

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

MARCOS WENTZ

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E NA VIA PÚBLICA DO
MUNICÍPIO DE PANAMBI**

Ijuí/RS

2006

MARCOS WENTZ

**CONFORTO ACÚSTICO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
E NA VIA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE PANAMBI**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Ijuí

2006

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

M. Arq. Raquel Kohler, (Orientadora)
Unijui /(DETEC/EGC)

Banca Examinadora

M.Eng. Cristina Pozzobon
Unijui /(DETEC/EGC)

M.Eng. Julio Cezar Valandro Soares
Unijui /(DETEC/EGC)

Agradecimentos

Aos pais, irmãos que me deram forças e incentivo para esta conquista.

A minha namorada Viviane que depositou confiança em minha capacidade, e sempre esteve presente, compreendendo a minha ausência e me incentivando a continuar.

Aos professores e em especial a professora Raquel que transferir seu conhecimento, dando incentivo a execução do presente trabalho.

Aos colegas que dividiram informação e amizade estando presentes em vários momentos.

As pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho teve como principal objetivo analisar e comparar os níveis de ruído flutuante em três edificações em ambientes diferentes (dois do lado externo e um interno) e os níveis de conforto acústico preconizado pelas normas NBR 10151 e 10152. Os locais avaliados localizam-se em pontos estratégicos, da área urbana de Panambi, com grande fluxo de veículos. Isso submete os moradores e usuários da via pública a um ambiente com poluição sonora. Sabe-se que o desempenho acústico das edificações envolve variáveis construtivas, e o conforto acústico dos usuários da via pública depende da quantidade de ruído emitido principalmente pelos veículos automotores. A metodologia utilizada, compreendeu revisão de literatura, seleção das edificações e das unidades avaliadas, de acordo com a exposição ao ruído, visitas “in loco”, levantamento dos níveis de ruído, entrevista com os moradores, levantamento das variáveis para o cálculo do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), análise comparativa dos resultados e recomendações. Nas edificações avaliadas verificaram-se problemas sérios com os níveis de ruído encontrados durante as avaliações tanto do lado externo das edificações, afetando os usuários da rua e o nível de ruído interno da edificação, que diz respeito aos moradores. Os resultados reiteram a importância de maiores cuidados com o isolamento das edificações com o meio externo, e constata-se que providências devem ser tomadas com a geração de altos níveis de poluição sonora pelos veículos nas vias urbanas.

Palavras-chave: Ruído, conforto acústico, poluição sonora.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Faixa audível de frequências.....	pg 14
Figura 2 – Sensação da audição das frequências do som.....	pg 14
Figura 3 – Esquema da formação da escala em decibéis.....	pg 15
Figura 4 – Alguns exemplos de intensidade sonora.....	pg 17
Figura 5 – Curvas de Critério de Ruído (NC).....	pg 21
Figura 6 – Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas NC.....	pg 22
Figura 7 – Níveis de som para conforto.....	pg 23
Figura 8 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).....	pg 24
Figura 9 – Mapa do Município de Panambi.....	pg 28
Figura 10 – Mapa da área central de Panambi com a localização dos locais avaliados...	pg 29
Figura 11 – Fachada do Edifício Engrapan.....	pg 31
Figura 12 – Localização e orientação do Edifício Engrapan.....	pg 31
Figura 13 – Fachada da Galeria Tomaleh.....	pg 32
Figura 14 – Localização e orientação da Galeria Tomaleh.....	pg 33
Figura 15 – Fachada do prédio Santander.....	pg 34
Figura 16 – Localização e orientação do Prédio Santander.....	pg 34
Figura 17 – Equipamentos usados nas medições.....	pg 37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Edifício Engrapan – interno.....	pg 39
Quadro 2 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Galeria Tomaleh – interno	pg 40
Quadro 3 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Prédio Santander – interno.....	pg 40
Quadro 4 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Edifício Engrapan – sacada.....	pg 41
Quadro 5 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Galeria Tomaleh – sacada.....	pg 42
Quadro 6 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Prédio Santander – sacada.....	pg 43
Quadro 7 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Edifício Engrapan – rua.....	pg 44
Quadro 8 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Galeria Tomaleh – rua.....	pg 44
Quadro 9 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Prédio Santander – rua.....	pg 45
Quadro 10 – Resumo dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} e o número de veículos passantes encontrado no Prédio Engrapan – apto 201.....	pg 45
Quadro 11 – Resumo dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} e o número de veículos passantes encontrado na Galeria Tomaleh – apto 201.....	pg 46
Quadro 12 – Resumo dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} e o número de veículos passantes encontrado no Prédio Santander – apto 201.....	pg 46
Quadro 13 – Totais dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} (nível da rua) nos locais avaliados e os níveis de conforto recomendados pela norma NBR 10151.....	pg 51
Quadro 14 – Totais dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} (interno) nos locais avaliados e os níveis de conforto recomendados pela norma NBR 10152.....	pg 53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	10
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	10
1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO	10
1.4 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DO ESTUDO	11
1.4.1 <i>Objetivo Geral</i>	11
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	11
1.5 JUSTIFICATIVA	11
2 O SOM.....	13
2.1 NATUREZA DO SOM.....	13
2.1.1 <i>Elementos da onda sonora</i>	13
2.2 AUDIÇÃO E O OUVIDO HUMANO.....	18
2.2.1 <i>Conceitos básicos sobre a anatomia do ouvido humano</i>	18
2.2.2 <i>Conceitos básicos sobre audição</i>	18
2.3 O RUÍDO	19
2.3.1 <i>Ruído e a perda de audição</i>	19
2.3.2 <i>Intensidade dos sons e ruídos mais comuns</i>	20
2.3.3 <i>Controle dos ruídos</i>	20
2.4 OS EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO	24
2.4.1 <i>Efeitos sobre a saúde</i>	24
2.4.2 <i>Efeitos sobre o bem estar das pessoas</i>	24
2.4.3 <i>Efeitos sobre o aparelho auditivo</i>	25
2.5 O CONFORTO AMBIENTAL	25
3 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS.....	27
3.1 ESTUDO DE CASO	27

3.2	NORMAS PARA COLETA DE DADOS	35
3.3	COLETA DE DADOS	36
3.4	INSTRUMENTOS DE PESQUISA	36
4	RESULTADOS E ANÁLISES	38
4.1	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE, L_{AEQ} , INTERNO DA EDIFICAÇÃO	38
4.2	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE, L_{AEQ} , NO LADO EXTERNO DA EDIFICAÇÃO SACADA	40
4.3	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE, L_{AEQ} , LADO EXTERNO DA EDIFICAÇÃO NO NÍVEL DA RUA.....	43
4.5	ANÁLISE DOS AGENTES EMISSORES DE RUÍDO	45
4.5.1	<i>Trânsito.....</i>	45
4.5.3	<i>Análise da quantidade de ruído emitido pelos diferentes tipos de veículos.....</i>	48
4.6	-ANÁLISE DO CONFORTO ACÚSTICO DOS OCUPANTES DA VIA PÚBLICA	50
4.7	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA ATINGIR O CONFORTO ACÚSTICO PARA OS OCUPANTES DA VIA PÚBLICA	51
4.8	ANÁLISE DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS EMPREGADOS NAS EDIFICAÇÕES ESTUDADAS ..	52
4.9	AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO PELOS USUÁRIOS DAS EDIFICAÇÕES.....	54
4.10	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA ATINGIR O CONFORTO ACÚSTICO NOS AMBIENTES INTERNOS INVESTIGADOS	54
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
5.1	CONCLUSÃO	56
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
	ANEXO A	59
	ANEXO B	60
	ANEXO C	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Conforto acústico em edificações residenciais e na via pública.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Avaliação do conforto acústico e do nível de ruído flutuante em edificações residenciais urbanas e também a que estão submetidos os usuários da via pública, apresentando a comparação e a análise do conforto acústico estabelecido pelas normas do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para a questão em estudo.

1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO

O ruído flutuante ou o ruído urbano é considerado uma forma de poluição, pois altos níveis de pressão sonora causam problemas de saúde e do bem estar das pessoas. Neste contexto investigou-se edificações residenciais no município de Panambi, dando ênfase na exposição ao ruído flutuante das unidades habitacionais, e na via pública nos locais selecionados para estudo de caso. Também se buscaram soluções para um melhor conforto

acústico, analisando os materiais de construção utilizados e níveis de exposição de acordo com o ruído preconizado pelo tráfego no local.

1.4 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DO ESTUDO

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo desta investigação foi analisar as variáveis relacionadas com o conforto acústico em três edificações residenciais no município de Panambi, localizado na região noroeste do Rio Grande do Sul.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da pesquisa foram:

- Verificar o nível de exposição ao ruído a que estão inseridos os moradores e usuários da via pública nos locais investigados;
- Quantificar o nível de ruído e analisar o número e tipo de veículos que trafegaram nas vias públicas selecionadas;
- Avaliar se os níveis do ruído flutuante estão dentro das normas da ABNT;
- Propor alternativas para obtenção de conforto acústico recomendado pela norma para os locais e os ambientes investigados.

1.5 JUSTIFICATIVA

Nas pequenas cidades como é o caso do município de Panambi, onde a qualidade de vida ainda é preservada, os habitantes estão sendo submetidos a altos níveis de ruído urbano (ocasionados principalmente pelo trânsito), o que têm se transformado, nos últimos anos, em

uma das formas de poluição que mais tem preocupado a população. O nível de ruído percebido acusa grau de desconforto tão alto que a poluição sonora urbana passou a ser considerada como a forma de poluição que atinge o maior número de pessoas residentes nas áreas centrais do município (NUNES, 1995).

Sabe-se que o ruído não produz apenas efeitos sobre o bem estar das pessoas, mas atua diretamente na saúde da população, causando efeitos sociológicos que merecem uma melhor atenção dos engenheiros e arquitetos durante o projeto e a execução de edificações (FERNADES, 2002).

Numa visão mais ampla, o silêncio é uma das variáveis que determinam o conforto ambiental, e deve ser visto como um direito do cidadão, uma vez que problemas causados pelo excesso de ruído apresentam conseqüências econômicas negativas e físicas às pessoas expostas.

Desta forma justifica-se a necessidade de investigar-se os níveis de ruído em edificações localizadas no perímetro urbano de Panambi, analisando a situação atual de exposição ao ruído dos imóveis, dos moradores e dos usuários da via pública avaliados e propor soluções para um melhor conforto acústico.

2 O SOM

2.1 Natureza do som

O som é o resultado das vibrações dos corpos elásticos, quando essas vibrações se encontram em determinados limites de frequência. Essas vibrações são mais ou menos rápidas e recebem o nome de vibrações sonoras. As vibrações sonoras se propagam com velocidade uniforme em todas as direções, se a propriedade elástica do meio for igual em todos os sentidos (COSTA, 2003).

2.1.2 Elementos da onda sonora

Basicamente, todo som se caracteriza por três variáveis físicas: frequência, intensidade e timbre.

- Frequência (f): é a número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som. A unidade para medir frequência sonora é o hertz (Hz), que corresponde à frequência de um som que executa uma vibração completa ou ciclo. O ouvido humano é capaz de captar sons de 20 a 20.000 Hz. Os sons com menos de 20 Hz são chamados de infra-sons e os sons com mais de 20.000 Hz são chamados de ultra-sons. Esta faixa de frequências entre 20 e 20kHz é definida como faixa audível de frequências ou banda audível, como mostra a figura 1.

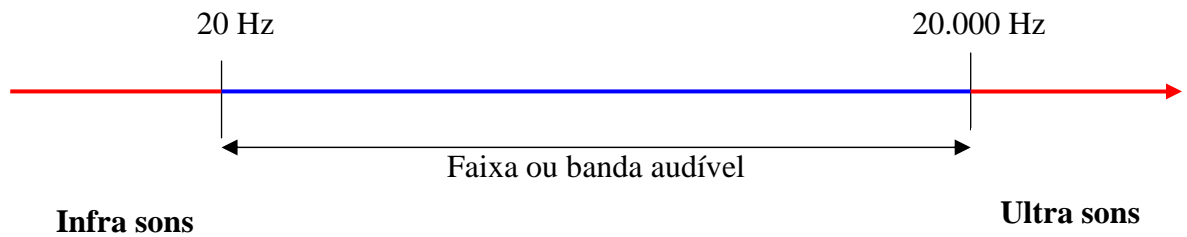


Figura 1: Faixa audível de frequências

Fonte: Fernandes, 2002

Dentro da faixa audível, verifica-se que o ouvido percebe as frequências de uma maneira não linear. Experiências demonstram que o ouvido humano obedece a Lei de Weber de estímulo/sensação, ou seja, as sensações como cor, som, odor, dor, etc., variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem (figura 2).

