

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL -  
PPGEC

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA  
MAPEAMENTO DO RUÍDO URBANO

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.  
Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário.

LINDSAY THAIS ARNDT

Florianópolis, Junho 2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**“SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA  
MAPEAMENTO DO RUÍDO URBANO”**

**LINDSAY THAIS ARNDT**

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

---

Prof. Janaide Cavalcante Rocha - Coordenadora do PPGEC

---

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wilhelm Philips – Orientador

---

Prof. Dr. Wiliam Alves Barbosa – Co-orientador

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wilhelm Philips – Moderador – ECV/UFSC

---

Prof. Dr. Wiliam Alves Barbosa – PGMEC/UFPR

---

Prof. Dr. Norberto Hochheim – ECV/UFSC

---

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira - UDESC – PPGEC/UFSC

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Lia Caetano Bastos - ECV/UFSC

---

Prof.. Dr. Carlos Alberto Bavastri - PGMEC/UFPR

O Senhor te guiará continuamente, fartará a tua alma até em lugares áridos e fortificará teus ossos; serás como um jardim regado e como um manancial cujas águas jamais faltam.

Isaías 58:11

Dedico esta dissertação aos meus pais Alaor e Mildred

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre estar no comando de minha vida, guiando e mostrando o melhor caminho a seguir;

À minha família, por estar sempre ao meu lado me apoiando, principalmente a meu pai por sua preocupação com meus estudos;

Ao meu namorado Charles pela ajuda e apoio na revisão do trabalho;

Meu obrigado ao orientador Prof. Dr. –Ing Jürgen Wilhelm Philips que me incentivou e me apoiou na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Wiliam Alves Barbosa que me co-orientou na realização dessa dissertação auxiliando na parte de acústica e fornecendo dados já medidos para a inserção no trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Bavastri, pela indicação da co-orientação;

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC pela oportunidade de poder participar do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil e poder utilizar suas instalações;

À toda equipe docente do programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC;

À secretária do PPGEC, Marinea Vieira por sua prestatividade em atender sempre minhas solicitações e esclarecer minhas dúvidas.

À Universidade Federal do Paraná – UFPR pelas aulas assistidas, utilização da biblioteca e instalações;

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos cedida durante o período do curso de mestrado, possibilitando assim a realização deste trabalho;

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudo no final do curso;

Ao Prof. Dr. Aloísio Leoni Schmid da Universidade Federal do Paraná que ministrou a disciplina Temas de Construção – Acústica de Auditórios;

À minha amiga Carolina Larrosa, que conheci no curso, por sua amizade, auxílio na dissertação, disponibilidade e pouso;

Ao meu grande amigo Luiz Gustavo de Castro pelo apoio, ajuda com o ArcView e suas orações. Foram de grande importância;

Ao Jefferson Ulisses da Cunha por sua amizade e auxílio com os programas;

À Tatiane Michele da Luz por seu auxílio no ArcView e pela atenção ao fornecer seu apartamento durante o período de aulas;

Agradeço também a Vivian de Oliveira Fernandes que me informou sobre o Programa de Pós-Graduação e por sua ajuda durante o curso, tanto nas aulas como na disponibilidade de seu apartamento. Muito obrigada;

Ao César Luis Teixeira por fornecer o material de apoio, facilitando a minha pesquisa;

Agradeço de um modo especial, à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lenise Grando Goldner por sua solicitude em trocar a bolsa CAPES pela minha do CNPq;

A todas as pessoas que conheci em Florianópolis que de alguma forma me ajudaram e a todos os meus amigos que, apesar de não terem sido citados aqui, contribuíram com a realização dessa dissertação.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Objetivos	02
1.1.1 Objetivo Geral	02
1.1.2 Objetivos Específicos	02
1.2. Justificativa	02
1.3. Estrutura da Pesquisa	03
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	03
2.1 Som e Ruído	03
2.2 Propagação do Som	04
2.2.1 Fenômenos da Propagação de Ondas Sonoras	04
2.2.1.1 Difração	05
2.2.1.2 Reflexão	07
2.2.1.3 Transmissão e Absorção	07
2.2.1.4 Refração	08
2.2.1.5.Efeito Doppler	08
2.3 Propriedades do Som	09
2.3.1 Frequência	09
2.3.2 Velocidade do Som	10
2.3.3 Fontes Sonoras	11
2.3.4 Intensidade	11
2.3.5 Nível de Pressão Sonora	14
2.3.6 Nível de Pressão Sonora Ponderado	14
2.3.7 Nível Equivalente de Pressão Sonora	15
2.3.8 Níveis Estatísticos de Ruído $L_n$	16
2.3.9 Níveis Percentuais	16
2.3.10 Emissão e Imissão Sonora	16
2.3.11 Índice de Ruído de Tráfego	17
2.3.12 Nível de Poluição Sonora	18
2.4 Aspectos Normativos	19
2.4.1 NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade Nível de Pressão Sonora	19
2.4.2 Legislação Municipal de Curitiba – Lei N° 10.625/2002	19
2.4.3 Critério HUD	19
2.4.4 Resoluções do Conselho Nacional do Meio	20



Ambiente-CONAMA	
2.4.5 Portaria MINTER nº 92/1980	20
2.5 Controle de Ruídos	20
2.6 Impactos Causados pelo Ruído na Saúde Humana	21
2.7 Sistemas de Informação Geográfica – SIG	22
2.7.1 Breve Histórico	22
2.7.2 Geoprocessamento	23
2.7.3 Conceitos de SIG	23
2.7.4 Componentes do Software SIG	25
2.7.5 Componentes de um SIG	26
2.7.6 Implantação de um SIG	27
2.7.7 Caracterização de Dados Geográficos	28
2.7.8 Aplicações de SIG	28
3 ÁREA DE ESTUDO	31
3.1 Cidade de Curitiba	31
4 MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 Materiais	32
4.2 Métodos	32
5 RESULTADOS OBTIDOS E ESPERADOS	38
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	54
6.1 Conclusões	54
6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros	54
7. REFERÊNCIAS	56

### **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Efeito da difração sonora devido a uma beirada na parede.	05
Figura 2: Efeito da difração sonora devido a um furo na parede.	06
Figura 3: Efeito da difração sonora devido a um furo na parede de dimensões comparáveis ao comprimento de onda.	06
Figura 4: Efeito da Reflexão Difusa e Reflexão Regular.	07
Figura 5: Refração de um raio quando passa de um meio (1) menos refringente para um meio (2) mais refringente.	08
Figura 6: Efeito Doppler.	09
Figura 7: Faixa Audível de Frequências.	10
Figura 8: Exemplos de níveis de intensidade sonora (NIS).	13
Figura 9: Curvas de Ponderação de Ruído.	15

Figura 10: Emissão Sonora.	17
Figura 11: Imissão Sonora.	17
Figura 12: Arquitetura de um Software de Sistemas de Informação Geográfica.	25
Figura 13: Componentes de um SIG.	27
Figura 14: Mapa de localização da área de estudo.	32
Figura 15: Fluxograma com procedimentos metodológicos a serem empregados na pesquisa.	33
Figura 16: Tabela com todas as informações dos pontos medidos.	34
Figura 17: Base cartográfica com os pontos identificados por círculos.	35
Figura 18: Informações dos pontos para os usuários.	36
Figura 19 – Mapa temático para Leq segundo o critério HUD.	38
Figura 20 – Mapa temático para L10 segundo o critério HUD.	39
Figura 21 – Mapa temático para L90 segundo o critério HUD.	40
Figura 22 – Mapa temático para Leq Manhã segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	41
Figura 23 – Mapa temático para Leq Meio Dia segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	42
Figura 24 – Mapa temático para Leq Tarde segundo Legislação Municipal de Curitiba – Lei 10.625/2002.	43
Figura 25 – Mapa temático para Leq Noite segundo Legislação Municipal de Curitiba – Lei 10.625/2002.	44
Figura 26 – Mapa temático para Leq Final de semana segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	45
Figura 27 – Gráfico representando Leq segundo o Critério HUD.	46
Figura 28 – Gráfico representando L10 segundo o Critério HUD.	47
Figura 29 – Gráfico representando L90 segundo o Critério HUD.	48
Figura 30 – Gráfico representando Leq Manhã segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	49
Figura 31 – Gráfico representando Leq Meio Dia segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	50
Figura 32 – Gráfico representando Leq Tarde segundo	51

Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	
Figura 33 – Gráfico representando Leq Noite segundo	52
Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	
Figura 34 – Gráfico representando Leq Final de Semana	53
segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei	
10.625/2002.	

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores recomendados para $L_{eq}$ , $L_{10}$ e $L_{90}$ .	25
Tabela 2: Evolução da Frota de Veículos em Curitiba. Fonte: DETRAN – PR.	31

### CD

#### ANEXOS:

8. ANEXO – Legislação	63
9. ANEXO - Localização dos Pontos de Medição de Ruído	70
10. ANEXO – Tabelas com os Valores e Zoneamento dos	137
Pontos	

#### METODOLOGIA

Figura 16: Tabela com todas as informações dos pontos	34
medidos.	
Figura 17: Base cartográfica com os pontos identificados por	35
círculos.	
Figura 18: Informações dos pontos para os usuários.	36

#### MAPAS:

Figura 14: Mapa de localização da área de estudo.	32
Figura 19 – Mapa temático para Leq segundo o critério HUD.	38
Figura 20 – Mapa temático para $L_{10}$ segundo o critério HUD.	39
Figura 21 – Mapa temático para $L_{90}$ segundo o critério HUD.	40
Figura 22 – Mapa temático para Leq Manhã segundo	41
Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	
Figura 23 – Mapa temático para Leq Meio Dia segundo	42
Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	
Figura 24 – Mapa temático para Leq Tarde segundo	43
Legislação Municipal de Curitiba – Lei 10.625/2002.	
Figura 25 – Mapa temático para Leq Noite segundo	44
Legislação Municipal de Curitiba – Lei 10.625/2002.	

Figura 26 – Mapa temático para Leq Final de semana segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Mapa de Zoneamento	45
GRÁFICOS:	
Figura 27 – Gráfico representando Leq segundo o Critério HUD.	46
Figura 28 – Gráfico representando L10 segundo o Critério HUD.	47
Figura 29 – Gráfico representando L90 segundo o Critério HUD.	48
Figura 30 – Gráfico representando Leq Manhã segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	49
Figura 31 – Gráfico representando Leq Meio Dia segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	50
Figura 32 – Gráfico representando Leq Tarde segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	51
Figura 33 – Gráfico representando Leq Noite segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	52
Figura 34 – Gráfico representando Leq Final de Semana segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.	53

## SÍMBOLOS OU LEGENDAS

f - Frequência

SI - Sistema Internacional

I - Intensidade Sonora de um Som

$I_{ref} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

P - Pressão Sonora

rms - Média de Potência

$P_o$  - pressão sonora de referência =  $20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$

$L_{eq}$  - Nível Equivalente de Pressão Sonora [dB]

T = ( $t_2 - t_1$ ) - Tempo Total de Duração [s]

$P_{(t)}$  - Pressão Sonora Instantânea

$L_{10}$  - Som mascarado durante 10% do tempo total de medição

$L_{50}$  - Som mascarado durante 50% do tempo total de medição

$L_{90}$  - Ruído mascarado durante 90% da medição

APA-SARU - Setor de Alta Restrição de Uso;

APA-SMRU - Setor de Média Restrição de Uso;

APA-ST - Setor de Transição;

APA-SUE - Setor de Uso Esportivo;

APA-SS - Setor de Serviço;

CONEC - Setor Especial Conector – Conectora 1,2,3,4;

SC-SF - Setor Especial Comercial Santa Felicidade;

SC-UM - Setor Especial Comercial Umbará;

SE - Setor Especial Estrutural;

SE-AC - Setor Especial da Av. Affonso Camargo;

SE-BR-116 - Setor Especial da BR-116;

SE-CB - Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros;

SE-CC - Setor Especial Centro Cívico;

SE-CF - Setor Especial da Av. Comendador Franco;

SEHIS - Setor Especial Habitação de Interesse Social;

SEI - Setor Especial Institucional;

SE-LE - Setor Especial Linhão do Emprego;

SE-MF - Setor Especial da Av. Mal. Floriano Peixoto;

SE-NC - Setor Especial Nova Curitiba;

SE-OI - Setor Especial de Ocupação Integrada;

SE-PE - Setor Especial Preferencial de Pedestres;

SE-OS - Setor Especial do Pólo de Software;

SE-WB - Setor Especial da Av. Pres. Wenceslau Braz;

SH - Setor Histórico;

ZC - Zona Central;

Z-COM - Zona de Contenção;

ZE-D - Zona Especial Desportiva;

ZE-E - Zona Especial Educacional;  
ZE-M - Zona Especial Militar;  
ZES - Zona Especial de Serviços;  
ZI - Zona Industrial;  
ZR-1 - Zona Residencial 1;  
ZR-2 - Zona Residencial 2;  
ZR-3 - Zona Residencial 3;  
ZR-4 - Zona Residencial 4;  
ZR-AG - Zona Residencial Alto da Glória;  
ZR-B - Zona Residencial Batel  
ZR-M - Zona Residencial Mercês;  
ZR-OC - Zona Residencial de Ocupação Controlada;  
ZR-P - Zona Residencial Passaúna;  
ZR-SF - Zona Residencial Santa Felicidade;  
ZR-U - Zona Residencial Umbará;  
ZS-1 - Zona de Serviço 1;  
ZS-2 - Zona de Serviço 2;  
ZT-BR-116 - Zona de Transição BR – 116;  
ZT-MF - Zona de Transição Av. Mal. Floriano Peixoto;  
ZT-NC - Zona de Transição Nova Curitiba;  
Z-UM - Zona de Uso Misto.

## RESUMO

A presente pesquisa visa a produção de uma base de dados para visualizar o ruído urbano, das principais zonas da cidade de Curitiba – PR, com o objetivo de organizar os dados levantados por profissionais da área de acústica para consultas do ruído através de mapas temáticos. Para tanto, foram utilizados dados nos períodos manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana e obtida a base cartográfica de Curitiba. Esses dados foram manipulados e inseridos no software ArcView 3.2, realizando um Sistema de Informação Geográfica – SIG, e no Surfer 8 foram realizados os mapas de contorno e a geração de mapas temáticos. Os mapas gerados por esta pesquisa permitem o acesso aos dados por qualquer usuário, seja gestor público ou não, viabilizando a detecção de áreas e períodos onde o ruído é mais intenso, possibilitando a criação de ações de melhorias que venham aumentar a qualidade de vida populacional.

Palavras-Chave: Ruído Urbano, Sistemas de Informação Geográfica – SIG, Mapa Temático, Ações de Melhorias, Qualidade de Vida.

## ABSTRACT

This current research views the production of a data base to view the urban noise, in the main areas of the city of Curitiba - PR, aiming an organization of acquired data by professionals in the area of acoustics for consulting of noise through theme maps. In order to do this, data from the morning, noon, afternoon, evening and weekends were used and obtain the cartographic base of Curitiba. That data was manipulated and inserted in the ArcView 3.2 software generating a Geographic Information System – GIS, and in the Surfer 8 was realized the map control and creating theme maps. The map generated by this research allows any user to access the data, whether it is a public manager or not, making possible the detection of areas and time where the noise is more intense. This allows the creation of means of improvement that will increase the quality of life of the population.

Key Words – Urban Noise, Geographic Information System – GIS, Theme Map, Means of Improvement, Quality of Life.

## 1. INTRODUÇÃO

O homem recebe a influência de sons antes mesmo de nascer. O ouvido humano é um órgão muito sensível que nos capacita a perceber e interpretar ondas sonoras em uma faixa de frequências entre 20 e 20.000 Hz.

A poluição sonora é considerada hoje em dia importante para a pesquisa científica, pois possui influência sobre o meio ambiente e sobre a qualidade de vida dos seres humanos. Com o aumento do número de fontes de ruído como máquinas, veículos e fábricas, aumentou a necessidade de estudos sobre a poluição sonora e sua consequência sobre o meio ambiente. O crescimento das cidades causa o crescimento do ruído urbano, proveniente principalmente do aumento do tráfego assim como os outros ruídos causados pelas pessoas. A fonte sonora que está mais presente nas cidades é o trânsito, além de outras fontes de ruído urbano, tais como o de construções civis, templos religiosos, bares. Essas fontes sonoras não estão presentes uniformemente como o trânsito nas cidades, mas afetam um número específico de pessoas.

O ruído urbano é o caracterizador da poluição sonora urbana e é considerado um ruído complexo por ser composto de vários ruídos secundários, provenientes de fontes de atividades diversas. A poluição sonora, caracterizada pelo ruído urbano, está mesclada à vida urbana da cidade de Curitiba - PR que será o objeto de estudo dessa pesquisa, agregada ao Sistema de Informações Geográficas.

Um Sistema de Informações Geográficas - SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos (CÂMARA et al., 2005). O SIG é uma ferramenta que oferece a possibilidade de integrar dados de diferentes fontes e tipos e a manipulação dos mesmos. O SIG é um poderoso sistema, pois possibilita a análise e a visualização dos dados durante todo o processo em qualquer tempo. Por ser um sistema simples, tem sido requisitado principalmente devido a sua flexibilidade e grande utilização.

Os SIGs comportam diferentes tipos de dados e aplicações, em várias áreas do conhecimento. Exemplos: otimização de tráfego, controle cadastral, gerenciamento de serviços de utilidade pública, demografia, cartografia, administração de recursos naturais, monitoramento costeiro, controle de epidemias, planejamento urbano. A utilização de SIGs facilita a integração de dados coletados de fontes heterogêneas, de forma transparente ao usuário final. Os usuários não estão restritos a especialistas em um domínio específico - cientistas, gerentes, técnicos, funcionários de administração de diversos níveis e o



público em geral vêm usando tais sistemas com frequência cada vez maior. (CÂMARA, et al., 1996)

Este trabalho tem como proposta o reconhecimento do ruído urbano nas principais zonas da Cidade de Curitiba - PR, sua manipulação e geração de um banco de dados onde sua consulta possibilitará aos gestores públicos uma análise dos ruídos e possível melhoria na qualidade de vida das pessoas, demonstrando dessa forma, a multidisciplinaridade entre o Sistema de Informações Geográficas e a Acústica e sua importância para a área de Cadastro Técnico Multifinalitário.

