

FABIANO BELISÁRIO DINIZ

**IMPACTO AMBIENTAL DAS EMISSÕES SONORAS DE SUBESTAÇÕES
DE ENERGIA ELÉTRICA NA CIDADE DE CURITIBA**

CURITIBA

2003

FABIANO BELISÁRIO DINIZ

**IMPACTO AMBIENTAL DAS EMISSÕES SONORAS DE SUBESTAÇÕES
DE ENERGIA ELÉTRICA NA CIDADE DE CURITIBA**

**Dissertação apresentada como requisito
à obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica,
setor de Tecnologia, Universidade
Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr.-Ing. Paulo H. T.
Zannin**

CURITIBA

2003

TERMO DE APROVAÇÃO

FABIANO BELISÁRIO DINIZ

IMPACTO AMBIENTAL DAS EMISSÕES SONORAS DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA NA CIDADE DE CURITIBA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Coordenador: Prof. Dr. Eng. Carlos Henrique Marchi
Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR

Orientador: Prof. Dr. –Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin
Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR

Banca Examinadora:

Prof. Ph.D. Arcanjo Lenzi
Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC

Prof. Dr. Eng. Wiliam Alves Barbosa
Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR

Prof. Dr. –Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin
Departamento de Engenharia Mecânica, UFPR

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus
pais e à minha amiga Jeane

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais pelo permanente apoio

Ao meu irmão que sempre me incentivou

Aos meus amigos que sempre me apoiaram

Aos meus colegas que sempre me ajudaram

Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, ao Deutscher Akademischer Austauschdienst – DAAD, e à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná, por todos os materiais e equipamentos fornecidos, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES – pela concessão da bolsa de Mestrado.

Agradeço à Companhia Paranaense de Energia – COPEL – por permitir a entrada nas subestações de energia elétrica, e ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC, por providenciar os Equipamentos de Proteção Individual.

Agradecimentos especiais ao meu orientador, o Prof. Dr. –Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin, por me apoiar e me ajudar neste trabalho e em vários outros ao longo do curso, e por ser sempre muito amigo.

À Jeane, por ser uma pessoa especial e ter dado a mim muito apoio e carinho.

E a Deus, pela vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE GRÁFICOS	xvii
LISTA DE SIGLAS	xviii
LISTA DE SÍMBOLOS	xix
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxi
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	01
1.2. OBJETIVOS	02
1.3. A CIDADE DE CURITIBA	03
2. DADOS POPULACIONAIS DE CURITIBA	05
2.1. DADOS POPULACIONAIS E CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO	05
2.2. A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA	08
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. SOM E RUÍDO	10
3.2. PROPAGAÇÃO DO SOM	10
3.3. PROPRIEDADES DO SOM	13
3.3.1. Absorção Sonora	13
3.3.2. Reflexão Sonora	13
3.3.3. Difração Sonora	14
3.3.4. Diretividade	15
3.4. MEDIÇÃO DO RUÍDO	16
3.4.1. O Nível de Pressão Sonora	16
3.4.2. Curvas de Ponderação de Ruído	18
3.4.3. Nível Equivalente L_{eq} , Nível Estatístico L_{10} e Nível Estatístico L_{90}	18

3.4.3.1. Nível Equivalente (L_{eq})	18
3.4.3.2. Níveis Estatísticos L_{10} e L_{90}	19
3.5. AS SUBESTAÇÕES E OS TRANSFORMADORES DE ENERGIA	19
3.6. ASPECTOS NORMATIVOS	20
3.6.1. NBR-10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade	20
3.6.2. Lei 8583 da Prefeitura Municipal de Curitiba	22
3.7. DANOS FÍSICOS E PSICOLÓGICOS À EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	24
4. METODOLOGIA	26
4.1. INTRODUÇÃO	26
4.2. MODELAGEM DOS TERRENOS	31
4.3. INSERÇÃO DAS FONTES SONORAS	32
4.3.1. Transformadores	32
4.3.2. Fluxo de Veículos	34
4.4. COLOCAÇÃO DOS MATERIAIS	35
4.5. RESUMO DOS DADOS INSERIDOS NO <i>SOUNDPLAN</i>	35
4.6. CÁLCULOS DO MAPEAMENTO ACÚSTICO	39
5. RESULTADOS	41
5.1. SE BACACHERI	42
5.1.1. Aspectos Acústicos	42
5.1.2. Aspectos Demográficos	49
5.2. SE BARIGUI	50
5.2.1. Aspectos Acústicos	50
5.2.2. Aspectos Demográficos	53
5.3. SE BATEL	55
5.3.1. Aspectos Acústicos	55
5.3.2. Aspectos Demográficos	58
5.4. SE CAMPO COMPRIDO	59

5.4.1. Aspectos Acústicos	59
5.4.2. Aspectos Demográficos	61
5.5. SE MERCÊS	63
5.5.1. Aspectos Acústicos	63
5.5.2. Aspectos Demográficos	66
5.6. SE PILARZINHO	68
5.6.1. Aspectos Acústicos	68
5.6.2. Aspectos Demográficos	71
5.7. SE SANTA QUITÉRIA	72
5.7.1. Aspectos Acústicos	72
5.7.2. Aspectos Demográficos	78
6. PREDIÇÕES ACÚSTICAS	79
6.1. SE BACACHERI	80
6.2. SE CAMPO COMPRIDO	82
6.3. SE PILARZINHO	83
6.4. SE SANTA QUITÉRIA	85
7. CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	90
OBRAS CONSULTADAS	93
ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA EM CURITIBA NO PERÍODO 1654 – 2000	09
FIGURA 2 – A PROPAGAÇÃO DE UMA ONDA SONORA AO NÍVEL DA PARTÍCULA	11
FIGURA 3 – EFEITO DA DIFRAÇÃO SONORA DEVIDO A UMA BEIRADA DE PAREDE	14
FIGURA 4 – EFEITO DA DIFRAÇÃO SONORA DEVIDO A UM FURO NA PAREDE	15
FIGURA 5 – EFEITO DA DIFRAÇÃO SONORA DEVIDO A UM FURO NA PAREDE DE DIMENSÕES COMPARÁVEIS AO COMPRIMENTO DE ONDA	15
FIGURA 6 – NÍVEIS SONOROS COMUNS EM DB(A) PARA AMBIENTES EXTERNOS E INTERNOS	17
FIGURA 7 – ESPECTRO TÍPICO DE RUÍDO DE UM TRANSFORMADOR DA SUBESTAÇÃO HORTO, EM BELO HORIZONTE	20
FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES ESTUDADAS NA CIDADE DE CURITIBA	27
FIGURA 9 – PLANTA BAIXA DA SE BACACHERI	28
FIGURA 10 – PLANTA BAIXA DA SE BARIGUI	28
FIGURA 11 – PLANTA BAIXA DA SE BATEL	29
FIGURA 12 – PLANTA BAIXA DA SE CAMPO COMPRIDO	29
FIGURA 13 – PLANTA BAIXA DA SE MERCÊS	30
FIGURA 14 – PLANTA BAIXA DA SE PILARZINHO.....	30
FIGURA 15 – PLANTA BAIXA DA SE SANTA QUITÉRIA	31
FIGURA 16 – FORMAÇÃO DE SOMBRA ACÚSTICA ATRÁS DO MURO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI	42
FIGURA 17 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES	43

FIGURA 18 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES	44
FIGURA 19 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 1 TRANSFORMADO ..	44
FIGURA 20 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 1 TRANSFORMADO ..	45
FIGURA 21 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 2 TRANSFORMADORES EM SEPARADO	48
FIGURA 22 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 1 TRANSFORMADOR EM SEPARADO	49
FIGURA 23 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BARIGUI E ARREDORES	51
FIGURA 24 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BARIGUI E ARREDORES	52
FIGURA 25 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BARIGUI E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO	54
FIGURA 26 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BATEL E ARREDORES	56
FIGURA 27 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BATEL E ARREDORES	56
FIGURA 28 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COPRIDO E ARREDORES	60
FIGURA 29 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES	61
FIGURA 30 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO	62

FIGURA 31 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO MERCÊS E ARREDORES	64
FIGURA 32 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES	64
FIGURA 33 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO MERCÊS E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO	67
FIGURA 34 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES	69
FIGURA 35 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES	69
FIGURA 36 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO	71
FIGURA 37 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES	73
FIGURA 38 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES	74
FIGURA 39 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO	77
FIGURA 40 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE BACACHERI	80
FIGURA 41 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 2 TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA	81
FIGURA 42 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE BACACHERI	82

FIGURA 43 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA	83
FIGURA 44 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE PILARZINHO	84
FIGURA 45 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA	84
FIGURA 46 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE SANTA QUITÉRIA	85
FIGURA 47 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA	86

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – NÚMERO TOTAL DE VEÍCULOS NA CIDADE DE CURITIBA	04
TABELA 2 – POPULAÇÃO TOTAL DE CURITIBA ENTRE 1970 E 2000	05
TABELA 3 – DADOS POPULACIONAIS PARA OS BAIROS ONDE AS SUBESTAÇÕES EM ESTUDO ESTÃO LOCALIZADAS	07
TABELA 4 – ATENUAÇÃO DO RUÍDO PELA CURVA DE PONDERAÇÃO “A”	18
TABELA 5 – CORREÇÕES DO NÍVEL CRITÉRIO PARA DIFERENTES PERÍODOS – C_p	21
TABELA 6 – CORREÇÕES DO NÍVEL CRITÉRIO PARA DIFERENTES ZONAS – C_z	21
TABELA 7 – RESPOSTA ESTIMADA DA COMUNIDADE AO RUÍDO	21
TABELA 8 – LIMITES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS DE RUÍDO	22
TABELA 9 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO BACACHERI	36
TABELA 10 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO BARIGUI	36
TABELA 11 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO BATEL	37

TABELA 12 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO	37
TABELA 13 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO MERCÊS	38
TABELA 14 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – PILARZINHO	38
TABELA 15 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA	39
TABELA 16 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BACACHERI ...	42
TABELA 17 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BACACHERI – PERÍODO DIURNO – dB(A)	46
TABELA 18 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BACACHERI – PERÍODO NOTURNO – dB(A)	46
TABELA 19 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BARIGUI	51
TABELA 20 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BARIGUI – PERÍODO DIURNO – dB(A)	52

TABELA 21 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BARIGUI – PERÍODO NOTURNO – dB(A)	53
TABELA 22 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BATEL	55
TABELA 23 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BATEL – PERÍODO DIURNO – dB(A)	57
TABELA 24 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BATEL – PERÍODO DIURNO – dB(A)	58
TABELA 25 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE CAMPO COMPRIDO	59
TABELA 26 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE MERCÊS	64
TABELA 27 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE MERCÊS – PERÍODO DIURNO – dB(A)	65
TABELA 28 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE MERCÊS – PERÍODO DIURNO – dB(A)	66
TABELA 29 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE PILARZINHO ..	68
TABELA 30 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE PILARZINHO – PERÍODO DIURNO – dB(A)	70
TABELA 31 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE PILARZINHO – PERÍODO DIURNO – dB(A)	70
TABELA 32 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BACACHERI ...	72
TABELA 33 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – PERÍODO DIURNO – dB(A)	75

TABELA 34 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – PERÍODO NOTURNO – dB(A)	75
TABELA 35 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BACACHERI – COM BARREIRAS – dB(A)	81
TABELA 36 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE PILARZINHO – COM BARREIRAS – DB(A)	85
TABELA 37 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – COM BARREIRAS – dB(A)	86

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CRESCIMENTO POPULACIONAL DE CURITIBA NO PERÍODO 1852-2000	06
GRÁFICO 2 – CRESCIMENTO POPULACIONAL DE CURITIBA NO PERÍODO 1970-2000	06
GRÁFICO 3 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO BOA VISTA NO PERÍODO 1970-2000	50
GRÁFICO 4 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO CIDADE INDUSTRIAL DE CURITIBA NO PERÍODO 1970-2000	54
GRÁFICO 5 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO ÁGUA VERDE NO PERÍODO 1970-2000	58
GRÁFICO 6 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO ORLEANS NO PERÍODO 1970-2000	62
GRÁFICO 7 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO MERCÊS NO PERÍODO 1970-2000	67
GRÁFICO 8 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO TABOÃO NO PERÍODO 1970-2000	72
GRÁFICO 9 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO SANTA QUITÉRIA NO PERÍODO 1970-2000	78

LISTA DE SIGLAS

CAD – Computer Aided Designer

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NBR – Norma Brasileira

RLS-90 – Richtlinien fuer Laerbekaempfung an Strassen

SE – Subestação de energia elétrica

LISTA DE SÍMBOLOS

χ - constante que depende dos gases (1,4 para o ar)

λ - comprimento de onda

μPa – micro Pascal

c – velocidade do som no ar

dB – decibel

dB(A) – decibel ponderado pela curva A

f – frequência do som

Hz – Hertz

I – intensidade sonora

I_0 – intensidade sonora de referência

L_{eq} – nível equivalente

L_{10} – nível estatístico L_{10}

L_{90} – nível estatístico L_{90}

\log – logaritmo base 10

M – peso molecular de um gás ($2,87 \cdot 10^{-2}$ kg / mol para o ar)

N / m^2 – Newton por metro quadrado

NPS – Nível de pressão sonora

p – pressão sonora

p_0 – pressão sonora de referência

R – constante dos gases (8,31 J / k mol)

r – distância fonte – receptor

T – temperatura absoluta do gás (K)

W – potência sonora da fonte

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o impacto do ruído advindo de subestações de energia elétrica na cidade de Curitiba sobre a população residente em suas vizinhanças. Esse impacto foi estudado com o auxílio de uma ferramenta computacional capaz de mapear o campo acústico das subestações e de suas circunvizinhanças.

Os levantamentos dos dados foram feitos ao longo do final do primeiro e de todo o segundo semestre do ano de 2002, e no estudo foram considerados diversos fatores: 1) potência sonora dos transformadores; 2) tráfego nas ruas circundantes; 3) posicionamento das paredes corta-fogo, das edificações e dos muros; 4) topografia do terreno.

Foram analisadas sete subestações e, para cada qual, foram traçados mapas acústicos para os seguintes casos: 1) período diurno; 2) período noturno. Com esses mapas foi possível visualizar qual o nível sonoro incidente nas fachadas das edificações. Foram geradas também tabelas contendo informações das incidências sonoras das fontes discriminadas, ou seja, as componentes advindas de cada rua e de cada transformador. Os níveis sonoros preditos foram comparados com a legislação ambiental de emissões sonoras em vigor na cidade, Lei 8583 / 1995.

Finalmente foram simuladas, através do *software*, a colocação de barreiras acústicas em torno dos transformadores para alguns casos, a fim de se avaliar a redução no desconforto acústico causado pelos transformadores na população vizinhas às subestações.

Esses mapas ajudarão no planejamento urbano, pois já será de conhecimento do poder público a situação atual de emissão acústica em torno das subestações avaliadas.

Palavras-chave: subestação de energia elétrica, ruído, mapeamento acústico

ABSTRACT

This survey is intended to characterize the noise impact due to electrical energy substations in the city of Curitiba over the population living in their vicinity. This impact has been studied with the aid of a computational tool capable of mapping the acoustical field of substations and their vicinity.

The acquisition of the data have been done throughout the end of the first and the whole second semester of 2002, and several factors have been considered in this survey: 1) sound power of the transformers; 2) vehicle flow on the surrounding roads; 3) positioning of the fire-walls, of the buildings and of the walls; 4) terrain topography. Seven substations have been analyzed, and acoustical maps have been traced for each of them for the following cases: 1) day period; 2) night period. With these maps it was possible to visualize what was the incident noise level on the building facades. Tables containing information on the incident noise levels from separated sources have also been generated, in other words, the components from each road and each transformer. The predicted noise levels have been compared to the environmental legislation of the noise emissions in effect in the city, Law 8583 / 1995.

Finally the construction of noise barrier walls surrounding the transformers has been simulated, via the software, for some cases, in order to evaluate the reduction on the acoustical discomfort caused by the transformers over the neighborhood population.

These maps will help the urban planning, as the public administration will know the current situation of acoustical emission in the vicinity of the evaluated substations.

Key-words: electrical energy substation, noise, acoustical mapping

1. INTRODUÇÃO

1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É muito comum, hoje em dia, ouvir-se falar de questões relacionadas ao conforto acústico das pessoas, não só em ambientes de trabalho, mas em suas próprias moradias. O crescimento das cidades causa um efeito colateral: o crescimento do ruído urbano, advindo principalmente do aumento do tráfego, assim como de outros ruídos provocados pelas pessoas. Alguns estudos têm mostrado esse problema (SAADU et al., 1996, OSADA et. al., 1997; KAGEYAMA et. al., 1997; SATO et. al., 1999, ZANNIN et. al., 2001, ZANNIN et. al. 2002a, ZANNIN et. al. 2002b), nos quais foram mostrados que o trânsito era a principal componente de incômodo causado pelo ruído das grandes cidades. Na própria cidade de Curitiba já foi conduzido um estudo nesse sentido, onde se avaliou, através de questionários aplicados aos diversos moradores escolhidos aleatoriamente, qual tipo de fonte sonora mais incomodava os respondentes (ZANNIN et. al., 2002).

O trânsito é a fonte sonora mais presente nas cidades, uma vez que não há pontos onde não se tenha uma rua próxima. Mas existem outras fontes de ruído urbano que agem em pontos específicos de uma cidade. O ruído de construções civis, por exemplo, pode superar o ruído de trânsito nas regiões circunvizinhas à obra. O mesmo ocorre para templos religiosos, casas noturnas e subestações elétricas. Essas fontes afetam um número específico de pessoas pois não estão presentes uniformemente numa cidade, como o trânsito. Mas nem por isso podem ser esquecidas.

Este trabalho se fixa em uma dessas fontes: as subestações de energia elétrica. Algumas delas são urbanas e, dentre essas, a maioria não possui transformadores enclausurados. Os transformadores das subestações, comumente referidos como trafos, produzem um ruído particularmente diferente dos outros tipos de fontes, por possuírem componentes tonais audíveis. Isso significa que o ruído possui frequências bem definidas, com algumas componentes se destacando. No caso dos transformadores,

essas frequências são 120 Hz e seus harmônicos, ou seja, 240 Hz, 360 Hz e assim por diante. Geralmente os dois principais harmônicos são os principais.

Esse tipo de ruído causa um incômodo maior que os outros ruídos, traduzido por uma penalização de 5 dB(A), imposto pela norma NBR-10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

1.2. OBJETIVOS

Os objetivos deste estudo são:

- a) caracterizar sete subestações de energia elétrica situadas em regiões urbanas da cidade de Curitiba quanto à emissão sonora;
- b) caracterizar o incômodo causado por essas subestações nas regiões vizinhas;
- c) fazer uma predição do impacto que elas irão causar no futuro, tendo em vista o aumento populacional da cidade.

As subestações analisadas foram as seguintes:

- a) SE Bacacheri;
- b) SE Barigui;
- c) SE Batel;
- d) SE Campo Comprido;
- e) SE Mercês;
- f) SE Pilarzinho;
- g) SE Santa Quitéria;

A SE Campo Comprido é a única que não se situa nas proximidades de habitações.

Para se atingir os objetivos propostos, mapeamentos acústicos foram feitos para o interior das subestações citadas, assim como para as áreas vizinhas.

Como objetivo complementar, foi estudada ainda a perda de imissão sonora nas habitações ao se instalar barreiras acústicas em torno dos transformadores de algumas das subestações. Tanto o mapeamento acústico como o estudo das barreiras foram feitos utilizando-se o *software* de mapeamento e predição acústica *SoundPlan*, versão 5.5 (Braunstein e Berndt, 2001) .

Ao final do estudo, através do mapeamento acústico, chega-se a uma caracterização, em linhas gerais, do incômodo causado pelos transformadores das subestações à população vizinha. Para as áreas ainda não construídas, o mapeamento mostrou qual o nível de imissão sonora recebida pelos terrenos vizinhos, o que será uma grande ajuda para o planejamento de novas habitações nessas áreas.

É importante salientar que, como dito anteriormente, o ruído de tráfego é praticamente onipresente em toda a área de uma cidade. Esse tipo de ruído não foi desconsiderado nesse estudo, mas o ruído total a que uma determinada habitação está exposta foi dividido entre as componentes do trânsito e as componentes advindas da subestação.

Foge do escopo deste trabalho estudar a fonte sonora em si, ou seja, o transformador, por ser uma fonte sonora de estrutura bastante complexa, o que vale por si só um estudo completo.

1.3. A CIDADE DE CURITIBA

Curitiba é a capital do estado do Paraná, localizada na região sul do Brasil. De acordo com o censo de 2000, contava com 1.586.848 habitantes. O próximo capítulo trata de aspectos demográficos da cidade com mais detalhes. A cidade possui uma área de 432 km² e está a uma altitude de 934 metros (Curitiba em dados, 1996), possuindo poucas colinas.

