28,56	30,55	35,84
	Largura	10,20	11,75	12,80
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,15	0,15	0,12
	Externa Real	0,15	0,15	0,13
	Pé Direto	2,80	2,60	2,80
	No.	2272	2388	1478
IMAGEM				
		39156	43841	44976
ruido	LAeq			
ano		1989	1994	1995
		⌘	⌘	⌘

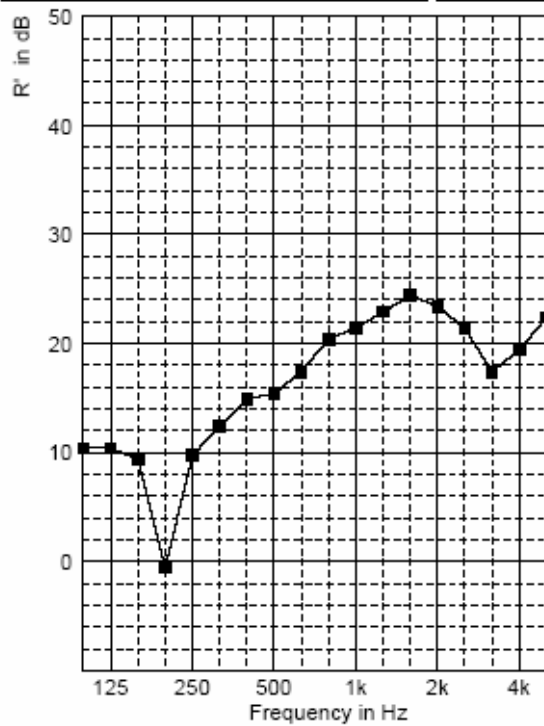
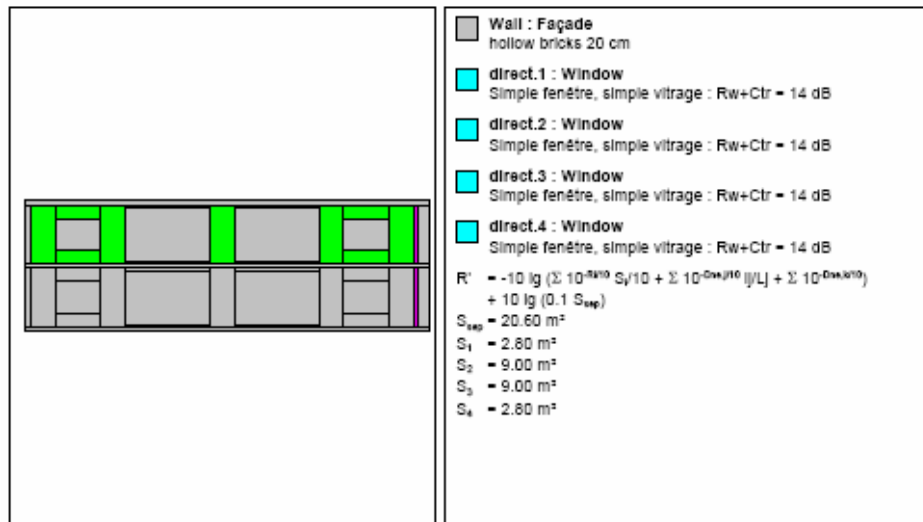
	pav. extra	1 ático 1 subsolo 2 garagens	1 ático 1 subsolo 1 garagem	1 ático 1 subsolo 2 garagens
	no. pav.	12	12	15
	gab total	16	15	18
	R'W (dB)	19	21	23
	Obs.			Parede entre unidades é de 25cm
Janelas inseridas no Acoubat	J8			
	J7			
	J6			
	J5			
	J4			
	J3			
	J2			
	J1			
	Área de Parede	11,94	49,02	33,43
	%abertura	48,40	40,35	28,77
Janelas Reais	Área de Janela	11,20	32,48	13,50
	J8		2.16x1.60	
	J7		2.40x1.60	
	J6		2.40x1.60	1.00x2.25
	J5		3.20x1.60	0.90x2.25
	J4		3.20x1.60	1.20x2.25
	J3		2.40x1.60	1.20x2.25
	J2		2.40x1.60	0.90x2.25
	J1	7.00x1.60	2.16x1.60	1.00x2.25
Fac. Fac. ha d ha d	A Total	23,14	80,50	46,93
	Langura	8,90	28,75	18,05
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,15	0,15	0,15
	Externa Real	0,15	0,15	0,15
	Pé Direto	2,60	2,80	2,60
	No.	1080	1650	1744
IMACEM				
		44726	46018	46693
ruido	LAeq		75,47	
ano		1995	1997	1998
		⊗	⊗	⊗