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho propõe a produção de uma base de dados para a visualização e consulta dos dados de ruído (qualitativa e quantitativamente) das principais zonas de Curitiba - PR. O resultado são mapas temáticos onde o usuário poderá consultar os dados obtidos do ruído urbano que é originado de diferentes fontes de emissão tais como empreendimentos industriais e comerciais, construção civil e principalmente o tráfego de veículos automotores que são as principais fontes de ruído comunitário. Os mapas mostram quais são as áreas onde o ruído ultrapassa os valores estipulados na Legislação Municipal de Curitiba – Lei nº 10.625/2002 e no Critério HUD – Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos da América.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar as áreas que possuem problema de ruído urbano através de um cadastro temático de ruídos.
- Organizar os dados de ruído urbano num único SIG para facilitar a consulta aos profissionais da área de acústica e aos interessados no cadastro técnico.

## 1.2. Justificativa

O Brasil, com suas características de país continental, possui uma carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre problemas urbanos, rurais e ambientais.

As ferramentas computacionais para o Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. A partir destas ferramentas é

possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA et al.,1996).

Segundo BURROUGH (1986) o SIG pode ser definido como um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real. Já para SMITH et al. (1987), o SIG é definido como um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais.

O desenvolvimento desta pesquisa está embasado no estudo sobre o conteúdo de uma base de dados obtidos sobre poluição sonora, precedida da escolha da área de estudo, a realização de um Sistema de Informações Geográficas através do Software Arcview 3.2 e a visualização do produto final.

### 1.3 Estrutura da Pesquisa

O presente trabalho foi estruturado da seguinte forma:

O primeiro capítulo apresenta ao leitor a problemática da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa do trabalho, podendo ser aplicada na gestão pública.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, definindo os termos necessários e os aspectos normativos para o bom entendimento deste trabalho.

O terceiro capítulo apresenta a área de estudo.

O quarto capítulo apresenta e descreve os materiais e métodos propostos.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos com o desenvolvimento deste trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Som e Ruído

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT define som como sendo uma forma de energia proveniente de um corpo emitindo em uma ou mais direções certos movimentos vibratórios que se propagam em meios elásticos e que se podem ouvir.

Segundo SCHULTZ (1982), o som, em termos físicos é a sensação devida às flutuações de pequena escala da pressão do ar em torno da pressão atmosférica média local. Para HASSAL e ZAVERI (1979) essas flutuações podem ou não seguir padrões repetitivos. Através delas, a energia é transmitida pelos meios gasoso, líquido ou sólido pelo qual o som se propaga, a partir da fonte sonora.

O ruído é então caracterizado tecnicamente pela ocorrência de varias amplitudes e frequências de forma não harmônica (KINSLER et al., 1982; HASSAL e ZAVERI, 1979). Pode-se classificar o ruído como sendo qualquer som indesejável, ou ainda todo e qualquer distúrbio à tranqüilidade, devido a efeitos auditivos. Apesar de ser o ruído algo importuno, um mesmo som pode ser ou não um ruído, dependendo do ponto sob o qual é observado (NEPOMUCENO, 1968).

A diferença entre som e ruído reside apenas na percepção subjetiva das pessoas, pois constituem o mesmo fenômeno físico (GOELZER et. al.,2001).

## 2.2 Propagação do Som

Teoricamente, o som se propaga em forma de ondas esféricas a partir de uma fonte pontual. A presença de obstáculos na trajetória de propagação e, em campo aberto, a não uniformidade do meio causada por ventos e/ou gradientes de temperaturas podem dificultar esse modelo.

Se uma onda sonora encontra um obstáculo com dimensões menores do que seu comprimento de onda, o efeito não é perceptível, ocorrendo o oposto se a dimensão do obstáculo for comparável ao comprimento de onda do som. Para impedir a passagem de som, barreiras devem ser colocadas perto da fonte ou do receptor, e suas dimensões devem ser três a cinco vezes o comprimento de onda do som envolvido.

Se excitada por uma vibração mecânica, uma partícula é deslocada da sua posição de equilíbrio por uma distância pequena. Essa partícula deslocada acaba por empurrar a sua vizinha na mesma direção, enquanto que ela retorna à posição de equilíbrio. A vizinha então causa um deslocamento em sua próxima vizinha e assim por diante. Uma partícula analisada separadamente apresentará um movimento oscilatório de pequenos deslocamentos, mas esse movimento é propagado pelas diversas partículas do meio no que se caracteriza como uma onda. A energia sonora é transmitida através dessa onda (GERGES 1992).

### 2.2.1 Fenômenos da Propagação de Ondas Sonoras

A propagação das ondas descreve certos fenômenos diretamente influenciados pelas características da onda e do meio material onde ela se propaga (BERANEK, 1960). Os fenômenos que serão abordados serão difração, reflexão, transmissão, absorção, refração e Efeito *Doppler*.

### 2.2.1.1 Difração

O fenômeno da difração sonora ocorre quando a onda encontra a borda de uma parede, ou uma fenda numa parede de dimensões menores que o comprimento de onda. O primeiro caso está ilustrado na figura 1. O ponto P, que representa a borda da parede, funciona como uma pequena fonte sonora, irradiando ondas na região da sombra acústica a partir daquele ponto. O segundo caso, por sua vez, está representado na figura 2, onde a fenda de dimensões menores que o comprimento de onda também funciona como uma pequena fonte, irradiando ondas a partir dela.

Para fendas muito menores que o comprimento de onda, a fenda irradia ondas sonoras em todas as direções, não havendo assim a formação de uma região de sombra acústica. Mas se a dimensão da fenda for comparável ao comprimento de onda, um padrão distinto se formará, causando uma pequena sombra acústica atrás da parede. Isso é possível verificar na figura 3.

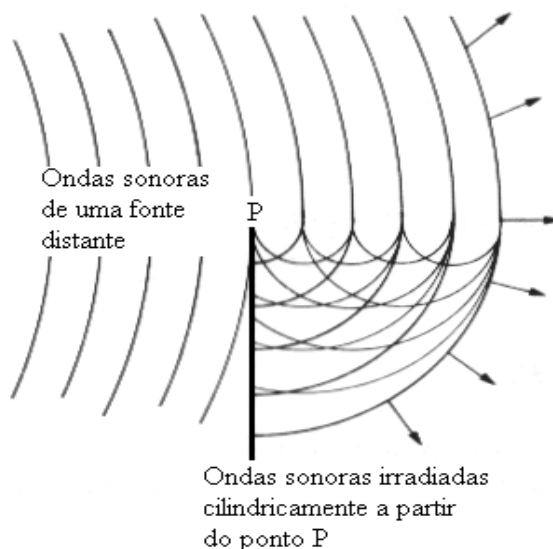


Figura 1 – Efeito da difração sonora devido a uma beirada na parede. Fonte: HASSAL, J. R.; ZAVIERI, K. 1979.

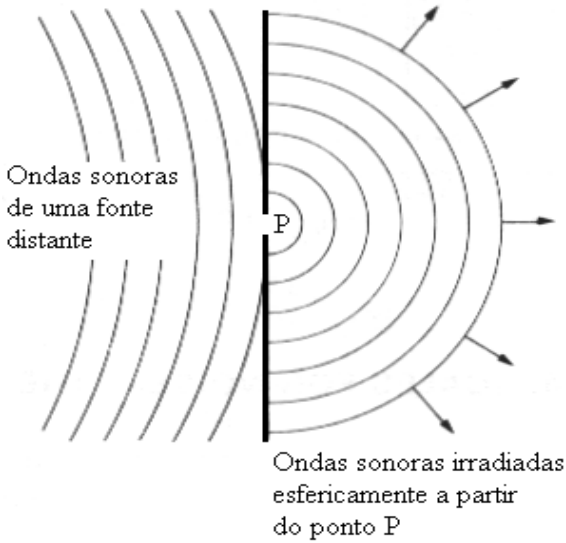


Figura 2 – Efeito da difração sonora devido a um furo na parede. Fonte: HASSAL, J. R.; ZAVIERI, K. 1979.

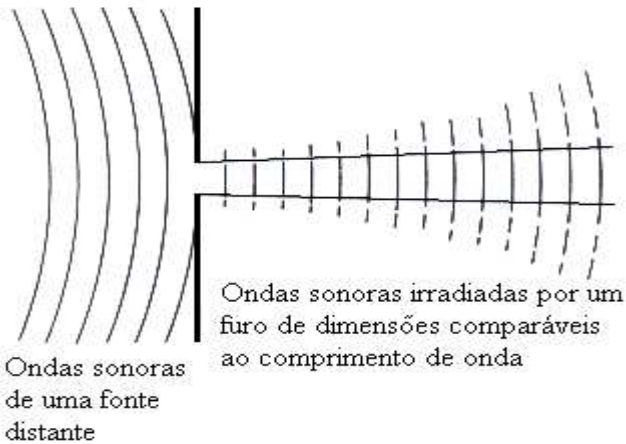


Figura 3 – Efeito da difração sonora devido a um furo na parede de dimensões comparáveis ao comprimento de onda. Fonte: HASSAL, J. R.; ZAVIERI, K. 1979.

### 2.2.1.2 Reflexão

Segundo BIES & HANSEN (2002); HASSALL & ZAVERI (1979) reflexão é o fenômeno que ocorre quando uma onda incidente em uma superfície que separa dois meios distintos, considerados ilimitados, retorna a energia ou parte da energia incidente ao meio de origem. Neste processo existem dois tipos de onda: uma onda transmitida e outra refletida. Se toda a energia incidente for completamente refletida, o processo é considerado equivalente, isto é, as duas ondas do processo terão mesma frequência e amplitude, propagando-se em sentidos contrários. Da combinação entre a onda incidente e a onda refletida, aparecem ondas denominadas estacionárias.

De forma semelhante às ondas luminosas, a reflexão pode ser regular ou difusa. A reflexão regular é a reflexão que ocorre numa superfície lisa e polida, por exemplo o espelho. A reflexão difusa é a reflexão que ocorre numa superfície irregular. Nesta reflexão os raios espalham-se desordenadamente em todas as direções. A figura 4 representa os efeitos de reflexão difusa e regular.

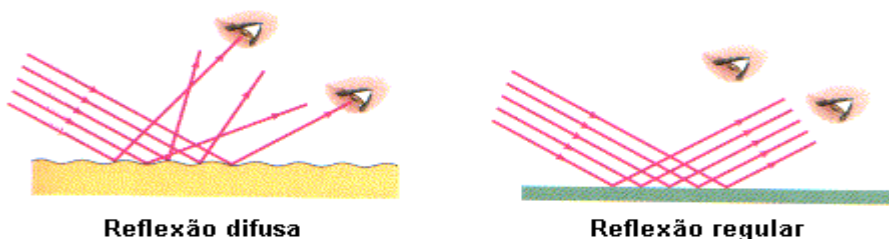


Figura 4 – Efeito da Reflexão Difusa e Reflexão Regular.

Fonte: [www.saladefisica.cjb.net](http://www.saladefisica.cjb.net)

### 2.2.1.3 Transmissão e Absorção

Quando a onda incidente encontra a superfície que separa os dois meios, uma parte desta onda é refletida e a outra será transmitida. Absorção sonora é definida como a parte da energia absorvida pelo material em função da energia total incidente, e é expressa por um número entre 0 e 1. A absorção sonora é dependente da frequência. Zero significa ausência de absorção, toda energia incidente é refletida. O valor 1 significa absorção total da energia.

Materiais porosos costumam ter coeficientes de absorção elevados, pois os poros tendem a dissipar a energia sonora das ondas, transformando-a em energia térmica. Esses materiais absorventes

também denominados materiais acústicos, tem uso importante em projetos de controle de ruídos (NEPOMUCENO, 1968).

#### 2.2.1.4 Refração

É um fenômeno que ocorre quando a velocidade de propagação do som de um meio material varia devido à ação de um ou mais elementos que compõem o meio, como por exemplo, a ação do vento. Esta variação pode ser de ordem crescente ou decrescente (HASSALL & ZAVERI, 1979; NEPOMUCENO, 1968).

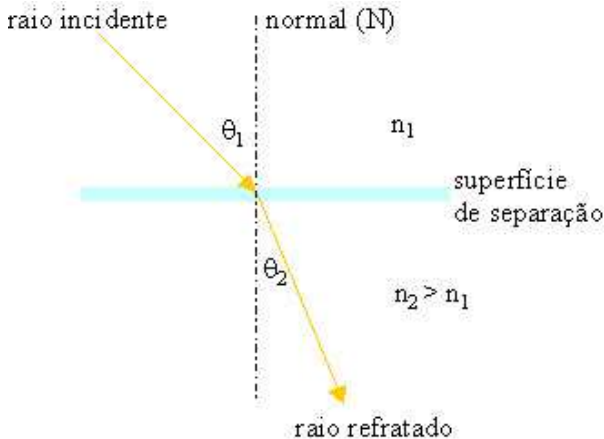


Figura 5 – Refração de um raio quando passa de um meio (1) menos refringente para um meio (2), mais refringente.

Fonte: <http://www.colegioweb.com.br/fisica/enunciado-da-lei-de-snell-descartes>

#### 2.2.1.5 Efeito Doppler

O Efeito *Doppler* ocorre quando há uma aproximação ou um afastamento entre o observador e a fonte sonora, fazendo com que a frequência da onda sonora percebida pelo observador seja diferente da frequência real da onda emitida pela fonte. (TASHIBANA, A.; FERREIRA, G. M.; ARRUDA, M., 1993).

Quando a fonte sonora (a sirene de um carro, por exemplo), se aproxima de um observador parado, este recebe mais ondas do que receberia se a fonte estivesse parada.

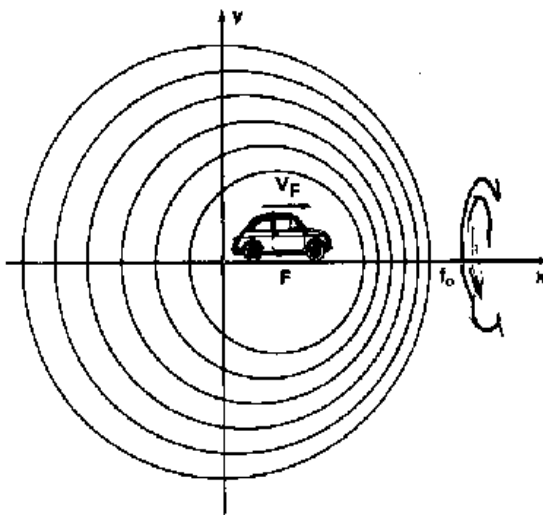


Figura 6 – Efeito Doppler.

Fonte: TASHIBANA, A.; FERREIRA, G. M.; ARRUDA, M. 1993

## 2.3 Propriedades do Som

### 2.3.1 Frequência

Frequência é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório das partículas do meio onde o som se propaga. Para uma onda sonora em propagação, é o número de ondas que passam por um determinado referencial em um intervalo de tempo. Chamando de  $\lambda$  o comprimento de onda do som e  $V$  a velocidade de propagação da onda, pode-se escrever:

$$V = \lambda \cdot f \quad (1)$$

A unidade de frequência (SI) é ciclos por segundo, ou Hertz (Hz).

O nosso ouvido 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 (FERNANDES, 2002).



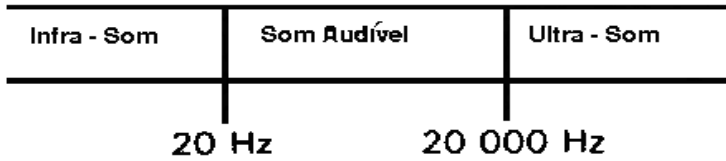


Figura 7 – Faixa Audível de Frequências.

Fonte: TASHIBANA, A.; FERREIRA, G. M.; ARRUDA. 1993

Dentro da faixa audível, pode-se verificar 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 e dor, variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem. Assim, os intervalos entre os sons de 100 e 200 Hz, 200 e 400 Hz, 400 e 800 Hz parecerão iguais ao ouvido. Portanto, pela Lei de Weber, pode-se concluir que o intervalo entre frequências não se mede pela diferença de frequências, mas pela relação entre elas. Desta maneira, se define uma oitava como sendo o intervalo entre frequências cuja relação seja igual a 2 (FERNANDES, 2002).

### 2.3.2 Velocidade do Som

A velocidade do som ou velocidade sonora depende, entre outros fatores, do meio de propagação. É a taxa de deslocamento no tempo, na qual ocorre a propagação das ondas sonoras. Verifica-se que a velocidade do som nos sólidos é maior que nos líquidos. E esta é maior que a velocidade do som nos gases.

$$V_{\text{som, sólidos}} > V_{\text{som, líquidos}} > V_{\text{som, gases}} \quad (2)$$

A velocidade do som no ar a uma temperatura de 20° é de aproximadamente 344m/s. (NEPOMUCENO, 1968). A temperatura do meio de propagação das ondas sonoras tem um efeito significativo na velocidade do som. No caso do ar como meio de propagação, um aumento de 1°C na temperatura do mesmo equivale a um acréscimo de 0,61 m/s na velocidade do som. Assume-se, ainda considerando o ar como meio de propagação, que a velocidade do som independe da frequência sonora ou da umidade do meio (BIES & HANSEN, 2002; HASSAL & ZAVIERI, 1979).

### 2.3.3 Fontes Sonoras

A fonte sonora é um corpo, objeto ou sistema de onde se origina o som. Os tipos de fonte mais usuais seriam: pontuais, quando apresentam dimensões bastante inferiores em relação à distância até o receptor; fonte de linha, quando é considerada composta por um grande número de fontes pontuais dispostas seqüencialmente, formando uma irradiação contínua; fonte em área, quando uma fonte ou conjunto de fontes apresenta-se disposta em uma área de perímetro fechado, e suas dimensões são consideráveis ou perceptíveis em relação à distância até o receptor (HASSAL & ZAVIERI, 1979).