Segundo o Detran-PR, o número total de veículos, considerando-se todas as categorias, era de 738.234 em junho de 2002. Esse número vem crescendo, como mostra a tabela 1 a seguir.

TABELA 1 – NÚMERO TOTAL DE VEÍCULOS NA CIDADE DE CURITIBA

ANO	1997	1998	1999	2000	2001	JUNHO DE 2002
Número de veículos	619.237	655.386	684.212	674.781	722.997	738.234

FONTE: DETRAN – COORDENADORIA DE VEÍCULOS

NOTA: Redução na frota do ano de 2000, com a retirada dos veículos de placas amarelas do cadastro do DETRAN.

2. DADOS POPULACIONAIS DE CURITIBA

2.1. DADOS POPULACIONAIS E CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO

De acordo com o recenseamento realizado em 2000, a população total de Curitiba era de 1.586.848 habitantes, sendo 760.641 homens e 826.207 mulheres (IBGE, 2000). A população da cidade continua crescendo, como mostra a tabela 2 (IBGE, 2000).

TABELA 2 – POPULAÇÃO TOTAL DE CURITIBA ENTRE 1970 E 2000

ANO	POPULAÇÃO RESIDENTE EM CURITIBA
1970	624.362
1980	1.052.147
1991	1.313.094
1996	1.476.253
2000	1.586.848

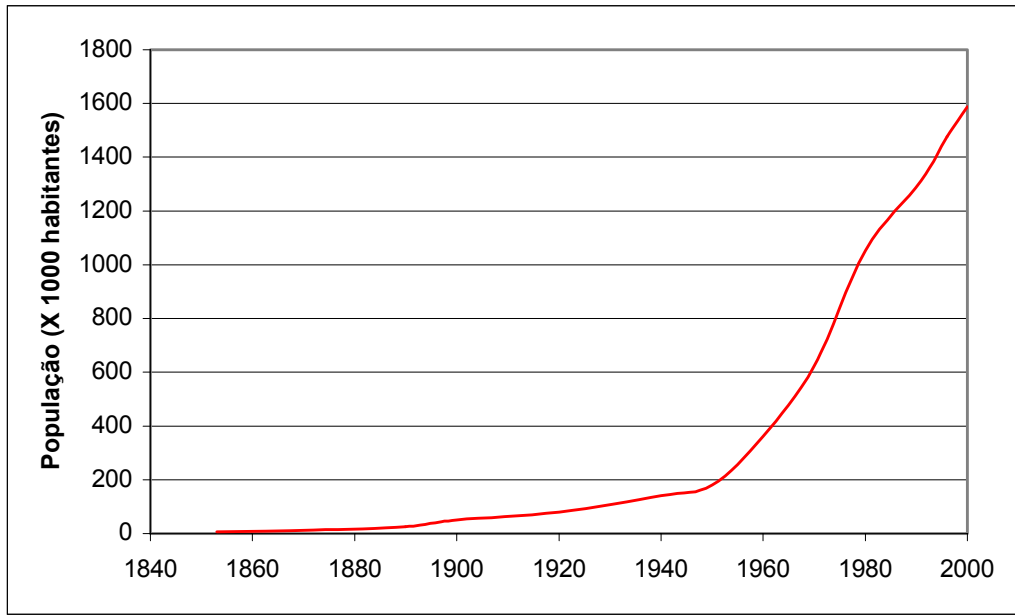
FONTE: IBGE

O gráfico 1 mostra o crescimento populacional em Curitiba de acordo com todos os censos realizados desde 1853 (IBGE, 2000). Foram realizados censos em: 1853, 1872, 1890, 1900, 1920, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 1996 e 2000.

O crescimento populacional da cidade, nos últimos anos, foi bastante superior aos períodos anteriores (IBGE, 2000). O gráfico 2 mostra claramente esse crescimento a partir do censo de 1970.

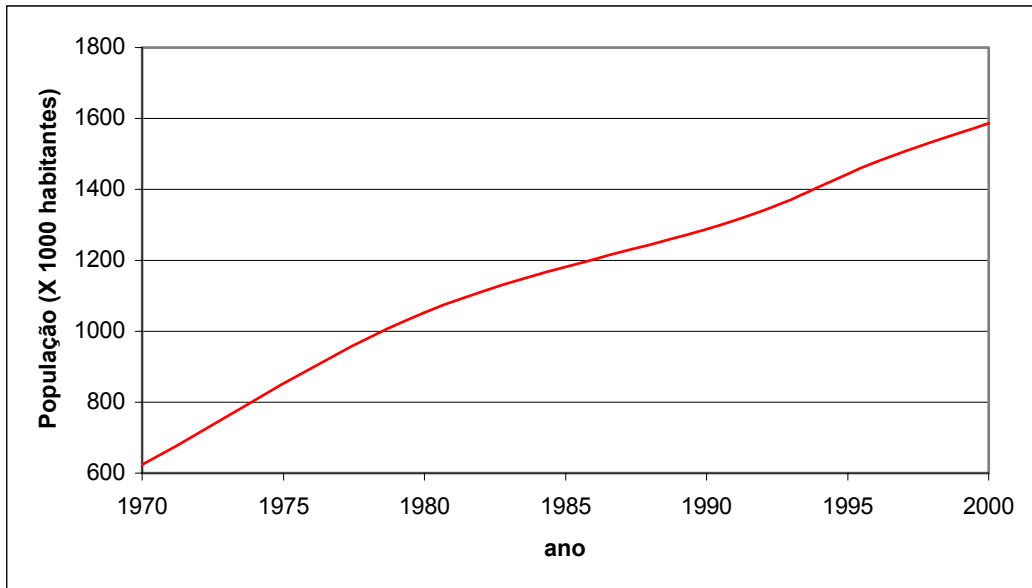
Esse aumento populacional não só faz aumentar o ruído urbano, mas coloca mais pessoas expostas a esse ruído. Este trabalho visa, além de elaborar mapeamentos dos campos acústicos nas vizinhanças de 7 subestações, fazer uma análise do impacto que o ruído gerado por essas subestações provoca sobre a população vizinha às instalações. Considerou-se importante fazer uma análise populacional nos bairros onde as subestações estudadas estão localizadas.

GRÁFICO 1 – CRESCIMENTO POPULACIONAL DE CURITIBA NO PERÍODO 1852-2000



FONTE: IBGE

GRÁFICO 2 – CRESCIMENTO POPULACIONAL DE CURITIBA NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

A tabela 3, a seguir, traz dados populacionais para os sete bairros em estudo, onde as subestações de energia elétrica analisadas estão localizadas.

TABELA 3 – DADOS POPULACIONAIS E DE ÁREA PARA OS BAIRROS ONDE AS SUBESTAÇÕES EM ESTUDO ESTÃO LOCALIZADAS

BAIRRO	ÁGUA VERDE	BOA VISTA	CIDADE INDUSTRIAL	MERCÊS	ÓRLEANS	SANTA QUITÉRIA	TABOÃO
Subestação	SE Batel	SE Bacacheri	SE Barigui	SE Mercês	SE Campo Comprido	SE Santa Quitéria	SE Pilarzinho
Área (m ²)	476,4	513,6	4337,8	327,6	512,1	208,8	171,5
População 1970	25.114	15.506	21.973	17.413	3.124	5.948	1.515
População 1980	31.979	20.741	45.904	19.520	4.473	12.519	1.598
População 1991	45.438	29.642	116.001	16.169	5.456	11.766	2.048
População 1996	49.863	29.288	150.985	14.613	6.126	11.248	2.326
População 2000	49.858	29.388	157.391	14.020	7.260	11.725	2.670
Densidade Demográfica (hab. / km ²) 1970	52,72	30,19	5,07	53,15	6,10	28,49	8,83
Densidade Demográfica (hab. / km ²) 1980	67,13	40,38	10,58	59,58	8,73	59,96	9,32
Densidade Demográfica (hab. / km ²) 1991	95,38	57,71	26,74	49,36	10,65	56,35	11,94
Densidade Demográfica (hab. / km ²) 1996	104,67	57,02	34,81	44,61	11,96	53,87	13,56
Densidade Demográfica (hab. / km ²) 2000	104,66	57,22	36,28	42,80	14,18	56,15	15,57

FONTE: IBGE

Uma grande questão que se ergue ao se estudar o incômodo causado por alguma fonte sonora à população da vizinhança é saber quem se instalou primeiro: a população ou a fonte. Em algumas ocasiões, o crescimento das cidades força a urbanização de áreas próximas a uma fonte sonora, como uma indústria, um aeroporto ou mesmo uma subestação de energia elétrica. Diferentemente, a instalação de tais fontes em áreas já urbanizadas constitui-se a outra faceta do problema. Nessa situação, as pessoas, antes morando em lugares sem ruído intenso, de repente se vêm expostas a uma situação de desconforto acústico.

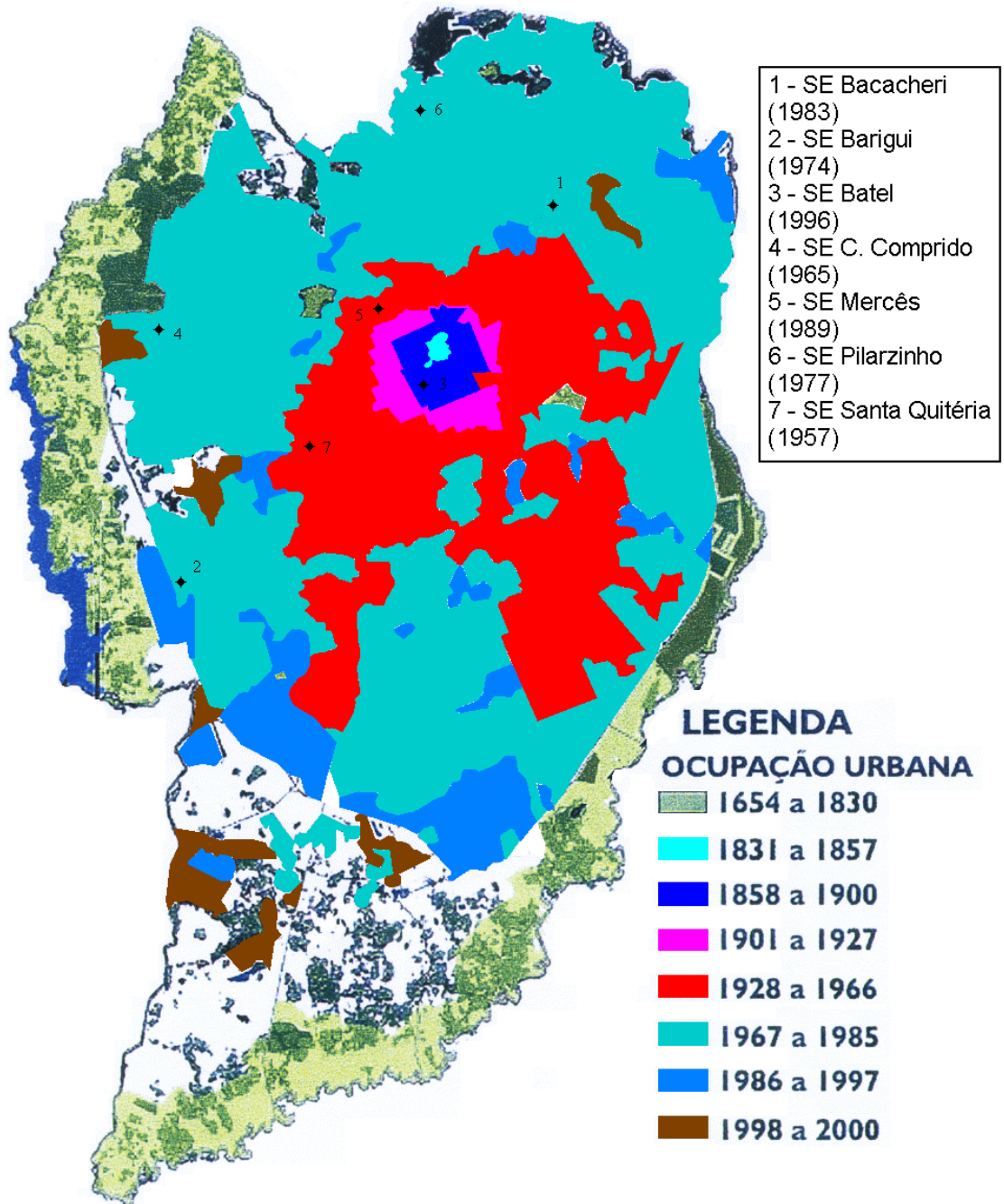
Nesse sentido, pode-se fazer um estudo da evolução da ocupação urbana e confrontar esses dados com o período da instalação das subestações aqui consideradas.

2.2. A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA EM CURITIBA

A ocupação urbana na cidade de Curitiba, depois da década de 1830, seguiu um padrão radial, espalhando-se a partir de um centro onde hoje se localiza o Setor Histórico da cidade, entre os bairros Centro e São Francisco (Curitiba em dados, 2000). O mapa apresentado na figura 1 resume essa evolução da ocupação urbana. Nos anos mais recentes, a população ocupou áreas bastante afastadas do Setor Histórico.

É possível, do mapa da figura 1, extrair a informação da época em que a população se instalou em determinada área da cidade de Curitiba. Essa informação pode ser confrontada com as épocas de energizações das subestações de energia elétrica.

FIGURA 1 – A EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA EM CURITIBA NO PERÍODO 1654 – 2000



FONTE: CURITIBA EM DADOS, 2000

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes da continuidade do trabalho, serão apresentados aqui alguns conceitos pertinentes à área da Acústica para um melhor entendimento do mesmo. Serão introduzidos também aspectos relacionados à Lei 10625 de 2002, em vigor na cidade de Curitiba, que dispõe sobre ruídos urbanos e proteção do bem estar e do sossego público (AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2002).

3.1. SOM E RUÍDO

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 (SCHULTZ, 1982). Na realidade, qualquer meio elástico pode propagar o som, mas a propagação no ar é a mais importante no escopo do presente trabalho. Dependendo da natureza do som, essas flutuações podem ou não seguir padrões repetitivos. Através delas, energia é transmitida pelo meio gasoso, líquido ou sólido pelo qual o som se propaga, a partir da fonte sonora (HASSAL E ZAVERI, 1979).

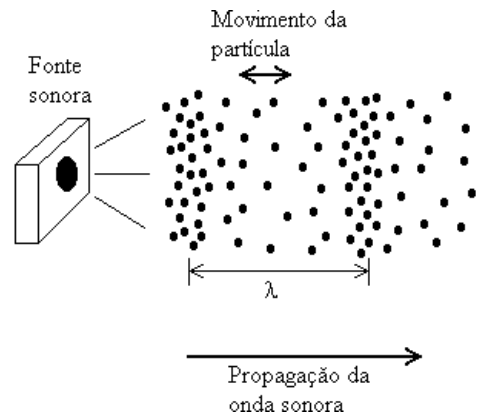
Ruído é definido como som indesejável (HASSAL E ZAVERI, 1979). Normalmente, é o resultado de atividades humanas do dia-a-dia. Portanto, a diferença entre som e ruído reside apenas na percepção subjetiva das pessoas, pois constituem o mesmo fenômeno físico (GOELZER et. al., 2001).

3.2. PROPAGAÇÃO DO SOM

Para se estudar a propagação do som no meio, deve-se considerar esse meio ao nível da partícula. Se excitado 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. A figura 2 ilustra o processo.

FIGURA 2 – A PROPAGAÇÃO DE UMA ONDA SONORA AO NÍVEL DA PARTÍCULA



Dependendo do meio onde o som está se propagando, o tempo necessário para a energia ser transferida de uma partícula para a sua vizinha varia. A causa direta desse fato é a mudança da velocidade do som de acordo com o meio. A equação da velocidade do som em um meio é a seguinte:

$$c = \sqrt{\frac{\chi RT}{M}} \quad (1)$$

onde: χ é uma constante que depende do gás (1,4 para o ar)

R é a constante universal dos gases (8,31 J / K mol)

T é a temperatura absoluta do gás (K)

M é o peso molecular do gás ($2,87 \cdot 10^{-2}$ Kg / mol para o ar)

Na maioria das aplicações da Acústica, que é o caso deste trabalho, o ar é considerado como meio de propagação. Substituindo-se os valores aplicáveis para o ar na equação (1), chega-se à velocidade de propagação do som no ar: $c = 344$ m/s a 20°C .

O comprimento de onda λ é o espaço entre duas compressões sucessivas (identificadas na figura 2). Tendo-se o comprimento de onda e sua velocidade de

propagação c , pode-se chegar ao tempo decorrido entre duas compressões (ou expansões) sucessivas (T), de acordo com a equação (2):

$$\lambda = cT \quad (2)$$

onde: λ é o comprimento de onda

c é a velocidade do som

T é o tempo decorrido entre duas expansões ou compressões

Mas o tempo entre duas expansões está relacionado com a frequência, definida como o número de repetições de um evento por unidade de tempo. A frequência (f) é o inverso do tempo (T). Portanto, a equação (2) fica:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

onde: λ é o comprimento de onda

c é a velocidade do som

f é a frequência do som

Em muitos casos, a fonte sonora pode ser considerada como pontual, pois suas dimensões são muito pequenas se comparadas à sua distância ao receptor. Uma determinada fonte emitindo um ruído tem uma determinada potência sonora associada, ou seja, é uma característica inerente à fonte. O som se propaga em todas as direções a partir da fonte, em ondas esféricas, de modo que a energia será dividida em uma área esférica cada vez maior. Essa divisão da energia fará com que a intensidade do som caia com sua propagação. Dessa forma, a intensidade sonora (I) pode ser definida como a potência sonora da fonte dividida pela área perpendicular à propagação sonora, de acordo com a equação (4):

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (4)$$

onde: W é a potência sonora da fonte

r é a distância da fonte

3.3. PROPRIEDADES DO SOM

Os próximos itens se referem à algumas propriedades pertinentes à propagação das ondas sonoras ao encontrarem um obstáculo. O *software SoundPlan* considera em seus cálculos todas as características descritas a seguir.

3.3.1. Absorção Sonora

Quando uma onda sonora encontra uma superfície, uma parte de sua energia é perdida. 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, em outras palavras, toda a 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 podem ser usados em indústrias ruidosas a fim de se evitar reflexões do som em paredes, por exemplo, de concreto.

3.3.2. Reflexão Sonora

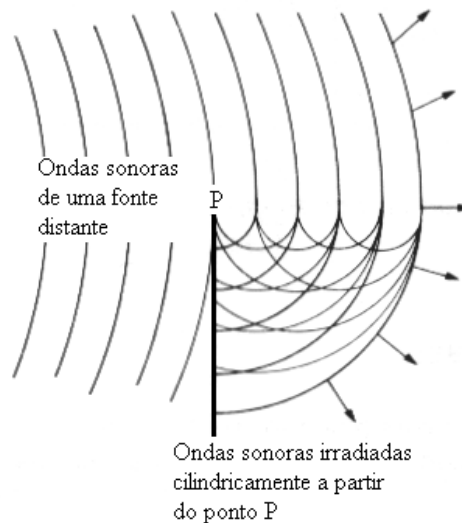
Durante o contato de uma onda sonora com uma superfície, parte da energia é refletida. A parte da energia refletida em função da energia total incidente depende do tipo de superfície. Materiais absorventes, por exemplo, refletem pouca energia. Já materiais com grande capacidade de reflexão sonora são ditos duros, como o concreto. Esses materiais refletem a onda sonora da mesma forma que a luz é refletida em um espelho. Assim, para um receptor localizado próximo a uma superfície refletora, há duas frentes de onda: uma saída diretamente da fonte sonora e chegando no receptor, e outra saída da fonte sonora, refletida na superfície e finalmente chegando no receptor.

Medições de pressão sonora não devem ser feitas próximas a superfícies refletoras devido ao acréscimo da energia sonora nesses locais.

3.3.3. Difração Sonora

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 3. 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 4, onde a fenda de dimensões menores que o comprimento de onda também funciona como uma pequena fonte, irradiando ondas a partir dela.

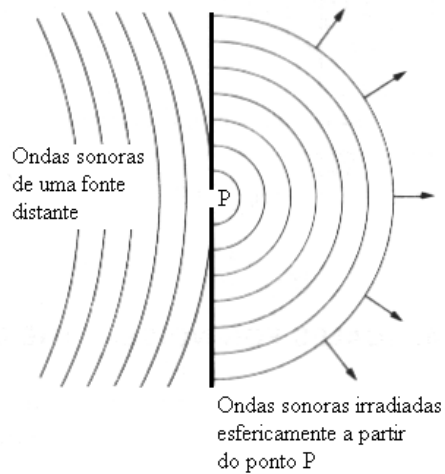
FIGURA 3 – EFEITO DA DIFRAÇÃO SONORA DEVIDO A UMA BEIRADA DE PAREDE



FONTE: HASSAL J. R, ZAVERI, K.