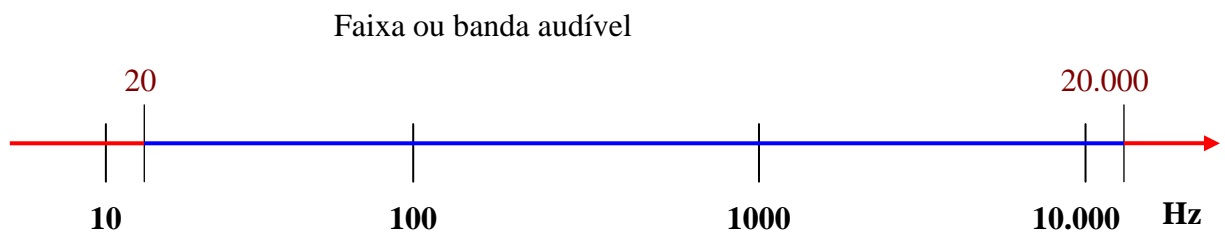


Figura 2: Sensação da audição das frequências do som

Fonte: Fernandes, 2002

- **Intensidade:** A intensidade do som é a quantidade de energia contida no movimento vibratório. Essa intensidade se traduz com uma maior ou menor amplitude na vibração ou na onda sonora. A intensidade do som é medida por meio de potência sonora, propagada por unidade de superfície, a qual o som toma o nome de intensidade energética (GERGES, 1988).

A intensidade de um som pode ser medida através de dois parâmetros que são: a energia contida no movimento vibratório que é medida em (W/cm^2) e, a pressão do ar causado pela onda sonora que é medida em BAR ($= 1 \text{ dina}/\text{cm}^2$). Para efeitos de medições, a menor intensidade audível pela média da população foi de $10^{-16} \text{ W}/\text{cm}^2$ (para energia) e 2×10^{-4} BAR (para pressão).

A avaliação da sensação auditiva é explicada pela a Lei de Weber, ou seja, conforme aumenta-se a intensidade sonora o ouvido humano fica cada vez menos sensível; ou ainda, é preciso aumentar a intensidade de maneira exponencial para que o ouvido "sinta" o som de

maneira linear. Para melhor entendimento a Figura 3 representa intensidades sonoras desde 10^{-16} W/cm^2 (limiar de audibilidade) até 10^{-2} W/cm^2 (limiar da dor).

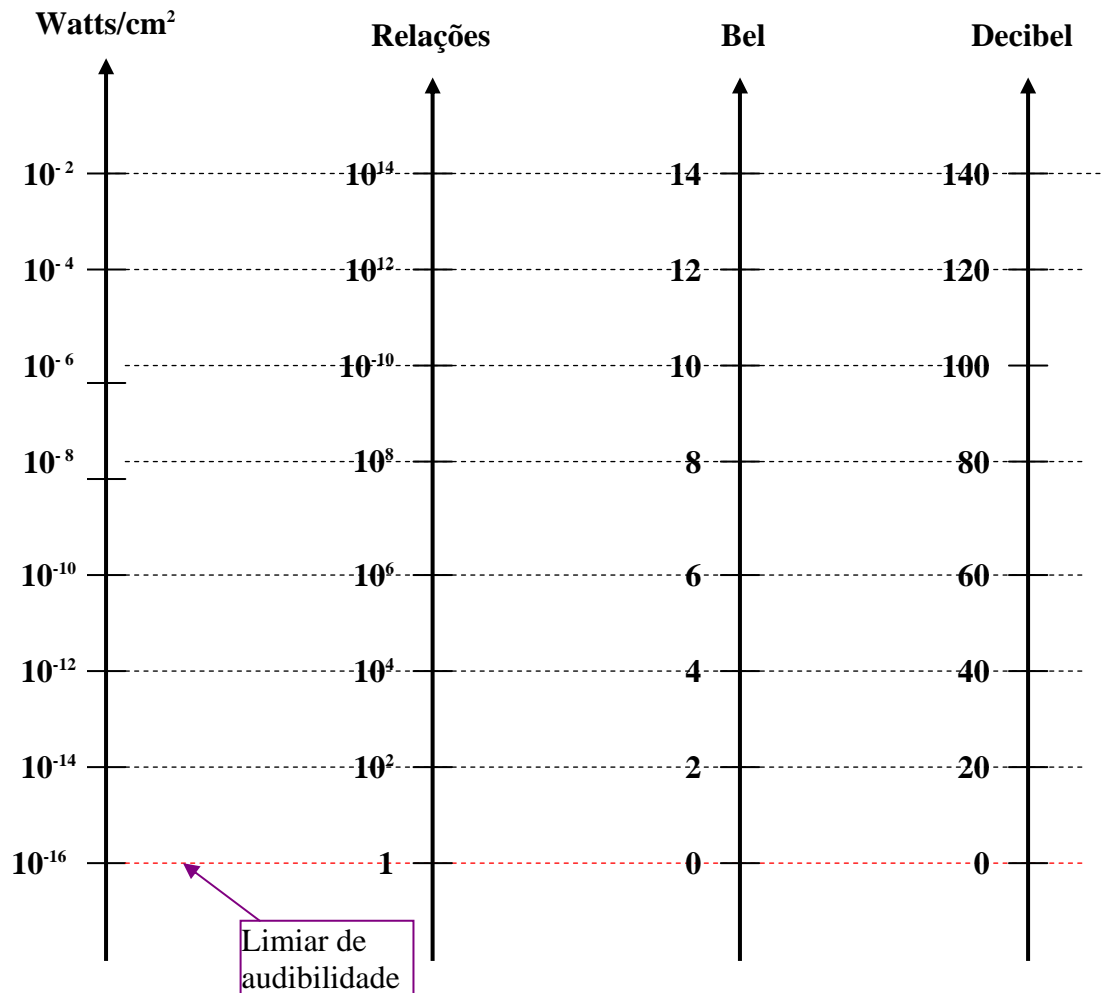


Figura 3: Esquema da formação da escala em decibéis

Fonte: Fernandes, 2002

A concepção da escala em decibéis é formada por uma escala logarítmica que usa o expoente da relação (Figura 3), chamado de Bel, e multiplica por 10 para constituir uma escala mais ampla e representativa, por isso o nome decibel, que quer dizer o décimo do bel. O nome BEL foi dado em homenagem a Alexandre Graham Bell, pesquisador de acústica e inventor do telefone. Portanto, o número de decibéis (dB) nada mais é que aquele expoente da relação das intensidades físicas, multiplicado por 10. O decibel não é uma unidade de medida, mas apenas uma escala.

A intensidade sonora medida em decibels é definida como Nível de Intensidade Sonora (NIS) ou Sound Intesity Level (SIL), em inglês. Para satisfazer a construção fisiológica do ouvido humano podemos usar a seguinte formula matemática (equação 1):

$$\text{Equação 1: } \text{NIS} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_{\text{ref}}}$$

sendo I a intensidade sonora de um som, e $I_{\text{ref}} = 10^{-16} \text{ W / cm}^2$ (limiar da audibilidade)

Para exemplificar, se um aparelho de som com 20 Watts de potência reproduz 60 decibéis de intensidade sonora num ambiente, com 40 Watts ele reproduzira 63 decibéis e com 80 reproduzirá 66 dB. Da mesma forma uma britadeira produz 120 dB; duas britadeiras reproduzem 123 dB. Na Figura 4 encontram se alguns níveis de intensidade sonora (FERNADES, 2002).

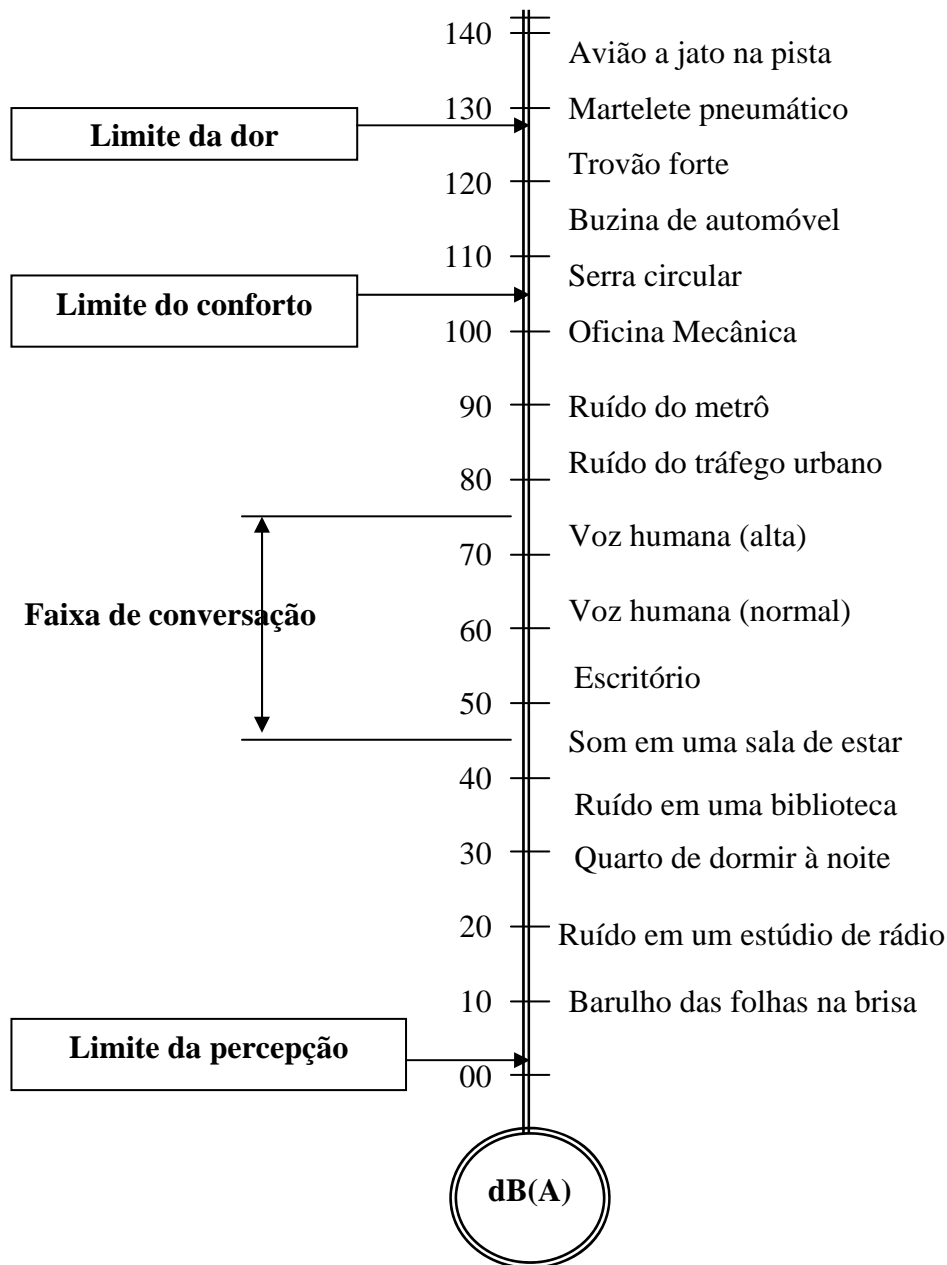


Figura 4: Alguns exemplos de intensidade sonora

Fonte: Fernandes, 2002

- Timbre: em linguagem comum, o timbre permite reconhecer a fonte geradora de som, portanto se relaciona diretamente com a composição harmônica da onda sonora, isto é, permite identificar a procedência do som seja ele de uma pessoa, animal ou instrumento musical, mesmo estando em uma mesma frequência e intensidade.

2.2 AUDIÇÃO E O OUVIDO HUMANO

2.2.1 Conceitos básicos sobre a anatomia do ouvido humano

O ouvido é a estrutura mecânica do corpo humano mais sensível, uma vez que detecta quantidades mínimas de energia. Para se ter uma noção de sua sensibilidade, a energia sonora contida num grito de "gol" de um estádio de futebol lotado, mal daria para aquecer uma xícara de café.

O ouvido humano é dividido em três partes, que são: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. Resumindo, os ouvidos externo e médio convertem vibrações sonoras de baixa pressão existentes no ar circundante em padrões de baixa amplitude e alta pressão, adequados para serem transmitidos pelo meio líquido que envolve as células sensitivas do ouvido interno. Além disso, permitem uma compressão dinâmica das ondas sonoras em baixas frequências, com objetivo de proteger essas células sensitivas. O ouvido interno é o encarregado de realizar a transformação entre a energia mecânica da onda sonora e uma forma de energia (biológica, de base eletroquímica) capaz de ser transmitida pelas fibras nervosas que, através do nervo auditivo, levam a informação para ser processada pelas áreas correspondentes do sistema nervoso central (CLUBE DO AUDIO, 2005).