	pav extra	1 ático 2 subedos 1 garagem
	no. pav.	10
	gab total	14
	R'W (dB)	11
	Cts.	
Janelas inseridas no Acoubat	J8	
	J7	
	J6	
	J5	
	J4	
	J3	
	J2	
	J1	
	Área de Parede	1,19
	%abertura	95,00
Janelas Reais	Área de Janela	22,61
	J8	
	J7	
	J6	
	J5	
	J4	
	J3	
	J2	4.45x2.60
	J1	4.60x2.40
Fac. Faç. na d	A Total	23,80
	Largura	8,50
Espessura Parede	Externa Acoubat	0,20
	Externa Real	0,20
	Pé Direto	2,80
	No.	2442
IMAGEM		
		54185
ruido	LAeq	77,65
ano		2005
		♀

2- RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Simulação Edificação 1

Case.002 : vertically adjacent rooms
 Insulation against external noise : Room.1
 Overall



Freq.	R'
100	10.4
125	10.4
160	9.4
200	-0.6
250	9.7
315	12.4
400	14.9
500	15.4
630	17.4
800	20.4
1000	21.4
1250	22.9
1600	24.4
2000	23.4
2500	21.4
3150	17.4
4000	19.4
5000	22.4
Hz	dB

R' w = 18 dB

Overall index calculated according to the standard EN ISO 717-1 (1997)

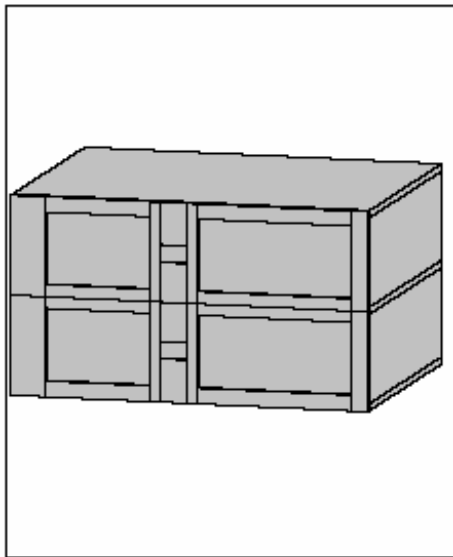
Copyright © 1998-2001 CSTB Acoubat V3.1
 27-Jun-2007 16:20:33

Simulação Edificação 2

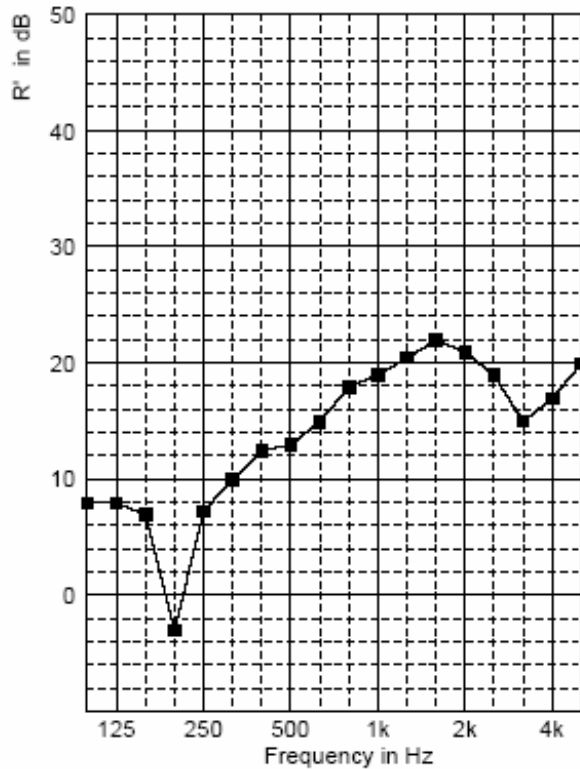
Case.002 : vertically adjacent rooms

Insulation against external noise : Room.1

Overall



- Wall : Façade
hollow bricks 20 cm
 - direct.1 : Window
Simple fenêtre, simple vitrage : Rw+Ctr = 14 dB
 - direct.2 : Window
Simple fenêtre, simple vitrage : Rw+Ctr = 14 dB
 - direct.3 : Window
Simple fenêtre, simple vitrage : Rw+Ctr = 14 dB
- $R' = -10 \lg (\sum 10^{-R_{i10}} S_i/10 + \sum 10^{-0.5 R_{i10}} (S_i/L) + \sum 10^{-0.5 R_{i10}})$
 $+ 10 \lg (0.1 S_{sep})$
 $S_{sep} = 7.68 \text{ m}^2$
 $S_1 = 9.02 \text{ m}^2$
 $S_2 = 0.40 \text{ m}^2$
 $S_3 = 6.15 \text{ m}^2$