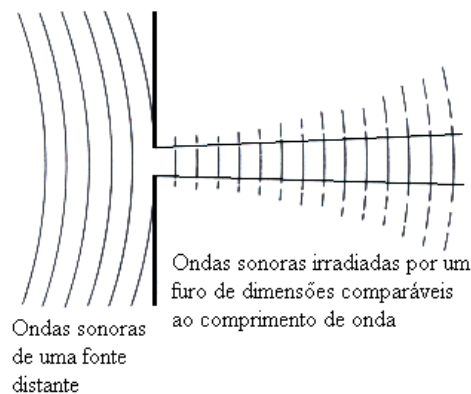
Para fendas muito menores que o comprimento de onda, a fenda irradia ondas sonoras em todas as direções, não havendo assim a formação de uma região de sombra acústica. Mas se a dimensão da fenda for comparável ao comprimento de onda, um padrão distinto se formará, causando inclusive uma pequena sombra acústica atrás da parede. A figura 5 ilustra esse fato.

FIGURA 4 – EFEITO DA DIFRAÇÃO SONORA DEVIDO A UM FURO NA PAREDE



FONTE: HASSAL J. R, ZAVERI, K.

FIGURA 5 – EFEITO DA DIFRAÇÃO SONORA DEVIDO A UM FURO NA PAREDE DE DIMENSÕES COMPARÁVEIS AO COMPRIMENTO DE ONDA



FONTE: HASSAL J. R, ZAVERI, K.

3.3.4. Diretividade

A propagação do som a partir de uma fonte sonora pontual se dá igualmente em todas as direções (GOELZER et. al., 2001), ou seja, se medições forem feitas à mesma distância da fonte mas em posições diferentes, o mesmo nível sonoro será obtido. Mas este não é o caso observado comumente. O som irradiado a partir de uma fonte extensa apresenta diferentes intensidades de acordo com a direção considerada. A potência sonora irradiada pela fonte pode então ser quantificada em termos do ângulo, do qual ela é dependente.

3.4. MEDIÇÃO DO RUÍDO

3.4.1. O Nível de Pressão Sonora

Como dito anteriormente, o som ou ruído se caracteriza por flutuações da pressão atmosférica em torno da pressão de equilíbrio. O ouvido humano é capaz de perceber sons a partir da ordem de $20 \mu\text{Pa}$ ou $2 \cdot 10^{-5} \text{ N / m}^2$, sendo que sons a partir de 200 Pa causam a sensação de dor. Devido à grande variação nas ordens de grandeza envolvidas nesses valores, buscou-se uma escala logarítmica para se expressar os níveis de pressão sonora ao invés de se usar a escala da própria pressão do ar. Como a escala em logaritmo exige uma base de referência, adotou-se o limiar da audição humana para essa base. Dessa forma, define-se a unidade Bel em função da pressão sonora a partir da intensidade sonora:

$$NPS = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Onde: NPS é o nível de pressão sonora em Bel;

I é a intensidade sonora;

I_0 é a intensidade sonora de referência, ou 10^{-12} W/m^2 .

Mas a intensidade sonora é proporcional ao quadrado da pressão sonora.

$$NPS = \log\left(\frac{p^2}{p_0^2}\right)$$

$$NPS = 2 \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

Normalmente, usa-se o decibel ao invés do Bel:

$$NPS = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

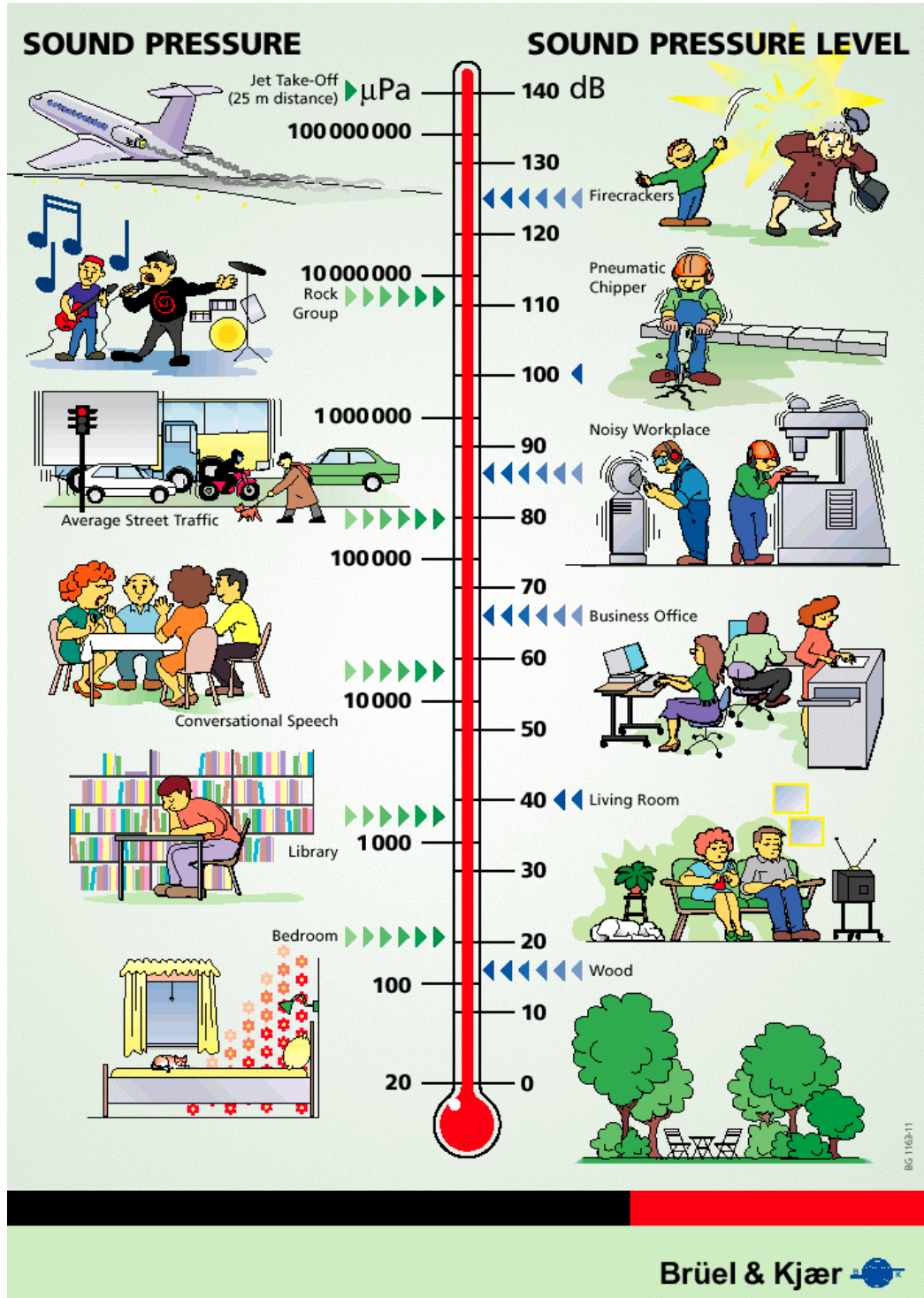
Onde: NPS é o nível de pressão sonora

p é a pressão sonora

p_0 é a pressão sonora de referência, ou seja, $2 \cdot 10^{-5} \text{ N / m}^2$.

A figura 6 mostra alguns valores típicos de nível de pressão sonora.

FIGURA 6 – NÍVEIS SONOROS COMUNS EM dB(A) PARA AMBIENTES EXTERNOS E INTERNOS



Fonte: bruel & kjaer, 2002

3.4.2. Curvas de Ponderação de Ruído

Na maior parte dos casos, o ruído ambiente é composto por várias frequências ao mesmo tempo, sendo observadas frequências baixas como 100Hz e altas como 4000Hz. Mas o ouvido humano não responde a todas as frequências de maneira similar. As pessoas são menos sensíveis a sons de 100Hz do que a sons de 1000Hz, por exemplo. Para se considerar este fato, curvas de ponderação de ruído são aplicadas em todo o espectro de frequências, de modo a linearizar a sensação auditiva para as várias frequências. Os modernos medidores de nível de pressão sonora fazem isso automaticamente, descontando (ou somando) um determinado valor ao nível de pressão sonora já medido, para cada frequência, e apresentando o resultado final.

Existem várias curvas de ponderação, das quais a curva “A” é a mais usada. O nível sonoro ponderado pela curva “A” é dado em dB(A). A tabela 4 traz os valores que devem ser somados ao nível de pressão sonora em dB para se obter os níveis ponderados em dB(A).

TABELA 4 – PONDERAÇÃO DO RUÍDO PELA CURVA “A”

FREQÜÊNCIA (Hz)	CURVA A	FREQÜÊNCIA (Hz)	CURVA A	FREQÜÊNCIA (Hz)	CURVA A
31,5	-39,4	315	-6,6	3150	+1,2
40	-34,6	400	-4,8	4000	+1,0
50	-30,2	500	-3,2	5000	+0,5
63	-26,2	630	-1,9	6300	-0,1
80	-22,5	800	-0,8	8000	-1,1
100	-19,1	1000	0	10000	-2,5
125	-16,1	1250	+0,6	12500	-4,3
160	-13,4	1600	+1,0	16000	-6,6
200	-10,9	2000	+1,2	20000	-9,3
250	-8,9	2500	+1,3	-	-

FONTE: GERGES, 1992

3.4.3. Nível Equivalente L_{eq} , Nível Estatístico L_{10} e Nível Estatístico L_{90}

3.4.3.1. Nível Equivalente (L_{eq})

Durante uma medição de ruído, este costuma variar bastante no tempo à medida que os eventos ruidosos ocorrem. Assim, é possível estabelecer um valor único de pressão sonora que resumirá todo o intervalo de medição desse ruído e suas variações. Esse valor é chamado nível equivalente, simbolizado por L_{eq} , e traduz qual será o nível contínuo de ruído que provocará o mesmo dano auditivo. Normalmente, os resultados das medições são dados em L_{eq} .

3.4.3.2. Níveis Estatísticos L_{10} e L_{90}

Os níveis estatísticos de ruído L_n são definidos como o nível, durante um intervalo de medição, que foi superado em $n\%$ do tempo de medição. Apesar de n poder variar entre 0 e 100%, os níveis estatísticos mais usuais são o L_{10} e o L_{90} .

O nível estatístico L_{90} , nível este superado em 90% do tempo de medição, é comumente referido como ruído de fundo.

3.5. AS SUBESTAÇÕES E OS TRANSFORMADORES DE ENERGIA

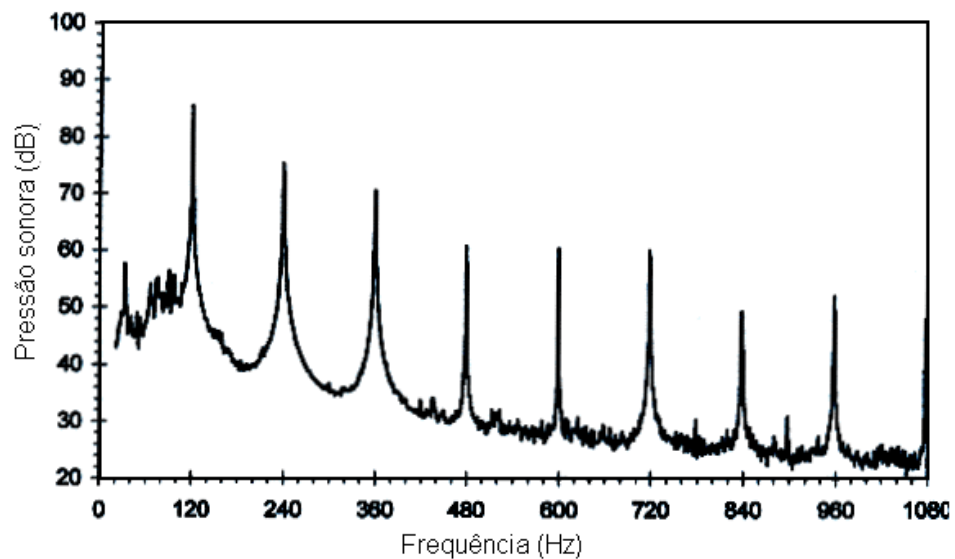
As subestações de energia elétrica são instalações que recebem energia elétrica em alta voltagem e a convertem para baixa a fim de ser distribuída para a população. As estruturas que fazem tal conversão são os transformadores de energia elétrica, que são as principais fontes de ruído em subestações. Seu ruído característico se deve a um fenômeno chamado magnetoestricção.

O núcleo de um transformador é feito de várias placas de metal especial. Essas placas recebem voltagem e corrente alternadas, ficando excitadas magneticamente. O que produz o ruído é o fato de que, quando uma placa de metal é magnetizada, ela se estende. Uma vez cessada a magnetização, ela volta para o seu tamanho original. Essas expansões e contrações produzem vibração, o que acarreta ruído. Havendo uma expansão e uma contração para cada ciclo de corrente, a frequência do ruído será duas vezes a frequência da rede elétrica, que no Brasil é de 60 Hz. Assim o primeiro

harmônico do ruído dos transformadores é 120 Hz (Federal Pacific Transformer Company, 2003).

A figura 7 traz um espectro típico do ruído de um transformador, determinado por Rodrigues na subestação Horto, em Belo Horizonte.

FIGURA 7 – ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS DE UM TRANSFORMADOR DA SUBESTAÇÃO HORTO, EM BELO HORIZONTE



FONTE: RODRIGUES, 1998

Os transformadores geralmente estão dispostos em pares, e estão separados por uma parede feita de concreto maciço para evitar a propagação de incêndio de um transformador ao outro em caso de acidente. Elas são denominadas paredes corta-fogo e acabam por evitar a propagação sonora dos transformadores para fora.

3.6. ASPECTOS NORMATIVOS

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

A norma NBR 10151 fixa condições para a aceitabilidade do ruído em comunidades. Ela exige que as medições de ruído sejam feitas adotando-se a curva de

ponderação A, a uma altura de 1,2 metro acima do solo e mantendo-se uma distância mínima de 1,5 metro de paredes ou outras superfícies refletoras.

A norma estabelece um nível critério de ruído com o qual os níveis medidos serão comparados. Dependendo do quanto os níveis medidos estão acima do nível critério, diversas reações podem ser observadas por parte da população. O nível critério, em dB(A), é dado por $45 + C_p + C_z$, onde C_p e C_z são correções de acordo com as tabelas 5 e 6.

TABELA 5 – CORREÇÕES DO NÍVEL CRITÉRIO PARA DIFERENTES PERÍODOS – C_p

PERÍODO	CORREÇÃO C_p
Diurno	0
Noturno	-5

FONTE: NBR 10151

TABELA 6 – CORREÇÕES DO NÍVEL CRITÉRIO PARA DIFERENTES ZONAS – C_z

TIPO DE ZONA	CORREÇÃO C_z
Zona de hospitais	0
Residencial urbana	+10
Centro da cidade	+20
Área industrial	+25

FONTE: NBR 10151

A reação da comunidade está sumarizada na tabela 7.

TABELA 7 – RESPOSTA ESTIMADA DA COMUNIDADE AO RUÍDO

VALOR MEDIDO ACIMA DO NÍVEL CRITÉRIO	DESCRIÇÃO DA REAÇÃO DA COMUNIDADE
0	Não se observa reação
5	Queixas esporádicas
10	Queixas generalizadas
15	Ação comunitária
20	Ação comunitária vigorosa

FONTE: NBR 10151

Outro aspecto importante dessa norma é a penalização em 5 dB(A) para ruídos com componente tonais audíveis, como é o caso do ruído dos transformadores das subestações de energia elétrica. De acordo com essa penalização, o nível medido deve ser acrescido do valor acima.

3.6.2. Lei 10625 da Prefeitura Municipal de Curitiba

Essa legislação estabelece limites de ruído medidos a 5 metros das divisas da propriedade, de acordo com a zona de uso. Essa lei considera três períodos: diurno, vespertino e noturno. A tabela 8 traz esses limites de acordo com a zona e com o período do dia.

TABELA 8 – LIMITES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS DE RUÍDO

ZONAS DE USO	DIURNO	VESPERTINO	NOTURNO
ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-B, ZR-AV, ZR-M, APA- SARU, APA-SMRU	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)
ZR-CO, ZR-SF, ZR-U, ZR-P, ZT-MF, ZT-NC, ZE-E, ZE-M, Z-COM, SE-CC, SE-OS, SE-OI, APA-ST	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
ZR-4, ZC, ZT-BR116, ZUM, ZE-D, SE, SH, SE- BR116, SE-MF, SE-CF, SE-WB, SE-AC, SE-CB, CONEC, SE-PE, SC-SF, SC-UM, SE-NC, SEI, SEHIS, SE-LE, APA-SS, Vias prioritárias 1 e 2, Vias setoriais, Vias coletoras 1, 2 e 3	65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, APA-SUE	70 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)

FONTE: LEI 10625 DE 2002

Os períodos do dia considerados pela norma são:

- a) período Diurno: das 07:01 às 19:00;
- b) período Vespertino: das 19:01 às 22:00;
- c) período Noturno: das 22:01 às 07:00.

As diversas zonas da cidade de Curitiba são:

- a) APA-ZR1: Setor de Alta Restrição de Uso;

- b) APA-SMRU: Setor de Média Restrição de Uso;
- c) APA-ST: Setro de Transição;
- d) APA-SUE: Setor de Uso Esportivo;
- e) APA-SS: Setor de Serviço;
- f) CONEC: Setor Especial Conector – Conectora 1, 2, 3, 4;
- g) SC-SF: Setor Especial Comercial Santa Felicidade;
- h) SE: Setor Especial Estrutural;
- i) SE-AC: Setor Especial da Av. Affonso Camargo;
- j) SE-BR116: Setor Especial da BR-116;
- k) SE-CB: Setor Especial da Rua Engenheiro Costa Barros;
- l) SE-CC: Setor Especial Centro Cívico;
- m) SE-F: Setor Especial da Av. Comendador Franco;
- n) SEHIS: Setor Especial de Habitação de Interesse Social;
- o) SEI: Setor Especial Institucional;
- p) SE-LE: Setor Especial Linhão do Emprego;
- q) SE-MF: Setor Especial da Av. Mal. Floriano Peixoto;
- r) SE-NC: Setor Especial Nova Curitiba;
- s) SE-OI: Setor Especial de Ocupação Integrada;
- t) SE-PE: Setor Especial Preferencial de Pedestres
- u) SE-PS: Setor Especial do Pólo de Software;
- v) SE-WB: Setor Especial da Av. Pres. Wenceslau Braz;
- w) SH: Setor Histórico;
- x) ZC: Zona Central;
- y) Z-CON: Zona de Contenção;
- z) ZE-D: Zona Especial Desportiva;
- aa) ZE-E: Zona Especial Educacional;
- ab) ZE-M: Zona Especial Militar;
- ac) ZES: Zona Especial de Serviços;
- ad) ZI: Zona Industrial;
- ae) ZR-1: Zona Residencial 1;

- af) ZR-2: Zona Residencial 2;
- ag) ZR-3: Zona Residencial 3;
- ah) ZR-4: Zona Residencial 4;
- ai) ZR-AV: Zona Residencial Alto da Glória;
- aj) ZR-B: Zona Residencial Batel;
- ak) ZR-M: Zona Residencial Mercês;
- al) ZR-OC: Zona Residencial de Ocupação Controlada;
- am) ZR-P: Zona Residencial Passaúna;
- an) ZR-SF: Zona Residencial Santa Felicidade;
- ao) ZR-U: Zona Residencial Umbará;
- ap) ZS-1: Zona de Serviço 1;
- aq) ZS-2: Zona de Serviço 2;
- ar) ZT-BR116: Zona de Transição BR-116;
- as) ZT-MF: Zona de Transição Av. Mal. Floriano Peixoto;
- at) ZT-NC: Zona de Transição Nova Curitiba;
- au) Z-UM: Zona de Uso Misto.

3.7. DANOS FÍSICOS E PSICOLÓGICOS À EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

A crescente preocupação com as conseqüências da exposição ao ruído tem ocasionado diversos estudos no assunto. Vários artigos têm sido publicados expondo conseqüências da exposição ao ruído e mostrando resultados de pesquisas sociais sobre o incômodo da comunidade derivado do ruído, principalmente o de tráfego (ONNU M. U., 2000; OSADA et. al., 1997; SATO et. al., 1999; YOSHIDA et. al., 1997; SAADU et. al., 1996; GARCIA et. al. 1992; MASCHKE, 1999).