2.2.2 Conceitos básicos sobre audição

O ouvido humano é o mais sofisticado sensor de som. Devido a deterioração do sistema auditivo por exposição excessiva ao ruído, é necessário que se tenha conhecimento sobre o funcionamento e o comportamento do sistema de audição. Para isso, é necessário que se tenha conhecimento sobre o funcionamento (comportamento) do sistema auditivo.

O processo da audição se divide em dois tipos, que são chamados de audição via aérea e via óssea. O de via aérea é considerado essencial, uma vez que transforma o som em impulsos elétricos ao cérebro. As ondas sonoras chegam até o pavilhão auditivo e são conduzidas ao canal auditivo, incidindo sobre o tímpano, fazendo-o vibrar com a mesma

freqüência e amplitude da energia do som. Estas ondas são transformadas em vibração que são transferidas seqüencialmente para as partes internas do ouvido até chegarem as células ciliadas, fazendo que com oscilem, e acabem provocando um impulso elétrico para as fibras nervosas que são transmitidas para o cérebro. A indicação de qual célula ciliada irá responder ao estímulo vibratório depende da freqüência do som: para sons agudos o deslocamento da membrana basilar é maior na região basal estimulando as células desta região; se o som é grave, o movimento maior da membrana basilar será na região apical.

Quando o estímulo sonoro atinge níveis acima de 70 - 80 dB, um processo de proteção é ativado, impedindo a transmissão da vibração e inclusões muito pronunciadas que poderiam danificar a membrana basilar.

O processo de audição via óssea ocorre quando as vibrações da energia sonora chegam ao ouvido interno através dos ossos do corpo humano. A audição por via aérea é muito mais sensível que por via óssea. (GERGES, 2000).

2.3 O RUÍDO

Conforme a NBR 7731/83 o ruído possui duas definições aplicáveis, que são:

- O ruído é uma mistura de sons cujas freqüências não seguem nenhuma lei precisa;
- Todo aquele som indesejável.

2.3.1 Ruído e a perda de audição

Toda e qualquer redução na capacidade auditiva, é considerada como perda de audição devido as células da cóclea serem danificadas. Os primeiros efeitos fisiológicos de exposição a níveis altos de ruído é o efeito acompanhado pela sensação de percepção do ruído mesmo após o afastamento da fonte emissora. Este efeito é temporário e, portanto o nível original do limiar da audição é recuperado. Se a exposição ao ruído é repetida antes da completa recuperação, a perda da audição pode se tornar permanente, devido as células nervosas do ouvido interno serem danificadas, portanto o processo da perda de audição é irreversível (GERGES, 2000)

2.3.2 Intensidade dos sons e ruídos mais comuns

O conhecimento da pressão sonora dos sons e ruídos é muito importante para se estabelecer critérios de controle, a fim de se evitar os riscos e danos a audição e, eventualmente a diversos aspectos da saúde humana, causadas pelo seu valor excessivo (COSTA, 2003).

Para isso, as normas brasileiras que tratam do assunto, além de caracterizar a intensidade do som pela sua pressão sonora equivalente L_{Aeq} em decibéis ponderados em curva ou banda A do decibelímetro (que atenua os sons graves, dando maior ganho da banda de 2 a 5 kHz, e volta a atenuar levemente os sons agudos: é exatamente essa a curva de sensibilidade do ouvido humano), levam em consideração os aspectos relativos aos três tipos de ruídos:

- Ruídos contínuos: São ruídos com flutuações de nível de pressão acústica tão pequenas que podem ser desconsiderados dentro do período de observação (NBR 7731, 1983). São ruídos característicos de motores elétricos, compressores, ventiladores, chuva, etc.

- Ruídos flutuantes: São aqueles cujo nível de pressão acústica varia continuamente e num grau apreciável durante um período de observação (NBR 7731, 1983). São causadores deste tipo de ruído os trabalhos manuais, como soldagem, esmerilhamento de peças, trânsito de veículos, afiação de ferramentas, etc. São os ruídos mais comuns no dia a dia das pessoas.

- Ruídos impulsivos ou de impacto: São aqueles que consistem em uma ou mais explosões acústicas, tendo cada uma duração menor que um segundo (NBR 7731, 1983). São ruídos provenientes de explosões e impactos, sendo comuns em rebidadeiras, prensas excêntricas, guilhotinas, britadeiras, etc.

2.3.3 Controle dos ruídos

Para evitar danos a saúde pública, objetivando o conforto e o bem estar da população, bem como para evitar o excesso de ruído característico das atividades, governos de vários países tem estabelecido normas para controlar o nível de ruído exagerado em diversos ambientes.

Os critérios adotados são amplos e se direcionam ao estabelecimento de limites do nível de pressão acústica, considerando como de conforto, ou mesmo aceitável para a finalidade a que se destina, de acordo com o horário e até mesmo com o tempo de duração, a fim de evitar danos à saúde humana (COSTA, 2003).

O método mais utilizado para avaliar o ruído em ambientes é a aplicação das curvas NC (Noise Criterion) criada em 1952 por Beranek. Em 1989 o mesmo autor publicou as Curvas NCB (Noise Criterion Curves), com aplicação mais ampla. Neste método são analisadas as curvas representadas em um plano cartesiano que apresenta no eixo das abscissas as bandas de frequências e, no eixo das ordenadas, os níveis de ruído. Cada curva representa o limite de ruído para uma da atividade, tendo em vista o conforto acústico em função da comunicação humana. A Figura 5 apresenta as Curvas de Critério de Ruído (NC).

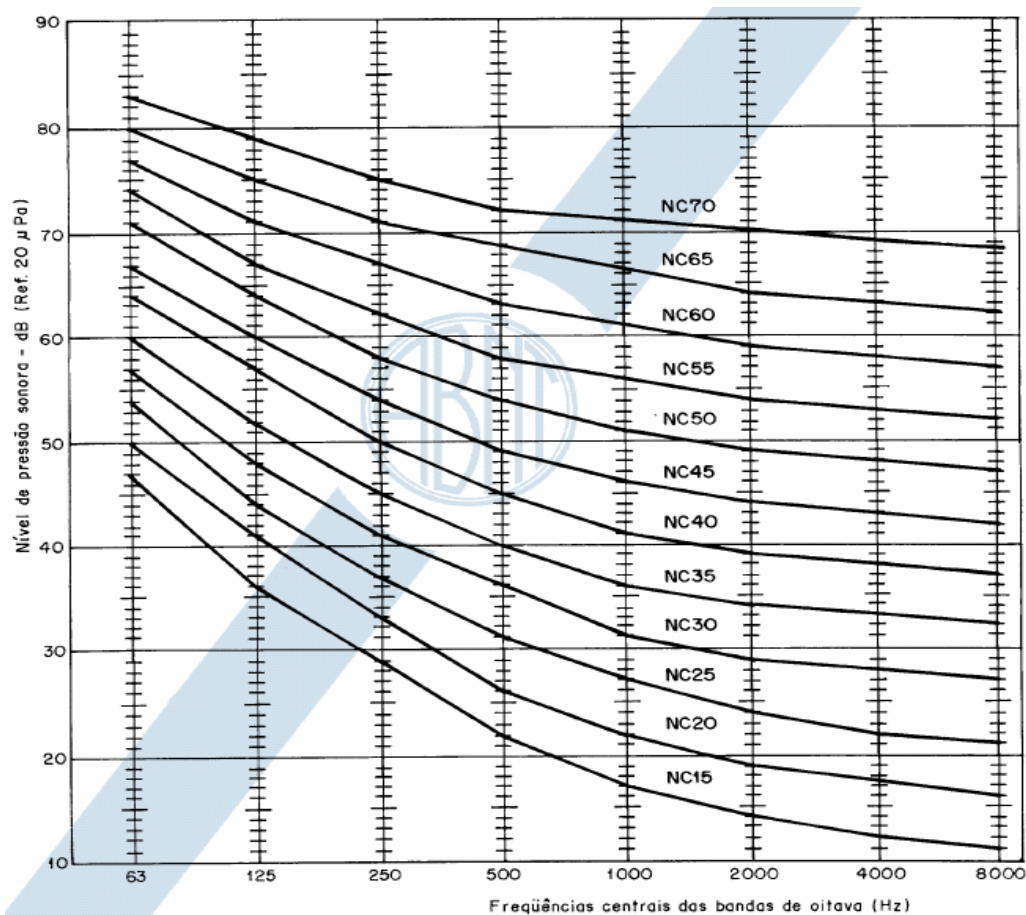


Figura 5: Curvas de Critério de Ruído (NC).

Fonte: ABNT, NBR 10152,1987 apud MANUAL ASHRAE Volume sistemas Cap 35-1980

Na utilização das curvas NC admite-se uma tolerância de mais ou menos 1 dB com relação aos níveis de pressão sonora (figura 6).

Curva	63 Hz dB	125 Hz dB	250 Hz dB	500 Hz dB	1 kHz dB	2 kHz dB	4 kHz dB	8 kHz dB
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	50	41	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	36	31	29	28	27
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	57	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62
70	83	79	75	72	71	70	69	68

Figura 6: Níveis de pressão sonoras correspondentes às curvas NC.

Fonte: ABNT, NBR 10152,1987

A Figura 7 mostra os limites de utilização de várias atividades, sendo o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Os níveis superiores aos estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, mas não necessariamente acarreta risco de dano a saúde.

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45	30 - 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50	35 - 45
Serviços	45 - 55	40 - 50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
Hotéis		
Apartamentos	35 - 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
Residências		
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Salas de estar	40 - 50	35 - 45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30 - 40	25 - 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35
Restaurantes	40 - 50	35 - 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45	30 - 40
Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40 - 50	35 - 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Figura 7: Níveis de som para conforto

Fonte: ABNT, NBR 10152, 1987

Para avaliação dos níveis de conforto acústico em ambientes externos com níveis de ruídos sem caráter impulsivo e sem componentes tonais, ou seja os ruídos flutuantes, são determinados pelo nível de pressão sonora equivalente em A (L_{Aeq}). O método de avaliação de do ruído flutuante baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora equivalente em A (L_{Aeq}) e o nível de critério de avaliação NCA, apresentado na figura 8.

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Figura 8: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Fonte: ABNT, NBR 10151, 2000

2.4 OS EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO

2.4.1 Efeitos sobre a saúde

A exposição dos seres humanos a altos níveis de ruído acaba por ocasionar respostas involuntárias e inconscientes do organismo a esse estímulo. As principais alterações fisiológicas reversíveis são: dilatação das pupilas, hipertensão sanguínea, mudanças gastrintestinais, reações musculares e vaso constrição das veias.

Além das alterações fisiológicas existem as bioquímicas que são: mudanças na produção de cortisona, do hormônio tiróide, de adrenalina, na glicose sangüínea e na proteína do sangue. O ruído também provoca efeitos cardiovasculares, tais com aumento da pressão sanguínea causando hipertensão arterial (FERNANDES, 2002).

2.4.2 Efeitos sobre o bem estar das pessoas

As pessoas submetidas ao ruído no ambiente comunitário apresentam grandes alterações do sono, relaxamento, perturbação na comunicação, concentração, sensação de vibração, medo e ansiedade. Tudo isso acaba por modificar a conduta e o convívio social das pessoas, pois o longo tempo de exposição ao ruído não habitua ao incômodo, sendo o grau de incomodo diferente conforme o tipo de ruído (GERGES, 1995).

2.4.3 Efeitos sobre o aparelho auditivo.

Os efeitos sobre o aparelho auditivo são reconhecidos pela legislação brasileira e podem ser divididos em três fases, que são:

- Mudança temporária do limiar auditivo (TTS): é um efeito a curto prazo que representa uma mudança da sensibilidade da audição (depende muito da sensibilidade de cada pessoa), do tempo de exposição e da intensidade do ruído. Essa queda do limiar auditivo retorna após um período de 2 ou 3 horas cessada a exposição.

- Mudança permanente do limiar auditivo: É decorrente da exposição acumulativa ao ruído. Inicia-se com zumbido, cefaléia e tontura, tendo o indivíduo dificuldade de escutar sons agudos, tais como o tic-tac do relógio, o barulho da chuva, etc. Numa fase mais adiantada pode ocorrer um zumbido permanente que piora as condições auditivas ao ponto de tornar quase impossível a conversação. Este zumbido permanente afeta de maneira irreversível o bem estar das pessoas e principalmente o repouso do indivíduo.

- Trauma acústico: Ocorre quando o indivíduo é submetido a uma única exposição a um ruído muito intenso, que ocasiona um zumbido, podendo ainda haver perda súbita da audição por rompimento do tímpano.