Freq.	— R'
100	7.9
125	7.9
160	6.9
200	-3.1
250	7.2
315	9.9
400	12.4
500	12.9
630	14.9
800	17.9
1000	18.9
1250	20.4
1600	21.9
2000	20.9
2500	18.9
3150	14.9
4000	16.9
5000	19.9
Hz	dB

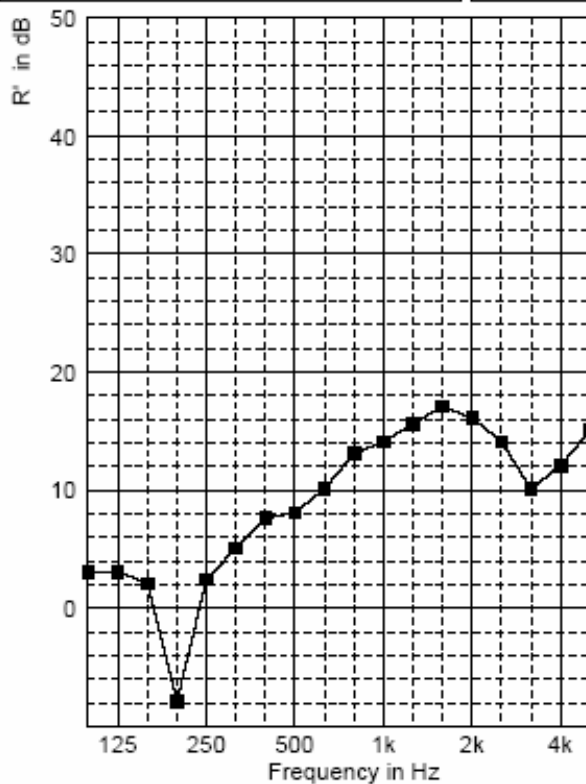
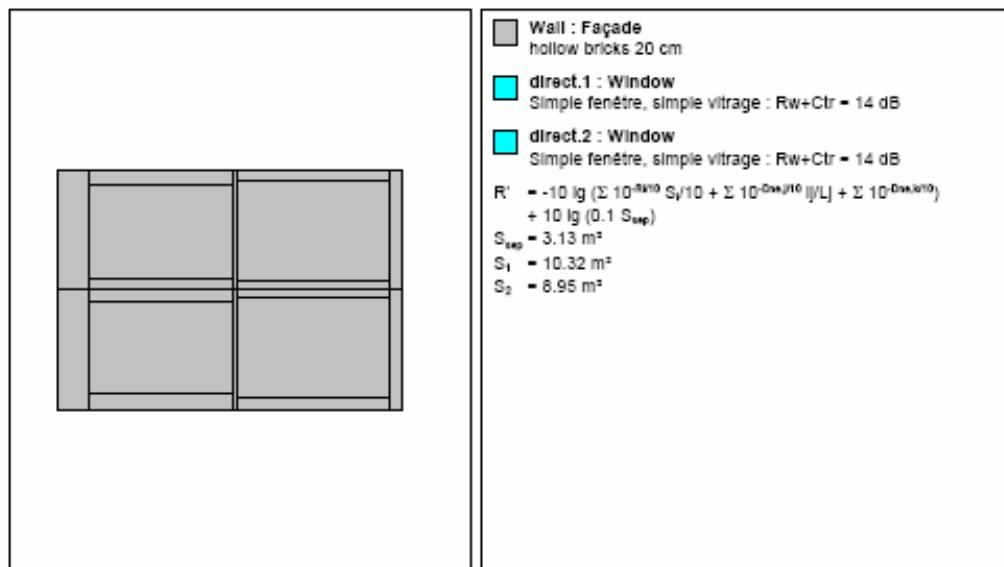
R' w = 16 dB

Overall index calculated according to the standard EN ISO 717-1 (1997)

Copyright © 1998-2001 CSTB Acoubat V3.1
27-jun-2007 16:26:23

Simulação Edificação 40

Case.001 : vertically adjacent rooms
 Insulation against external noise : Room.1
 Overall



Freq.	R'
100	3.1
125	3.1
160	2.1
200	-7.9
250	2.4
315	5.1
400	7.6
500	8.1
630	10.1
800	13.1
1000	14.1
1250	15.6
1600	17.1
2000	16.1
2500	14.1
3150	10.1
4000	12.1
5000	15.1
Hz	dB

$R'_w = 11$ dB

Overall index calculated according to the standard EN ISO 717-1 (1997)

Copyright © 1998-2001 CSTB Acoubat V3.1
 27-jun-2007 16:36:40

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.