Provavelmente a mais conhecida conseqüência da exposição prolongada ao ruído seja a perda auditiva, um processo que pode ser reversível ou irreversível, dependendo da natureza da exposição. Em termos gerais, exposições prolongadas a níveis de ruído acima de 85 dB(A) são potencialmente danosas, apesar de ser importante considerar tanto o nível sonoro quanto a duração da exposição para o

estudo das consequências à exposição ao ruído (GOELZER B. et. al., 2001). Uma exposição a ruídos industriais tipicamente de 90 dB(A) ou pouco mais, em 8 horas de trabalho, pode causar um deslocamento temporário do limiar de audição, que pode ser corrigido com um descanso. Mas em se repetindo a exposição prolongada a esses ruídos dia após dia, o dano auditivo pode se tornar irreversível. A perda auditiva se dá primeiramente nas altas frequências, indo mais tarde para as baixas.

Outras consequências da exposição ao ruído dizem respeito ao *stress* e à liberação de hormônios (MASCHKE, 1999). O *stress* é uma adaptação do organismo a uma situação diversa da comumente encontrada, o que pode ser um ambiente ruidoso. O organismo libera alguns hormônios, como adrenalina, noradrenalina e glucocorticóides. Eles influenciam a pressão sanguínea, o metabolismo e a taxa de batimentos cardíacos. Esses efeitos são, portanto, consequências indiretas à exposição prolongada ao ruído, que também tem a capacidade de alterar o comportamento da pessoa exposta, fazendo-a consumir mais café ou cigarro, por exemplo. Distúrbios no sono são também muito importantes, especialmente quando a pessoa dorme em um ambiente ruidoso, o que provocará cansaço, mal-humor e queda de produtividade. Esses ambientes ruidosos afetam diretamente a regularidade do sono da pessoa, fazendo-a dormir e acordar diversas vezes durante a noite.

Ademais, estudos recentes mostraram que o sono não é importante somente para o descanso do corpo. Ele é importante também para fixar o aprendizado ocorrido durante o dia, o qual é armazenado numa área do cérebro chamado hipocampo, uma área de armazenagem temporária. O sono se encarrega de transferir esse aprendizado para uma outra área, o córtex, que é maior e permanente (LUCÍRIO, 1999). Durante o sono também ocorrem conexões de lembranças antigas com novas, criando associações e soluções para problemas (LUCÍRIO, 1999).

4. METODOLOGIA

4.1. INTRODUÇÃO

Foram realizadas medições acústicas em sete subestações de energia elétrica (SE) urbanas da cidade de Curitiba. São elas:

- a) SE Bacacheri;
- b) SE Barigui;
- c) SE Batel;
- d) SE Campo Comprido;
- e) SE Mercês;
- f) SE Pilarzinho;
- g) SE Santa Quitéria.

Das subestações analisadas, apenas a SE Batel possui transformadores enclausurados. O intuito de tais medições foi obter dados suficientes para a construção de um modelo bidimensional do campo acústico não só no interior da subestação, mas na vizinhança mais próxima. Para isso, o *software SoundPlan* (Braunstein e Berndt, 2001) foi usado. Através desse *software*, o campo acústico foi gerado e colocado sobre uma planta baixa da subestação e da região vizinha em estudo.

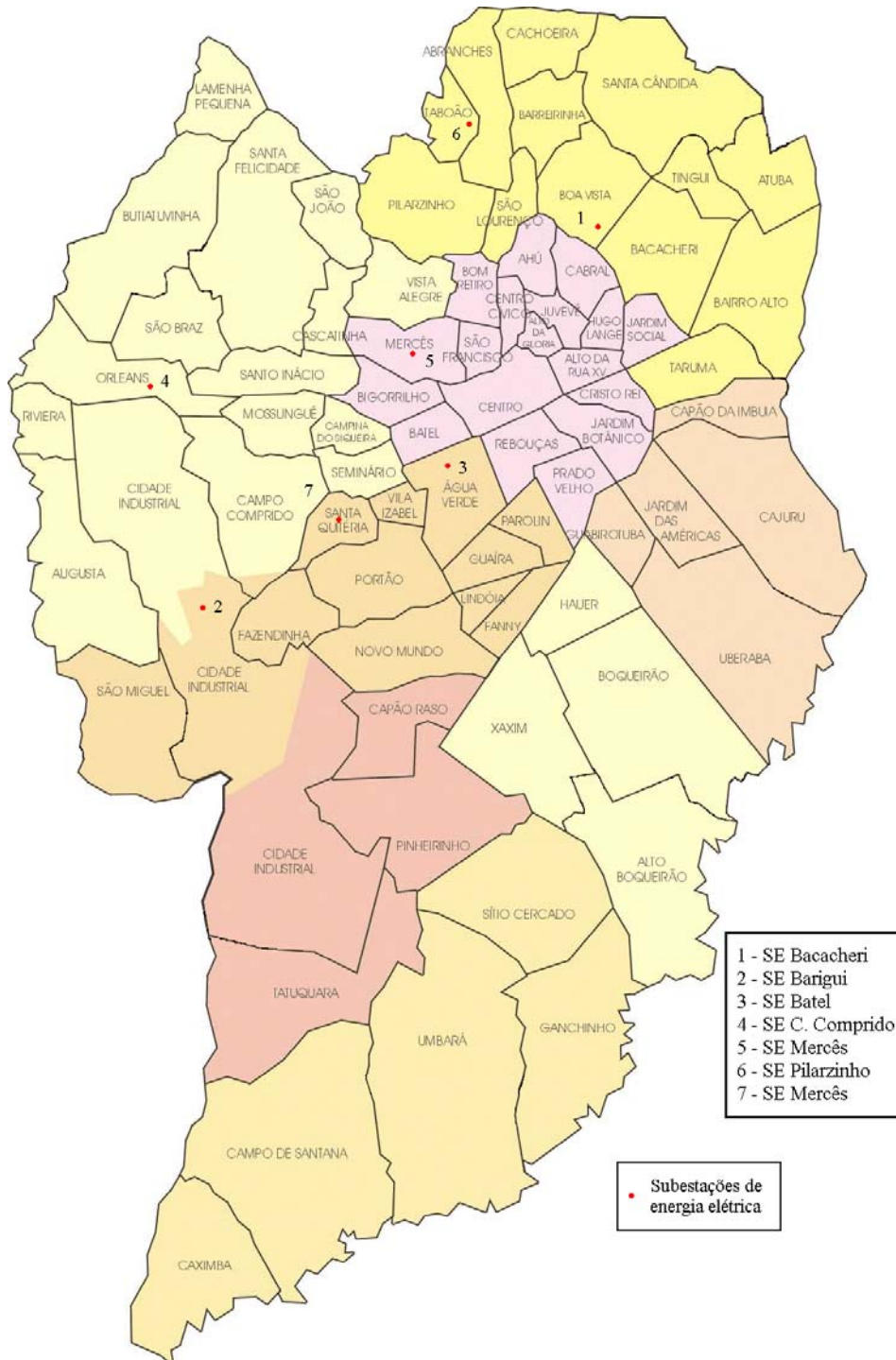
A figura 8 mostra o mapa da cidade de Curitiba, com a divisão dos bairros e a localização das subestações analisadas, enquanto que as figuras 9 a 15 mostram as plantas baixas dessas subestações.

O *software SoundPlan* trabalha com os seguintes tipos de dados de entrada:

- a) potência sonora para as fontes pontuais;
- b) potência sonora por unidade de comprimento para fontes em linha;
- c) potência sonora por unidade de área para fontes em área;
- d) fluxo de veículos, porcentagem de veículos pesados, gradiente da pista e perfil da pista para quantificar o ruído gerado pelo tráfego em ruas ou rodovias;

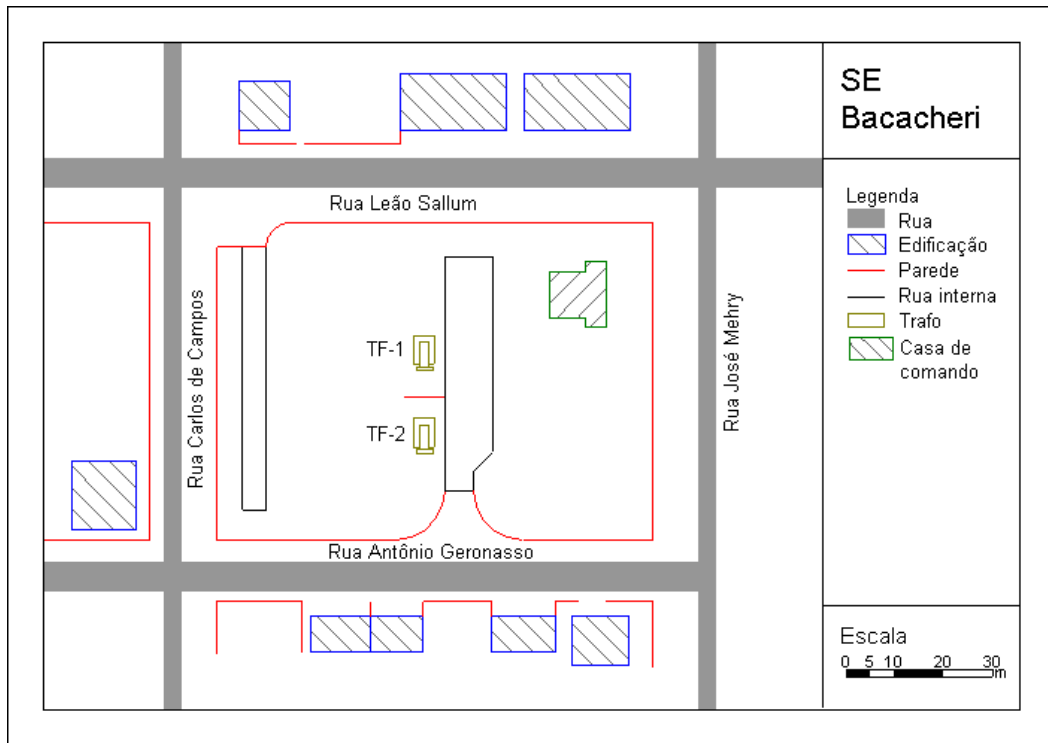
- e) topografia do terreno;
- f) localização das moradias, incluindo casas, edificações e muros;
- g) materiais de construção dos muros.

FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES ESTUDADAS NA CIDADE DE CURITIBA



FONTE: O AUTOR

FIGURA 9 – PLANTA BAIXA DA SE BACACHERI



NOTA: TF significa transformador.