2.5 O CONFORTO AMBIENTAL

O conforto pode ser entendido como uma sensação de bem estar. Essa definição mostra o caráter subjetivo do que vem a ser conforto e da grande quantidade de variáveis que nele interferem. Neste trabalho será dada ênfase somente ao conforto acústico

O rendimento em atividades que requerem concentração diminui quando no ambiente acontecem níveis sonoros muito altos. Os ruídos gerados internos ou externos ao ambiente em estudo geram os mesmos efeitos. Os efeitos mais conhecidos são a falta de concentração, irritação e aumento da pressão arterial chegando em alguns casos a perdas auditivas, (BERTOLI apud KRYTER, 1985). Em ambientes onde os níveis sonoros não são altos o suficiente para provocar perdas auditivas, os problemas acústicos estão associados à falta de

privacidade e a dificuldade na comunicação verbal. Para análise e avaliação da qualidade acústica de um ambiente devem ser considerados: níveis sonoros máximos recomendados para a atividade, níveis de ruído internos e externos observados, levantamento das fontes de ruído (níveis, espectro, tempo de duração), isolamento e absorção (BERTOLI apud BERANECK, 1988).

Aparentemente, todas estas conseqüências do desconforto ambiental são imensuráveis economicamente. Estes danos causados aos usuários são frutos de uma série de externalidades que não possuem mercado e, portanto, não têm valor monetário. Entretanto, numa economia em que tudo se baseia no preço das mercadorias, é imprescindível a mensuração monetária dos danos para, entre outras coisas, a aplicação de políticas de controle e punição judicial dos infratores (BASSO, 2005).

Numa visão mais ampla, o silêncio não deve ser encarado apenas como um fator determinante no conforto ambiental, mas deve ser visto como um direito do cidadão. O bem-estar da população não deve tratado apenas com projetos de isolamento acústico tecnicamente perfeitos mas, além disso, exige uma visão crítica de todo o ambiente que vai receber a nova edificação. É necessária uma discussão a nível urbanística, pois a poluição sonora do ambiente pode se elevar a níveis insuportáveis (BERTOLI, 2003).

3 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS

A alusão teórica deste trabalho foi realizada através de uma revisão bibliográfica que envolveu vários aspectos relacionados ao conforto acústico, níveis aceitáveis, tipos de ruído, efeitos do ruído no corpo humano. A partir da revisão bibliográfica, obteve-se suporte de informações necessárias para realizar a comparação entre os aspectos considerados ideais para um bom nível de conforto acústico recomendado e o nível encontrado durante a investigação.

3.1 Estudo de caso

Este estudo teve como propósito pesquisar e quantificar os níveis de ruído a que os usuários da via pública e os moradores de edificações residenciais na cidade de Panambi estão sendo submetidos com base nas normas brasileiras NBR 10151 e NBR 10152 e na Resolução CONAMA N.º 001; e propor alternativas para melhoria do conforto acústico. Estas atividades caracterizam esta pesquisa como quantitativa e qualitativa.

O presente trabalho apresenta uma comparação entre os níveis de ruído encontrados em três locais diferentes, todos localizados em pontos com grande movimento de veículos e pedestres, o que acaba gerando o que se chama de ruído flutuante.

Para melhor localização geográfica dos lugares investigados, encontra-se na Figura 9 o mapa do município de Panambi, tendo ao centro uma parte achurada que identifica de maneira global onde se encontram os locais de avaliação do trabalho. Na Figura 10 se encontra em separado a parte achurada, sendo marcados os seguintes locais:

- A- Edifício Engrapan
- B- Galeria Tomaleh
- C- Prédio Santander

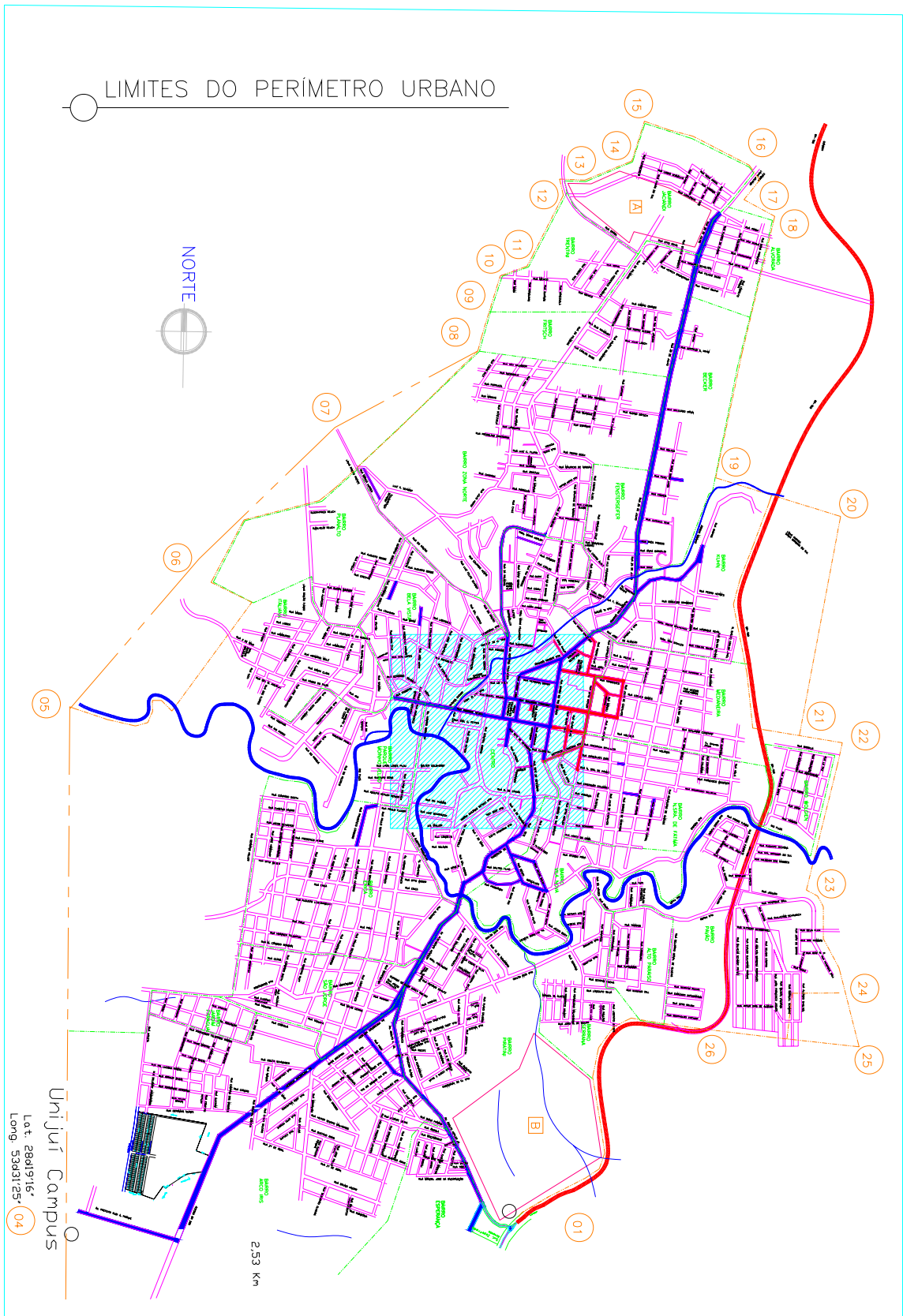


Figura 9: Mapa do Município de Panambi

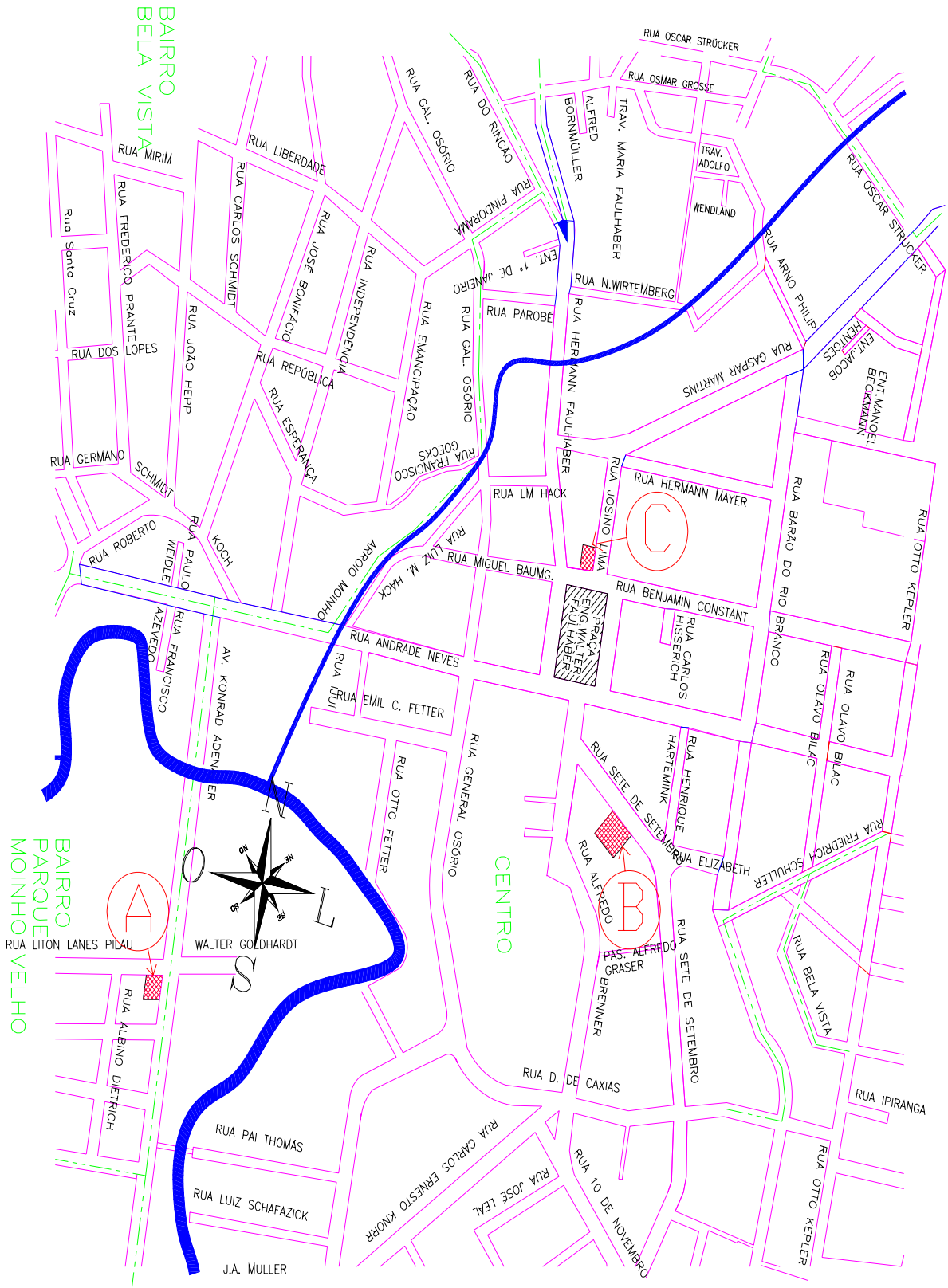


Figura 10: Mapa da área central de Panambi com a localização dos locais avaliados

A seguir apresentam-se as características das edificações selecionadas:

A - Edifício Engrapan

Localizado na avenida Conrad Adenauer, no bairro Parque Moinho Velho, possui 3 pavimentos sendo o segundo e o terceiro ocupados por apartamentos com um, dois e três dormitórios, e o térreo ocupado por uma empresa gráfica de nome Engrapan.

No entorno da edificação existem casas térreas, dois ginásios de esportes e uma academia de ginástica. Um dos aspectos observados é a localização do edifício, sendo a avenida um dos acessos alternativos ao centro da cidade, com velocidade limitada de 60 Km por hora. É um dos acessos mais procurados e mais rápidos a área central do município.

A edificação foi construída por pilares, vigas e lajes de concreto armado, as paredes internas e externas executadas com blocos cerâmicos de seis furos e rebocadas; as portas internas e externas são de madeira semi-oca, a cobertura tem estrutura de madeira e as telhas são de fibrocimento de 6mm; na sacada as portas são de correr com estrutura em madeira e fechamento em vidro liso de 3mm; as janelas são de madeira com fechamento em vidro liso também de 3 mm. A edificação possui um recuo de aproximadamente 5 metros do passeio público.

No edifício Engrapan selecionou-se o apartamento número 202 para o estudo.