### 2.3.4. 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. Para um som de média intensidade essa amplitude é da ordem de centésimos de milímetros. A intensidade de um som pode ser medida através de dois parâmetros:

A energia contida no movimento vibratório ( $W/cm^2$ );

A pressão do ar causado pela onda sonora ( $BAR = 1 \text{ dina/cm}^2$ )

Ao se fazer uma relação entre a intensidade sonora e a audição, aumentando a intensidade sonora, o ouvido fica cada vez menos sensível. É necessário aumentar a intensidade de maneira exponencial para que o ouvido "sinta" o som de maneira linear. Desta forma, quando se escuta uma fonte sonora que esteja reproduzindo 0,5 Watts de potência sonora, e dobrando-se sua potência o som parecerá mais intenso. Para se ter a mesma sensação de aumento, deve-se dobrar mais uma vez a intensidade do som. Portanto, usa-se uma escala logarítmica para a intensidade sonora, da mesma maneira que é usada para a frequência.

A menor pressão sonora (ou menor som audível) detectado na frequência de 1000Hz, para uma amostragem de indivíduos jovens e saudáveis, foi de 20  $\mu Pa$  ou  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ . Este valor foi normalizado e tornou-se o valor de referência do limiar da audição, com o objetivo de medições de níveis sonoros. Do outro lado da escala (na outra extremidade) ocorre o limiar da dor a uma pressão de aproximadamente 200Pa (GERGES, 1992).

A razão entre os dois limiares é:

$$\frac{\text{Limite da dor}}{\text{Limiar da audição}} = \frac{200Pa}{20\mu Pa} = \frac{200Pa}{20 \cdot 10^{-6}} = 10^7$$

A medição de pressão ou representação da pressão em escala linear traz problemas quando se representa a resposta do ouvido humano, pois matematicamente os valores são impraticáveis e fisiologicamente não refletem a situação audível (FERNANDES, 2002). Devido a esses fatores, foi decidido expressar grandezas acústicas como uma razão logarítmica de um valor medido em relação a um valor de referência.

Dessa forma, reduzem-se os números a proporções mais facilmente manuseáveis e a unidade resultante chamada Bell (em homenagem a Alexander Graham Bell) é definida como o logaritmo de base 10 da razão de suas grandezas acústicas “potência”, “intensidade” ou duas grandezas representativas de uma vibração “deslocamento, velocidade, aceleração”. Esta unidade foi considerada ainda muito grande, quando de sua aplicação prática, sendo que então finalmente adotou-se  $1/10 * \text{Bell}$  – o decibel como unidade de medida.

A intensidade sonora medida em decibels é definida como Nível de Intensidade Sonora (NIS) ou Sound Intesity Level (SIL), em inglês.

Assim, o NIS, medido em decibels, não agride nosso ouvido. Matematicamente podemos escrever:

$$\text{NIS} = 10 \cdot \log \frac{I}{I_{\text{ref}}} \quad (3)$$

sendo  $I$  a intensidade sonora de um som, e  $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  (FERNANDES, 2002).

A figura 8 mostra as curvas de mesma audibilidade. Os sons que são de baixa frequência e os de frequência muito elevada não são percebidos com a mesma intensidade que os sons que são gerados na faixa de frequência entre 500 e 4000Hz.

Existe uma divisão nítida entre os sons que estão abaixo e acima da voz humana. Os sons naturais e confortáveis são os que têm níveis inferiores à nossa voz. Estes sons não causam perturbação. Os sons indesejáveis e que causam perturbação ao homem são os que estão acima da voz humana. Estes já podem ser considerados ruídos e geralmente são produzidos por máquinas.

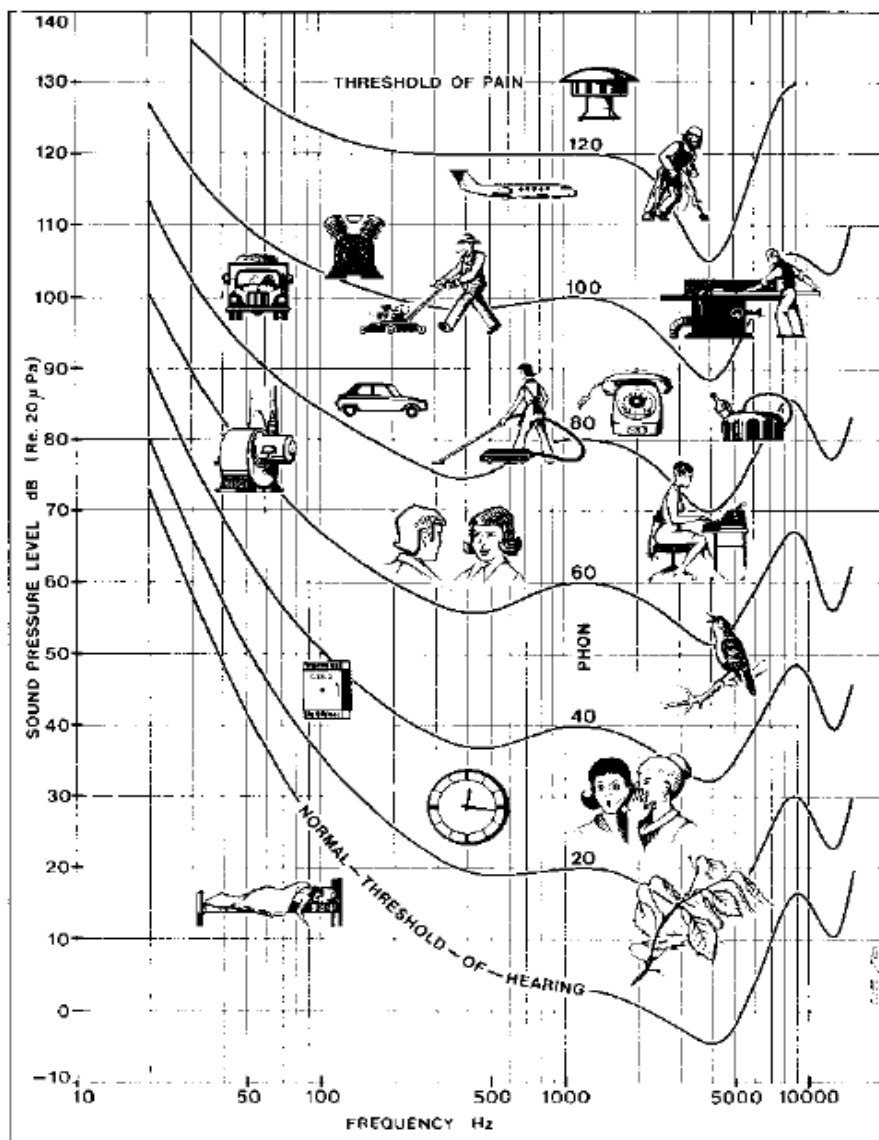


Figura 8 – Curvas de mesma audibilidade. Fonte (BRÜEL & KJAER, 1979).

### 2.3.5 Nível de Pressão Sonora

O nível de pressão sonora, NPS, é a expressão em decibels da pressão sonora, calculado através da expressão (BARBOSA, 1992):

$$NPS=20.\log\left(\frac{P}{P_o}\right) \quad (4)$$

### 2.3.6 Nível de Pressão Sonora Ponderado

O ouvido humano atribui pesos diferentes a níveis de pressão sonora em frequências diferentes, isto é, dois níveis iguais de pressão sonora com frequências distintas.

Os órgãos da audição humana possuem mais defesa contra níveis excessivos de ruídos em baixa frequência do que para altas frequências. Os ruídos de alta frequência são relativamente recentes para o homem, pois apareceram com o trabalho dos metais, a revolução industrial, os motores de combustão interna e a jato. Já os ruídos de baixa frequência são mais comuns ao homem já que ele convive com esses ruídos desde sua criação (CINTRA, 1988).

Na tentativa de se determinar um nível de pressão sonora que corresponda à percepção humana foram propostas várias curvas de ponderação, designadas por letras maiúsculas A, B, C, D. O nível de ruído ponderado pela curva A é designado dB(A), pela B dB(B) e assim por diante. Estas curvas são padronizadas e usadas na construção de filtros que equipam os medidores de nível de som; com o que pode-se determinar diretamente o nível de ruído ponderado (BRÜEL & KJAER, 1979).

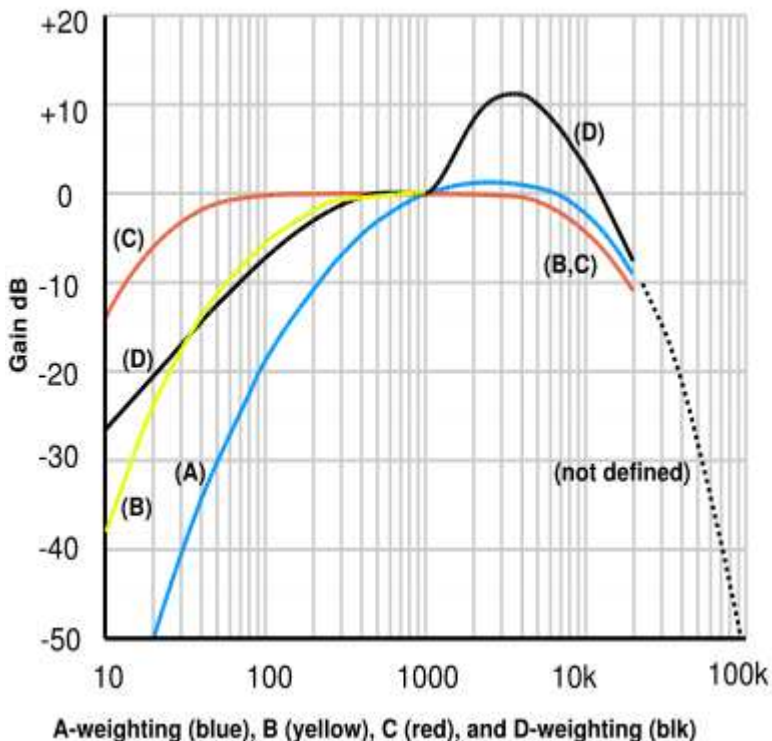


Figura 9 – Curvas de Ponderação de Ruído. Fonte: BRÜEL & KJAER, 1979.

### 2.3.7 Nível Equivalente de Pressão Sonora

O nível equivalente de pressão sonora é um nível constante médio que equivale, em termos de energia acústica, aos níveis variáveis do ruído durante o período de medição, expresso em decibel (dB) e dado por (SCHULTZ, 1972):

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[ \frac{P(t)}{P_0} \right]^2 dt \right\} \quad (5)$$

O grau de prejuízo que certo ruído pode provocar à audição depende tanto de sua intensidade como também da sua duração. Sendo assim, um nível equivalente ( $L_{eq}$ ) pode resultar no mesmo grau de lesão

auditiva que um nível variável considerado no mesmo intervalo de tempo, até um limite de aproximadamente 115 dB(A), a partir do qual uma exposição de curta duração pode causar uma lesão permanente (GERGES, 1992).

### 2.3.8 Níveis Estatísticos de Ruído, $L_n$

Os níveis estatísticos de ruído são níveis de pressão sonora que são ultrapassados ou mascarados durante uma determinada fração do tempo total de medição (1h, 18h, 24h). Em estudos de ruído ambiental, os mais importantes são:  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$  (CALIXTO, 2002).

Para o estudo de ruído de tráfego rodoviário, o nível estatístico  $L_{10}$  pode ser aceito aproximadamente como valores de pico, pois ele indica valores que foram excedidos durante apenas 10% do tempo total de medição.

Já o nível estatístico  $L_{90}$ , pode ser aceito como sendo um ruído de fundo, posto que ele indica o nível de ruído que foi ultrapassado durante quase todo tempo de medição (CALIXTO, 2002).

### 2.3.9 Níveis Percentuais

Um nível percentual  $L_n = N$  dB(A) indica que o nível N tem uma probabilidade de  $n/100$  de ser excedido. Assim por exemplo  $L_{90} = 40$  dB(A) indica que o nível 40 dB(A) tem uma probabilidade de 0,90 (ou 90%) de ser excedido.

### 2.3.10 Emissão e Imissão Sonora

Emissão sonora é a pressão que efetivamente é emitida pela fonte geradora do som.

Imissão sonora é a pressão sonora que efetivamente é recebida pelo sistema auditivo do receptor ou pelo ponto de recepção, sendo então uma variação entre o nível de pressão sonora emitido por uma fonte menos as perdas na transmissão entre a fonte e o receptor (BRÜEL & KJAER, 1979).

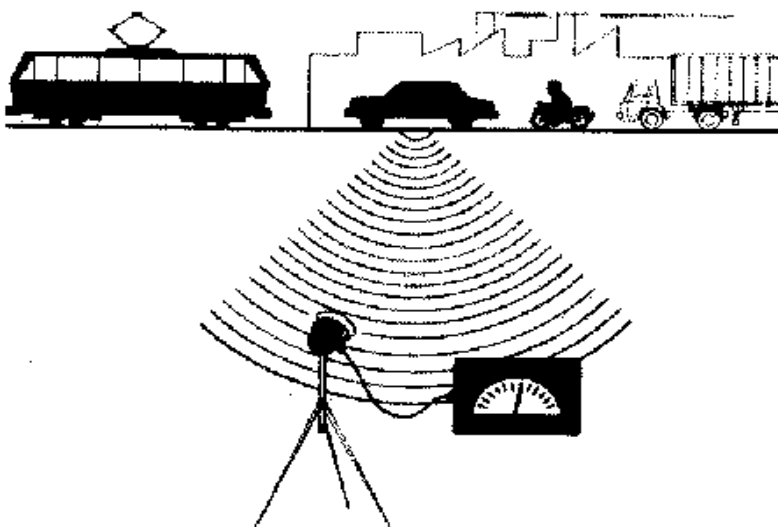


Figura 10 – Emissão Sonora. Fonte: BRÜEL & KJAER, 1979.

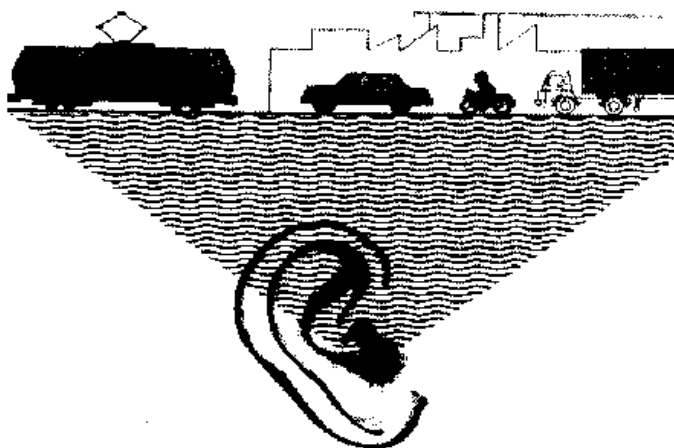


Figura 11 – Imissão Sonora. Fonte: BRÜEL & KJAER, 1979.

### 2.3.11 Índice de Ruído de Tráfego

O índice de Ruído de Tráfego, IRT, é definido pela equação:

$$\text{IRT} = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (6)$$



onde  $L_{10}$  e  $L_{90}$  são os níveis percentuais de 10 e 90% respectivamente.

Neste índice a primeira parcela traz informações acerca da variação do nível de ruído ( $L_{10} - L_{90}$ ) e a segunda ( $L_{90}$ ) representa o ruído de fundo; a terceira parcela (-30) é apenas um ajuste de escala (SCHULTZ, 1982).

### 2.3.12 Nível de Poluição Sonora

O nível de poluição sonora, LNP é um valor que leva em conta o nível sonoro equivalente e a magnitude da variação temporal dos níveis (QUADROS, 2004).

ROBINSON (1971), propõe o cálculo do nível de poluição sonora pela seguinte expressão:

$$LNP = L_{eq} + 2.56 \sigma \quad (7)$$

onde  $\sigma$  é o desvio padrão da variabilidade do nível de ruído, amostrado durante o período de , medido em dB(A).

BERANEK (1992), apresenta uma formulação aproximada para o cálculo do nível de ruído de poluição sonora, com a seguinte expressão:

$$LNP = L_{eq} + (L_{10} - L_{90}) \quad (8)$$

Os níveis  $L_{10}$  e  $L_{90}$  são ponderados pela curva A, medidos em ambiente externo como uma função contínua do tempo, ou amostrados em numerosos intervalos discretos de tempo, num período de 24 horas (QUAROS, 2004).

## 2.4 Aspectos Normativos

### 2.4.1 NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade.

A NBR 10151 fixa condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidade. Especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores. (Ver anexo 8 – Legislação - pasta arquivos no cd anexo).

### 2.4.2 Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002

Esta lei dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público. Estabelece que é proibido perturbar o sossego e o bem estar público com sons, ruídos e vibrações que causem incômodo de qualquer natureza ou que ultrapassem os limites fixados nesta lei. As vibrações serão consideradas prejudiciais quando ocasionarem ou puderem ocasionar danos materiais, à saúde e ao bem estar público.

Os períodos são definidos como Diurno: das 07h01 às 19:00h; Vespertino: das 19h01 às 22h00; Noturno: das 22h01 às 07h00. Os limites de emissão sonora fixados nesta lei são apresentados no anexo 8 – Legislação – pasta arquivos no cd anexo.

### 2.4.3 Critério HUD

Segundo REYNOLDS (1980), o Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano dos Estados Unidos da América (HUD) estabelece os seguintes critérios de ruído externo, em áreas residenciais sem ruído de aviões. A tabela 3 apresenta os valores recomendados para  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$  e  $L_{90}$ :

TABELA 1 - Valores recomendados para  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$  e  $L_{90}$ . Fonte: REYNOLDS, 1980.

Classificação HUD	Nível de Pressão Sonora Equivalente	Nível de Pressão Sonora Percentual 10%	Nível de Pressão Sonora Percentual 90%
Definitivamente Aceitável	$L_{eq} \leq 49$	$L_{10} \leq 53$	$L_{90} \leq 41$
Normalmente Aceitável	$49 < L_{eq} \leq 62$	$53 < L_{10} \leq 66$	$41 < L_{90} \leq 56$
Normalmente Inaceitável	$62 < L_{eq} \leq 76$	$66 < L_{10} \leq 82$	$56 < L_{90} \leq 71$
Definitivamente Inaceitável	$L_{eq} > 76$	$L_{10} > 82$	$L_{90} > 71$

#### 2.4.4 Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

A Resolução Nº 001 de 08 de março de 1990 do CONAMA dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, determinando padrões e diretrizes. Considera que os problemas dos níveis excessivos de ruído estão incluídos entre os sujeitos ao Controle da Poluição de Meio Ambiente.