FIGURA 10 – PLANTA BAIXA DA SE BARIGUI

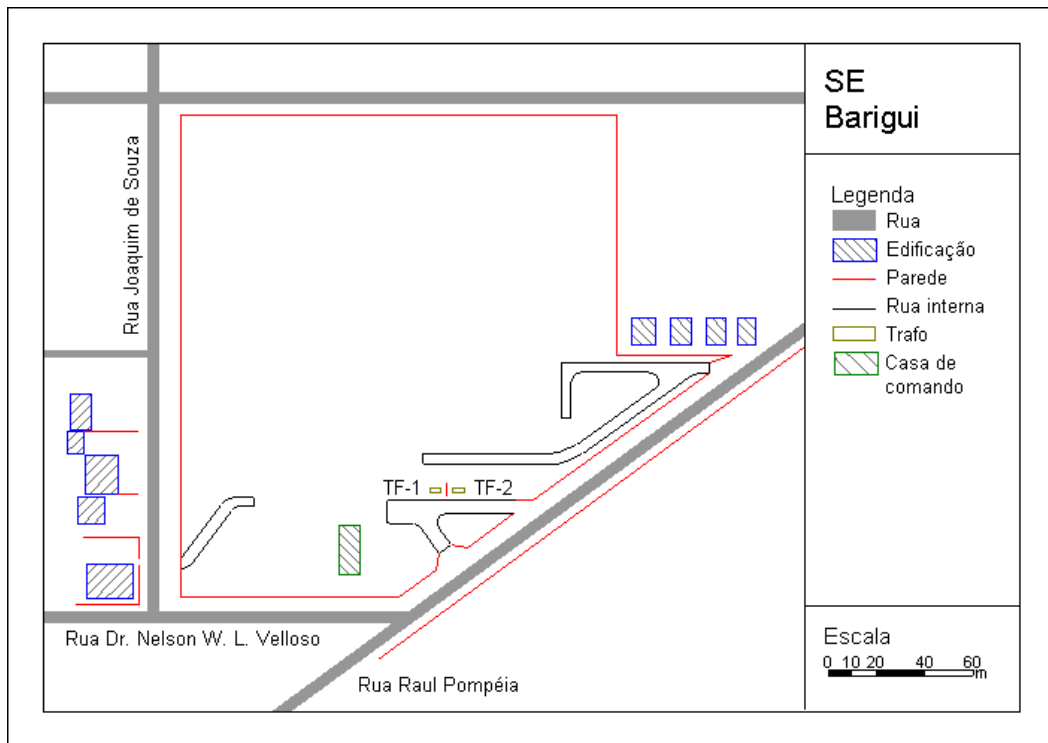


FIGURA 11 – PLANTA BAIXA DA SE BATEL

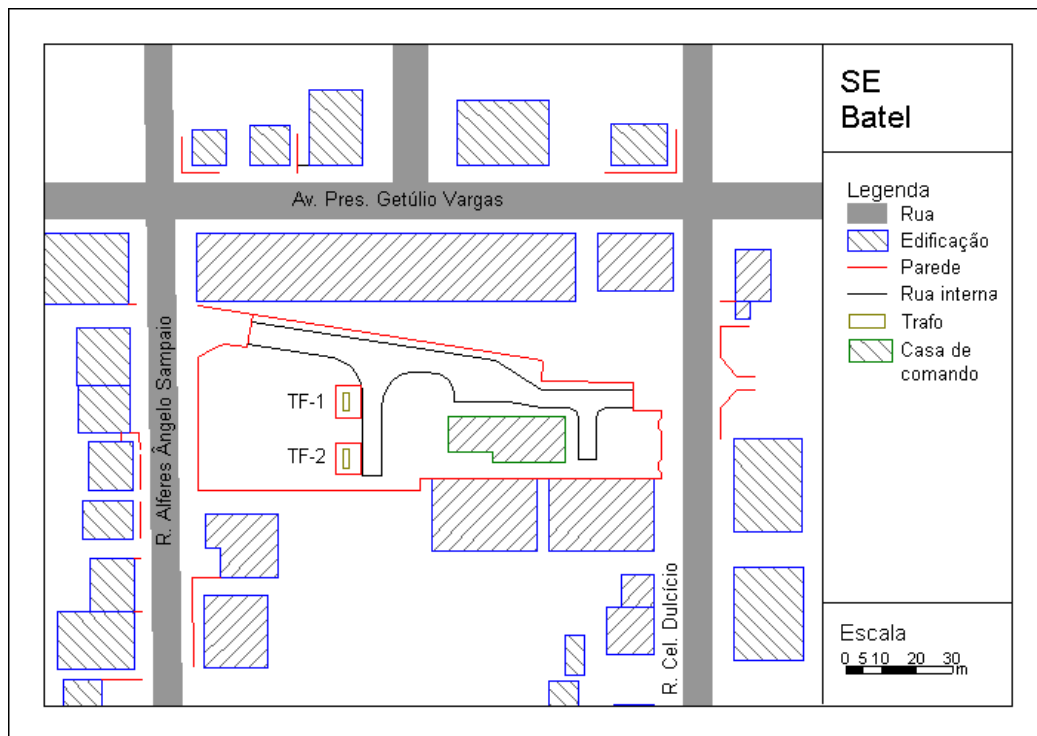


FIGURA 12 – PLANTA BAIXA DA SE CAMPO COMPRIDO

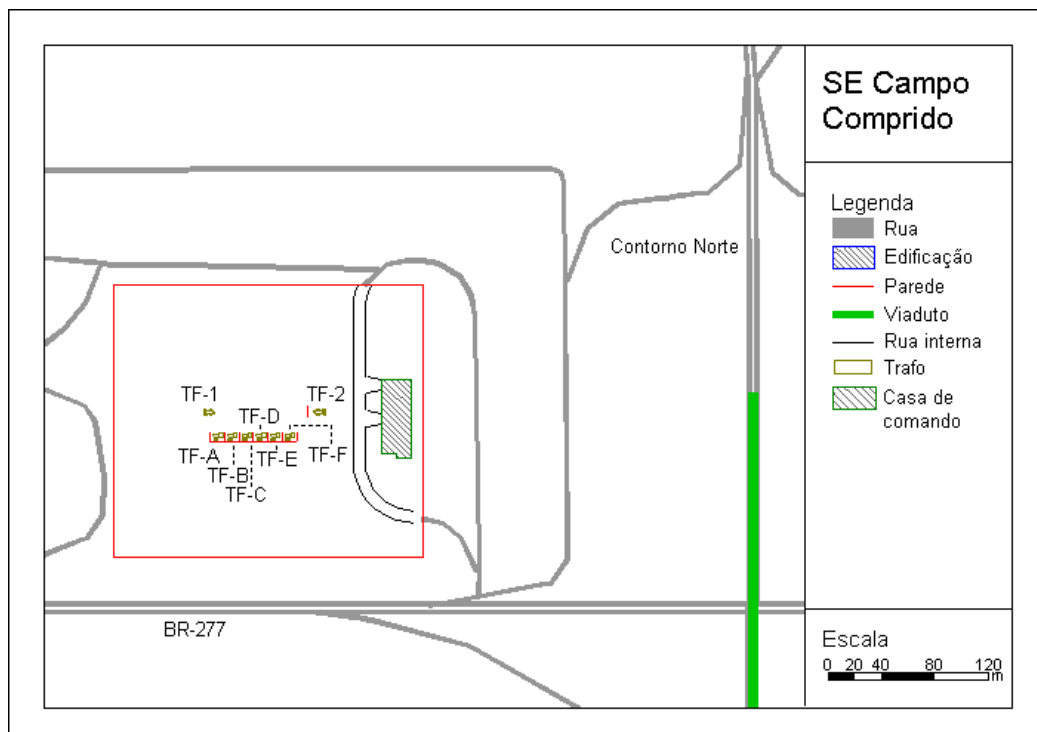


FIGURA 13 – PLANTA BAIXA DA SE MERCÊS

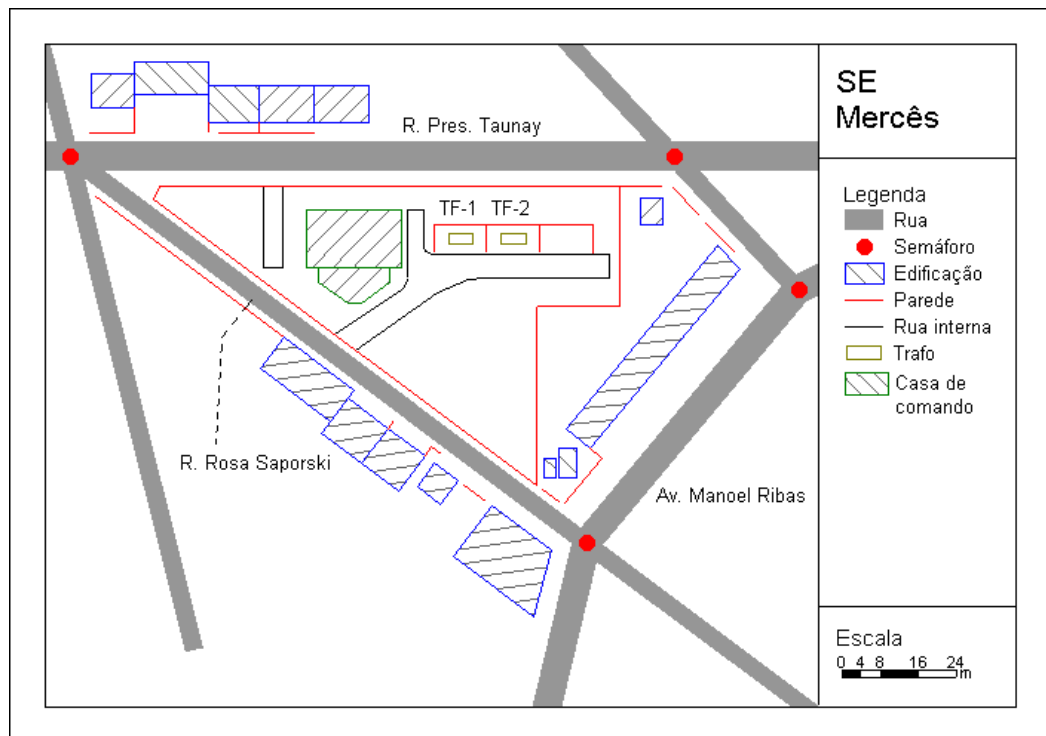


FIGURA 14 – PLANTA BAIXA DA SE PILARZINHO

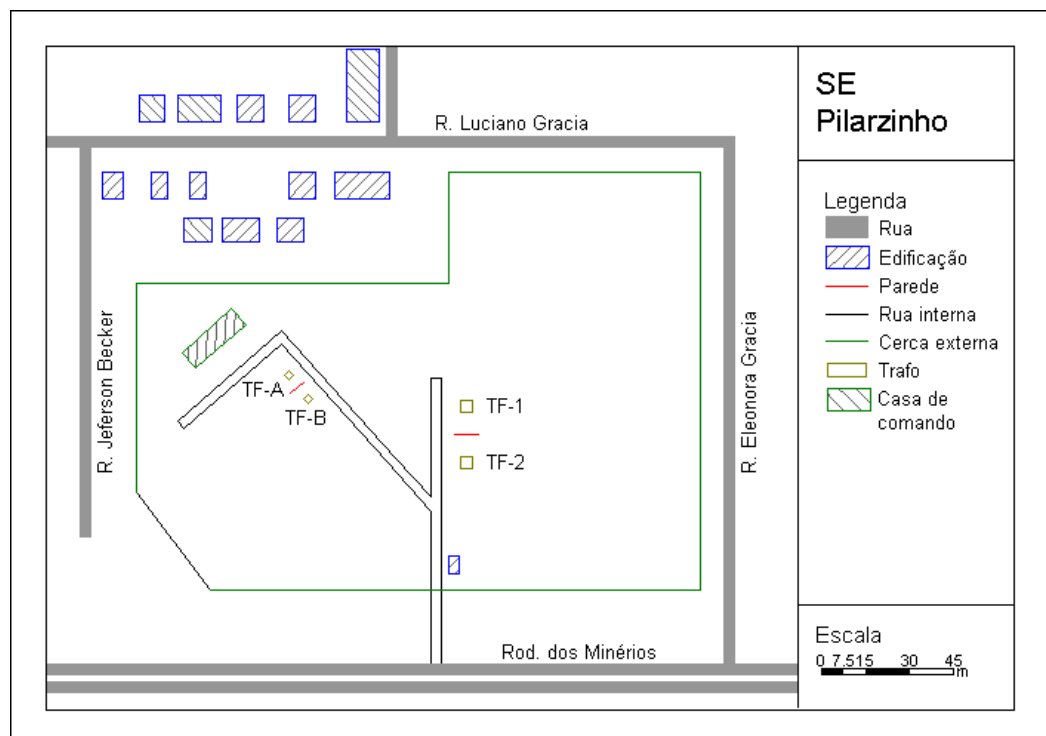
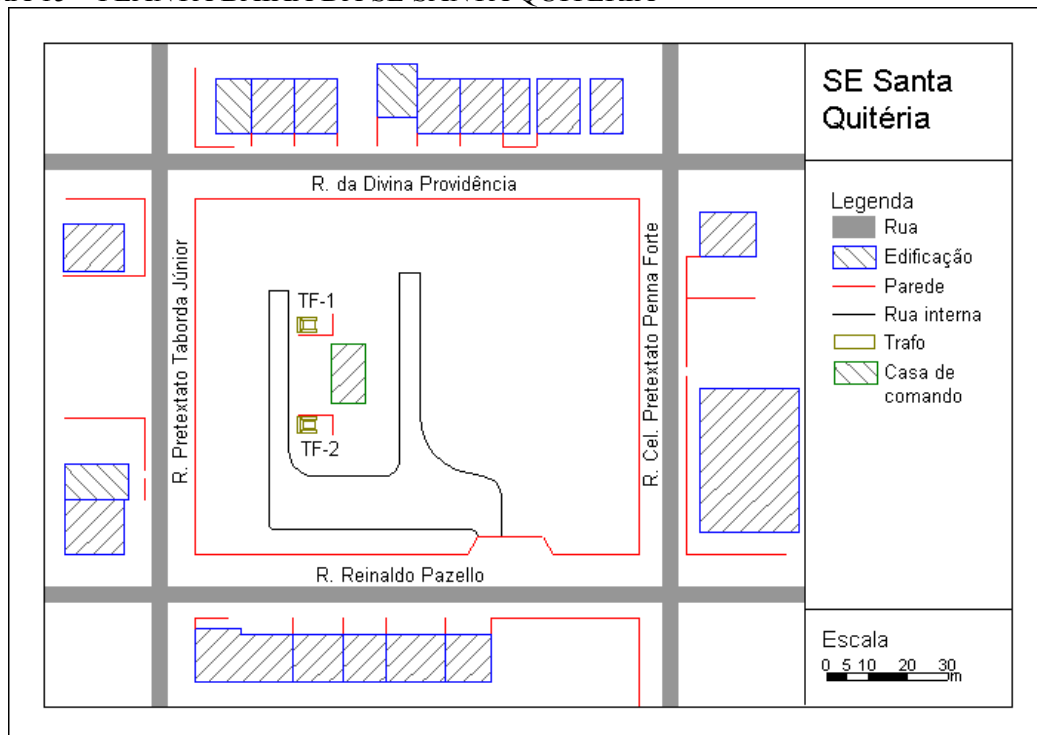


FIGURA 15 – PLANTA BAIXA DA SE SANTA QUITÉRIA



4.2. MODELAGEM DOS TERRENOS

A primeira tarefa para as simulações acústicas consistiu em se fazer a modelagem das áreas a serem estudadas. Apesar do *SoundPlan* dispor de um módulo para se modelar a região de estudo, é preferível fazer uso de um programa tipo CAD (*Computer Aided Designer*). Para tanto, o *AutoCad* versão 14, versão oficial, foi utilizado, e as áreas em estudo foram modeladas com a ajuda de plantas baixas das subestações, constando seus limites, a posição da Casa de Comando, os transformadores e as paredes corta-fogo. Depois de feito o desenho das subestações, precedeu-se à colocação das moradias mais próximas, ou seja, aquelas mais afetadas pelo ruído dos transformadores. Os muros das casas e a topografia do terreno também foram considerados. O *SoundPlan* trata a topografia através de curvas de nível, as quais foram desenhadas no *AutoCad*.

Os arquivos gerados foram então importados pelo *SoundPlan*.

A precisão de uma modelagem para posterior simulação acústica (ou qualquer tipo de simulação) influenciará na precisão dos resultados obtidos. Como especificado

pelo manual do *SoundPlan*, “As models are not a complete description of the real world, the models need to be constructed as carefully as possible and calibrated with measurements” (BRAUNSTEIN E BERNDT, 1999, p. 293). Tomou-se, portanto, o cuidado de construir modelos os mais próximos possíveis da realidade e, conforme especificado no item 4.3 (Inserção das Fontes Sonoras), os modelos foram calibrados com diversas medições nos locais.

Outro parâmetro que influi sobremaneira na precisão dos resultados de uma simulação é a metodologia de cálculo utilizada pelo software. O *SoundPlan* é baseado em normas, onde as equações derivadas dos estudos das leis da Acústica foram escritas. As normas são selecionadas no ato do cálculo e a precisão dos cálculos será tão boa quanto a das normas selecionadas (BRAUNSTEIN E BERNDT, 1999, p. 293).

4.3. INSERÇÃO DAS FONTES SONORAS

Não havendo fontes sonoras em linha ou em área nas subestações, os dados de entrada se concentraram em fontes pontuais para caracterizar os transformadores, assim como no fluxo de veículos e característica das ruas e rodovias.

4.3.1. Transformadores

Uma vez terminado o processo de representação das subestações e das áreas ao seu redor com a ajuda do *AutoCad* v. 14 e da importação dos arquivos pelo *SoundPlan*, procedeu-se à determinação das potências sonoras dos transformadores, dados esses que deveriam ser inseridos no programa. Para tanto, o medidor de nível sonoro B&K 2238 e o analisador B&K 2260 foram utilizados.

Um transformador de energia elétrica pode ser considerado um paralelepípedo para efeitos de estudo de emissão sonora, de acordo com Medeiros et. al. (MEDEIROS et. al., 2001). As 6 faces funcionam como radiadores sonoros. Mas há ainda duas simplificações que podem ser feitas sem prejudicar a precisão: a face inferior do transformador é praticamente não emissora, pois se localiza próximo ao solo e possui

elementos construtivos que reduzem a radiação sonora. A face superior também apresenta pouca radiação. Deste modo, o problema pode ser reduzido para as 4 faces laterais do transformador (MEDEIROS et. al., 2001).

Como este estudo centra-se em determinar a pressão sonora nas moradias, portanto em distâncias grandes em relação às dimensões dos transformadores, a fonte sonora como um todo pode ser resumida a um ponto. Por este motivo, fontes sonoras pontuais foram utilizadas no *SoundPlan* no lugar dos transformadores.

A determinação da potência sonora de cada transformador foi feita através de várias medições em sua volta sob condições meteorológicas favoráveis, ou seja, sem chuva e sem vento. Apesar disso, o protetor de vento foi utilizado. Foram feitas medições em oito pontos a 1,5 metro em torno do transformador, exceto em casos em que não era possível medir todos eles. Tomou-se o cuidado de evitar a interferência de ruídos externos. Medições extras foram feitas a 4 metros dos transformadores, e algumas ainda mais afastadas. O intuito de todas essas medições está explicado no parágrafo a seguir.

Os pontos de medição foram inseridos no modelo da subestação no *SoundPlan* de modo a proceder-se ao cálculo da potência sonora do transformador em questão. Para tanto, um valor fictício da potência era inserida no modelo e então calculava-se os níveis sonoros nos pontos de medição previamente inseridos. Confrontando esses níveis calculados com os níveis medidos, fazia-se os ajustes necessários na potência sonora a fim de se fazer uma nova avaliação dos níveis sonoros. Ou seja, o procedimento consistiu-se em calibrar, através de tentativas sucessivas, a potência sonora dos transformadores, um procedimento explicitado no manual do *SoundPlan* (BRAUNSTEIN E BERNDT, 1999). As medições mais afastadas serviram para se comprovar a potência sonora encontrada.

Algumas medições foram feitas do lado de fora da subestação Santa Quitéria, situada em uma região calma, a fim de se medir o ruído dos transformadores a uma distância grande, sem a influência do tráfego, e corroborar os mapeamentos depois de feitos. Essas medições foram feitas no calçamento mais afastado da rua Pretextato Tabora Júnior. Escolheu-se essa rua pelo fato dela receber o maior nível dos

transformadores. Em razão das dificuldades de se proceder a essas medições (devido ao ruído de pássaros e cachorros na vizinhança), optou-se por medir o nível instantâneo por um tempo e considerar o valor mais baixo.

A unidade da potência sonora é dB, e o *SoundPlan*, durante seus cálculos, aplica a ponderação da curva A.

Através das medições em oito pontos em volta do transformador era possível ainda ter uma aproximação da diretividade da emissão acústica, a qual também foi inserida no modelo do *software*.

Outro aspecto abordado no que tange ao ruído dos transformadores foi sua distribuição em frequência. Rodrigues (Rodrigues, 1998) conduziu medições do espectro do ruído para vários transformadores e os gráficos resultantes mostram claramente o comportamento dessas estruturas. As componentes tonais são bastante evidenciadas em 120 Hz e seus primeiros harmônicos. A distribuição em frequência foi inserida no *SoundPlan* em bandas de 1/3 de oitava a fim de modelar as reflexões do som em paredes e edificações.

De acordo com Rodrigues (Rodrigues, 1998), “Para o mesmo transformador o valor total da emissão sonora praticamente independe para a potência de operação, ou seja, o valor em NPS para diferentes regimes de demanda da subestação é praticamente constante.” Apesar da carga dos transformadores ter sido anotada em todos os casos, não houve a necessidade de se preocupar com diferenças no ruído emitido de acordo com diferentes regimes de operação. As medições feitas foram suficientes para se proceder a uma calibração da potência sonora.

4.3.2. Fluxo de Veículos

A contagem dos veículos circulantes foi feita em várias ocasiões em cada rua ou rodovia que circunda as subestações de energia elétrica, em períodos de 10 minutos. Considerou-se então duas médias dessas várias ocasiões, uma para o período diurno e outra para o noturno. A norma RLS-90, utilizada pelo *SoundPlan* para modelar acusticamente o ruído gerado pelo tráfego de veículos nas ruas ou rodovias,

foi a escolhida. Apesar da norma ser alemã, Calixto (CALIXTO, 2002) mostrou em seu trabalho que ela poderia ser aplicada nas condições brasileiras com ótima precisão.

Essa norma é usada para calcular o ruído gerado pelo fluxo de veículos. Ela leva em consideração alguns fatores para chegar a esse nível (BRAUNSTEIN E BERNDT, 1999):

- a) número de veículos por hora;
- b) porcentagem de veículos pesados;
- c) velocidade dos veículos leves;
- d) velocidade dos veículos pesados;
- e) tipo de superfície da rua ou rodovia;
- f) gradiente da rua ou rodovia;
- g) adições devido à reflexões múltiplas.

Veículos pesados, segundo esse procedimento de cálculo, são aqueles que excedem 2,8 toneladas.

O anexo traz mais informações sobre a norma RLS-90.

4.4. Colocação dos materiais

Os materiais dos quais são compostos os muros e as paredes corta-fogo foram inseridos nos modelos, de acordo com dados obtidos de Harris (HARRIS).

4.5. Resumo dos Dados Inseridos no *SoundPlan*

As tabelas 9 a 15 mostram um resumo, para cada subestação, dos dados que foram inseridos no software, ou seja, a potência sonora para cada transformador e o fluxo de veículos para cada rua. Nessas tabelas, “I” refere-se ao fluxo total de veículos, “v_l” à velocidade dos veículos leves, “VP” à porcentagem de veículos pesados e “v_p” à velocidade dos veículos pesados.

TABELA 9 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO BACACHERI

FONTE	DIURNO	NOTURNO
R. Carlos de Campos	I = 60 veículos / hora vl = 40 km/h VP = -- vp = --	I = -- vl = -- VP = -- vp = --
R. Des. Aurélio Feijó	I = 54 veículos / hora vl = 40 km/h VP = 5% vp = 40 km/h	I = -- vl = -- VP = -- vp = --
R. José Merhy	I = -- vl = -- VP = -- vp = --	I = -- vl = -- VP = -- vp = --
Transformador 1	84,6 dB	84,6 dB
Transformador 2	84,6 dB	84,6 dB

FONTE: O AUTOR

TABELA 10 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO BARIGUI

FONTE	DIA	NOITE
R. Raul Pompéia	I = 0,9 veículo / minuto vl = 50 km/h VP = 0% vp = --	I = 0,225 veículo / minuto vl = 50 km/h VP = 0% vp = --
R. Dr. Nelson Luiz Wolski Velloso	I = 1 veículo / minuto vl = 50 km/h VP = 0% vp = --	I = 0,25 veículo / minuto vl = 50 km/h VP = 0% vp = --
R. Joaquim de Souza	I = 1,2 veículo / minuto vl = 50 km/h VP = 5% vp = 40 km/h	I = 0,3 veículo / minuto vl = 50 km/h VP = 0% vp = --
R. Mun. De Enéas Marques	I = 1 veículo / minuto vl = 40 km/h VP = 0% vp = --	I = 0,25 veículo / minuto vl = 40 km/h VP = 0% vp = --
Transformador 1	84,6 dB	84,6 dB
Transformador 2	84,6 dB	84,6 dB

FONTE: O AUTOR

TABELA 11 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO BATEL

FONTE	DIA	NOITE
R. Alferes Ângelo Sampaio	I = 957 veículos / hora vl = 60 km/h VP = 1,2% vp = 50 km/h	I = 708 veículos / hora vl = 60 km/h VP = 3,4% vp = 50 km/h
Av. Presidente Getúlio Vargas	I = 1848 veículos / hora vl = 60 km/h VP = 5,4% vp = 50 km/h	I = 960 veículos / hora vl = 60 km/h VP = 8,8% vp = 50 km/h
R. Cel. Dulcídio	I = 276 veículos / hora vl = 60 km/h VP = -- vp = --	I = 96 veículos / hora vl = 60 km/h VP = -- vp = --
Transformador 1	75 dB	75 dB
Transformador 3	75 dB	75 dB

FONTE: O AUTOR

TABELA 12 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO

FONTE	DIA	NOITE
BR-277	I = 1524 veículos / hora vl = 100 km/h VP = 21,3% vp = 80 km/h	I = 279 veículos / hora vl = 100 km/h VP = 20,0% vp = 80 km/h
Contorno Norte	I = 582 veículos / hora vl = 90 km/h VP = 25,8% vp = 80 km/h	I = 146 veículos / hora vl = 90 km/h VP = 22,0% vp = 80 km/h
Transformador 1	108 dB	108 dB
Transformador 2	108 dB	108 dB
Transformador A	107 dB	107 dB
Transformador B	108 dB	108 dB
Transformador C	108 dB	108 dB
Transformador D	107 dB	107 dB
Transformador E	107 dB	107 dB
Transformador F	107 dB	107 dB

FONTE: O AUTOR

TABELA 13 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO MERCÊS

FONTE	DIA	NOITE
Rua Rosa Saporski	I = 642 veículos / hora vl = 50 km/h VP = 5,2% vp = 50 km/h	I = 116 veículos / minuto vl = 50 km/h VP = 3,0% vp = 50 km/h
Rua Pres. Taunay	I = 1203 veículo / hora vl = 60 km/h VP = 3,0% vp = 50 km/h	I = 179 veículo / hora vl = 60 km/h VP = 2,0% vp = 50 km/h
Rua Jardim Frei Ricardo	I = 393 veículo / hora vl = 40 km/h VP = 2,3% vp = 40 km/h	I = 73 veículo / hora vl = 40 km/h VP = 0% vp = --
Av. Manoel Ribas	I = 1590 veículo / hora vl = 60 km/h VP = 4,1% vp = 50 km/h	I = 242 veículo / minuto vl = 60 km/h VP = 5,0% vp = 50 km/h
Transformador 1	85 dB	85 dB
Transformador 2	80,5 dB	80,5 dB

FONTE: O AUTOR

TABELA 14 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – PILARZINHO

continua

FONTE	DIA	NOITE
Rodovia dos Minérios	I = 768 veículos / hora vl = 90 km/h VP = 34,4% vp = 70 km/h	I = 140,8 veículos / minuto vl = 90 km/h VP = 30% vp = 70 km/h
R. Eleanor Gracia	I = -- vl = -- VP = -- vp = --	I = -- vl = -- VP = -- vp = --
R. Luciano Gracia	I = -- vl = -- VP = -- vp = --	I = -- vl = -- VP = -- vp = --

			conclusão
FONTE	DIA	NOITE	
R. Jéferson Becker	I = -- v1 = -- VP = -- vp = --	I = -- v1 = -- VP = -- vp = --	
Transformador principal 1	90,5 dB	90,5 dB	
Transformador principal 2	90,5 dB	90,5 dB	
Transformador secundário 1	80,5 dB	80,5 dB	
Transformador secundário 2	80,5 dB	80,5 dB	

FONTE: O AUTOR

TABELA 15 – DADOS INSERIDOS NO SOFTWARE SOUNDPLAN PARA GERAÇÃO DOS MAPAS ACÚSTICOS: VEÍCULOS POR HORA PARA RUAS, E POTÊNCIA SONORA PARA TRANSFORMADORES – SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA

FONTE	DIA	NOITE	
R. Reinaldo Pazzello	I = 24 veículos / hora v1 = 40 km/h VP = -- vp = --	I = -- v1 = -- VP = -- vp = --	
R. Pretextato Taborda Júnior	I = 132 veículos / hora v1 = 40 km/h VP = 3,6% vp = 40 km/h	I = veículos / hora v1 = 40 m/h VP = -- vp = --	
R. da Divina Providência	I = -- v1 = -- VP = -- vp = --	I = -- v1 = -- VP = -- vp = --	
R. Cel. Pretextato Penna Forte	I = 30 veículos / hora v1 = 40 km/h VP = -- vp = --	I = -- v1 = -- VP = -- vp = --	
Transformador 1	91,8 dB	91,8 dB	
Transformador 2	94,9 dB	94,9 dB	

FONTE: O AUTOR

4.6. CÁLCULOS DO MAPEAMENTO ACÚSTICO

Com todos os dados necessários à modelagem acústica obtidos, o *SoundPlan* já dispunha de parâmetros suficientes para gerar os modelos acústicos das sete subestações analisadas e de suas respectivas regiões circunvizinhas. O procedimento

de cálculo dos níveis de ruído adotado pelo *software* consiste em gerar uma malha de pontos preenchendo uma área de cálculo definida pelo usuário. O refinamento da malha é também definido pelo usuário e a área de cálculo foi construída de modo a englobar a subestação e as regiões vizinhas.

Para o cálculo do ruído gerado devido ao tráfego nas ruas e/ou rodovias, a norma alemã RLS-90 foi selecionada.