Figura 11: Fachada Edifício Engrapan

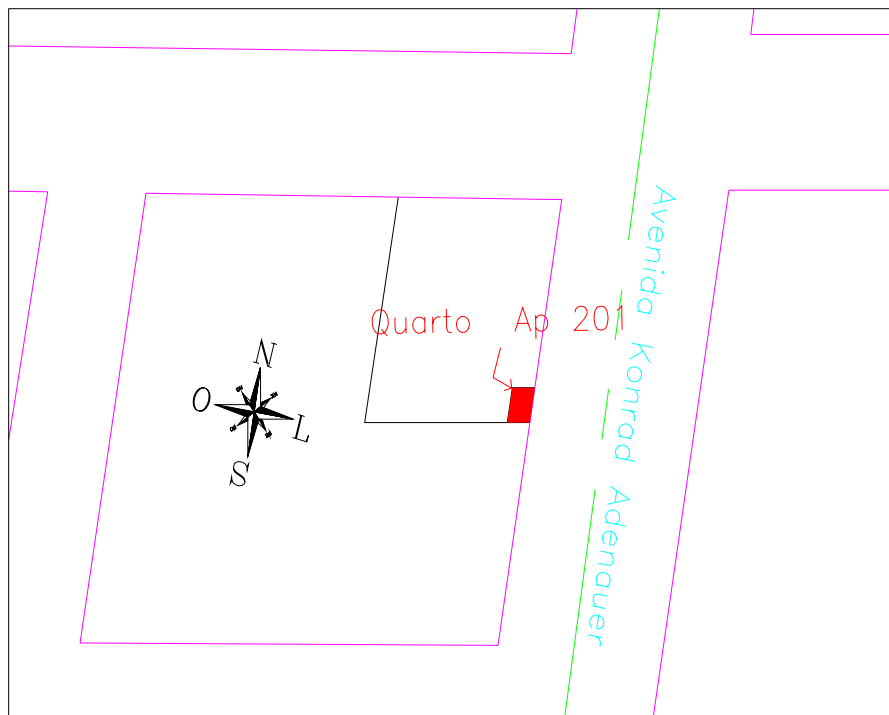


Figura 12: Localização e orientação do Edifício Engrapan

B – Galeria Tomaleh

Localizada na rua Sete de Setembro 122 no centro da cidade, possui dois andares sendo, no andar térreo uma galeria com lojas e, no andar subsequente apartamentos residenciais de dois e três dormitórios.

Esta edificação se encontra em um local de grande movimento de veículos e pedestres devido a sua localização central. No seu entorno encontram-se edificações de dois andares, ambas com lojas comerciais no térreo.

A edificação foi construída por pilares, vigas e lajes de concreto armado, as paredes internas e externas executadas com blocos cerâmicos de seis furos e rebocadas; as portas internas e externas são de madeira semi-oca; a cobertura tem estrutura de madeira e as telhas são de fibrocimento de 6mm; na sacada as portas são de correr com estrutura em madeira e fechamento em vidro liso de 3 mm; as janelas são de madeira com fechamento em vidro liso também de 3 mm. Esta edificação foi construída sem recuo frontal, ou seja suas paredes começam no final do limite do passeio público.

Na Galeria Tomaleh selecionou-se o apartamento número 201 para o estudo.



Figura 13 – Fachada Galeria Tomaleh

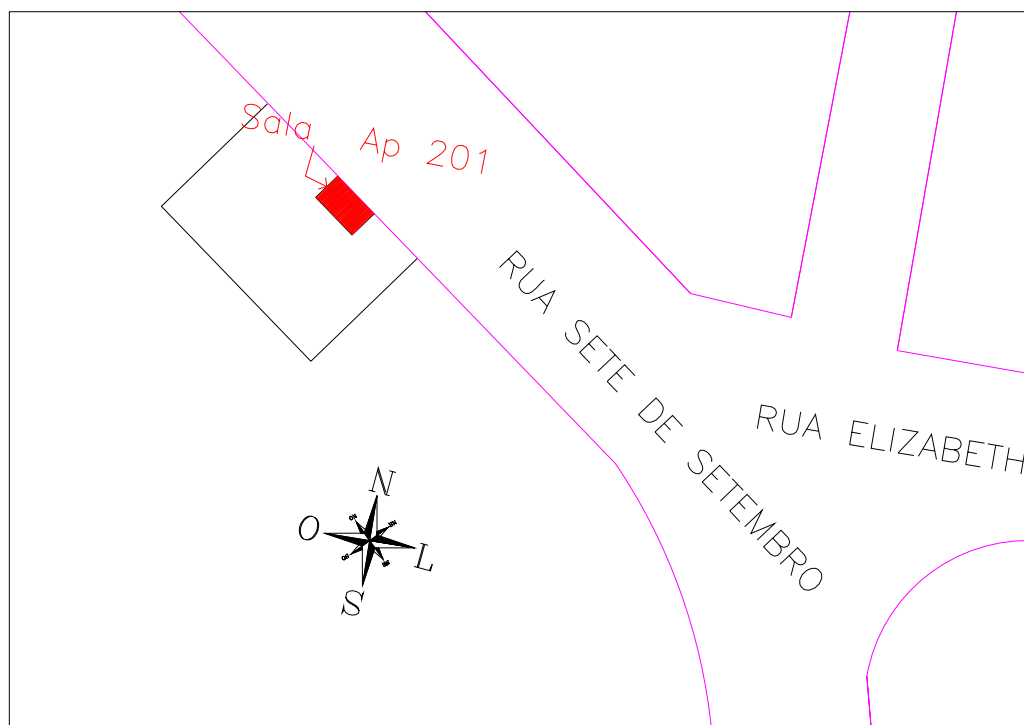


Figura 14 - Localização e orientação da Galeria Tomaleh

C – Prédio Santander

Localizado na praça Engenheiro Walter Faulhaber 157, a edificação possui dois andares sendo que no térreo localiza-se o Banco Santander e no pavimento acima um apartamento residencial único que foi alvo do estudo.

Esta edificação encontra-se em um local com grande movimento, em uma via com fluxo de veículos em apenas um sentido, que recebe o entroncamento de três outras ruas; no seu entorno encontram-se a praça municipal, um posto de combustível e lojas comerciais.

A edificação foi construída em tijolos maciços com vigas de cintamento entre os andares as paredes internas e externas com espessuras de 20 cm rebocadas nos dois lados; as portas internas e externas são de madeira maciça, a cobertura tem estrutura de madeira e as telhas são de cerâmica tipo romana; na sacada as portas são de correr com estrutura em madeira e fechamento em vidro liso de 4 mm; as janelas são de madeira com fechamento em vidro liso também de 4 mm. Esta edificação foi construída sem recuo, ou seja suas paredes iniciam no limite do passeio público.



Figura 15 – Fachada do prédio Santander

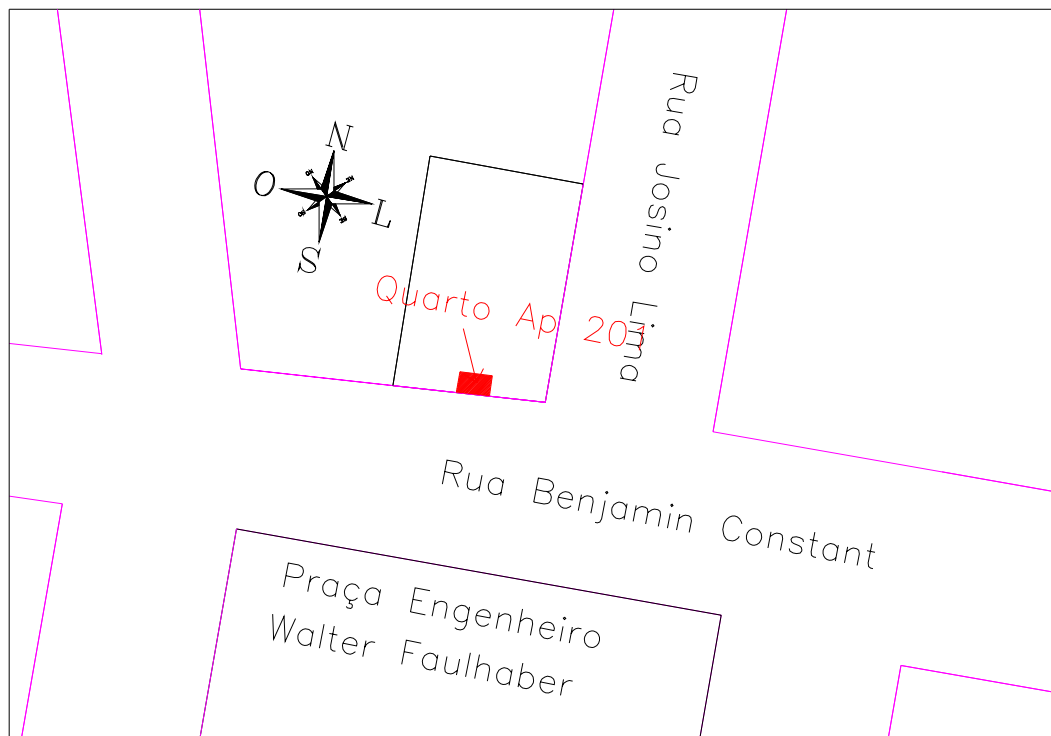


Figura 16 - Localização e orientação do Prédio Santander

3.2 Normas para coleta de dados

O ruído avaliado foi o ruído flutuante, cujo nível de pressão variou continuamente num grau apreciável durante o período de observação.

Para a coleta de dados foram obedecidas as normas da ABNT, mais especificadamente a NBR 10151 (Acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento) de junho de 2000. Esta norma tem como objetivo fixar as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), em decibéis ponderados em nível “A”, comumente chamado dB(A).

Como o medidor de pressão sonora não possuía medição do nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} , neste caso utilizou-se um modo alternativo para cálculo do L_{Aeq} usando-se a seguinte fórmula:

$$L_{Aeq} = 10.1 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

onde:

L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (*fast*) a cada 5 segundos, durante pelo menos cinco minutos;

n é o número total de leituras.

De posse dos valores dos níveis de pressão sonora ponderado dB(A) analisou-se os níveis de tolerância de ruídos de acordo com o local avaliado, usando-se a figura 7 para ambientes internos, (NBR 10152 Níveis de ruído para conforto acústico) de dezembro 1997; e a figura 8 para ambientes externos, (NBR 10151 Acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento) de junho de 2000

As medições no exterior das edificações foram efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 metros do piso e pelo menos a 2 metros de superfícies refletoras. As medições nos ambientes internos foram efetuadas ao menos 1 metro de qualquer superfície, tais como paredes, teto e piso. (NBR 10151).

3.3 Coleta de dados

Procedimento das avaliações:

- As avaliações foram realizadas durante 2 dias em cada local, em horários e tempo previamente definidos;
- O horário das avaliações foram respectivamente: 9, 12, 15, 18 e 21 horas;
- Os dias escolhidos foram: segundas, quartas e sextas-feiras, aleatoriamente e independentemente do local;
- As medições tiveram duração de 5 minutos em cada horário estabelecido: uma medição no térreo da edificação no lado externo e duas no apartamento residencial no andar subsequente ao térreo. No apartamento, uma medição foi feita no lado externo e a outra no interior da edificação com as aberturas fechadas;
- A coleta de dados foi realizada em apenas uma unidade habitacional por andar, tendo a unidade habitacional localizada a fachada para a rua ou avenida;
- Durante a medição do nível de ruído foram filmados e posteriormente contados o número de veículos passantes, possibilitando a análise da relação do número de veículos com o nível de ruído flutuante encontrado;
- Os veículos passantes foram classificados em leves (carros, vans e camionetes), pesados (caminhões e ônibus) e motocicletas;
- Para a verificação da satisfação dos moradores foi realizada uma entrevista sobre conforto acústico da moradia.

3.4 Instrumentos de Pesquisa

A coleta de dados referente ao nível de pressão sonora foi realizada por um decibelímetro, marca Minipa MSL-1351C com LCD de 4 dígitos, de acordo com a norma IEC651 Tipo II, com registro de máximo e mínimo, resposta rápida (FAST) e lenta (SLOW), microfone de eletreto de 1/2", faixa dinâmica de 50dB, precisão de +/-1.5dB (94dB/1kHz), ponderação A e C em frequência e faixa de medida de 30dB a 130dB em três escalas (Lo, Med e Hi); cedido pelo laboratório do curso de Engenharia Civil da Unijui.

Para o levantamento de veículos passantes no momento da coleta de dados foi utilizada uma filmadora para o registro das imagens e posterior contagem. Também foi

medida a temperatura e a umidade do ar no momento da coleta dos dados, mas os dados foram obtidos apenas para conhecimento do pesquisador.