#### 2.4.5 Portaria MINTER nº 92/1980

Esta portaria estabelece padrões, critérios e diretrizes relativos a emissão de sons e ruídos. Considera que os problemas dos níveis excessivos de sons e ruídos estão incluídos entre os sujeitos ao Controle da Poluição do Meio Ambiente; que a deterioração da qualidade de vida, causada pela poluição sonora, está sendo continuamente agravada nos grandes centros urbanos; que os malefícios causados à saúde, por ruídos e sons, está acima do suportável pelo ouvido humano; que a fixação dos critérios e padrões necessários a controle dos níveis de som depende de inúmeros fatores, entre os quais, exigências e condicionamentos humanos, fontes geradoras características do agente provocador, locais e áreas de medição, distribuição, hora e frequência da ocorrência.

### 2.5 Controle de Ruídos

O controle de ruídos é a técnica empregada para se obter um ambiente acústico aceitável ou ideal, que leva em consideração critérios econômicos e técnicos. A aceitabilidade de um ambiente é subjetiva, podendo ser referente a um indivíduo, a um grupo de pessoas ou a uma comunidade.

Pode-se classificar os métodos de eliminação ou atenuação do ruído como diretos e indiretos. O método direto consiste na eliminação ou atenuação direta do ruído da sua fonte de origem. O método indireto consiste na eliminação ou atenuação da transmissão do ruído entre a fonte e o ponto onde o mesmo é indesejável.

O uso de um dos métodos ou de ambos combinados é função do resultado esperado, de exigências técnicas e do fator econômico. A quantidade de redução necessária é função da regulamentação em vigor.

Algumas das medidas de controle de ruídos seriam: acréscimo da distância entre a fonte e o receptor, planejamento acústico ou *layout* em obras de construção, execução de barreiras acústicas, enclausuramento, utilização de materiais protetores auriculares, implantação de programas

de conservação e proteção auditiva (WHITE, R. G.; WALKER, J. G., 1986).

## 2.6 Impactos Causados pelo Ruído na Saúde Humana

Os efeitos do ruído sobre a saúde podem ser divididos em três grupos: 1) efeitos subjetivos, como incômodo, perturbação, insatisfação, aborrecimento; 2) efeito sobre o desenvolvimento de uma atividade específica, como interferência na comunicação verbal, distúrbios do sono, falta de atenção; 3) efeitos psico-fisiológicos, como reações de susto, ansiedade, inquietação, desconfiança, insegurança, pessimismo, depressão, contrações peristálticas, vasoconstrição, aumento da pressão arterial, dor de cabeça, disfunções digestivas, perda auditiva.

A consequência da exposição a níveis de pressão sonora excessivos mais estudada e mais visível é a PAIR. A PAIR – Perda Auditiva Induzida pelo Ruído relacionado ao trabalho é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição continuada a níveis elevados de ruído. Algumas características da PAIR: é sempre neurossensorial, pode causar dano às células do órgão de CORTI; é irreversível e quase sempre similar bilateralmente; é passível de não progressão, uma vez cessada a exposição ao ruído intenso.

O ruído é um agente físico universalmente distribuído, estando presente em praticamente todos os ramos de atividade. O surgimento da doença está relacionado com o tempo de exposição ao agente agressor, às características físicas do ruído e à susceptibilidade individual. O surgimento da PAIR pode ser potencializado por exposição concomitante a produtos químicos – principalmente os solventes orgânicos, a vibração, por uso de medicação ototóxica. Se o trabalhador for portador de diabetes, poderá ter elevada sua susceptibilidade ao ruído.

A exposição ao ruído além da perda auditiva acarreta alterações importantes na qualidade de vida do trabalhador em geral, na medida em que provoca ansiedade, irritabilidade, aumento da pressão arterial, isolamento e perda da auto-imagem. No seu conjunto, esses fatores comprometem as relações do indivíduo na família, no trabalho e na sociedade.

Sendo a PAIR uma patologia que atinge um número cada vez maior de trabalhadores, e tendo em vista o prejuízo que causa ao processo de comunicação, além das implicações psicossociais que interferem e alteram a qualidade de vida de seu portador, é imprescindível que todos os esforços sejam feitos no sentido de evitar sua instalação (MEDCURSO, 2006).

## 2.7 Sistemas de Informações Geográficas – SIG

### 2.7.1 Breve Histórico

Os mapas são a solução mais antiga de resolução de problemas de análise de informações espaciais. Apesar de serem muito utilizados, seu processo de confecção e utilização são muito caros, devido ao seu armazenamento e sua atualização.

A abordagem espacial permite a integração de dados de diversas origens, tais como demográficos, socioeconômicos, ambientais. Dessa maneira, é possível a integralização das informações em diversos bancos de dados. Os mapas resultantes fornecem esses dados separadamente ou em combinação.

Um dos primeiros exemplos de análise espacial foi realizado pelo Dr. John Snow, que formulou um mapa da cidade de Londres com os doentes de cólera e os poços de água que era a principal fonte de água da cidade. Essa epidemia ocorreu em 1854 e já haviam ocorrido mais de 500 mortes quando o Dr. Snow teve a idéia. Com esse mapa, o Dr. Snow percebeu que a maior concentração dos casos era em torno do poço da Broad Street ordenando sua lacração contribuindo dessa forma para frear a epidemia. (CARVALHO, et al., 2000 ).

As primeiras tentativas de automatizar parte do processamento de dados com características espaciais aconteceram na Inglaterra e Estados Unidos nos anos 50 com o objetivo principal de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas. (DAVIS, FONSECA, 2001).

O conceito de SIG originou-se primeiramente nos anos 60 sobrepondo e combinando diversos tipos de dados em um mesmo mapa. No Canadá, o SIG surgiu como parte de um esforço governamental para criar um inventário de recursos naturais.

Nos anos 70, foram desenvolvidos recursos de hardware que tornaram viável o desenvolvimento de sistemas comerciais. Nessa época, o termo *Geographic Information System - GIS* foi criado, e começaram a surgir os primeiros sistemas comerciais CAD (*Computer Aided Design*), melhorando as condições para desenho e plantas, servindo como base para os primeiros sistemas de cartografia automatizada.

Ao longo dos anos 80, ocorreu uma grande difusão do uso de SIG além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, bem como a incorporação de muitas funções de análise espacial.

A década de 90 foi marcada pela crescente capacidade de análise e tratamento de dados e pela facilidade do acesso à informação, através de sistemas computacionais cada vez mais simples e baratos.

(CARVALHO, et al., 2000). Um grande ritmo de crescimento de SIG pode ser observado atualmente nas organizações e por alternativas menos custosas para a construção de bases de dados geográficos.

### 2.7.2 Geoprocessamento

As informações coletadas sobre diversos assuntos como distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas eram feitas através de documentos e mapas em papel, o que dificultava uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento da informática, foi possível realizar o armazenamento e a representação dessas informações em ambiente computacional, surgindo assim o Geoprocessamento.

Geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos ou em que o espaço é uma linguagem comum para as diferentes disciplinas do conhecimento. (CÂMARA, MONTEIRO E MEDEIROS, 2004)

Segundo GOMES & AGUIAR (2009), o Geoprocessamento representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratar a informação geográfica.

O Geoprocessamento vem influenciando áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informações Geográficas - SIG, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA, MONTEIRO E MEDEIROS, 2004).

O Geoprocessamento é um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre essas tecnologias, se destacam: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a utilização de Sistemas de Posicionamento Global – GPS e os Sistemas de Informações Geográficas – SIG. O SIG é a mais ampla das técnicas de geoprocessamento pois pode englobar todas as demais mas nem todo geoprocessamento é um SIG. (CARVALHO, et al., 2000).

### 2.7.3 Conceitos de SIG

SIG – Sistemas de Informações Geográficas ou no inglês *Geographics Informations Systems – GIS*.

Segundo BURROUGH (1986), SIG é um conjunto poderoso de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação de dados espaciais a partir do mundo real para um conjunto particular de propósitos.

Os SIG são as ferramentas computacionais para Geoprocessamento integrando dados de diversas fontes de bancos de dados georreferenciados. É um grande potencial para tomada de decisões em problemas urbanos, rurais e ambientais. (GOMES & AGUIAR, 2009)

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem sido convertidos em uma ferramenta essencial para o manejo e tratamento dos dados geográficos em múltiplas aplicações e problemas práticos: gestão de grandes infraestruturas físicas, realização e exploração de grandes bases de dados cadastrais, planificação urbana, ordenamento territorial, manejo de problemas do transporte, sistemas de ajuda a navegação em um automóvel (BUZAI & BAZENDALE, 2006)

O SIG tem produzido uma revolução tecnológica e intelectual. A primeira tem a ver com os procedimentos metodológicos e técnicos para o tratamento de dados espaciais e a segunda quanto a forma de pensar a realidade, a compreensão de conceitos fundamentais entre disciplinas que começaram a incorporar componentes espaciais e principalmente a geração de uma única consciência espacial para as novas gerações (BUZAI & BAZENDALE, 2006).

O termo Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. A principal diferença de um SIG para um sistema de informações convencional é sua capacidade de armazenar tanto atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos (CÂMARA, et al., 2005).

Do ponto de vista de aplicação, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) implica em escolher as representações computacionais mais adequadas para captar a semântica de seu domínio de aplicação. Do ponto de vista da tecnologia, desenvolver um SIG significa oferecer o conjunto mais amplo possível de estruturas de dados e algoritmos capazes de representar a grande diversidade de concepções do espaço (CÂMARA, et al., 2005).

### 2.7.4 Componentes do Software de SIG

Um SIG possui os seguintes componentes: interface com usuário, entrada e integração de dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem e armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface com o usuário define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos. (DAVIS, CÂMARA, 2001)

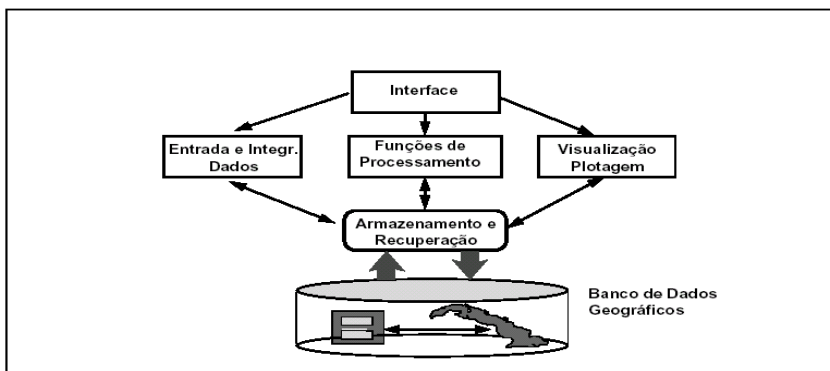


Figura 12 – Arquitetura de um Software de Sistemas de Informações Geográficas. (CÂMARA, et al., 2004).

Na entrada e verificação dos dados, são envolvidas duas operações distintas: a codificação/conversão de informações (meio digital) e a criação de uma base de dados. (GOMES & AGUIAR, 2005)

No armazenamento e gerenciamento dos dados, deve-se transformar ou manipular as informações para um projeto SIG, fazendo com que sejam compatíveis com o sistema utilizado. Tem-se o exemplo da escala. Antes que informações sejam inseridas num SIG, devem estar com o mesmo sistema de referência. A tecnologia SIG dispõe de ferramentas para a manipulação de dados espaciais e eliminação de dados redundantes ou desnecessários.

Um SIG possibilita obter respostas selecionando um elemento gráfico e acessando suas informações alfanuméricas, mas também



possibilita ferramentas de análise que fornecem informações aos responsáveis pela implementação do SIG e para os usuários.

No processamento dos dados, é feita a localização de uma entidade e listagem de seus atributos, atualização dos dados, cálculo de áreas, perímetros e distâncias, posicionamento, operações matemáticas, cálculos estatísticos, classificação entre planos de informação.

Na etapa de visualização e apresentação dos dados, o resultado é melhor visualizado como um mapa ou um gráfico. Mapas são muito eficientes em armazenar informações geográficas e em sua comunicação. Os mapas digitais podem ser integrados com relatórios, imagens tridimensionais, imagens fotográficas e outros tipos de saída. (CÂMARA, et al., 2004)

#### 2.7.5 Componentes de um SIG

Os componentes fundamentais que integram o SIG são cinco:

- **Hardware:** constituído de equipamentos de entrada e saída de dados necessários para a utilização e construção de um SIG. São eles scanners, impressoras, mesas digitalizadoras, receptores GPS.
- **Software:** fornecem as ferramentas para armazenamento, análise e visualização das informações geográficas processando desta forma o pedido dos usuários.
- **Base de Dados:** Parte principal do SIG. Compõem o bando de dados de um SIG onde são organizados e manipulados.
- **Pessoas:** são todos os envolvidos no projeto.
- **Métodos:** tem início no planejamento. São os procedimentos, as normas e a estrutura do projeto. (Adaptado de VOLPI, 2006)



Figura 13 - Componentes de um SIG. Adaptado de VOLPI, 2009.

#### 2.7.6 Implantação de um SIG

Segundo CÂMARA, et al. (1996), a implantação de um SIG divide-se em 3 fases: modelagem do mundo real, criação do banco de dados geográfico e operação.

A fase de modelagem do mundo real consiste em selecionar fenômenos e entidades de interesse, abstraindo-os e generalizando-os. Diferentes conjuntos de fenômenos podem ser escolhidos para descrever distintas visões do mundo, para uma mesma região, em um dado instante.

A criação de um banco de dados geográficos exige várias etapas: coleta dos dados relativos aos fenômenos de interesse identificados na modelagem; correção dos dados coletados (devido, por exemplo, a erros introduzidos pelos dispositivos de coleta); e georreferenciamento dos dados (associando a cada conjunto de dados informação sobre sua localização geográfica). Esta fase representa uma grande parcela do custo total do desenvolvimento de um SIG, que pode ser minimizado por uma modelagem adequada.

A fase de operação refere-se tanto ao uso do SIG, quanto ao desenvolvimento de aplicações específicas por parte dos usuários a partir dos dados armazenados, reconstruindo visões (particulares) da realidade.

### 2.7.7 Caracterização de Dados Geográficos

O termo dado espacial denota qualquer tipo de dado que descreve fenômenos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial. Por exemplo, as estruturas moleculares de um composto químico são dados espaciais. Os dados utilizados em SIGs pertencem a uma classe particular de dados espaciais: os dados georreferenciados ou dados geográficos. O termo denota dados que descrevem fatos, objetos e fenômenos do globo terrestre associados à sua localização sobre a superfície terrestre, num certo instante ou período de tempo (CÂMARA, et al., 1996).

Os dados georreferenciados são caracterizados a partir de três componentes fundamentais. São eles: características não-espaciais que descrevem o fenômeno sendo estudado, tais como o nome e o tipo da variável; características espaciais, informando a localização espacial do fenômeno, ou seja, seu georreferenciamento, associada a propriedades geométricas e topológicas e características temporais, identificando o tempo para o qual tais dados são considerados, quando foram coletados e sua validade.

As consultas a dados em SIGs podem envolver tanto o estado de um fenômeno quanto a sua distribuição espacial e temporal. As consultas podem se limitar a um fenômeno específico ou a relacionamentos espaço-temporais entre fenômenos geográficos distintos. As consultas típicas de aplicações SIG podem ser caracterizadas como compostas ao longo de três eixos: onde, o que e quando. Onde se refere a características espaciais, enquanto o que se refere às características não espaciais. Quando se refere a uma referência temporal. (CÂMARA, et al, 1996).

### 2.7.8 Aplicações de SIG

As aplicações de SIG estão se ampliando cada vez mais, devido a facilidades computacionais e a evolução dos dispositivos de coleta de dados. Um fenômeno geográfico pode ser analisado de forma e precisão diferentes dependendo do objetivo da aplicação. Um mesmo conjunto de dados armazenados poderá ter tratamentos distintos. Por outro lado, cada aplicação requer a manipulação de fenômenos geográficos distintos, associados a diferentes características e propriedades que variam no espaço e no tempo. Os usuários de SIG têm uma grande variedade de perfis como técnicos e especialistas.

MAGUIRE,GOODCHILD & RHIND (1993) citados por CÂMARA et al. (1996) classificam as aplicações em: sócio-econômicas, envolvendo o uso da terra, seres humanos e a infraestrutura

existente; ambientais, enfocando o meio ambiente e o uso de recursos naturais; e de gerenciamento, envolvendo a realização de estudos e projeções que determinam onde e como alocar recursos para remediar problemas ou garantir a preservação de determinadas características.

A classe de aplicações determina a utilização de certas escalas, fontes de dados e funções de análise. As aplicações sócio-econômicas são geralmente voltadas para escalas grandes (1:200 a 1:20.000), ocupando-se de problemas localizados. Aplicações ambientais, por sua vez, são em geral relacionadas a problemas em escalas menores (1:20.000 ou menores), com conseqüente perda de precisão de medida. Esta regra de escala, fonte e precisão dos dados nem sempre é aplicável. Os estudos ambientais podem se ocupar de regiões de pequena extensão, exigindo escalas maiores e estudos sócio-econômicos podem abranger migrações populacionais, em escala global (CÂMARA, et al., 1996).

O uso de SIG mais difundido é o ordenamento e gestão do território onde tem-se a constituição de uma base cartográfica geoprocessada que servirá às demais aplicações setoriais onde reproduz a configuração do território do município tendo a identificação de logradouros, lotes e glebas, edificações, redes de infra-estrutura, propriedades rurais, estradas e acidentes geográficos. Dessa forma a base torna-se útil para as atividades de planejamento urbano e ordenação do uso do solo, inclusive para processo de revisão da legislação.

Através de uma base cartográfica que possua informações sócio-econômicas e sobre equipamentos públicos é possível a identificação de áreas com maior nível de carência e os melhores locais para instalação de equipamentos e serviços públicos. Estas decisões podem ser tomadas com base em critérios de necessidade e acessibilidade aos locais.

É possível utilizar uma base de dados que incorpore dados sócio-econômicos para desenhar políticas públicas dispondo de informações, por exemplo, sobre crianças residentes no município e a incidência de doenças, desenhando dessa forma ações de saúde específicas para micro-regiões da cidade (GOMES & AGUIAR, 2009).

O Geoprocessamento é útil para monitoramento de áreas com maior necessidade de proteção ambiental, acompanhando a evolução da poluição da água e do ar, níveis de erosão do solo, disposição irregular de resíduos e para o gerenciamento dos serviços de limpeza pública e poluição sonora.