Foram gerados dois mapas acústicos para cada subestação: um para o período diurno e um para o noturno. A potência sonora dos transformadores se mantém aproximadamente constante com o tempo, mesmo com cargas variáveis (RODRIGUES, 1998), de modo que apenas o fluxo de veículos varia com o período.

O refinamento da malha de cálculo foi de 1 metro. Os cálculos foram realizados a uma certa altura em relação ao nível do solo, que deveria ser escolhida de forma que o mapeamento atinja seus objetivos. Dessa forma, optou-se por uma altura de 1,5 metro, o qual atinge as janelas dos andares inferiores das residências.

5. RESULTADOS

O impacto do ruído sobre a comunidade vizinha foi analisado de duas formas:

- a) análise dos mapeamentos acústicos onde se considerou o conjunto do ruído de tráfego e do ruído dos transformadores;
- b) análise do ruído emitido pelos transformadores em separado, sem considerar o ruído de tráfego, a fim de se analisar o impacto apenas devido à subestação na comunidade.

Como especificado no item 4 (Metodologia), os mapeamentos acústicos foram feitos pelo *SoundPlan* considerando-se uma altura de 1,5 metro em relação ao nível do solo.

Para cada subestação, serão apresentados mapeamentos acústicos tanto diurnos como noturnos. Apesar da emissão sonora dos transformadores se manter praticamente constante ao longo do dia (RODRIGUES, 1998), o fluxo de veículos varia bastante, alterando de forma significativa em alguns casos o nível de ruído incidente na vizinhança. Além disso, a redução do ruído de tráfego durante a noite tende a mascarar menos as emissões sonoras geradas pelos transformadores.

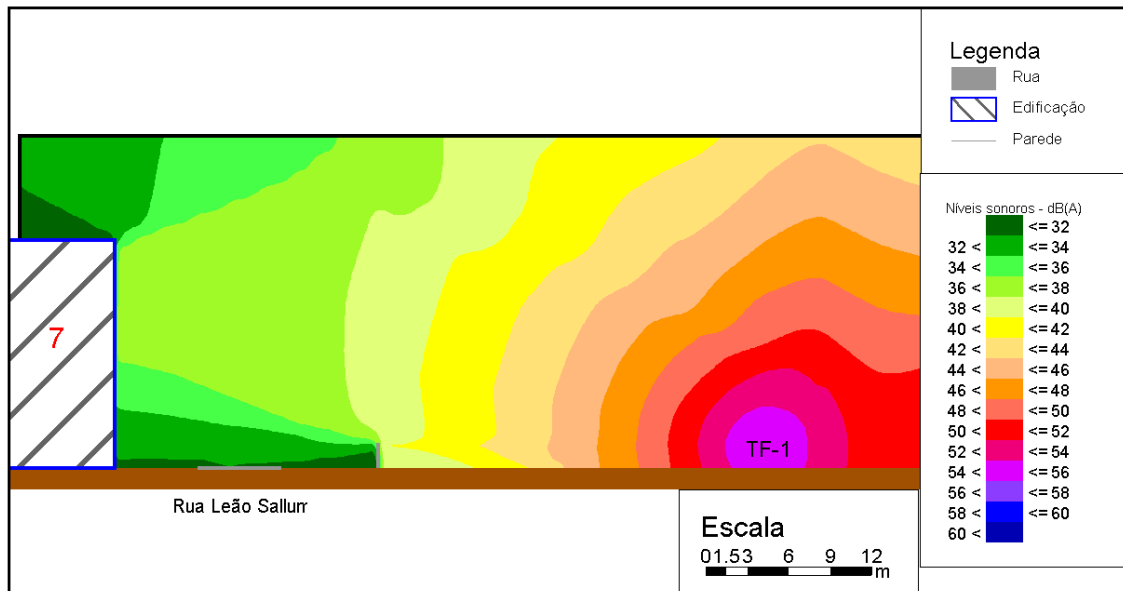
É importante salientar que em alguns casos houve mudança da escala dos níveis sonoros nos mapas acústicos diurno e noturno, devido à grande diferença verificada.

Além dos mapas acústicos serão apresentadas tabelas mostrando os níveis sonoros discriminados das diversas fontes nas residências mais críticas, ou seja, dos transformadores e de cada rua. Em anexo estão essas tabelas completas, ou seja, com as imissões acústicas em todas as edificações em torno da subestação. É importante salientar que o ruído dos transformadores é estacionário, enquanto que o ruído das ruas, em muitos casos, é intermitente. O nível apresentado nas tabelas refere-se ao nível sonoro equivalente.

Um ponto importante nos resultados é a formação de sombra acústica atrás das muradas das subestações Bacacheri, Barigui, Campo Comprido, Mercês e Santa

Quitéria. A subestação Batel é enclausurada e a Pilarzinho não possui muradas. Um exemplo de sombra acústica pode ser encontrado na figura 16.

FIGURA 16 – FORMAÇÃO DE SOMBRA ACÚSTICA ATRÁS DO MURO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI



FONTE: O AUTOR

Nos itens que seguem, cada subestação será analisada separadamente.

5.1. SE BACHAHERI

5.1.1. Aspectos Acústicos

A SE Bacacheri se localiza na zona ZR-4 e possui dois transformadores operantes, sendo que um deles foi instalado recentemente. Seus dados se encontram na tabela 16.

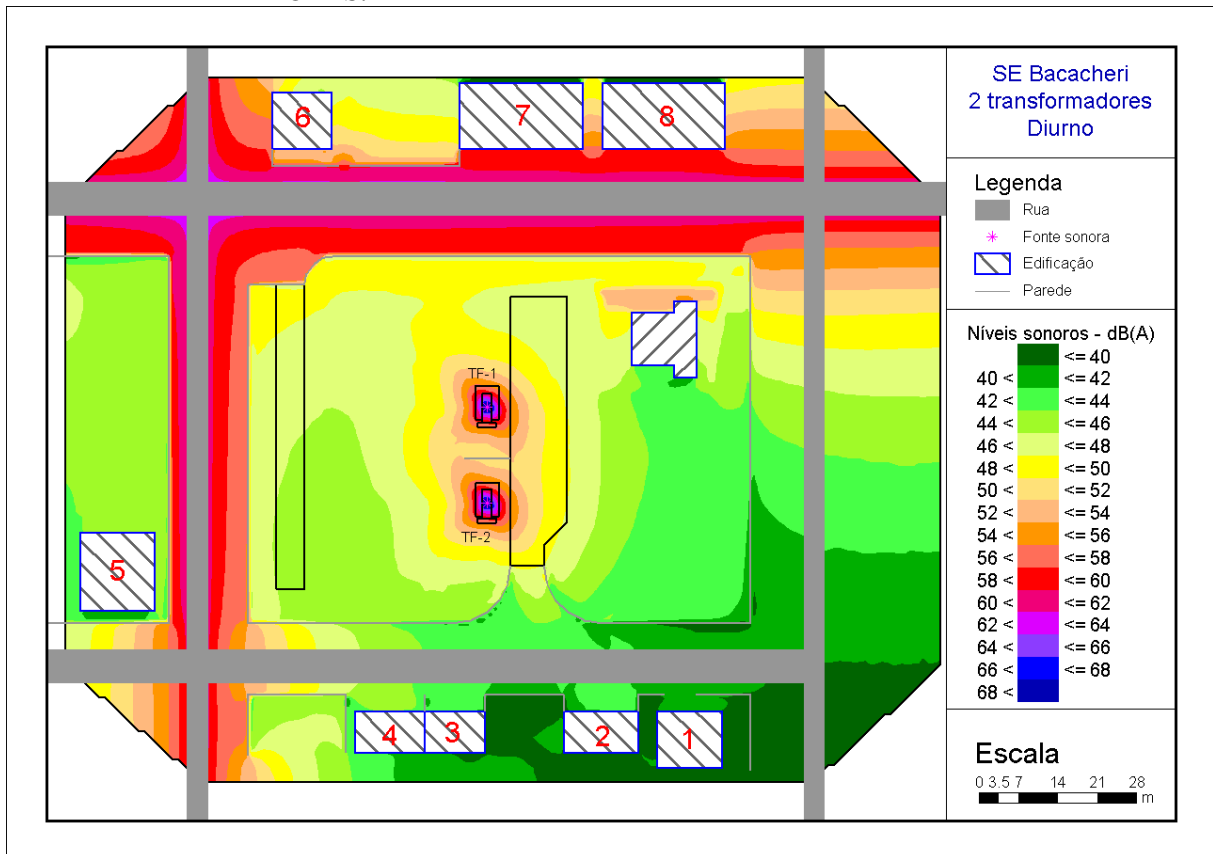
TABELA 16 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BACACHERI

TRANSFORMADOR	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	1997	Toshiba
2	1999	Toshiba

FONTE: FILIPPIN, 2002

A figura 17 mostra o mapa acústico da subestação de energia elétrica Bacacheri e arredores, período diurno, enquanto que a figura 18 mostra o mapeamento noturno. Este é um caso de subestação localizada em uma região de pouco tráfego, pois as quatro ruas que a cercam possuem baixo tráfego de veículos.

FIGURA 17 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES.



Na época em que as primeiras medições foram feitas, a 23 de maio de 2002, apenas um transformador estava em operação, estando um outro em fase de instalação. Mas atualmente o segundo transformador já se encontra em operação. Considerou-se importante traçar os mapas acústicos para os períodos diurno e noturno também para o caso de apenas um transformador, de modo a se avaliar a diferença devida à instalação do novo transformador. Esses mapas acústicos se encontram nas figuras 19 e 20, respectivamente relativos ao período diurno e noturno.

FIGURA 18 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES.

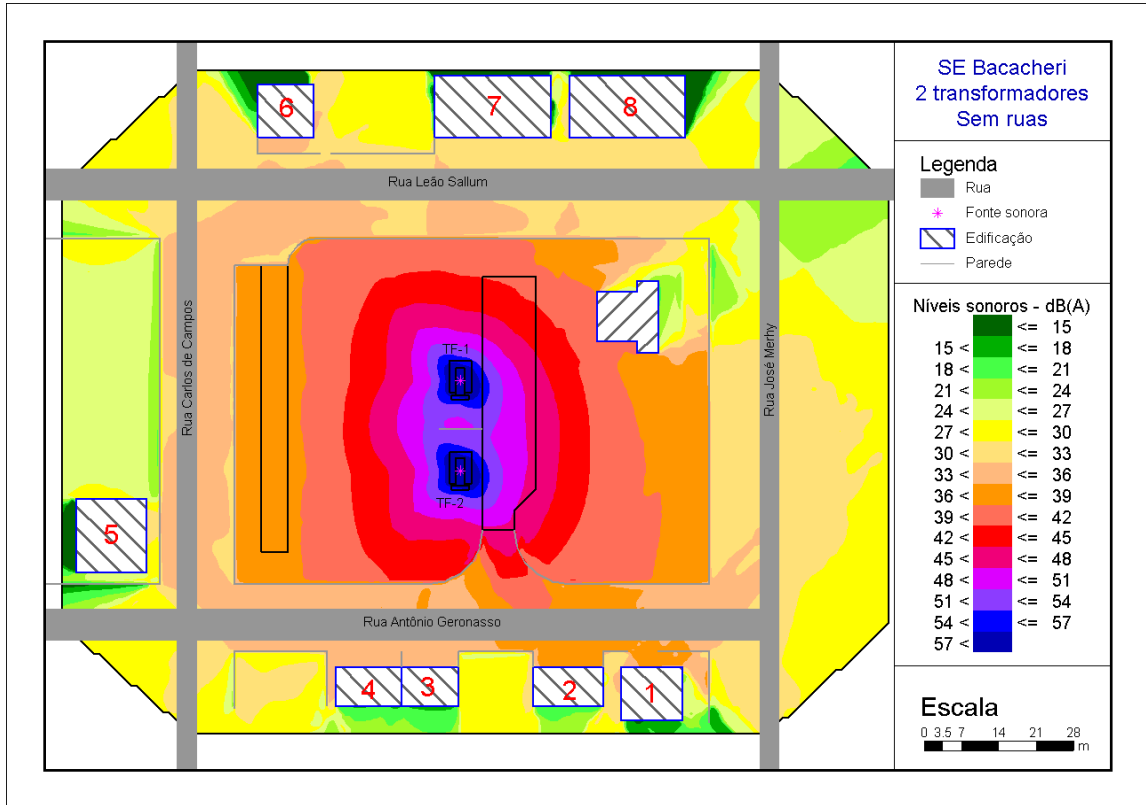


FIGURA 19 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 1 TRANSFORMADOR

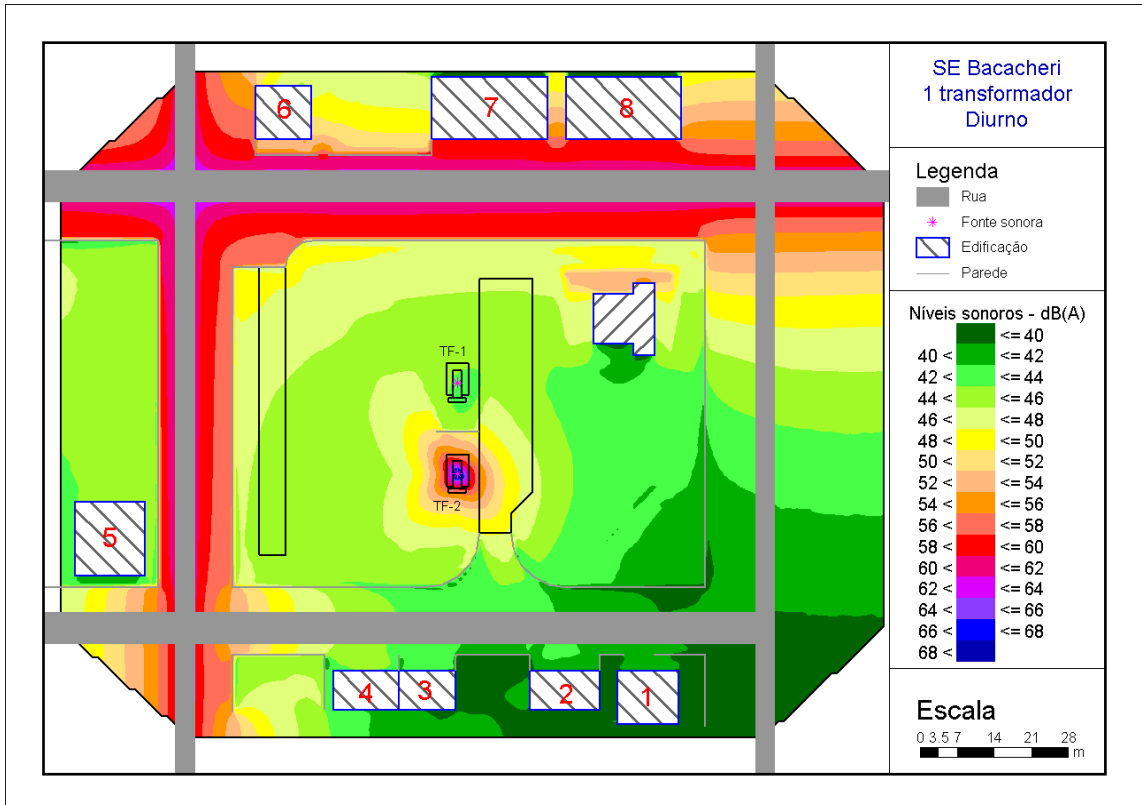
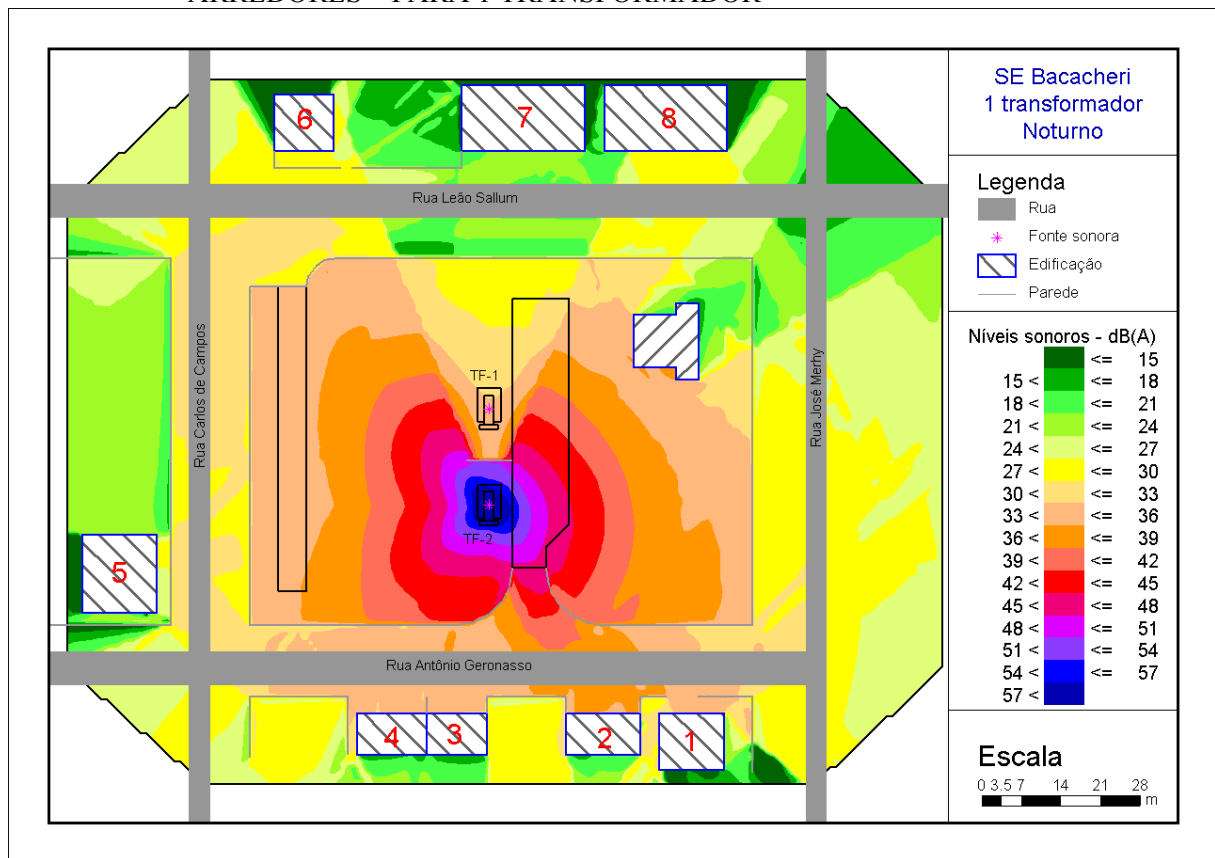


FIGURA 20 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 1 TRANSFORMADOR



Nota-se, através dos quatro mapas mostrados, que as paredes limítrofes da instalação separam quase totalmente o ruído das ruas do ruído dos transformadores. As casas ficam então protegidas, na região de sombra acústica. Mas há três edifícios, à rua Leão Sallum, de 5 andares cada um, representados nos mapas pelos números 6, 7 e 8. Os andares superiores dos dois últimos estão fora da sombra acústica provocada pelas paredes da subestação, de modo que eles recebem de frente o ruído dos transformadores. As janelas do edifício 6 estão voltadas para outra rua (Carlos de Campos), mas os edifícios 7 e 8 merecem atenção. A tabela 17 traz um sumário dos níveis sonoros discriminados que chegam às casas de números 2 e 3, e a cada andar dos edifícios de número 7 e 8, para o período diurno. A tabela 18 traz os mesmos dados para o período noturno. O nível total refere-se à soma dos níveis sonoros considerando-se as ruas e os dois transformadores em operação. Se fosse considerado apenas um transformador, esse nível total pouco mudaria.