Figura 17: Equipamentos usados nas medições

Além destes equipamentos também foram utilizados:

- Registros fotográficos que possibilitam uma melhor visualização da área estudada;
- Pedestal para fixação da filmadora que proporciona modificação da regulagem de altura e ângulo do equipamento, durante a filmagem;
- Realização de uma entrevista com aos moradores das edificações avaliadas;
- Uso de uma planilha para anotação dos dados (ANEXO A);
- Visitas aos locais estudados para levantamento dos dados necessários para realização da pesquisa.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Este capítulo apresenta a análise dos dados referente ao nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} , em dB(A), a que estão expostos os moradores e os usuários da via pública nos locais investigados. Também são analisados os resultados do questionário aplicado aos moradores, bem como são feitas recomendações técnicas e análise dos materiais necessários para a obtenção das condições ideais de conforto acústico.

A coleta de dados foi realizada durante os dias 17 a 28 de outubro de 2005 nos horários apresentados no Capítulo 3 item 3.3.

4.1 Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} , interno da edificação

A avaliação do nível L_{Aeq} , em dB(A) no lado interno das edificações, com as aberturas fechadas e número de veículos passantes encontram-se nos Quadros 1, 2 e 3. As avaliações foram realizadas obedecendo as normas da NBR 10151, a 1 metro de qualquer superfície, tais como paredes, teto e piso.

Quadro 1 : Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Edifício Engrapan – interno

Edifício Engrapan		<i>Nível L_{Aeq}</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Interno</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
17/out	9:00	49.56	23	0	1	24
	12:00	50.64	34	4	2	40
	15:00	48.27	32	4	2	38
	18:00	49.81	42	3	7	52
	21:00	50.51	8	3	0	11
19/out	9:00	50.92	22	5	3	30
	12:00	46.03	18	2	1	21
	15:00	49.80	27	3	3	33
	18:00	50.83	25	5	6	36
	21:00	40.86	7	0	2	9
		total	238	29	27	294

No apartamento 202 o ambiente de estudo foi o dormitório de casal. Os níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} permitidos de acordo com a NBR 10152 para ambientes internos residenciais, como dormitórios se situam entre 35 a 45 dB(A), sendo que o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Pode se perceber, de acordo com o Quadro 1, que em apenas um horário, mais precisamente no dia 19 de outubro as 21 horas houve nível de conforto acústico aceitável com 40,86 dB(A), e nos outros horários os níveis de ruído estão bem acima do aceitável.

Quadro 2 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Galeria Tomaleh - interno

Galeria Tomaleh		<i>Nível L_{Aeq}</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Interno</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
26/out	9:00	52.78	27	1	4	32
	12:00	53.83	45	1	5	51
	15:00	54.66	37	4	10	51
	18:00	55.62	61	3	12	76
	21:00	55.01	52	1	5	58
28/out	9:00	54.15	36	3	3	42
	12:00	57.71	46	2	3	51
	15:00	57.39	48	4	4	56
	18:00	58.14	82	2	6	90
	21:00	54.59	24	1	0	25
		total	458	22	52	532

No apartamento 202, o ambiente de estudo foi a sala de estar. Os níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} permitidos de acordo com a NBR 10152 para ambientes internos residenciais, como salas de estar, se situam entre 40 a 50 dB(A), sendo que o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Pode se perceber, de acordo com o quadro 2, que em nenhum horário dos períodos investigados houve nível de conforto acústico aceitável.

Quadro 3 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Prédio Santander – interno

Prédio Santander		<i>Nível L_{Aeq}</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Interno</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
21/out	9:00	48.02	35	5	3	43
	12:00	48.23	47	1	9	57
	15:00	53.46	45	3	6	54
	18:00	48.75	83	2	9	94
	21:00	49.64	68	2	7	77
24/out	9:00	47.91	42	2	3	47
	12:00	50.13	42	4	6	52
	15:00	47.41	43	2	7	52
	18:00	48.73	80	5	6	91
	21:00	47.84	23	0	3	26
		total	508	26	59	593

No apartamento 202, o ambiente de estudo também foi um dormitório, neste caso ocupado pelos filhos. Como já citado, os níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} permitidos de acordo com a NBR 10152 para ambientes internos residenciais, como dormitórios, se situam entre 35 a 45 dB(A). Pode se perceber, pelo quadro 3, que em nenhum horário obteve-se nível de conforto para os ocupantes da edificação.

4.2 Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} , no lado externo da edificação sacada

As avaliações do nível L_{Aeq} , em dB(A) no lado externo das edificações foram feitas nas sacadas e se encontram nos quadros 4, 5 e 6 com o número de veículos passantes. As medições foram realizadas obedecendo às normas da NBR 10151 Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, para ambientes externos.

Esta avaliação tem por finalidade avaliar o nível de atenuação de ruído das esquadrias das edificações investigadas.

Quadro 4 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Edifício Engrapan – sacada

Edifício Engrapan		<i>Nível L_{Aeq}</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Externo Ed.</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
17/out	9:00	65.03	24	0	1	25
	12:00	68.36	30	3	2	35
	15:00	66.95	17	3	2	22
	18:00	69.55	32	2	8	42
	21:00	62.28	10	0	1	11
19/out	9:00	66.11	18	3	1	22
	12:00	68.52	36	2	3	41
	15:00	68.87	26	1	3	30
	18:00	64.95	26	1	3	30
	21:00	63.53	22	0	1	23
	total		241	15	25	281

Os níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} permitidos, de acordo com a NBR 10151 para ambientes externos, se divide de acordo com a localização do imóvel. Sendo que o Edifício Engrapan se situa em uma área de uso misto, com predominância residencial, onde o nível diurno de ruído permitido para conforto dos habitantes é de 55 dB (A).

Percebe-se que os níveis de ruído encontrados no local da avaliação estão bastante acima do nível recomendado por norma para a zona avaliada, tanto que em nenhum dia e horário houve nível de conforto acústico recomendável.

Quadro 5 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Galeria Tomaleh – sacada

Galeria Tomaleh		<i>Nível L_{Aeq}</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Externo Ed.</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
26/out	9:00	68.42	35	3	4	42
	12:00	69.33	43	2	6	51
	15:00	70.79	41	2	12	55
	18:00	70.97	50	2	7	59
	21:00	64.82	43	1	7	51
28/out	9:00	68.24	37	2	7	46
	12:00	74.09	55	1	5	61
	15:00	69.64	66	5	6	77
	18:00	72.16	63	4	8	75
	21:00	71.79	35	0	1	36
		total	468	22	63	553

A Galeria Tomaleh se situa em uma área com vocação comercial e administrativa, , onde o nível diurno de ruído permitido pela norma NBR 10151 para conforto dos habitantes é de 60 dB (A).

Percebe-se, novamente, que os níveis de ruído encontrados no local da avaliação estão bastante acima do nível recomendado para a zona avaliada, tanto que em nenhum dia e horário houve nível de conforto acústico recomendável.

Quadro 6 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Prédio Santander – sacada

Prédio Santander		<i>Nível L_{Aeq}</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Externo Ed.</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
21/out	9:00	68.57	47	3	4	54
	12:00	69.17	41	3	9	53
	15:00	70.02	54	3	4	61
	18:00	70.84	85	0	10	95
	21:00	68.35	49	1	12	62
24/out	9:00	69.67	44	1	7	52
	12:00	71.46	40	3	5	48
	15:00	71.65	56	3	11	70
	18:00	69.08	73	3	10	86
	21:00	64.75	27	0	3	30
		total	516	20	75	611

O Prédio Santander se situa em uma área com vocação comercial e administrativa, onde o nível diurno de ruído permitido pela Norma para conforto dos habitantes é igualmente de 60 dB(A).

Percebe-se, novamente, que os níveis de ruído encontrados no local da avaliação estão bastante acima do nível recomendado por norma para a zona avaliada, tanto que em nenhum dia local e horário houve nível de conforto acústico recomendável.

4.3 Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} , lado externo da edificação no nível da rua.

As avaliações do nível L_{Aeq} , em dB(A) no lado externo das edificações foram feitas no nível da rua mais precisamente no passeio, obedecendo às normas da NBR 10151 Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, para ambientes externos e o número de veículos passantes, são apresentados nos Quadros 7, 8 e 9.

O procedimento de avaliação do lado externo da edificação do nível da rua em nada difere do método de avaliação usado no nível externo de ruído feito na sacada da edificação. Foram realizadas estas avaliações com os mesmos métodos para verificação se há ou não há diferença nos níveis de ruído, pois os locais estão em alturas diferentes.

Quadro 7 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Edifício Engrapan – rua

Edifício Engrapan		<i>Nível LAeq</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Rua</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
17/out	9:00	63.03	28	1	0	29
	12:00	68.36	26	3	6	35
	15:00	66.95	31	3	2	36
	18:00	69.55	31	2	4	37
	21:00	62.28	11	0	1	12
19/out	9:00	66.11	26	3	2	31
	12:00	68.52	32	1	4	37
	15:00	68.87	19	5	2	26
	18:00	64.95	46	0	4	50
	21:00	63.53	15	1	1	17
		total	265	19	26	310

No quadro 7 observa-se que os níveis de ruído encontrados no lado externo do Edifício Engrapan estão bastante acima do nível recomendado pela NBR 10151 para a zona avaliada, tanto que em nenhum dia e horário houve nível de conforto acústico recomendável.

Quadro 8 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Galeria Tomaleh – rua

Galeria Tomaleh		<i>Nível LAeq</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Rua</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
26/out	9:00	70.77	39	1	9	49
	12:00	68.62	39	4	4	47
	15:00	67.45	30	2	7	39
	18:00	68.43	55	1	23	79
	21:00	67.40	47	0	7	54
28/out	9:00	70.55	44	2	4	50
	12:00	71.20	43	1	5	49
	15:00	69.20	46	3	7	56
	18:00	71.92	65	7	7	79
	21:00	70.26	31	0	2	33
		total	439	21	75	535

Os níveis de ruído encontrados no local da avaliação estão muito acima do nível recomendado por norma para a zona avaliada, tanto que novamente em nenhum dia e horário houve coeficiente de conforto acústico recomendável.

Quadro 9 – Nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} Prédio Santander – rua

Prédio Santander		<i>Nível LAeq</i>	Veiculos passantes			
Dia	hora	<i>Rua</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
21/out	9:00	65.04	31	2	5	38
	12:00	69.17	54	3	5	62
	15:00	70.41	51	3	5	59
	18:00	72.13	81	3	10	94
	21:00	67.16	49	0	8	57
24/out	9:00	66.02	46	1	8	55
	12:00	72.08	52	2	4	58
	15:00	69.15	52	2	11	65
	18:00	72.08	75	4	12	91
	21:00	66.02	23	0	8	31
		total	514	20	76	610

As avaliações realizadas externamente as edificações em sua totalidade mostraram que os níveis de ruído a que estão submetidos os usuários da via pública estão bem acima dos níveis recomendados pela NBR 10151. Estes níveis foram acima do permitido em todos os horários e todos os locais.

4.5 Análise dos agentes emissores de ruído

4.5.1 Trânsito

O desenvolvimento das cidades modernas acaba por ter seu centro de ampliação comercial e administrativo nas áreas centrais, o que gera invariavelmente uma concentração maior de pessoas e de tráfego veicular nestes locais, acabando por degradar os princípios básicos do conformo ambiental dos moradores, diminuindo sua qualidade de vida.

Sabe-se que o ruído oriundo do tráfego de veículos é comprovadamente um dos maiores poluidores ambientais e o que causa o maior incômodo à população (NUNES, 2000).

A quantidade de veículos computados durante a execução das medições encontra-se nos Quadros resumos 10, 11, 12.

Quadro 10 – Resumo dos níveis de pressão sonora equivalente LAeq e o número de veículos passantes encontrado no Prédio Engrapan – apto 201

Local	<i>Média</i>	Veículos passantes			
	<i>Nível Laeq</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
Edifício Engrapan					
Interno edificação	49.42	238	29	27	294
Externo nível rua	66.88	265	19	26	310
Externo edificação	66.98	241	15	25	281
Total dos veículos passantes		744	63	78	885
% dos veículos passantes		84.07	7.12	8.81	100
Diferença entre nível interno da edificação e do nível externo em dB (A)					17.56

A partir desses valores é possível tirar algumas conclusões:

Edifício Engrapan:

- A pequena variação do número de veículos passantes nas três medições efetuadas, sendo de 294 lado interno, 310 externo nível da rua, e 281 lado externo da edificação na sacada, mostram a pouca variabilidade na quantidade de veículos o que dá grande precisão nas avaliações.

- Os níveis de ruído verificados no lado externo no nível da rua e do lado externo da edificação na sacada, são praticamente idênticos, variando de 66,88 dB (A) e 66,98 dB (A) respectivamente, provando que a pouca diferença de altura (aproximadamente 4 metros) e o recuo da rua (5 metros) em nada influenciou os valores medidos.