A base cartográfica é indispensável para a gestão do sistema de transportes do município. Os recursos de geoprocessamento podem ser úteis para ampliar a qualidade e a velocidade das decisões tomadas. É possível realizar estudos de demanda do transporte coletivo, ou de

carregamento de vias, identificação de pontos críticos de acidentes e vias com mais necessidade de manutenção.

A constituição de uma base cartográfica mais elaborada pode incorporar informações que permitam identificar as necessidades e oportunidades de contato com os cidadãos. Pode-se registrar as solicitações dos cidadãos e analisá-las pela base cartográfica permitindo uma melhor gestão das relações do governo com os cidadãos.

É possível através da utilização do geoprocessamento obter informações sobre os tipos de frota municipal, conhecendo os trajetos mais comuns e sua intensidade, possibilitando a definição de roteiros otimizado gerando economia de tempo, combustível e uso de veículos.

Outras aplicações podem ser para segurança pública, saúde, plano diretor, cultura e lazer, disponibilização dos dados coletados para a comunidade através da internet, cadastro de árvores, logradouros, numeração predial urbana, planejamento e uso da terra, geologia, gerenciamento de informações sobre zoneamento, reservas ecológicas (GOMES & AGUIAR, 2009).

Neste trabalho, o SIG se aplica na integração de dados de ruído urbano com o geoprocessamento para a geração de mapas temáticos, onde esses dados são visualizados e analisados segundo alguns critérios que serão vistos posteriormente.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Cidade de Curitiba

Curitiba é a capital do Estado do Paraná, um dos três Estados que compõem a Região Sul do Brasil. Sua fundação oficial é 29 de março de 1693, quando foi criada a Câmara. Possui uma área de 430,9 km<sup>2</sup> e uma estimativa de uma população de 1.727.010 segundo IBGE/2004. Possui altitude média de 934,6m.

No final do século XIX, com o ciclo da erva-mate e da madeira em expansão ocorreu a chegada em massa de imigrantes europeus. No final do século XX, a indústria se agregou fora do perfil econômico que era antes embasado nas atividades comerciais e do setor de serviços. Nos anos 1970, a urbanização foi acelerada, em grande parte provocada pelas migrações do campo, causadas pela substituição da mão-de-obra agrícola pelas máquinas.

Com essa urbanização acelerada, o número de veículos circulantes nas ruas e as atividades de construção civil de novas moradias para os novos habitantes aumentou, ocasionando o aparecimento do ruído urbano (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2009).

De acordo com o Departamento de Trânsito do Paraná, Detran-PR, em 2005 o número total de veículos na cidade de Curitiba era de 907.154. A tabela a seguir mostra a evolução da frota de veículos em Curitiba de 1998-2005.

TABELA 2 – Evolução da Frota de Veículos em Curitiba - PR. Fonte: DETRAN – PR.

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Número de Veículos	655.386	684.212	674.781	722.997	761.582	791.286	843.300	907.154

A cidade de Curitiba é dividida em diversas zonas. Estas são as Residenciais, Central, de Serviços, de Transição, Industriais, Especiais, de Uso Misto, de Contenção, Proteção Ambiental, Setores Especiais, entre outras. A informação sobre o zoneamento é essencial pois os critérios que serão utilizados para a geração dos mapas temáticos necessitam desta informação como será visto a seguir.

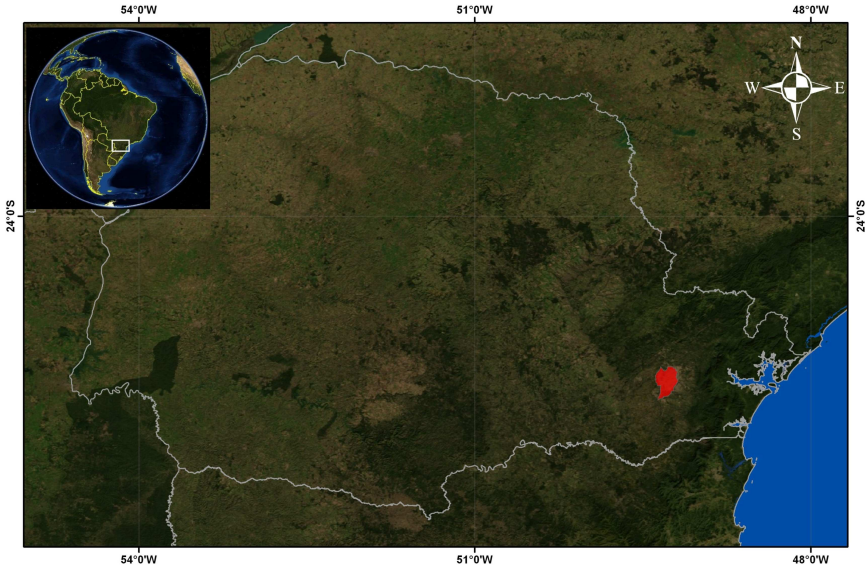


Figura 14 – Mapa de localização da área de estudo. Imagem no cd anexo - pasta Mapas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Materiais

Para a realização desse trabalho, foi obtida a base cartográfica da cidade de Curitiba - PR, fornecida pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC, com a escala de 1:25.000, do ano de 2000, retratando a cidade de Curitiba. Um mapa de zoneamento fornecido também pelo IPPUC, com escala de 1:25.000 do ano de 2000 foi utilizado na localização das zonas pertencentes a cada ponto utilizado neste trabalho. Os dados utilizados, sem a realização das médias ponderadas, foram obtidos através da tese apresentada pelo Professor Doutor Wiliam Alves Barbosa ao Departamento de Engenharia Mecânica do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para concurso público à classe de professor titular da carreira do magistério superior.

Para o tratamento dos dados, foram utilizados os softwares ArcView 3.2 e Surfer 8.

### 4.2 Métodos

Os métodos e os procedimentos são diversificados. Eles são aplicados na geração, manipulação e confecção do material cartográfico.

A metodologia empregada para o desenvolvimento desta pesquisa deu-se nas seguintes etapas:

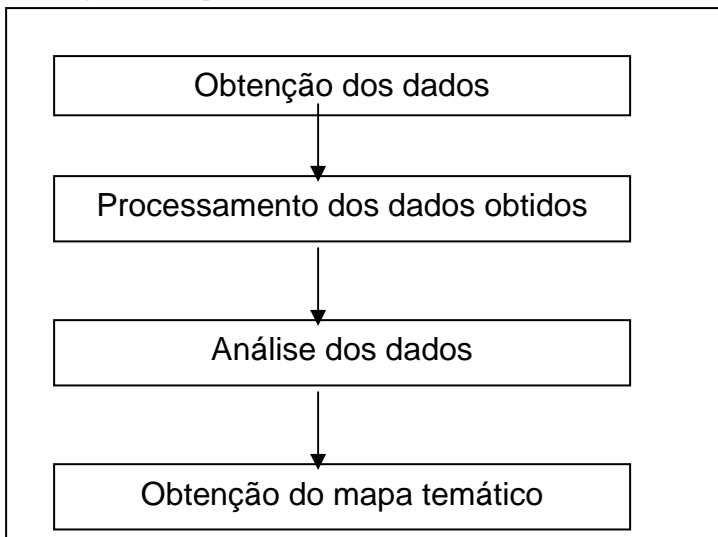


Figura 15 – Fluxograma com procedimentos metodológicos a serem empregados na pesquisa.

a) Obtenção dos dados

Os dados utilizados foram obtidos de BARBOSA (1992). Foram coletados por um medidor de nível de pressão sonora em pontos da região central de Curitiba - PR nos períodos manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana. As leituras foram anotadas em planilhas apropriadas, onde foram identificados o ponto, o roteiro da medição, o período, o operador, o equipamento e a hora. Dos 440 pontos fornecidos, foram utilizados para este trabalho 266 pois foram excluídos os pontos medidos em terminais de ônibus por não haver como saber a localização exata da medição na base cartográfica.

b) Processamento dos dados obtidos

A obtenção das coordenadas dos pontos foi realizada através do Software Autocad 2000. As coordenadas foram retiradas em cada esquina a qual cada ponto pertence

O processamento dos dados incluiu o cálculo para todos os pontos. Foram calculados, os níveis estatísticos de ruído  $L_{10}$ , que representa o som que será mascarado durante 10% do tempo total de medição e  $L_{90}$  que representa o ruído que foi mascarado durante 90% da



medição podendo ser considerado como o ruído de fundo do ambiente e o nível equivalente de pressão sonora  $L_{eq}$ . As médias ponderadas do nível equivalente também foram realizadas para os períodos da manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana.

Os valores dos períodos da manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana foram inseridos em uma planilha onde as médias ponderadas foram obtidas através da fórmula 5. Estes valores estão no anexo 9 – Localização dos pontos de medição de ruído – pasta arquivos no cd anexo.

Foi criada uma tabela em ambiente excel com todas as informações dos pontos medidos tais como seu número, identificação, coordenadas X e Y, níveis estatísticos de ruído  $L_{10}$ ,  $L_{90}$  e o nível equivalente de pressão sonora  $L_{eq}$  e as médias ponderadas do nível equivalente nos períodos da manhã, meio dia, tarde, noite e finais de semana. Esta tabela foi inserida no ArcView para ser utilizada na identificação dos pontos. A figura 16 que mostra a tabela com todas as informações dos pontos medidos está na pasta Metodologia no cd anexo.

Point	Identification	X	Y	Leq	L10	L90	Leq_Periods_Morning	Leq_Periods_Meio_Dia	Leq_Periods_Tarde	Leq_Periods_Noite	Leq_Periods_FDS
1	Rua João Guaberto x Rua Ivo Lobo	674663	716796	78,0	80,1	63,1	80,1	80,0	75,0	73,4	77,6
2	Rua João Guaberto x Rua Rocha Pimenta	675127	7188134	77,9	83,1	67,7	78,5	76,0	80,2	75,7	74,9
3	Rua Munhoz da Rocha x Rua Bom Jesus	675957	7188417	82,2	86,1	63,3	81,9	83,1	85,5	77,2	78,2
4	Rua Joaquim Pedrosa x Rua Chichero Jones	675630	7189779	78,2	83,1	58,1	88,4	76,6	77,4	74,4	76,7
5	Rua Joaquim Pedrosa x Rua dos Funcionários	675327	7188888	82,3	87,1	63,3	82,7	80,7	84,0	81,3	82,4
6	Rua Joaquim Pedrosa x Rua Amazonas / Marcondes	676336	7189366	82,2	83,1	60,1	85,0	80,4	85,4	75,0	74,0
7	Rua Joaquim Pedrosa x Rua Saggi Loureiro	676798	7189909	81,4	86,1	61,1	77,2	81,4	83,0	81,8	82,0
8	Rua Joaquim Pedrosa x Rua Aviação Vicente Wolski	677459	7190692	78,2	82,1	59,1	89,4	82,2	77,1	72,1	76,5
9	Rua Joaquim Pedrosa x Rua Arary Souto	677368	7191310	78,4	81,1	57,1	80,3	79,0	81,3	71,1	70,0
11	Rua Joovino do Rosário x Rua Eng. Arthur C. Pereira	677017	7190491	80,5	84,1	60,1	80,2	76,4	79,0	84,2	79,8
12	Rua Joovino do Rosário x Rua Mineco	676416	7189997	79,5	84,1	65,1	79,5	82,3	78,8	76,5	75,7
14	Av. Visconde de Guaruapeva x Rua General Carneiro	675189	7186029	75,0	76,4	64,1	75,6	74,4	73,0	72,0	68,4
15	Av. Visconde de Guaruapeva x Rua Mariano Torres	674822	7189916	75,8	84,1	66,1	81,8	78,0	78,0	78,4	75,6
16	Rua Mariano Torres x Rua Nilo Cairo	674842	7186119	82,3	88,1	69,1	81,0	85,0	83,8	80,9	78,0
17	Rua Mariano Torres x Rua Av. Sete de Setembro	674694	7185761	79,0	81,1	70,1	82,7	77,3	79,8	74,1	79,0
18	Av. Visconde de Guaruapeva x Rua João Negroão	674595	7185779	81,2	86,1	68,1	81,5	80,5	83,0	80,4	75,5
19	Rua João Negroão x Rua André de Barros	674502	7189966	80,9	86,1	67,1	80,4	82,9	81,6	80,8	76,6
20	Rua João Negroão x Av. Sete de Setembro	674663	7189625	80,5	84,1	69,1	82,5	81,5	78,5	79,0	80,2
21	Rua Marechal Floriano Peixoto x Av. Visconde de Guaruapeva	674113	7185978	80,8	84,1	68,1	80,0	82,2	81,2	82,1	76,9
22	Rua Marechal Floriano Peixoto x Rua André de Barros	674030	7185795	75,6	83,1	63,1	79,8	80,3	80,3	78,4	76,6
23	Rua Marechal Floriano Peixoto x Av. Sete de Setembro	674179	7185427	78,9	84,1	61,1	80,3	79,6	81,5	75,2	71,9
24	Av. Visconde de Guaruapeva x Rua Engenheiro Franco	673792	7185544	80,4	86,1	68,1	82,5	79,4	78,6	80,9	80,0
25	Rua Engenheiro Franco x Rua Dr. Pedrosa	673220	7185423	75,5	83,1	67,1	80,7	75,6	82,1	78,9	77,2
26	Rua Engenheiro Franco x Av. Sete de Setembro	673365	7189590	75,6	84,1	69,1	80,0	79,7	75,0	82,3	78,2
27	Av. Visconde de Guaruapeva x Rua Bento Viana	672900	7184604	82,1	86,1	68,1	80,4	84,0	81,6	80,1	83,4
28	Rua Bento Viana x Av. do Batel	672434	7185667	80,7	83,1	67,1	79,6	84,2	84,9	78,4	78,5
29	Av. Visconde de Guaruapeva x Rua Bruno Figueira	672013	7184699	75,6	81,1	62,1	75,6	79,1	74,4	81,4	82,2
30	Av. do Batel x Rua Bruno Figueira	671962	7184648	77,7	82,1	64,1	80,4	78,2	77,4	74,2	75,6
31	Rua Bruno Figueira x Av. Sete de Setembro	671803	7184669	71,5	75,1	55,1	70,0	70,0	65,0	72,8	68,7
32	Rua Castro Alves x Av. Silva Jardim	671839	7184296	80,6	84,1	60,1	84,4	78,5	80,1	81,6	74,7

Figura 16 – Tabela com todas as informações dos pontos medidos. Imagem no cd anexo - pasta Metodologia.

Foi importada a base cartográfica para o ArcView e nela foram inseridas as coordenadas dos pontos. Em seguida, esses pontos foram identificados por círculos. A base cartográfica com os pontos identificados por círculos se encontra na figura 17, na pasta Metodologia no cd anexo.

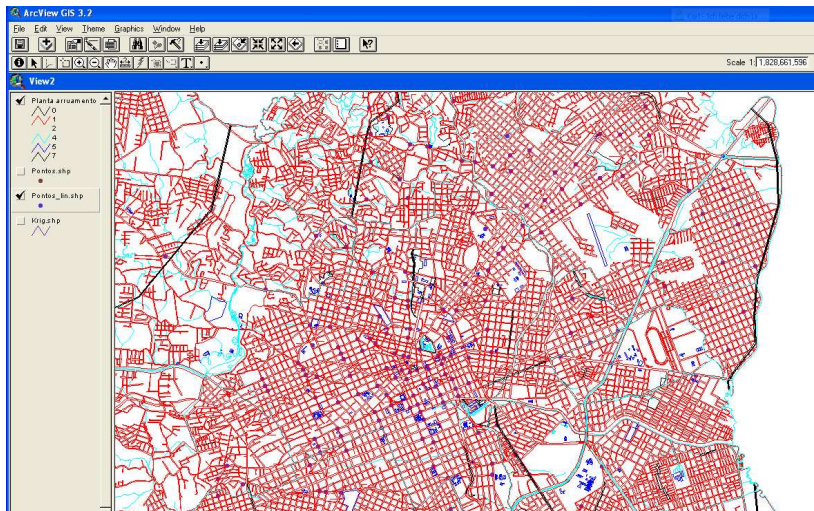


Figura 17 – Base cartográfica com os pontos identificados por círculos. Imagem no cd anexo - pasta Metodologia.

### c) Análise dos dados

Nesta etapa, foi inserido na tabela o zoneamento referente a cada ponto no banco de dados. Para isso verificou-se cada ponto e as suas respectivas ruas.

Os índices de ruído calculados foram confrontados com as normas e recomendações já citadas anteriormente. Os níveis equivalente – Leq, L10 e L90 foram comparados com o critério HUD e as médias dos períodos da manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana com a Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. As medições realizadas de manhã, meio-dia, tarde e finais de semana foram comparadas com os valores do período diurno da Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002 pois o período de medição está compreendido no estipulado na lei para período diurno que é das 07h01 às 19:00h. As medições realizadas a noite foram comparadas com os valores do período noturno que compreende os horários das 22h01 às 7:00h.

Os pontos, quando consultados, fornecem as informações necessárias para o usuário, conforme a figura 18 localizada na pasta Metodologia no cd anexo.

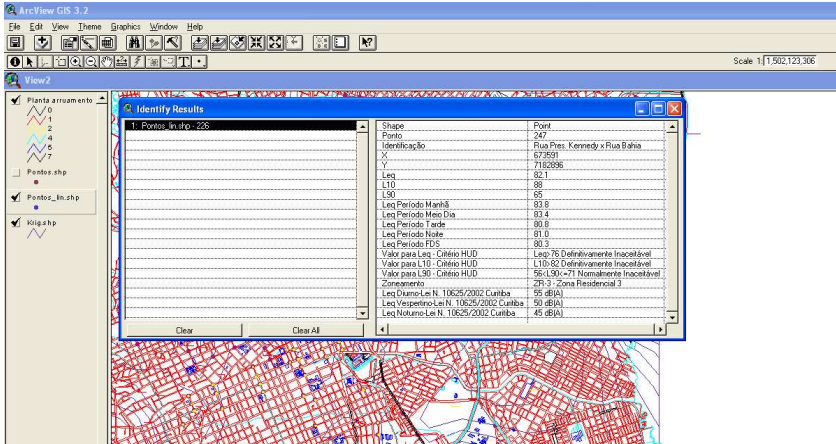


Figura 18 – Informações dos pontos para os usuários. Imagem no cd anexo - pasta Metodologia.