TABELA 17 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BACACHERI – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO / ANDAR	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	ANTÔNIO GERONASSO	LEÃO SALLUM	CARLOS DE CAMPOS	JOSÉ MEHRY
Casa 2	38,6	28,7	32,9	–	35,5	30,4	–
Casa 3	41,3	23,1	31,5	–	37,6	37,9	–
Edifício 7							
1º andar	56,6	29,4	21,0	–	56,5	37,7	–
2º andar	55,7	32,0	21,9	–	55,6	38,5	–
3º andar	55,1	33,3	22,8	–	55,0	38,7	–
4º andar	54,5	33,2	23,7	–	54,3	40,3	–
5º andar	53,9	33,1	24,4	–	53,6	40,9	–
Edifício 8							
1º andar	56,4	27,8	25,3	–	56,4	34,2	–
2º andar	55,6	29,8	27,0	–	55,6	35,0	–
3º andar	55,0	30,9	27,9	–	55,0	35,7	–
4º andar	54,4	31,8	28,6	–	54,3	36,0	–
5º andar	53,7	31,7	29,4	–	53,6	36,7	–

FONTE: O AUTOR

TABELA 18 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BACACHERI – PERÍODO NOTURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO / ANDAR	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	ANTÔNIO GERONASSO	LEÃO SALLUM	CARLOS DE CAMPOS	JOSÉ MEHRY
Casa 2	35,1	28,7	32,9	–	25,9	20,8	–
Casa 3	34,7	23,1	31,5	–	28,0	28,3	–
Edifício 7							
1º andar	47,1	29,4	21,0	–	47,0	28,1	–
2º andar	46,3	32,0	21,9	–	46,0	29,0	–
3º andar	45,8	33,3	22,8	–	45,4	29,2	–
4º andar	45,2	33,2	23,7	–	44,8	30,8	–
5º andar	44,7	33,1	24,4	–	44,1	33,1	–
Edifício 8							
1º andar	46,9	27,8	25,3	–	46,8	24,7	–
2º andar	46,2	29,8	27,0	–	46,0	25,5	–
3º andar	45,7	30,9	27,9	–	45,4	26,1	–
4º andar	45,1	31,8	28,6	–	44,7	26,5	–
5º andar	44,5	31,7	29,4	–	44,1	27,9	–

FONTE: O AUTOR

As casas de número 2 e 3 estão localizadas à mesma rua (Antônio Geronasso) mas a primeira possui visão dos transformadores de energia pelo portão da entrada da subestação, recebendo assim níveis um pouco maiores de ruído. Nota-se isso claramente pelas tabelas 17 e 18. Na casa 2, os níveis de ruído advindo dos

transformadores 1 e 2, respectivamente, são 28,7 e 32,9 dB(A), dando como soma 34,3 dB(A), enquanto que na casa 3 eles são de 23,1 e 31,5 dB(A), somando 32,1 dB(A).

O primeiro andar do edifício 7 está mais protegido do ruído dos transformadores que os outros. O nível sonoro máximo devido somente aos transformadores que chega no edifício é 33,7 dB(A), no terceiro e quarto andares, como resultado da soma energética de 33,3 dB(A) e 22,8 dB(A) para o terceiro andar, e 33,2 dB(A) e 23,7 dB(A) para o quarto. A situação do quarto andar é mais crítica pois o ruído das ruas a atingi-lo é mais baixo, deixando o ruído dos transformadores menos mascarado. O transformador 1, instalado recentemente, é o principal contribuinte do nível sonoro. Portanto, depois desse transformador ter entrado em operação, os moradores puderam sentir algum impacto uma vez que antigamente o transformador 2 contribuía com apenas 22,8 dB(A) sobre o terceiro andar do edifício, protegido pela parede corta-fogo. O nível de 33,7 dB(A) já pode causar algum incômodo quando se considera frequências definidas, assim os moradores podem sentir os efeitos desse ruído e vir a reclamar.

A norma NBR-10151 (ABNT, 1987) estabelece uma penalização de 5 dB(A) para ruídos de frequências bem definidas, como ocorre com o ruído dos transformadores. Considerando esse aspecto, o nível máximo de ruído devido a essas fontes a atingir a casa 2 é 39,3 dB(A), e o nível sonoro no edifício 7, no terceiro e quarto andares, é 38,7 dB(A).

O edifício 8 está menos protegido do transformador 1 devido ao seu posicionamento em relação à parede corta-fogo, mas ao mesmo tempo recebe menos ruído vindo do transformador 2. Quanto ao edifício 6, o ruído total nos seus andares são ligeiramente menores que os níveis sonoros no edifício 7, como mostrado em anexo. De qualquer forma, as janelas dos quartos desse edifício estão voltadas para a rua Carlos de Campos, totalmente protegidas do ruído dos transformadores.

Mas as quatro ruas que cercam a subestação possuem tráfego pouco intenso, de modo que em alguns momentos não se ouvem os carros, sobrando apenas o ruído dos transformadores.

Por outro lado, considerando-se o ruído como um todo e a legislação em vigor em Curitiba para a ZR-4 (Agência de Proteção Ambiental, 2002), todas as edificações estão dentro dos limites estabelecidos por lei, que no caso da subestação Bacacheri é de 65 dB(A) para o período diurno e 55 dB(A) para o noturno.

Dados completos sobre a incidência sonora em todas as edificações se encontram em anexo.

A figura 21 mostra o mapeamento acústico considerando apenas a contribuição dos transformadores em separado. A figura 22 mostra o mesmo mapeamento para o caso de apenas um transformador.

FIGURA 21 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 2 TRANSFORMADORES EM SEPARADO

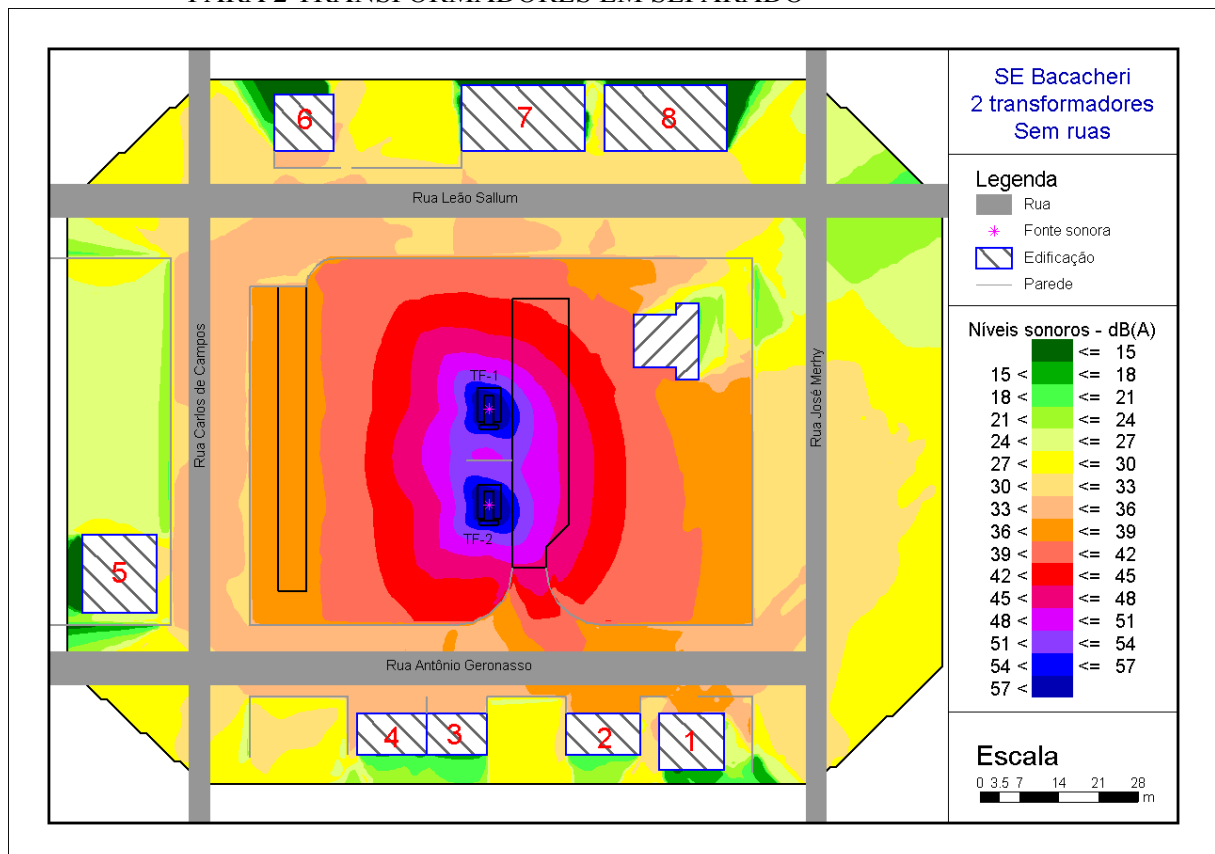
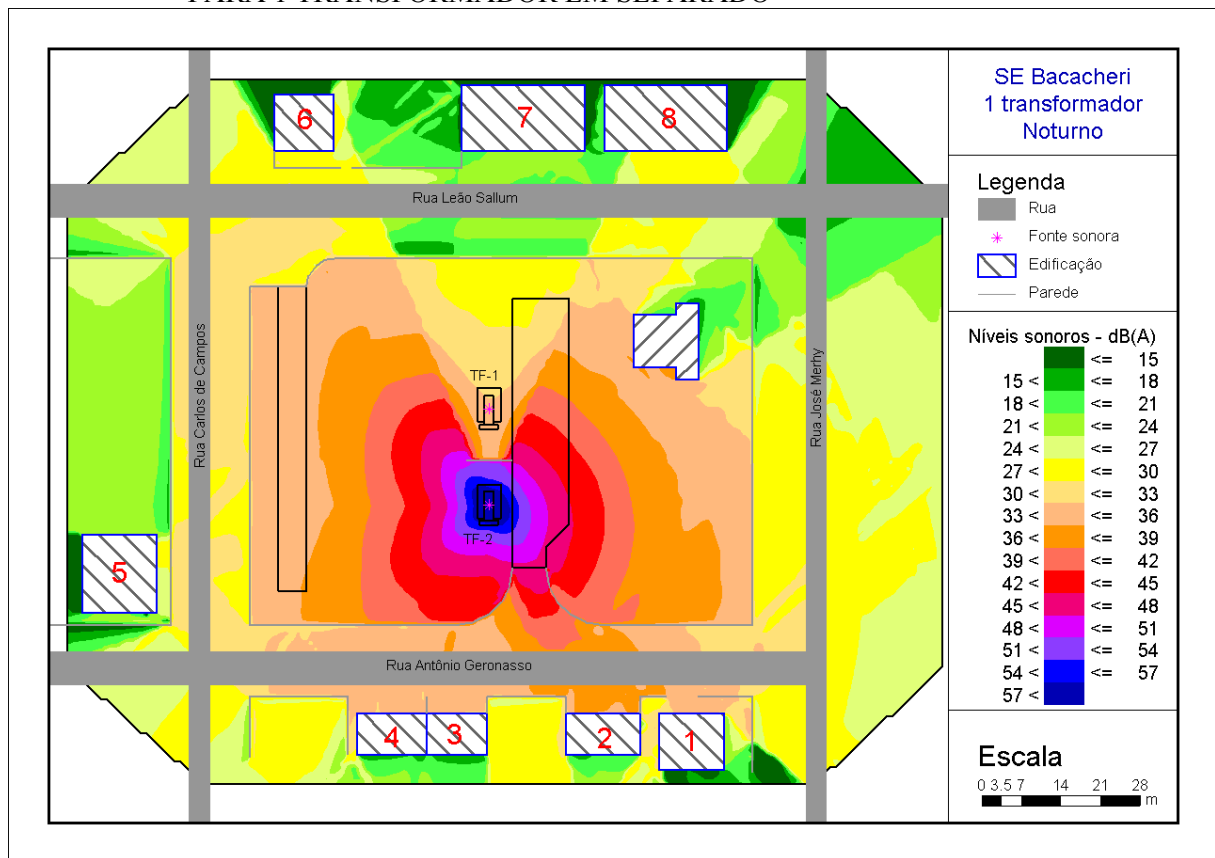


FIGURA 22 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 1 TRANSFORMADOR EM SEPARADO



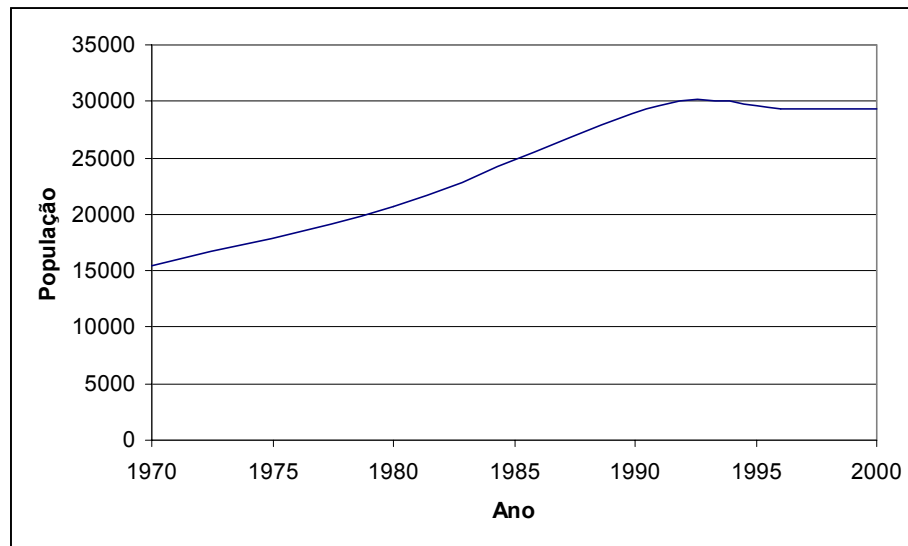
5.1.2. Aspectos Demográficos

O bairro onde a SE Bacacheri se localiza é o Boa Vista. Em 2000, sua densidade demográfica era de 57,2 hab / km². Conforme mostrado no gráfico 3, sua população tem crescido, apesar de ter apresentado uma tendência à redução, que pode ser verificada no período entre 1990 e 1996. Mas se for considerada a tendência geral, a densidade demográfica ao redor da subestação de energia elétrica lá localizada poderá aumentar, com a construção de outros edifícios nas proximidades, assim como na área baldia à rua José Mehry.

O estudo da evolução da ocupação urbana (Curitiba em dados, 2000) mostra que a região do bairro Boa Vista começou a ser ocupada no período entre 1967 e 1985. A figura 1 mostra claramente esse fato. Segundo o *site* da prefeitura de Curitiba, “Até a década de 50, a região, onde hoje está situado o bairro, não passava de um extenso campo de pecuária, no qual a existência de codornas e perdizes atraía grande número

de apaixonados pela caça. Aproximadamente 500 hectares pertencentes à família Geronasso passaram a ser divididos em lotes e a população começou a crescer.”

GRÁFICO 3 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO BOA VISTA NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

A subestação SE Bacacheri foi energizada em 01 / 06 / 1983. Nessa época, o bairro estava em fase final de ocupação (Curitiba em dados, 2000). A densidade demográfica do bairro Boa Vista esteve sempre acima da média de Curitiba. Em 1980 ela era de pouco mais de 40 hab/km² e em 2000 era de pouco mais de 57 hab/km², enquanto que a densidade média de Curitiba esteve na marca de 23,7 hab/km² em 1980 e 36,7 hab/km² em 2000. Sendo um bairro de poucos edifícios, a população se espalhou rapidamente pela área depois da década de 50, sendo então os moradores surpreendidos em 1983 pela energização da SE Bacacheri.

5.2. SE BARIGUI

5.2.1. Aspectos Acústicos

A SE Barigui está em uma zona ZR-3 e possui dois transformadores operantes. A tabela 19 traz algumas informações acerca dos transformadores.

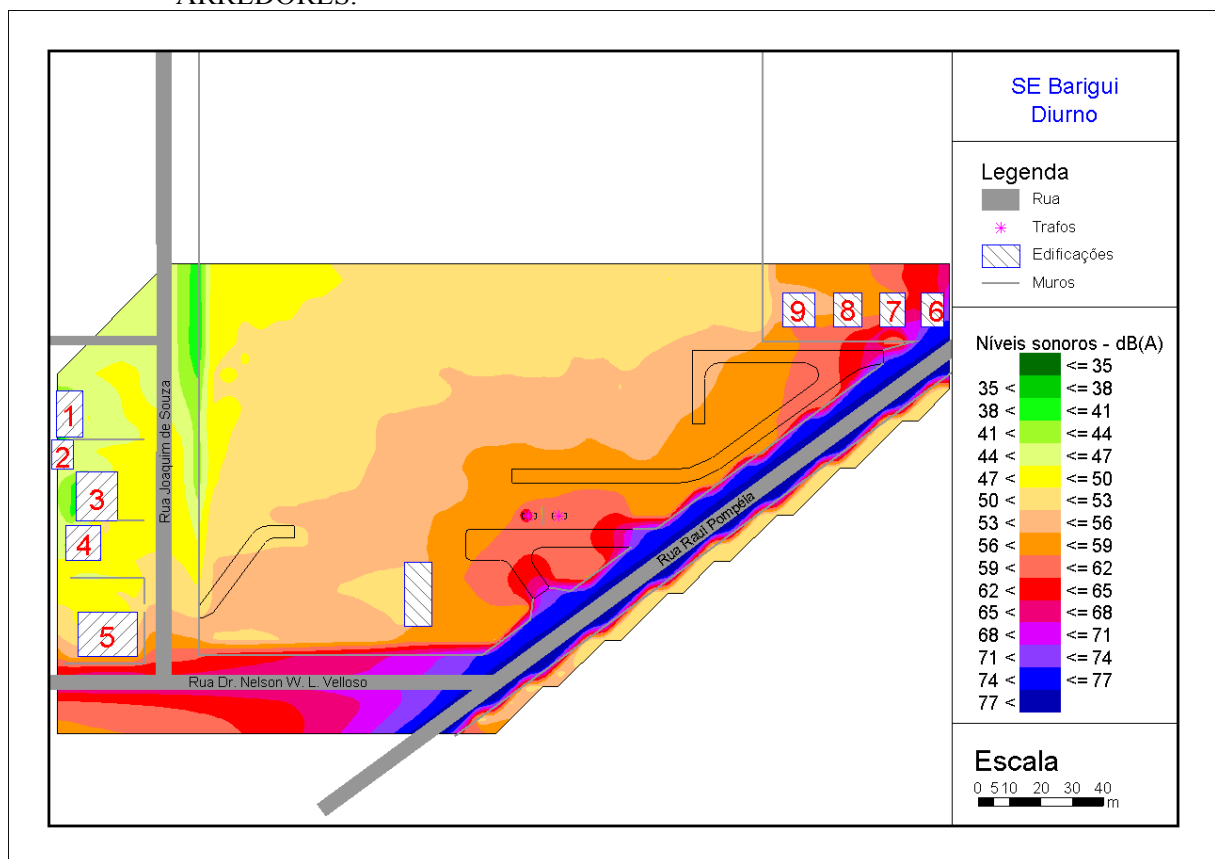
TABELA 19 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BARIGUI

TRANSFORMADOR	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	1998	Tubos
2	1998	Tubos

FONTE: FILIPPIN, 2002

O mapeamento acústico da subestação para o período diurno está na figura 23, enquanto que o noturno está na figura 24.

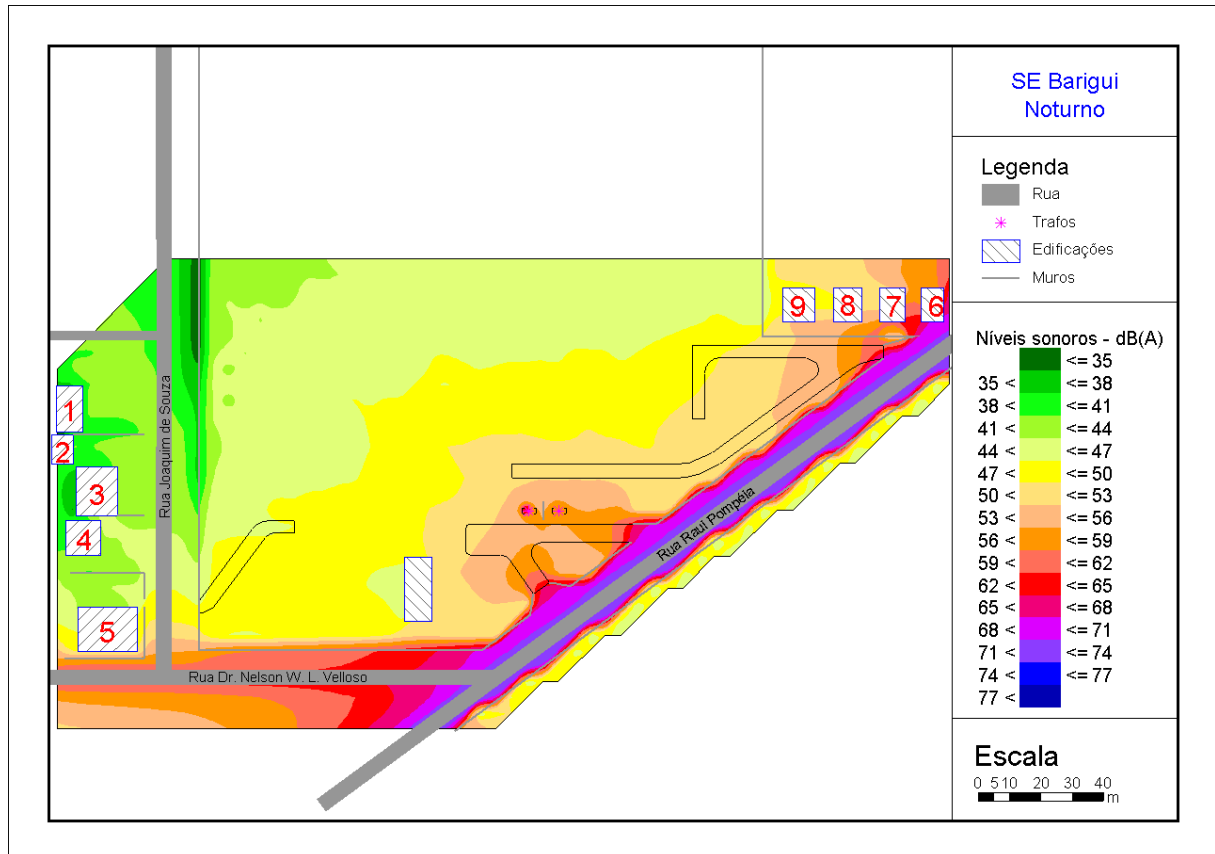
FIGURA 23 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BARIGUI E ARREDORES.