- Neste local houve uma incidência maior de veículos pesados (caminhões e ônibus), menos de motocicletas e praticamente número igual de veículos leves (carros, camionetes e peruas) do que os outros locais avaliados. Esta incidência maior de veículos pesados se deve ao fato de o edifício localizar-se em uma avenida de acesso ao centro, evitando-se assim, o tráfego destes nas ruas mais movimentadas e mais estreitas.

Quadro 11 – Resumo dos níveis de pressão sonora equivalente LAeq e o número de veículos passantes encontrado na Galeria Tomaleh – apto 201

Local	<i>Média</i>	Veículos passantes			
	<i>Nível Laeq</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
Galeria Tomaleh					
Interno edificação	55.73	458	22	52	532
Externo nível rua	69.83	439	21	75	535
Externo edificação	70.64	468	22	63	553
Total dos veículos passantes		1365	65	190	1620
% dos veículos passantes		84.26	4.01	11.73	100
Diferença entre nível interno da edificação e do nível externo em dB (A)					14.91

Galeria Tomaleh:

- Houve uma pequena variação da porcentagem de veículos pesados que diminuíram devido a localização do local avaliado ser em área central, com grande fluxo de veículos leves, o que dificulta e acaba por inibir o tráfego de veículos pesados nesta área;
- Percebe-se que houve um significativo aumento do fluxo de motocicletas nas áreas centrais;
- O número de veículos leves se manteve praticamente igual, com uma diferença inexpressiva nos locais avaliados.

Quadro 12 – Resumo dos níveis de pressão sonora equivalente LAeq e o número de veículos passantes encontrado no Prédio Santander – apto 201

Local	<i>Média</i>	Veículos passantes			
	<i>Nível Laeq</i>	Leves	Pesados	Motocicletas	Total
Prédio Santander					
Interno edificação	49.41	508	26	59	593
Externo nível rua	69.66	514	20	76	610
Externo edificação	69.71	516	20	75	611
Total dos veículos passantes		1538	66	210	1814
% dos veículos passantes		84.79	3.64	11.58	100
Diferença entre nível interno da edificação e do nível externo em dB (A)					20.3

Prédio Santander:

- A porcentagem dos veículos leves passantes manteve-se praticamente igual aos outros locais, com uma diferença mínima;

- O número de motocicletas e de veículos pesados se manteve praticamente igual ao avaliado na Galeria Tomaleh Ap 201, também com diferença mínima;
- Houve uma pequena variação da porcentagem de veículos pesados e o aumento de motocicletas em comparação ao Edifício Engrapan pelo motivo do Prédio Santander também ser localizado em ponto central.

4.5.3 Análise da quantidade de ruído emitido pelos diferentes tipos de veículos

Para a avaliação do nível de ruído emitido pelos diferentes tipos de veículos avaliados (leves, pesados e motocicletas) foram feitas 10 leituras para cada tipo de veículo. Estas leituras foram feitas quando os veículos passavam de maneira isolada pelos diferentes locais de avaliação, para que o ruído emitido pelos outros veículos não interferissem nos valores encontrados. Estas 10 leituras foram usadas para calcular o nível L_{Aeq} médio dos diferentes tipos de veículos para comparação entre os emissores e o seu respectivo nível de ruído.

Os valores encontrados são apresentados nos Gráficos 1, 2, 3.

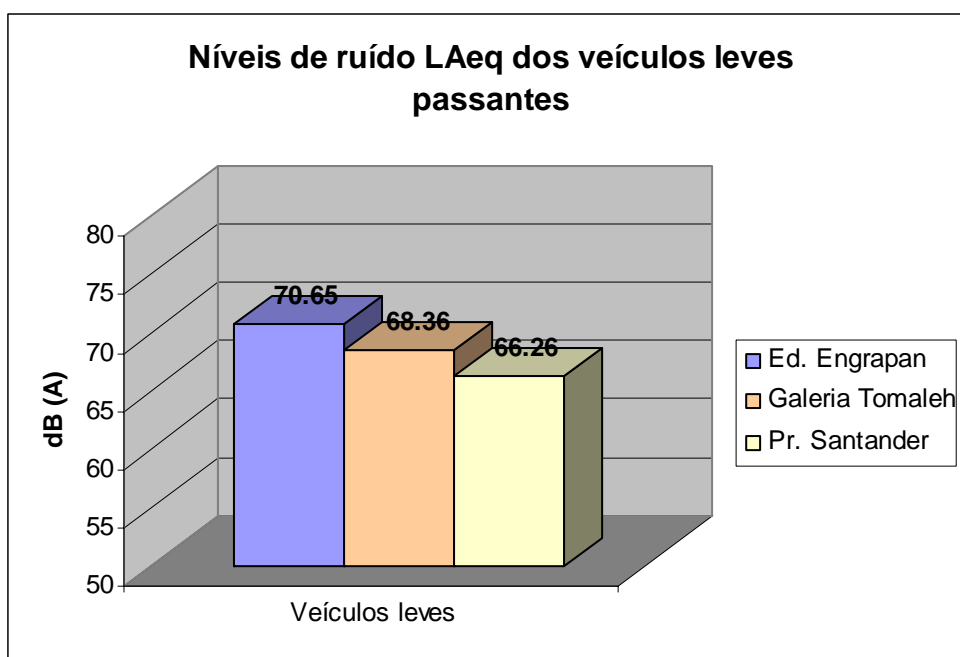


Gráfico 1 – Níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} emitido pelos veículos leves passantes nos locais de avaliação

A partir destes resultados podem-se tirar algumas conclusões, referentes aos fatores que mais influenciam os níveis de emissão de ruídos pelos veículos automotores:

- Velocidade;
- Tipo de pavimento;
- Estado de conservação do veículo;
- Surdinas com defeito;
- Tipo de veículo
- Rotação do motor;
- Uso abusivo de equipamentos de som automotivo.

De acordo com o Gráfico 1, o maior nível de ruído foi encontrado no Edifício Engrapan devido à velocidade na avenida ser de 60 quilômetros por hora e nos outros locais ser de 40 e, também em função da conservação do pavimento, que neste local é a mais precária (ver anexo B).

O prédio Santander foi onde os veículos leves emitiram menos ruídos, devido o pavimento ser o de melhor qualidade (anexo C) entre os locais avaliados, e a velocidade ser muito baixa, devido o local ser entroncamento de três vias de tráfego.

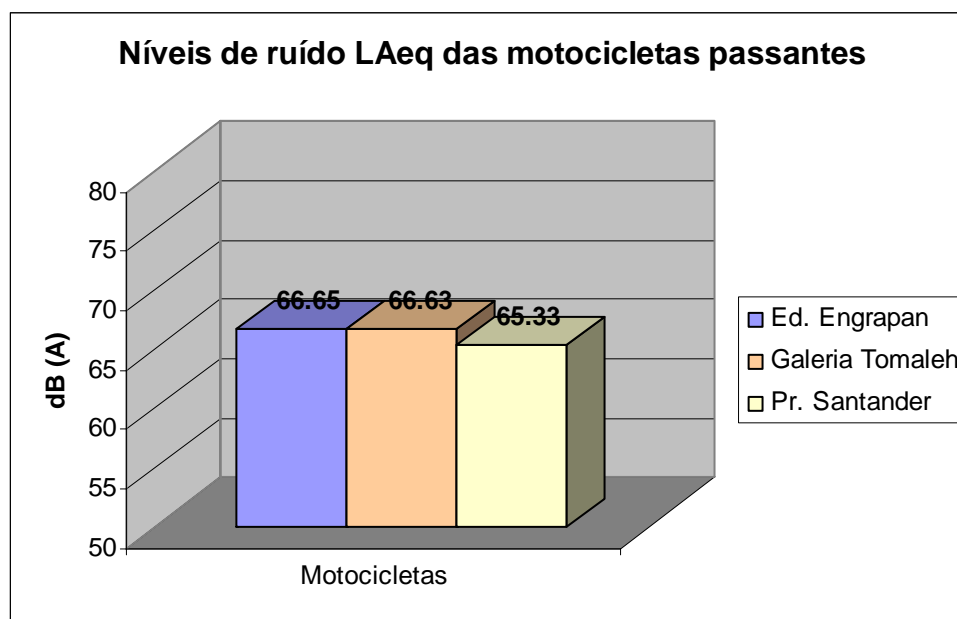


Gráfico 2 – Níveis de pressão sonora equivalente LAeq emitido pelas motocicletas passantes nos locais de avaliação

Os níveis de ruído emitidos pelas motocicletas são os que menos tiveram variação de intensidade entre um local e outro e, também, os de menor intensidade. Isto se deve principalmente pela menor velocidade, melhor conservação geral do veículo e devido as motocicletas emitirem naturalmente menos ruído que os outros veículos automotores.

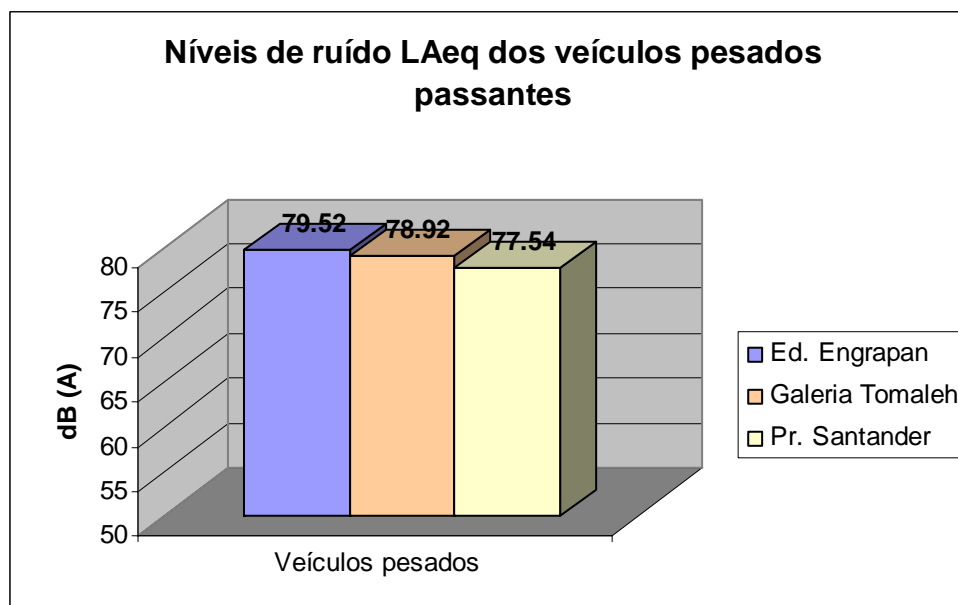


Gráfico 3 – Níveis de pressão sonora equivalente LAeq emitido pelos veículos pesados passantes nos locais de avaliação

Os valores expressos nos gráficos provam que os maiores emissores de ruído são invariavelmente os veículos pesados, entre as causas pode-se destacar:

- São veículos que necessitam andar com rotações do motor mais elevadas;
- Veículos que devido ao seu peso causam maior impacto dos pneus, nas irregularidades do pavimento;
- Quando vazios emitem mais ruído do que quando carregados, devido ao funcionamento sem peso da suspensão;
- Normalmente possuem manutenção mecânica não regular;

Nas medições percebe-se, também que os níveis de ruído não variam muito de local para local, mas de qualquer forma são bastante intensos.

4.6 -Análise do conforto acústico dos ocupantes da via pública

Nas áreas centrais da cidade onde foram realizadas as avaliações, são grandes os níveis de ruído a que se expõem diariamente os ocupantes da via pública, pela própria característica dos centros urbanos concentrarem um grande número de atividades socioeconômicas nestes locais.

Quadro 13 – Totais dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} (nível da rua) nos locais avaliados e os níveis de conforto recomendados pela norma NBR 10151

Local	Nível de conforto diurno	Nível encontrado
Edifício Engrapan	55 dB(A)	66.98 dB(A)
Prédio Santander	60 dB(A)	69.83 dB(A)
Galeria Tomaleh	60 dB(A)	70.84 dB(A)

Pelos valores encontrados no quadro 13 percebe-se que o nível de ruído flutuante ocasionado pelo tráfego de veículos está bem acima do que é recomendado por norma, expondo os usuários, comerciantes, policiais e ambulantes, que não utilizam qualquer tipo de proteção auditiva e atuam por um longo período.