O Arcview 3.2 foi utilizado para a classificação dos pontos de ruído em classes dentro do critério HUD e Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Com essa classificação, os dados foram importados para o Surfer 8 para geração dos mapas de contorno.

Os valores dos ruídos foram interpolados pelo método de curvatura mínima no programa Surfer 8, que é um método suavizador (*spline*) que fornece um resultado razoável para uma rápida avaliação do comportamento espacial da variável (LANDIN, MONTEIRO & CORSI, 2002).

Este método foi escolhido por gerar contornos muito suaves onde a superfície é absolutamente fiel aos dados originais e possuir um contorno fiel aos dados originais. Dessa forma, obteve-se a geração do mapa de contorno de ruído com os pontos classificados nos critérios. (LANDIN, MONTEIRO & CORSI, 2002).

#### d) Obtenção do mapa temático

Os mapas temáticos foram obtidos com a inserção dos dados analisados na etapa anterior. Foram obtidos 3 mapas segundo o critério HUD para Leq, L10 e L90. A legenda apresenta-se em 4 classes: definitivamente aceitável, normalmente aceitável, normalmente inaceitável e definitivamente inaceitável. Os mapas obtidos segundo a Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002 foram 5 e a legenda apresenta-se em 3 classes: abaixo do nível permitido, no nível permitido e acima do nível permitido. Dessa forma foi possível visualizar a

poluição sonora em cada uma das áreas da cidade de Curitiba - PR, bem como onde cada ponto ultrapassa os estipulados pelo critério HUD e na Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002.

## 5 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir, serão apresentados os mapas temáticos obtidos neste trabalho.

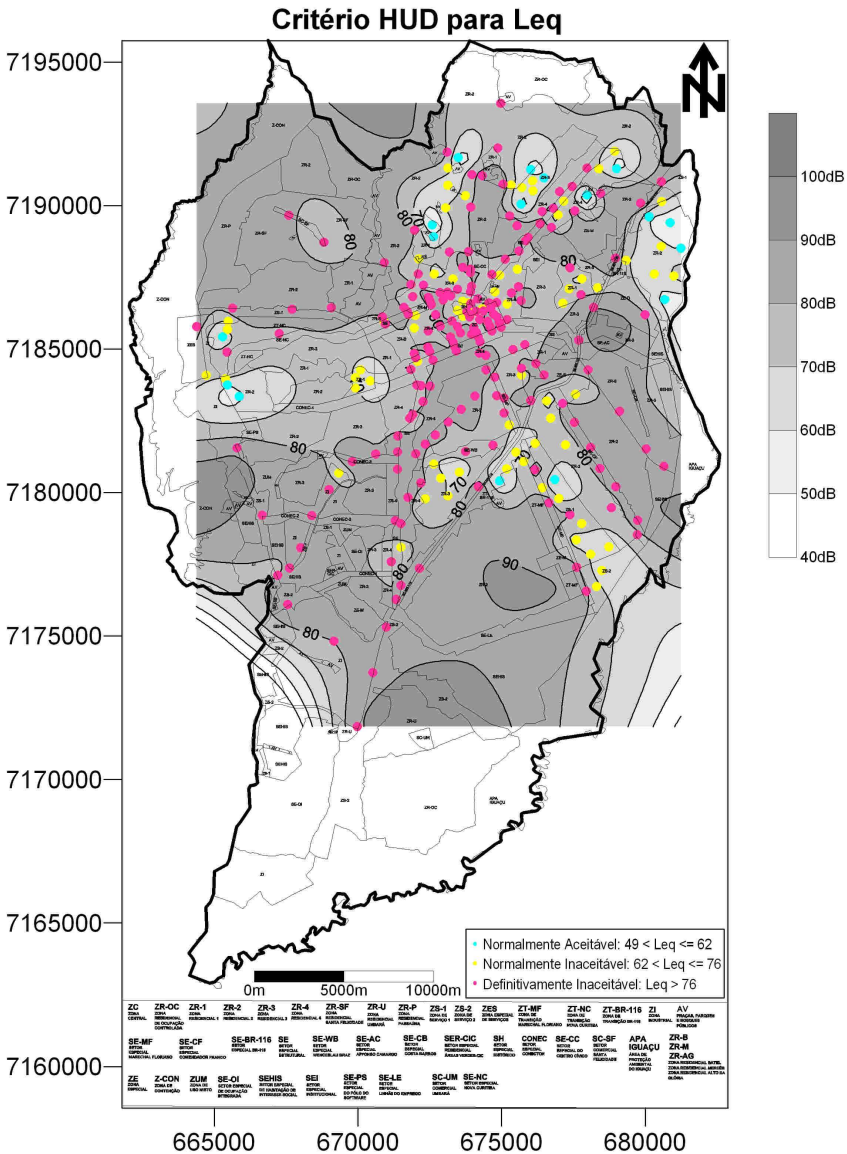


Figura 19 – Mapa temático para Leq segundo o critério HUD. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.

### Critério HUD para L10

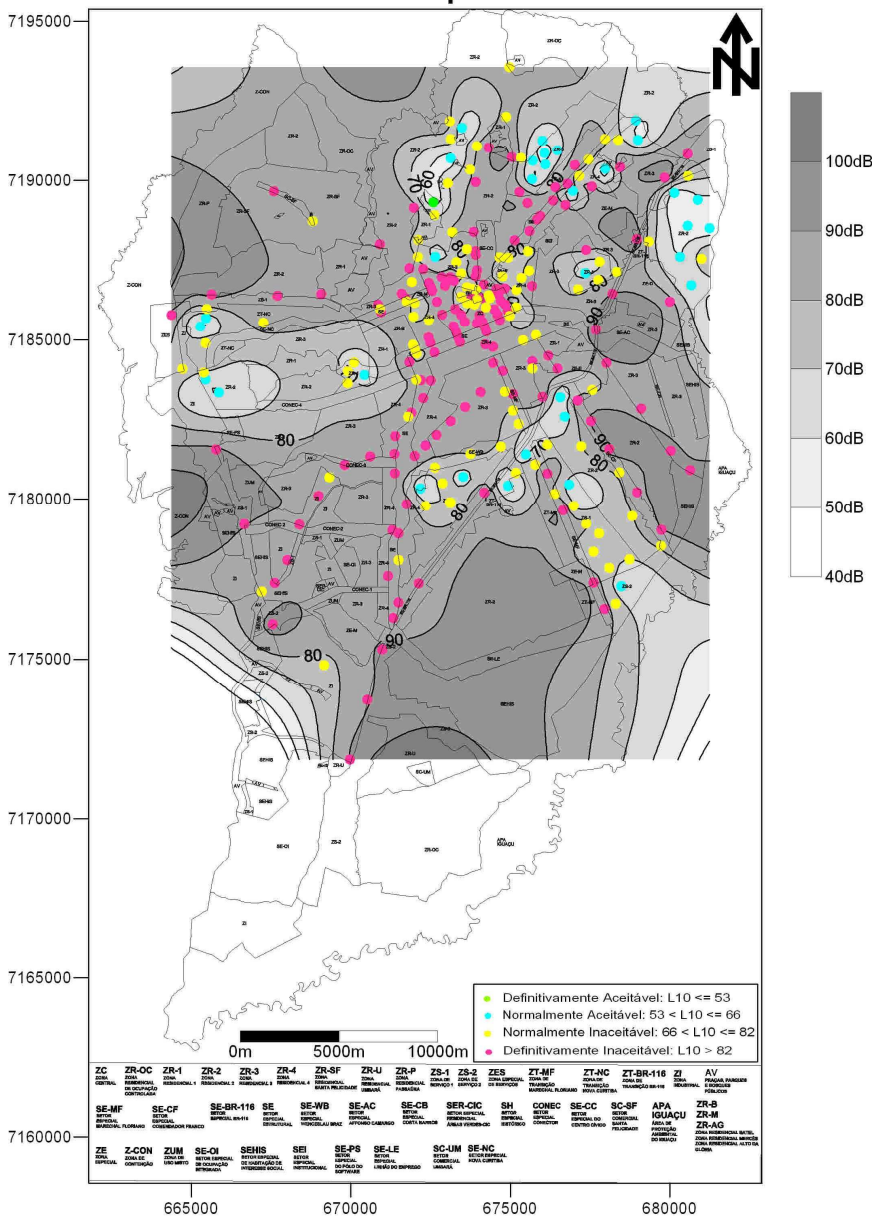


Figura 20 – Mapa temático para L10 segundo o critério HUD. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.

### Critério HUD para L90

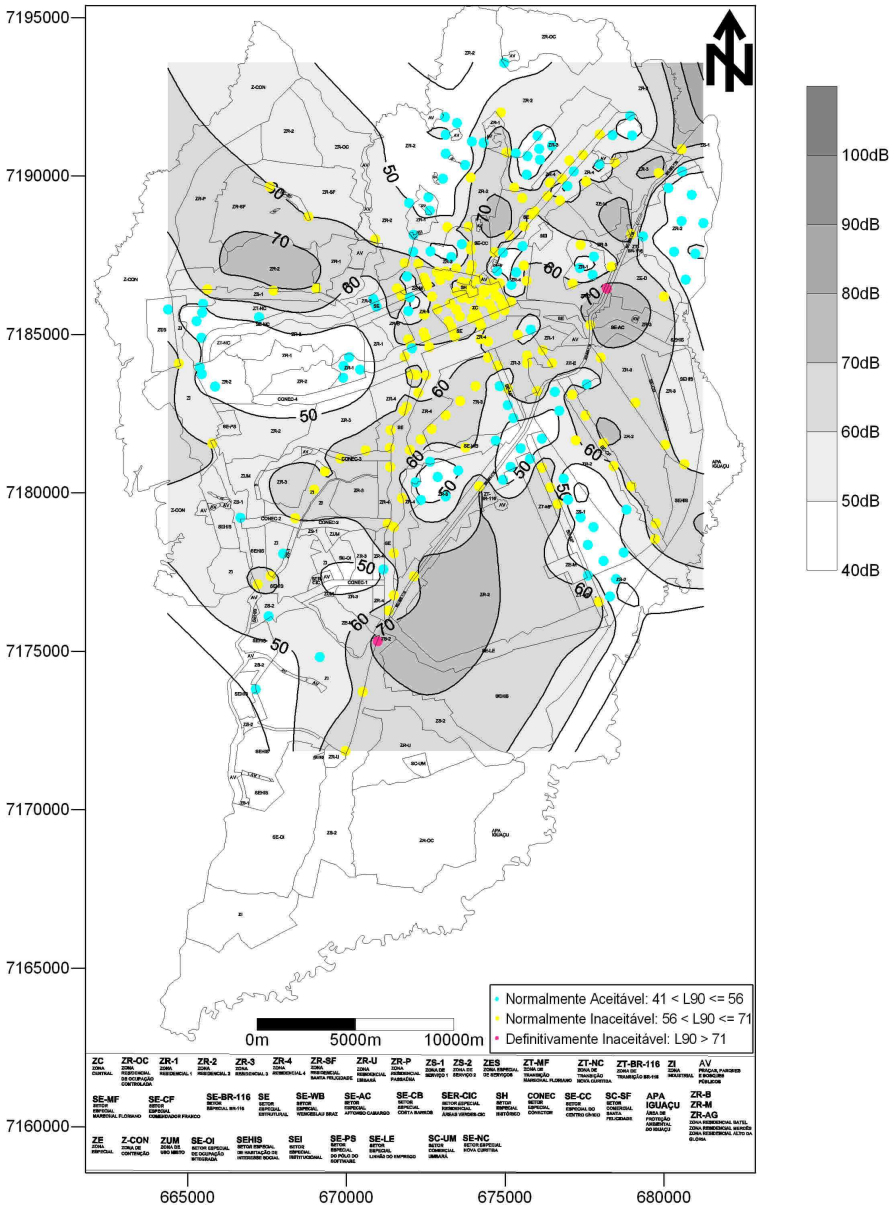


Figura 21 – Mapa temático para L90 segundo o critério HUD. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.

### Leq Manhã

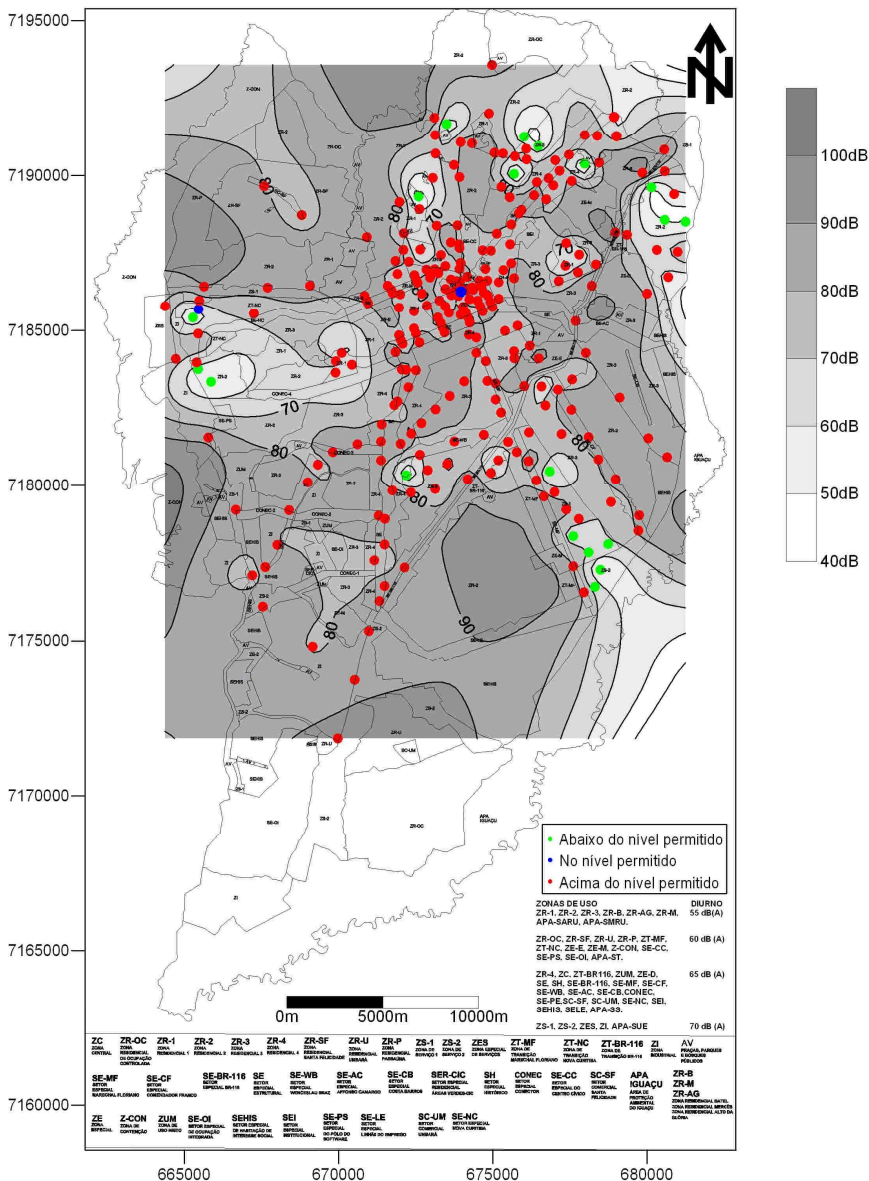


Figura 22 – Mapa temático para Leq Manhã segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.



### Leq Meio Dia

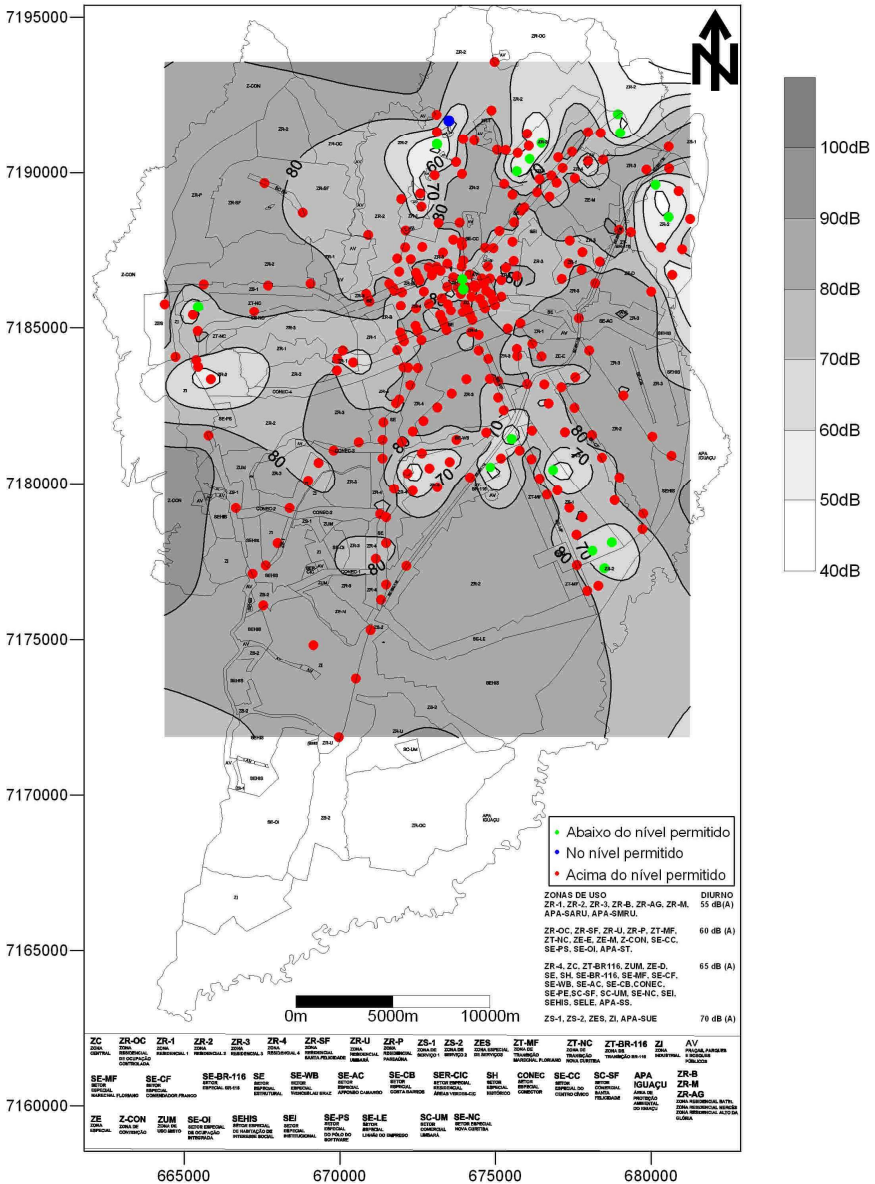


Figura 23 – Mapa temático para Leq Meio Dia segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.