4.7 Recomendações técnicas para atingir o conforto acústico para os ocupantes da via pública

Algumas medidas podem ser tomadas para amenizar os altos níveis de ruído flutuante nas áreas estudadas dentre elas estão:

- Restrição de tráfego de veículos pesados, que são os maiores emissores de ruído nas áreas centrais;
- Redução da velocidade máxima permitida dos veículos para a via, pois quanto maior a velocidade maior a emissão de ruídos;
- Melhoria das condições do pavimento;
- Fiscalização mais intensiva do estado de conservação dos veículos;
- Incentivo ao uso do transporte público;
- Fiscalização do uso abusivo do volume de equipamentos de som em automóveis;
- Proibição da utilização de equipamento de som com volume abusivo pelas lojas, comumente usados para propaganda;
- Modificação do sentido de fluxo das vias de tráfego, recomendando em algumas vias o trânsito de sentido único;
- Fiscalização e retirada de circulação dos veículos que possuem alteração nas surdinas;

Com estas medidas a intensidade dos ruídos será diminuída, talvez não para níveis de conforto adequados, mas melhorando muito o controle da emissão de ruídos e buscando sempre evitar a poluição sonora, melhorando assim a qualidade ambiental.

4.8 Análise dos materiais construtivos empregados nas edificações estudadas

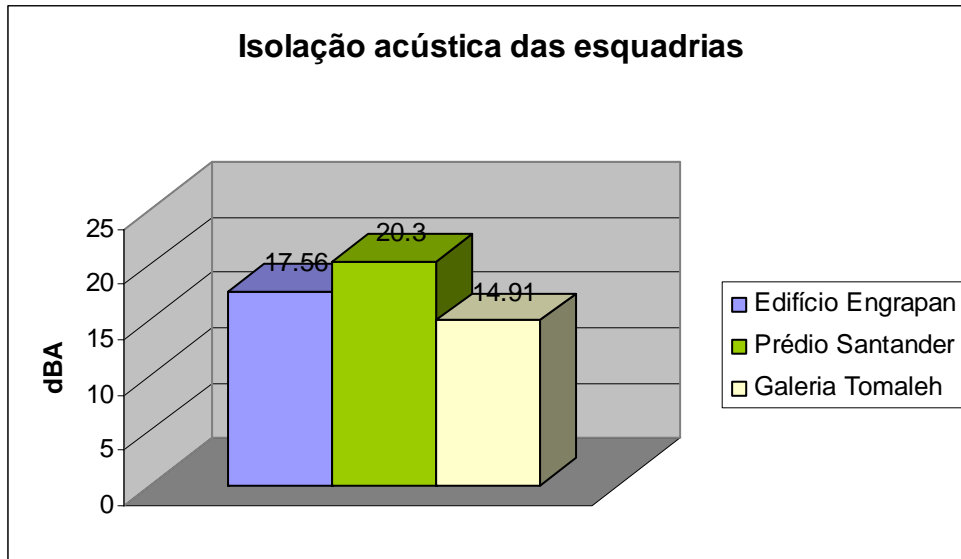
Um bom isolamento acústico das habitações é garantia de condições ambientais favoráveis ao trabalho, descanso e lazer, evitando os desgastes psicológicos e toda uma série de conseqüências negativas à saúde e à produtividade das pessoas.

Um bom isolamento acústico depende principalmente dos materiais empregados na construção, pois se deve lembrar que quanto maior a densidade (peso por área) maior será o isolamento. Assim, as paredes de tijolos maciços, ou de concreto, e de grande espessura apresentam maiores atenuações; as paredes de tijolos vazados atenuam menos, as lajes maciças ou de concreto atenuam mais que as lajes de tijolos vazados (FERNANDES, 2002).

Um dos pontos limitantes e mais vulneráveis na isolação acústica de fachadas são as esquadrias, principalmente devido a falta de ajustes dos caixilhos móveis no fechamento das janelas e no contato madeira-madeira, que concebem pontes acústicas tornando os sistemas de encaixe um dos responsáveis pelo baixo desempenho das esquadrias (PAIXÃO, 1992). A hermeticidade deficiente entre as folhas, marcos e trilhos é fator preponderante na atual performance apresentada pelas esquadrias das habitações analisadas.

Segundo trabalhos realizados pelo Laboratório de Acústica da Universidade Federal de Santa Maria, uma simples vedação e com um pouco de conhecimento dos materiais apropriados como polímeros, elastômeros e feltros, pode se conceber ganhos de isolamento acústico nas esquadrias de 9 até 13 dBA (PAIXÃO, 1992).

Gráfico 4 - Níveis de isolamento acústica das esquadrias em dB(A)



Percebe-se pelo Gráfico 4, que o nível de isolamento acústico das esquadrias varia bastante de local para local, e também do tipo e da qualidade de construção da mesmas. De acordo com os trabalhos realizados e os níveis de ruído preconizados para conforto acústico em ambientes internos (de acordo com a NBR 10152), os problemas seriam perfeitamente resolvidos, com pequenas intervenções.

Quadro 14 – Totais dos níveis de pressão sonora equivalente L_{Aeq} (interno) nos locais avaliados e os níveis de conforto recomendados pela norma NBR 10152

Local	Nível de conforto	Nível encontrado
Edifício Engrapan (dormitório)	35-45 dB(A)	49.42 dB(A)
Prédio Santander (dormitório)	35-45 dB(A)	49.41 dB(A)
Galeria Tomaleh (sala estar)	40-50 dB(A)	55.73 dB(A)

Os valores descritos nos níveis de conforto representam, em sua faixa inferior, o valor aceitável para conforto sonoro e o valor superior significa o valor sonoro aceitável para a finalidade. Percebe-se que o valor encontrado nas avaliações não ultrapassa, em nenhum lugar avaliado, a quantia de 6 dB(A) do nível aceitável, sendo perfeitamente adequado para as intervenções acima descritas, tais como melhora das vedações.

4.9 Avaliação do conforto acústico pelos usuários das edificações

Os usuários das edificações estão diretamente ligados ao uso desta metodologia, por serem eles quem fornecem as informações para que o investigador as avalie corretamente. A avaliação foi realizada com um diálogo informal entre o pesquisador e os moradores da habitação.

Dos moradores do apartamento 202 do Edifício Engrapan, o casal usuário do quarto reclamou muito que o ruído emitido pelo trânsito prejudica o sono.

Na Galeria Tomaleh, no apartamento 202, os moradores da habitação investigada também alegaram que o ruído atrapalha muito, principalmente quando estão assistindo televisão e, para compensar o ruído do trânsito escutam em volume bastante alto.

No prédio Santander, no quarto avaliado, os moradores também reclamaram que o ruído prejudica o sono.

Os resultados das avaliações feitas pelos usuários das edificações reforçam que os níveis de ruído além de estarem acima do permitido por norma prejudicam o bem estar das pessoas.

4.10 Recomendações técnicas para atingir o conforto acústico nos ambientes internos investigados

Muitas recomendações podem ser feitas em ambientes ou em edificações que possuem problemas com exposição ao ruído e também com problemas de isolamento acústico. Algumas com um custo muito baixo e outras com custos elevados. Abaixo estão citadas algumas recomendações que podem ser especificadas na fase do projeto de novas edificações e outras que podem ser utilizadas em edificações já executadas.

Localização da edificação - Evitar a construção de prédios residenciais em zonas estritamente comerciais, devido a estes locais serem naturalmente inseridos em um ambiente com mais ruído. Se forem construídos nestes locais prédios residenciais evitar a localização dos quartos em fachadas de frente para a rua.

Paredes – As paredes são isolantes acústicos por natureza, quanto mais espessas melhor, mas também podem-se usar artifícios bastante acessíveis economicamente, tais como paredes duplas nas prumadas mais expostas a fonte de ruído.

Aberturas – São os elementos que menos isolam os altos níveis de ruído, devido à baixa estanquidade ao ar e conseqüentemente ao ruído. As aberturas devem possuir boa

vedação e, se possível, utilizar aberturas com vidros duplos, e que possuam qualidade de execução e de produto garantidas.

Portas – Evitar o uso de portas com madeira aglomerada com espessura inferior a 3,5 cm. Usar de preferência, portas maciças de madeira com espessuras de 5 cm, e com vedação nos batentes com espuma, borracha ou feltro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

O presente trabalho, mediante os seus resultados, provou que a poluição sonora acarreta níveis de ruído superiores aos recomendados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) tanto nos ambientes externos, expondo os usuários da via pública, quanto nos ambientes internos das edificações estudadas.

O controle da poluição sonora deve ter sua devida importância na melhoria de qualidade de vida da população, mas por via de regra sua importância só é constatada quando a exposição das pessoas ao ruído atinge níveis acima do recomendado.

Tal controle pode acontecer a partir das decisões nas etapas de projeto, tanto das edificações como nos ambientes externos. Nas edificações, o conhecimento das características do meio pode beneficiar decisões extremamente simples como o reposicionamento de uma abertura, evitando a exposição direta a uma rua ou avenida que emita um ruído, ou uma simples melhoria da vedação dos caixilhos das aberturas.

Para a diminuição dos níveis de ruído nos ambientes externos, é necessário incidir normas e medidas restritivas nas fontes emissoras que são principalmente os veículos automotores. Estas medidas devem prever mudanças nos planos diretores dos municípios, maior fiscalização dos veículos pelos órgãos competentes, redução de velocidade em algumas vias, melhoria do pavimento e, principalmente, a mudança na consciência da comunidade sobre o problema da contaminação acústica.

Os objetivos inicialmente propostos para a presente pesquisa foram atingidos verificação do nível de exposição ao ruído a que estão inseridos os moradores e usuários da via pública nos locais investigados; quantificação do nível de ruído e análise com o número e o tipo de veículos que trafegaram no momento da coleta dos dados; avaliação se os níveis do

ruído flutuante estão dentro das normas da ABNT; e sugestão de alternativas para obtenção de conforto acústico recomendado pela norma para os locais e o ambiente investigado.

Durante a realização deste trabalho, foram encontradas várias dificuldades. Os fatores que influenciam as fontes emissoras de ruído são muitas e não se possui controle sobre as mesmas o que gera resultados diferentes, em períodos e tempos de avaliação iguais. As próprias normas brasileiras são baseadas em normas internacionais e também são muito confusas com relação a coleta de dados e a interpretação dos resultados, além da pouca bibliografia disponível sobre o assunto.

Enfim, os resultados desta pesquisa indicam que os níveis de poluição sonora estão acima do recomendado para níveis de conforto acústico preconizados por norma. Medidas de controle e principalmente de amenização dos níveis de ruído encontrados nos ambientes externos investigados devem ser realizadas. Sabe-se, no entanto, que dificilmente chegarão a coeficientes aceitáveis, mas precisam ser controlados pois atingem diretamente os usuários das vias públicas. A amenização dos níveis de ruído no interior das edificações é muito mais fácil e com um custo menor.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade do presente trabalho sugere-se:

- Fazer medições em horários noturnos, já que o trabalho foi realizado em horários Diurnos.
- Realizar modelos de previsão de tráfego de veículos e o nível de ruído emitido pelos mesmos.
- Comparar a velocidade dos veículos com a emissão de ruído.
- Comparar a emissão de ruído em diferentes tipos de pavimento pelos veículos automotores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: (Acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento)** junho de 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: (Níveis de ruído para conforto acústico)** dezembro de 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7731: (Guia de execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem)** fevereiro de 1983.

BASSO, Gustavo Jorge. **Contaminación acústica y cultura del ruído**. Porto Alegre, RS. 1995. p. 673-678. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído 3º e 1º, Gramado, 1995. Artigo técnico.

BERTOLI, Stelamaris Rolla. **Quanto custa o conforto ambiental?**. Foz de Iguaçu, PR. 2002. p. 485-494. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Artigo Técnico.

CLUBE DO AUDIO. Disponível em <: <http://www.clubedoaudio.com.br/fis2.html>>. Acesso em : 23 de agosto 2005.

FERNANDES, João Candido. **O ruído ambiental: Seus efeitos e seu controle**. Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP. Campus de Bauru, São Paulo, 2002.

GERGES, Samir N. Y. **Aplicações da técnica de intensidade sonora em edificações**. Porto Alegre, RS. 1995. p. 85-98. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 3º e 1º, Gramado, 1995. Conferência.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído fundamentos e controle**, Florianópolis: Ed. NR Editora, 2000.

SOUZA, Mauricy Cesar Rodrigues de. **Normalização brasileira em conforto acústico**. Porto Alegre, RS. 1995. p. 101-103. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 3º e 1º, Gramado, 1995. Painel.

NUNES, Maria Fernanda de O. **Medidas para atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto da comunidade em áreas residenciais**. Porto Alegre, RS. 1995. p. 172-180. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 3º e 1º, Gramado, 1995. Conferência.

PAIXÃO, Dinara Xavier da. **Estudo do desempenho acústico das esquadrias utilizadas no Rio Grande do Sul**, Foz de Iguaçu, PR. 2002. p. 311 a 314. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Artigo Técnico.

COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica**: São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2003.

ANEXO A

ANEXO B



ANEXO C