### Leq Tarde

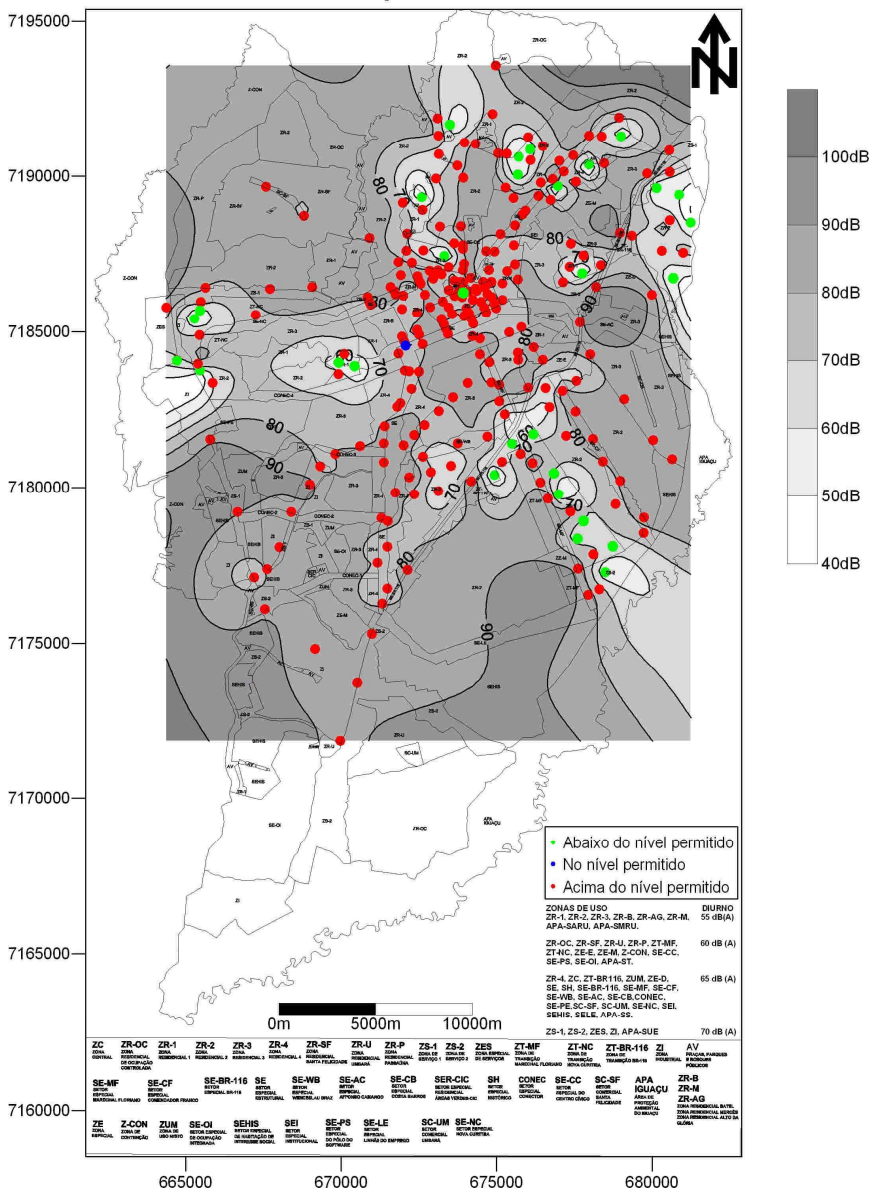


Figura 24 – Mapa temático para Leq Tarde segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.



### Leq Final de Semana

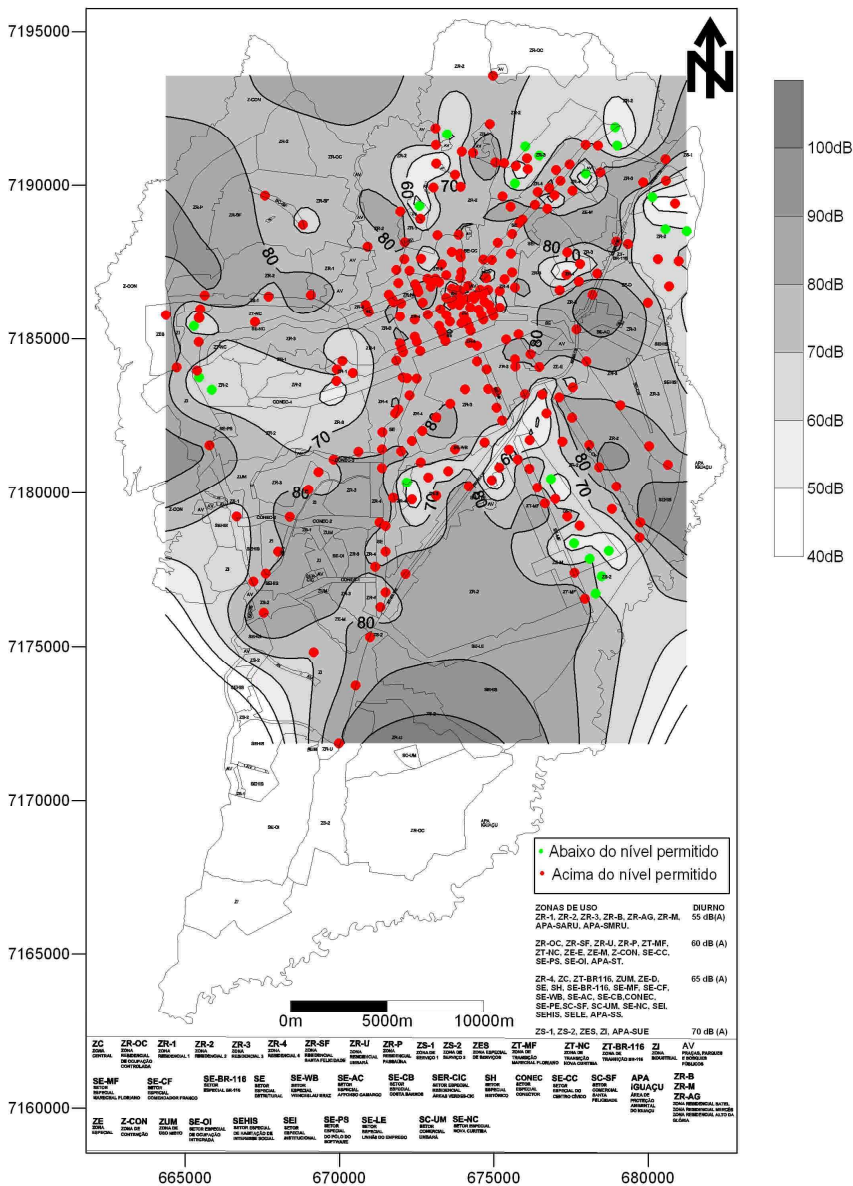


Figura 26 – Mapa temático para Leq Final de Semana segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem colorida no cd anexo - pasta Mapas.

É possível observar, através dos mapas obtidos e com o auxílio dos gráficos localizados na pasta Gráficos do cd anexo, a diferença de poluição sonora nos períodos da manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana, bem como os valores de Leq, L10 e L90.

Com as consultas, é possível ao usuário verificar se a área escolhida tem alto ou baixo índice de poluição sonora.

Verifica-se que, no mapa da figura 19 e no gráfico da figura 27, representando o nível equivalente - Leq, apenas 17 pontos, 6% do total de 266 pontos, estão com os valores aceitáveis. Estes pontos estão localizados na ZR1–Zona Residencial 1, ZR2–Zona Residencial 2, ZR3–Zona Residencial 3, ZR4–Zona Residencial 4, ZS1–Zona de Serviço 1, ZT-BR-116–Zona de Transição BR-116 e ZT-NC–Zona de Transição Nova Curitiba. Os 71 pontos estão normalmente inaceitáveis (27%) e 178 pontos estão com os valores definitivamente inaceitáveis (67%).

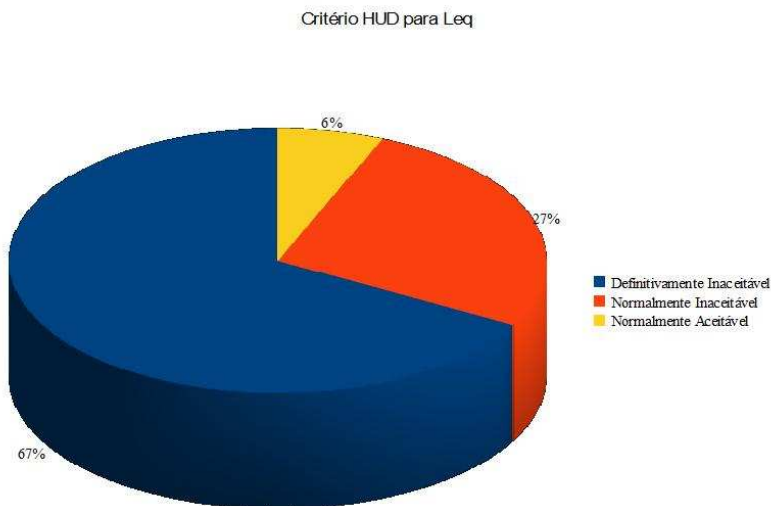


Figura 27 – Gráfico representando Leq segundo o Critério HUD. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

O mapa que representa o nível percentual de 10% - L10 (figuras 20 e 28), mostra que 34 pontos estão com os valores normalmente aceitáveis (12,41%) sendo que um deles está definitivamente aceitável (0,38%). Estes pontos estão localizados na ZR1–Zona Residencial 1,

ZR2–Zona Residencial 2, ZR3–Zona Residencial 3, ZR4–Zona Residencial 4, ZS1–Zona de Serviço 1, ZS2–Zona de Serviço 2, ZT-BR-116–Zona de Transição BR-116 e ZT-NC–Zona de Transição Nova Curitiba. 97 pontos estão com os valores normalmente inaceitáveis (36,4%) e 135 estão com os valores definitivamente inaceitáveis (50,75%).

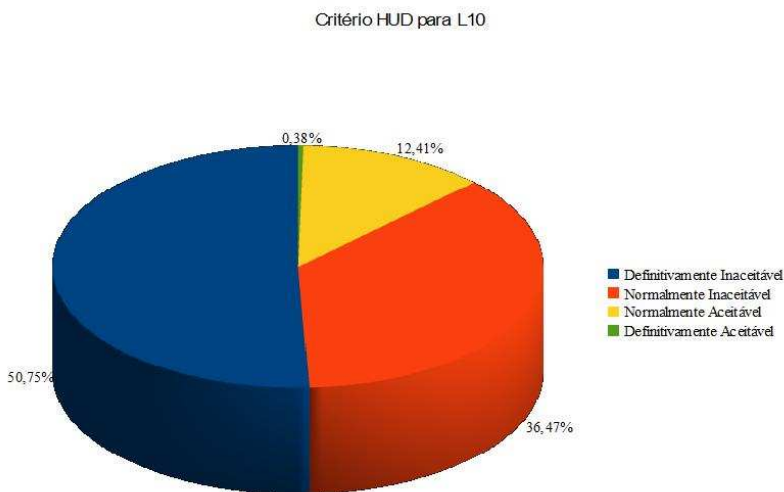


Figura 28 – Gráfico representando L10 segundo o Critério HUD. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

O mapa que representa o nível percentual de 90% - L90 (figuras 21 e 29), mostrou 102 pontos com valores normalmente aceitáveis, que representa 38% do total de pontos. Estes pontos estão localizados no SE-Setor Especial Estrutural, ZR1–Zona Residencial 1, ZR2–Zona Residencial 2, ZR3–Zona Residencial 3, ZR4–Zona Residencial 4, ZE-M–Zona Especial Militar, ZS1–Zona de Serviço 1, ZS2–Zona de Serviço 2, ZT-BR-116–Zona de Transição BR-116, ZT-NC–Zona de Transição Nova Curitiba, SE-NC–Setor Especial Nova Curitiba, SE-WB–Setor Especial Av. Pres. Wenceslau Braz, ZR-AG–Zona Residencial Alto da Glória, ZI–Zona Industrial, CONEC-2–Setor Especial Conector 2, ZT-MF–Zona Transição Av. Mal. Floriano Peixoto. Os outros 162 pontos

estão com os valores normalmente inaceitáveis (61%) e 2 pontos estão com os valores definitivamente inaceitáveis (1%).

Critério HUD para L90

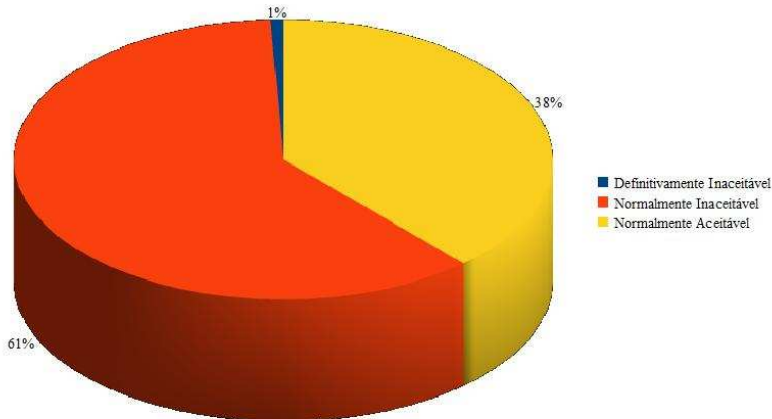


Figura 29 – Gráfico representando L90 segundo o Critério HUD. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

No mapa para Leq Manhã (figuras 22 e 30), observam-se 21 pontos dentro dos limites estipulados na Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002, sendo que dois deles estão no nível permitido, representando 1% do total. Estes pontos estão localizados na ZR1–Zona Residencial 1, ZR2–Zona Residencial 2, ZR3–Zona Residencial 3, ZR4–Zona Residencial 4, ZC–Zona Central, ZS1–Zona de Serviço 1, ZS2–Zona de Serviço 2, e ZT–NC–Zona de Transição Nova Curitiba. Os outros 245 pontos estão acima do nível permitido (92% do total de pontos).

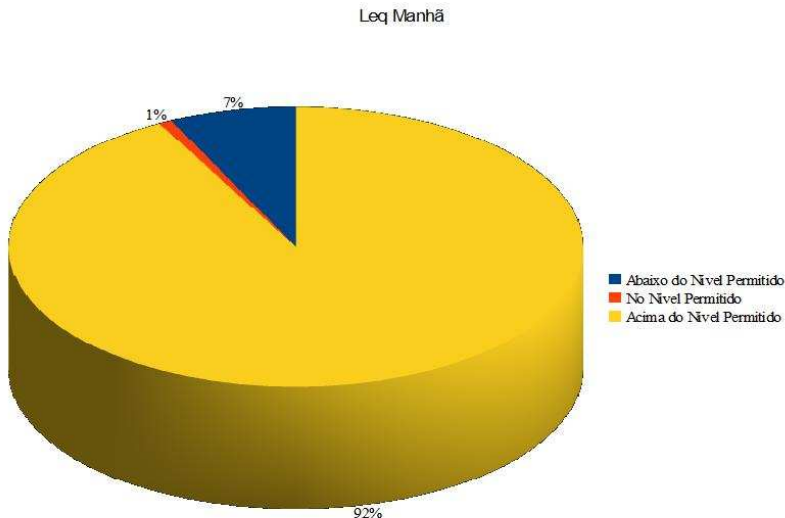


Figura 30 – Gráfico representando Leq Manhã segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

O mapa para Leq Meio Dia, representado pelas figuras 23 e 31, mostra 18 pontos dentro dos limites estipulados na Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Um desses pontos está no nível permitido (0,38% do total de pontos). Estes pontos estão localizados no Setor Histórico-SH, ZR2–Zona Residencial 2, ZR3-Zona Residencial 3, ZC-Zona Central, ZS1–Zona de Serviço 1, ZS2–Zona de Serviço 2 e ZT-BR-116-Zona Transição BR-116. Os outros 248 pontos (93,23%) estão acima do nível permitido.



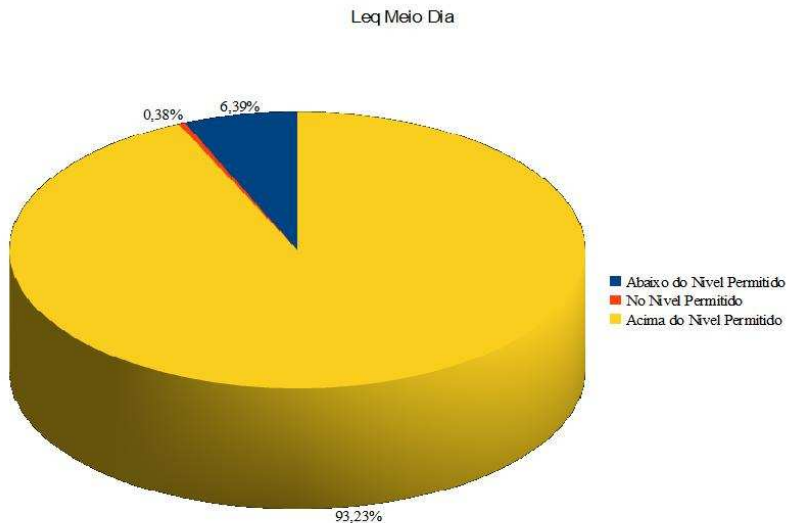


Figura 31 – Gráfico representando Leq Meio Dia segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

No mapa para Leq Tarde (figuras 24 e 32), observam-se 31 pontos dentro dos limites estipulados na Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002 e só um está no nível permitido (0,38%). Estes pontos estão localizados no SE-Setor Especial Estrutural, ZI-Zona Industrial, ZR1-Zona Residencial 1, ZR2-Zona Residencial 2, ZR3-Zona Residencial 3, ZR4-Zona Residencial 4, ZC-Zona Central, ZS1-Zona de Serviço 1, ZS2-Zona de Serviço 2 e ZT-BR-116-Zona Transição BR-116 e ZT-NC-Zona de Transição Nova Curitiba. Os outros 235 pontos estão acima do nível permitido (88,35% do total de pontos).

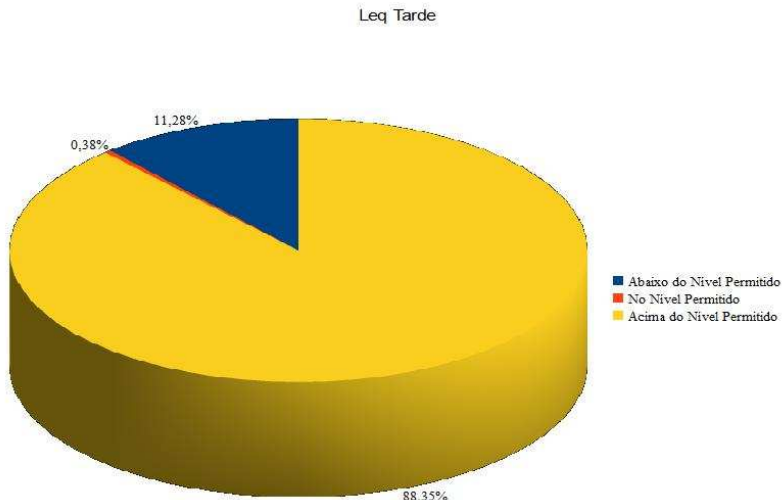


Figura 32 – Gráfico representando Leq Tarde segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

O mapa para Leq Noite (figuras 25 e 33), possui 21 pontos com valores abaixo do nível permitido (8%) de acordo com a Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Estes pontos estão localizados na ZR1-Zona Residencial 1, ZR2-Zona Residencial 2, ZR3-Zona Residencial 3, ZR4-Zona Residencial 4, ZC-Zona Central, ZI-Zona Industrial, ZS1-Zona de Serviço 1, ZS2-Zona de Serviço 2, ZT-BR-116-Zona Transição BR-116 e ZT-NC-Zona de Transição Nova Curitiba. Os outros 245 pontos estão acima do nível permitido, representando 92% do total de pontos.

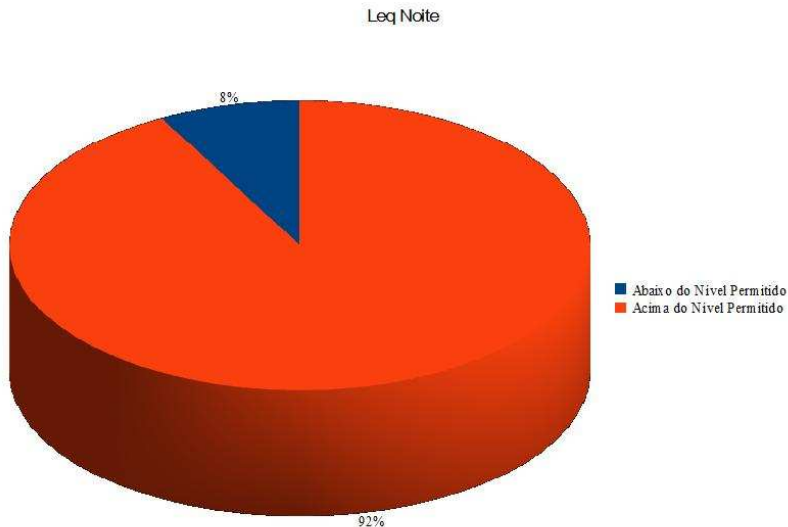


Figura 33 – Gráfico representando Leq Noite segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

No mapa para Leq Final de Semana (figuras 26 e 34), 21 pontos estão abaixo do nível permitido (8%) de acordo com a Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Estes pontos estão localizados no SH-Setor Histórico, ZR1–Zona Residencial 1, ZR2–Zona Residencial 2, ZR4–Zona Residencial 4, ZC-Zona Central, ZS1–Zona de Serviço 1, ZS2–Zona de Serviço 2 e ZT-BR-116-Zona Transição BR-116. Os outros 245 pontos estão acima do nível permitido (92% dos pontos totais utilizados).

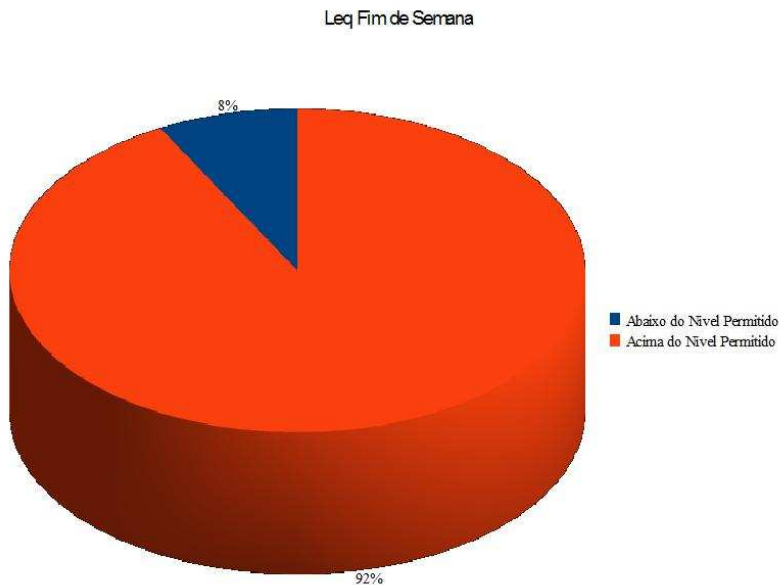


Figura 34 – Gráfico representando Leq Final de Semana segundo Legislação Municipal de Curitiba - Lei 10.625/2002. Imagem no cd anexo - pasta Gráficos.

## **6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

### **6.1 Conclusões**

O presente trabalho é resultado de uma pesquisa sobre as principais áreas de zoneamento da cidade de Curitiba - PR, onde os pontos medidos foram localizados numa base cartográfica gerando dessa forma, através do programa ArcView 3.2 e do Surfer 8, mapas temáticos. O Surfer 8 foi utilizado apenas para gerar o mapa de contorno, sendo que todas as informações referentes ao banco de dados foram inseridas e manipuladas pelo ArcView 3.2. Nesses mapas é possível verificar a localização do ponto, os níveis de poluição sonora medidos nos períodos de manhã, meio-dia, tarde, noite e finais de semana e seus respectivos valores estipulados nas leis citadas neste trabalho, verificando dessa forma se os pontos estão dentro ou não das mesmas.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que as zonas que possuem mais pontos aceitáveis e onde é possível se ter melhor condição de moradia, com os valores de ruído aceitáveis são as ZR1-Zona Residencial 1, ZR2-Zona Residencial 2, ZR3-Zona Residencial 3 e ZR4-Zona Residencial 4.

O tema deste trabalho surgiu para solucionar o problema da falta de um banco de dados que pudesse conter os valores medidos com a visualização dos mesmos através de um mapa temático, onde qualquer usuário fosse capaz de fazer a consulta. Com isso, obteve-se o primeiro Sistema de Informações Geográficas para o mapeamento de ruído urbano.

Os dados utilizados demonstram que apesar de Curitiba – PR ser considerada a Capital Ecológica, possui um alto índice de poluição sonora. A maioria dos pontos tiveram os valores acima dos estipulados.

Após a implantação do projeto, observou-se que ele foi capaz de apresentar, através de mapas temáticos, as áreas onde o ruído urbano foi medido e informando em quais pontos os limites estipulados nas leis são ultrapassados.

### **6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros**

A aplicação do método utilizado neste trabalho, poderia ser realizada em cidades onde os gestores tenham interesse em fazer um mapeamento das áreas onde o índice de poluição sonora é alto, ou apenas para visualizar os pontos medidos num mapa temático para controle dos níveis de poluição sonora.

Além desse exemplo, é possível ter outras utilidades para um SIG. Depende apenas da necessidade de cada cidade.

Pode-se também, utilizar softwares livres na confecção dos mapas temáticos, facilitando dessa forma o acesso aos gestores públicos.

## 7 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10151: **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade**. Rio de Janeiro, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152: **Níveis de Ruído para Conforto Acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

Barbosa, W. A. **Aspectos do Ruído Comunitário em Curitiba**. Curitiba, 1992. Tese defendida para Professor Titular – Universidade Federal do Paraná.

Beranek, L. L. **Noise Reduction**. 1 ed. New York: McGraw-Hill, 758 p., 1960.

Bies, D. A.; Hansen, C. H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**. 2 ed. New York: Spon Press – Taylor & Francis Group, 736 p., 2002.

Bortoli, P. S. **Análise da Poluição Sonora Urbana em Zoneamentos Distintos da Cidade de Curitiba**. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

Brüel & Kjaer **Accoustic Noise Measurements**, Naerun, Denmark, 1979.

Burrough, P.: **Principles of Geographical information Systems for Land Resources Assessment**. Clarendon, Oxford, 1986.

Buzai, G. D.; Bazendale, C. A. **Aálisis Socioespacial con Sistemas de Informació Geográfica**. 1 ed. Buenos Aires: Lugar Editorial: GEPAMA, 2006.

Calixto, A. **O Ruído Gerado pelo Tráfego de Veículos em “Rodovias – Grandes Avenidas” Situadas Dentro do Perímetro Urbano de Curitiba, Analisado sob Parâmetros Acústicos Objetivos e seu Impacto Ambiental**. Curitiba, 2002. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná.

Câmara, G.; Druck, S.; Monteiro, A. M.; Carvalho, M. S. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

Câmara, G.; Medeiros, C. B.; Casanova, M. A.; Hemerly, A.; Magalhães G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação, SBC, 1996.

Câmara G. Casanova, M. A., Davis, C., Vinhas L., Queiroz, D. **Banco de Dados Geográficos**. Curitiba, Editora MundoGEO, 2005.

Câmara, G.; Monteiro, A. M.; Medeiros, J. S. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2004.

Carvalho, M.S.; Pina, M.F. de; Santos, S.M. **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde**. Rede Interagencial de Informações para a Saúde-RIPSA. Brasília, 2000.

Cintra, J. P. **Evolucionismo Mito e Realidade**, Quadrante, São Paulo, 1988.

Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva. Boletim nº 06. **Diretrizes Básicas de um PCA (Programa de Conservação Auditiva)**. Disponível em <<http://www.hcnet.usp.br>> Acesso em 24/05/2009.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 01 de 08 de Março de 1990. Dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, determinando padrões, critérios ou diretrizes. Brasília, 1990.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 252 de 01 de fevereiro de 1999: Estabelece, para veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso. Brasília, 1999.

Constituição da República Federativa do Brasil de 05 de outubro de 1988; Organizador Alexandre de Moraes. Editora Atlas S.A. 22ª edição.



Davis, C.; Fonseca, F. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos**. Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Belo Horizonte, 2001.

C Davis, G Câmara - **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, 2001

Departamento de Trânsito do Paraná–DETRAN-PR Disponível em <<http://www.pr.gov.br/detran>> Acesso em 24/05/2009.

Diniz, F. B. **Impacto Ambiental das Emissões Sonoras de Subestações de Energia Elétrica na Cidade de Curitiba**. Curitiba, 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná.

Enunciado da Lei de Snell Descartes – Refração da Luz. Disponível em <<http://www.colegioweb.com.br/fisica/enunciado-da-lei-de-snell-descartes>>, acesso em 25/04/2009.

Fernandes, J. C. **Acústica e Ruídos**. Faculdade de Engenharia – UNESP. Bauru, 2002.

Fleming, N.L.; **Continuous Updating – An Essential Requirement of a Modern Cadastre**. The Canadian Surveyor, vol.29 (1), march 1975, pp. 64-74.

Gerges S. N. Y. **Ruído – Fundamentos e Controle**. Florianópolis, 1992.

Goelzer B.; Hansen C. H., Sehrndt G. A. **Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control**. Dortmund: Federal Institut for Occupational Safety and Health, 2001.

Gomes, M. P.; Aguiar, M. C. de. **Noções Básicas Sobre Geoprocessamento**. Disponível em <<http://www.lapig.iesa.ufg.br>>, acesso em 28/05/2009.

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. **Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Vol. 2. 4 ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

Hassal J. R, Zaveri, K. **Acoustic Noise Measurement**. 4ed. 1979.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br>>, acesso em 22/05/2009.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em <<http://www.inpe.br>> Acesso em 28/05/2009.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em <<http://www.ippuc.org.br>> Acesso em 22/05/2009.

Kauter, B.; The Swiss Cadastre and The District Surveyor. The Canadian Surveyor, vol.41 (4), winter 1987, pp. 541-553.

Kinsler, L. E.; Frey, A. R.; Coppens, A. B.; Snaders, J. V. **Fundamentals of Acoustics**. 3.ed. New York: Wiley Interscience Publication, 560 p., 1982.

Landin, P.M.B., Monteiro, R.C. & Corsi, A.C. **Introdução à Confecção de Mapas pelo Software Surfer**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomática, Texto Didático 8, 21 pp. 2002. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em 24/07/09.

Langdon, F. J.; Scholes, W. E. **The traffic noise index: a method of controlling noise nuisance**. Journal of Sound and Vibration, UK, v. 7, n. 2, p. 287-309, 1968.

Lazzarotto, D. R. **Base de Endereços Georreferenciados para uma Metodologia Estratégica de Sistematização na Implantação de Sistemas de Informação Geográfica**. Curitiba, 1997. 143f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Universidade Federal do Paraná.

Lei Municipal Nº 9.800 – Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba de 03 de janeiro de 2000. Disponível em <[www.curitiba.pr.gov.br](http://www.curitiba.pr.gov.br)> Acesso em 27/05/2009.

Loch, R. E. N. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais**. Editora da UFSC. Florianópolis, 2006.

Medeiros, M. L. B. de; Oliveira, R. F.; **Desenvolvimento Sustentável**. Instituto de Engenharia do Paraná. Curso de Especialização em Gestão e Engenharia Ambiental. 2004.

Medcurso, Medicina Preventiva. **Vigilância da Saúde e Saúde do Trabalhador**. Volume III. 2006.

Ministério de Estado do Interior – MINTER – Portaria nº 92 de 19 de junho de 1980 – Disponível em <<http://www.viajuridica.com.br/downloads/res-conama-92-80.doc>> Acesso em 28/05/2009.

Ministério da Previdência Social. Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981. Disponível em <<http://www81.dataprev.gov.br>>, acesso em 27/05/2009.

Nepomuceno, L. X. **Acústica Técnica**. 1 ed. São Paulo: Editora Técnico-Científica Industrial Ltd. – ETEGIL, 579 p., 1968.

Neto, S. L.; Dalmolin, Q.; Robbi, C. **Banco de Dados em Sistemas de Informação Geográficas**. Curitiba, 1994. 89f. Universidade Federal do Paraná.

Noise Pollution Clearing House. Disponível em <<http://www.nonoise.org>>, acesso em 31/05/2009.

Organização Pan Americana da Saúde – OPAS. Representação Brasil. Disponível em <<http://www.opas.org.br/ambiente>>, acesso em 31/05/2009.

Paz, E. C. **Estudo de um Modelo de Avaliação e Predição Acústica para o Ruído de Tráfego Rodoviário**. Curitiba, 2004. 35. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná.

Peters, E. L.; Pires, P. T. L. **Manual de Direito Ambiental**. 2 ed. Editora Juruá. Curitiba, 2005.

Prefeitura Municipal de Curitiba – PMC Disponível em <<http://www.curitiba.pr.gov.br>>, acesso em 29/05/2009.

Prefeitura Municipal de Curitiba – PMC, Secretaria Municipal do Meio Ambiente - SMMA. Lei Municipal Nº 10.625 de 19 de Fevereiro de 2002. Curitiba, 2002.

Quadros, F. S. **Avaliação do Ruído Ambiental Gerado por Veículos de Utilidade Pública Estudo de Caso: Caminhão de Coleta de Resíduos Domiciliar**. Curitiba, 2004. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná.

Queiroz, S. M. P. de.; **Avaliação de Impactos Ambientais**. Instituto de Engenharia do Paraná. Curso de Especialização em Gestão e Engenharia Ambiental. 2004.

Reynolds, D. D. **Engineering Principles of Acoustics Noise and Vibration Control**, Allyn and Bacon Inc., Boston, 1980.

Robinson, D. W. **Towards a unified system of noise assessment**. Journal of Sound and Vibration, UK, versao R14, p. 179-298, 1971.

Sala de Física. Disponível em < [www.saladefisica.cjb.net](http://www.saladefisica.cjb.net) >, acesso em 24/05/2009.

Schultz, T. **Community Noise Rating**. 2. ed. Inglaterra: Applied Science Publishers LTD, 1982.

Schultz, T. **Community Noise Rating**. 2. ed. New York: Elsevier Applied Science, 415 p., 1972.

Schultz, T. J. **Community Noise Rating**. Applied Science Publishers, 2nd ed. London, 1982.

Silva Filho, A.A.; Toniolo, E.R.; Gabínio, M.; Oliveira, S.F.S.: **Mapeamento da Cobertura Florestal Nativa Lenhosa do Estado de Pernambuco**. Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007/Governo de Pernambuco, FO:BRA/87/007, doc. de campo Nº 17, 1993.

Silva, P. M. **Ruído Urbano**, Lisboa, 1978, 319 p., Tese Concurso para Investigador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Memória n. 508 Tema – E3, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal.

Smith, T. R.; Menon, S.; Star, J. L.; Estes, J. E.: **Requeriments and principles for the implementation and construction of large-scale**

**geographical information systems.** International Journal of Geographical Information Systems. 1:13-32, 1987.

Tashibana, A. T.; Ferreira, G. M.; Arruda, M. **Física.** São Paulo, 1993. Editora Nova Cultural.

Volpi, E. M. **Geoprocessamento.** Disponível em <<http://www.geocities.com/SiliconValley/Station/2678>>, Acesso em 22/05/2009.

White, R. G.; Walker, J. G. **Noise and Vibration,** John Wiley & Sons, Sussex, England, 1986.

World Health Organization – WHO. Disponível em <<http://www.who.int>> Acesso em 31/05/2009.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)