A SE Barigui possui uma área livre bastante grande, estando seus transformadores próximos a uma das paredes limítrofes. Ainda assim, os níveis de ruído verificados nas vizinhanças da instalação devem-se quase somente à rua Raul Pompéia, que possui alto tráfego de veículos, inclusive pesados. Não há edifícios no local, de modo que todas as residências próximas à subestação estão bem protegidas

do ruído dos transformadores, não só pelas paredes que cercam a subestação, mas pela distância.

FIGURA 24 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BARIGUI E ARREDORES.



A tabela 20 traz as contribuições das fontes sonoras em duas das residências para o período diurno, e a tabela 21 traz essas contribuições para o período noturno.

TABELA 20 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BARIGUI – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	RAUL POMPÉIA	DR. NELSON L. W. VELLOSO	JOAQUIM DE SOUZA
Casa 3	46,1	15,7	1,8	45,8	34,2	–
Casa 6	69,9	18,0	8,8	69,9	31,8	–

FONTE: O AUTOR

TABELA 21 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BARIGUI – PERÍODO NOTURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	RAUL POMPÉIA	DR. NELSON L. W. VELLOSO	JOAQUIM DE SOUZA
Casa 3	40,4	15,7	1,8	40,0	29,6	–
Casa 6	64,1	18,0	8,8	64,1	27,1	–

FONTE: O AUTOR

A maior contribuição devida aos transformadores ocorre na casa 06, que recebe um nível total de 18,5 dB(A) relativo à soma acústica dos dois transformadores, o que mesmo assim representa um nível muito baixo de ruído, que pode ser negligenciado. Ela é também a casa mais próxima à rua Raul Pompéia, recebendo a maior contribuição desta, um ruído de praticamente 70 dB(A) durante o dia e 64 dB(A) durante a noite.

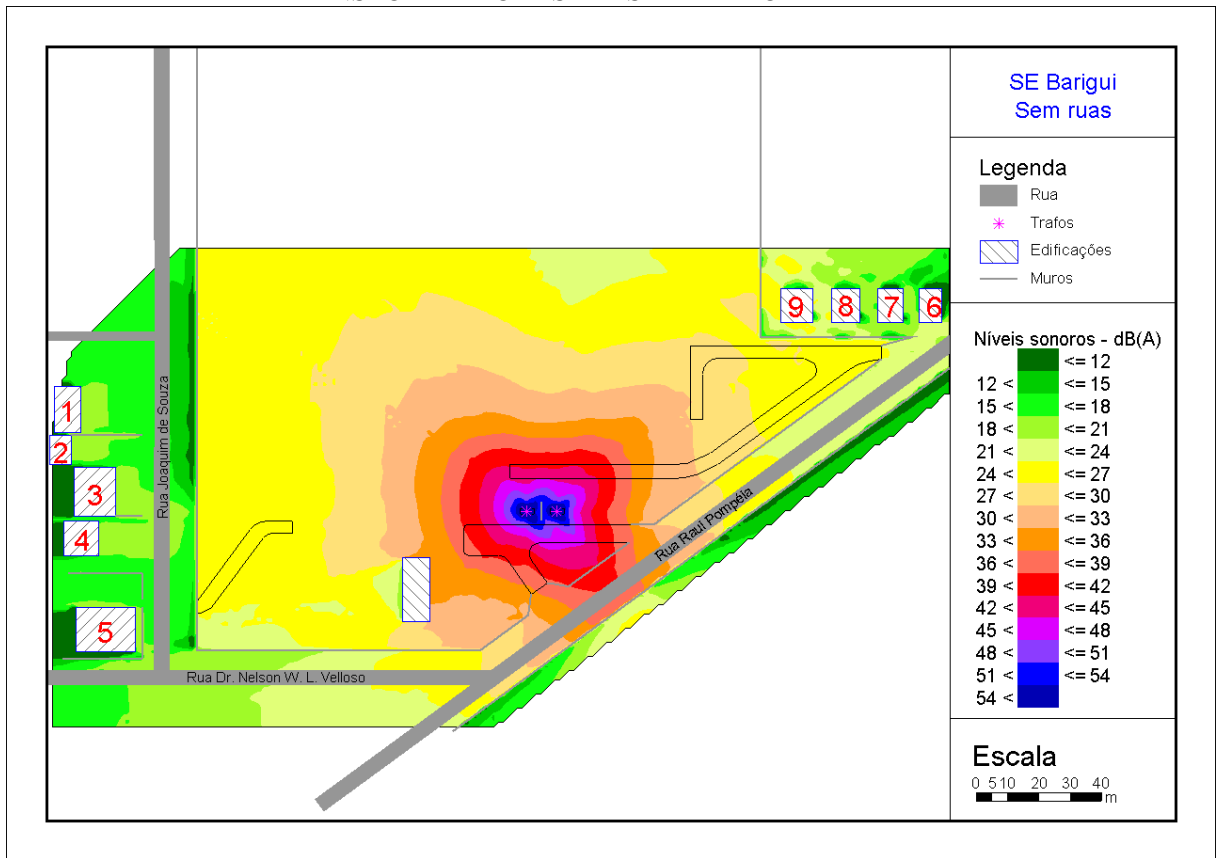
Com relação à Lei 10625, os mapas mostram que as casas de 1 a 4 estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação, que é de 55 dB(A) para o período diurno e 45 dB(A) para o noturno.

A figura 25 mostra o mapeamento acústico da SE Barigui considerando apenas a contribuição dos transformadores.

5.2.2. Aspectos Demográficos

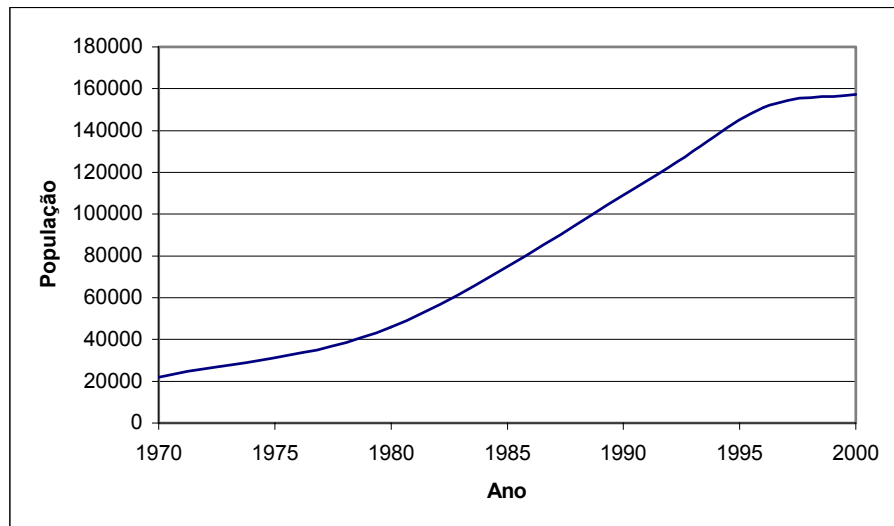
O bairro Cidade Industrial de Curitiba apresentava, segundo o censo de 2000, uma densidade demográfica de 36,3 hab/km², tendo recebido um grande contingente de pessoas devido às indústrias ali instaladas. Esse rápido crescimento pode ser visto no gráfico 4.

FIGURA 25 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BARIGUI E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO



FONTE: O AUTOR

GRÁFICO 4 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO CIDADE INDUSTRIAL DE CURITIBA NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

A região onde a SE Barigui se localiza está na faixa de ocupação urbana no período compreendido entre 1967-1985, já muito próxima da faixa de ocupação entre 1986-1997, sendo portanto uma região de ocupação recente (figura 1). Mas a SE Barigui foi energizada em 28 de março de 1974. A rápida expansão do bairro está forçando as pessoas a assentarem suas moradias na região da subestação de energia elétrica. O ponto positivo é que essa subestação possui uma área muito grande. Os transformadores de energia estão próximos apenas da Rua Raul Pompéia, de modo que essa rua mascara o ruído emitido pelos transformadores, fazendo com que os moradores não tenham problemas com a subestação.

5.3. SE BATEL

5.3.1. Aspectos Acústicos

A SE Batel se localiza no bairro Água Verde, em uma ZR-4, e possui dois transformadores operantes, mas é a única subestação entre as estudadas cujos transformadores estão enclausurados. Os dados dos transformadores encontram-se na tabela 22.

TABELA 22 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE BATEL

TRANSFORMADOR	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	1995	Siemens
2	1995	Siemens

FONTE: FILIPPIN, 2002

As figuras 26 e 27 mostram os mapeamentos diurno e noturno dos arredores da SE Batel.

FIGURA 26 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO BATEL E ARREDORES

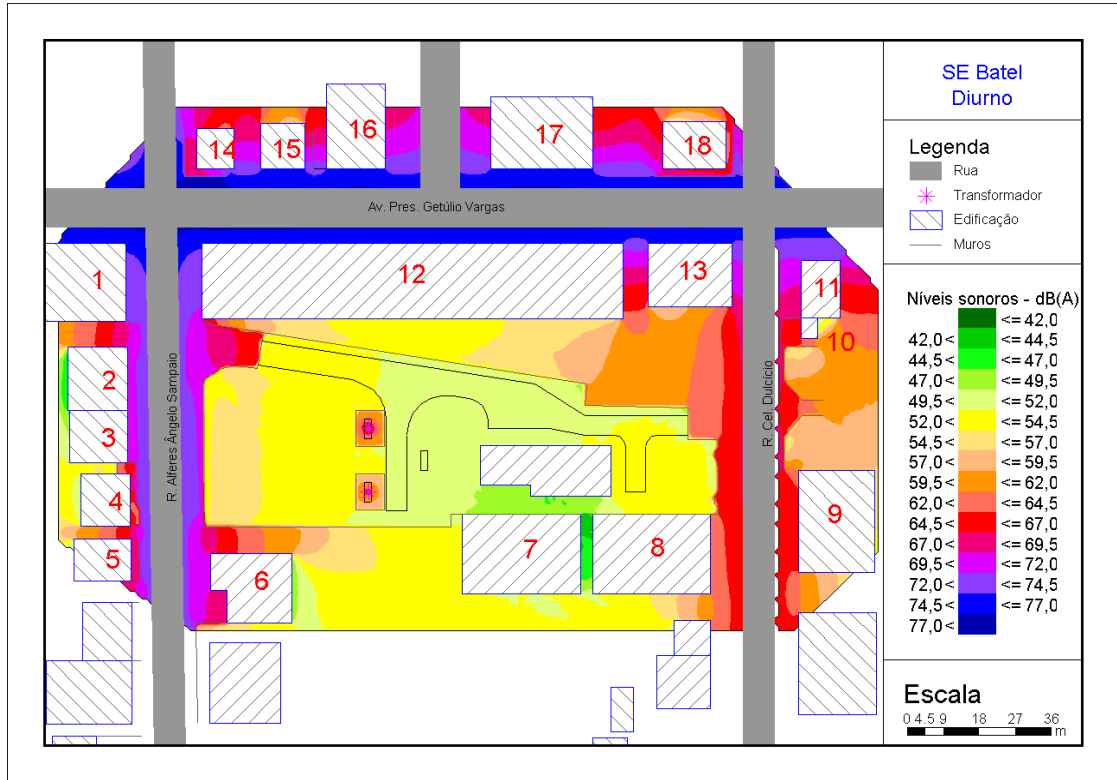
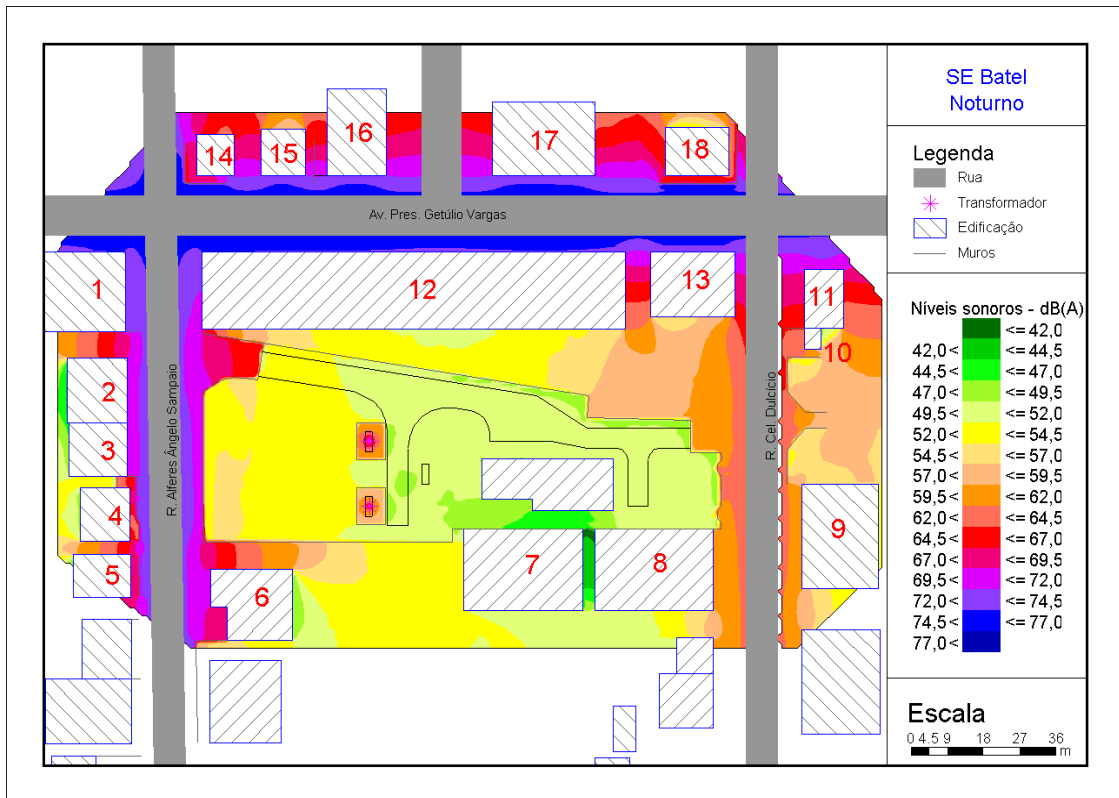


FIGURA 27 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO BATEL E ARREDORES



Esta subestação de energia elétrica está localizada em uma região bastante urbanizada e ao mesmo tempo é bem recente, tendo sido energizada em 1996. Portanto houve a preocupação em deixar seus transformadores enclausurados, evitando o desconforto por parte da população. A componente de ruído devida aos transformadores que chega à vizinhança, mesmo aos moradores mais próximos da instalação, é bastante baixa, podendo ser ignorada, restando apenas a componente das ruas, que são bastante movimentadas. Os moradores vizinhos à Avenida Presidente Getúlio Vargas, por exemplo, estão expostos a níveis elevados de ruído devido ao alto tráfego de veículos naquela rua e ao alto fluxo de ônibus. Os níveis em geral estão além dos 70 dB(A) nas fachadas, portanto acima da legislação da cidade para a ZR-4 que dita um limite de 65 dB(A) para o período diurno e 55 dB(A) para o noturno.

A rua Alferes Ângelo Sampaio também possui alto tráfego de veículos, expondo seus vizinhos a níveis superiores a 67 dB(A), exceto nas casas com murada frontal. Já a rua Coronel Dulcídio possui um tráfego menor.

Da mesma forma o período noturno é bastante ruidoso, pois essas ruas também possuem intenso tráfego de veículos nesse período.

A tabela 23 mostra, para o período diurno, a contribuição de cada rua no ruído que chega à fachada de 3 edificações, a de número 3, à rua Alferes Ângelo Sampaio, a de número 9, à rua Coronel Dulcício, e a de número 12, à Avenida Presidente Getúlio Vargas. A Tabela 24 mostra os níveis para o período noturno.

TABELA 23 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BATEL – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	AV. PRES. GETÚLIO VARGAS	R. ÂNGELO SAMPAIO	R. CEL. DULCÍDIO
Casa 3	67,0	–	–	56,3	66,6	29,5
Prédio 9						
1º andar	62,4	–	–	50,3	37,0	62,1
2º andar	62,7	–	–	52,0	39,1	62,3
3º andar	62,2	–	–	52,6	39,8	61,7
4º andar	61,8	–	–	53,3	41,5	61,1
Casa 12						
1º andar	71,2	–	–	71,1	50,3	40,1
2º andar	73,6	–	–	73,5	51,4	41,2

FONTE: O AUTOR

TABELA 24 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BATEL – PERÍODO NOTURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	AV. PRES. GETÚLIO VARGAS	R. ÂNGELO SAMPAIO	R. CEL. DULCÍDIO
Casa 3	66,7	–	–	54,8	66,4	25,7
Prédio 9						
1º andar	58,9	–	–	48,8	36,8	58,4
2º andar	59,2	–	–	50,5	39,0	58,5
3º andar	58,8	–	–	51,1	39,7	57,9
4º andar	58,5	–	–	51,8	41,3	57,3
Casa 12						
1º andar	69,6	–	–	69,6	50,2	36,3
2º andar	72,0	–	–	72,0	51,2	37,5

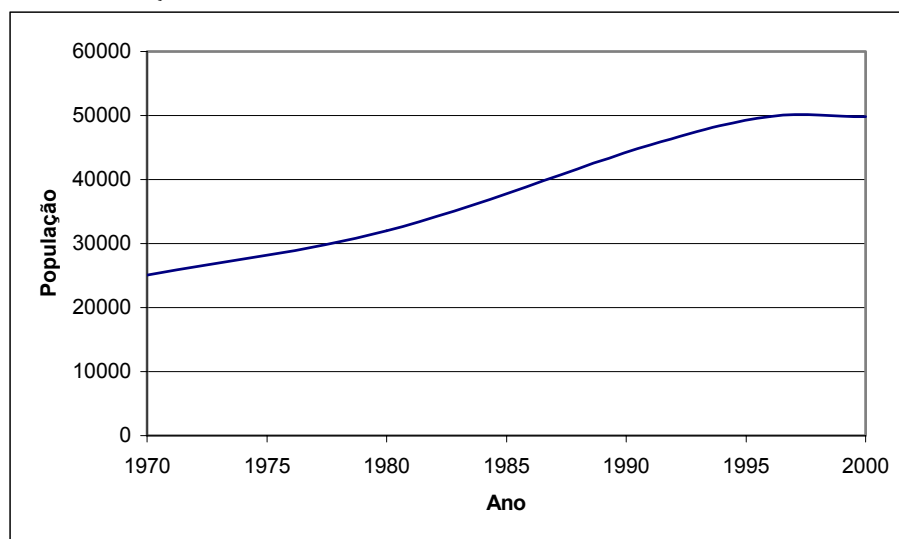
FONTE: O AUTOR

Nota-se claramente a alta incidência de ruído na casa 12, um conjunto comercial à avenida Presidente Getúlio Vargas, tanto durante o dia como durante a noite.

5.3.2. Aspectos Demográficos

A densidade demográfica do bairro Água Verde era de 104,7 hab/km² em 2000, segundo o IBGE. Apesar do rápido crescimento depois de 1970, a população se manteve estável depois de 1996, conforme mostra o gráfico 5.

GRÁFICO 5 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO ÁGUA VERDE NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

A SE Batel foi energizada em 2 de setembro de 1996 mas possui transformadores enclausurados, não havendo portanto o risco de desconforto acústico por parte da população. A região do bairro Água Verde, de acordo com a figura 1, foi ocupada no período 1858-1900 e, como a região já possuía uma alta densidade na época da construção da subestação, achou-se necessário o enclausuramento dos transformadores.

5.4. SE CAMPO COMPRIDO

5.4.1. Aspectos Acústicos

A SE Campo Comprido está numa zona Z-CON, possuindo oito transformadores operantes. Seus dados se encontram na tabela 25.

TABELA 25 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE CAMPO COMPRIDO

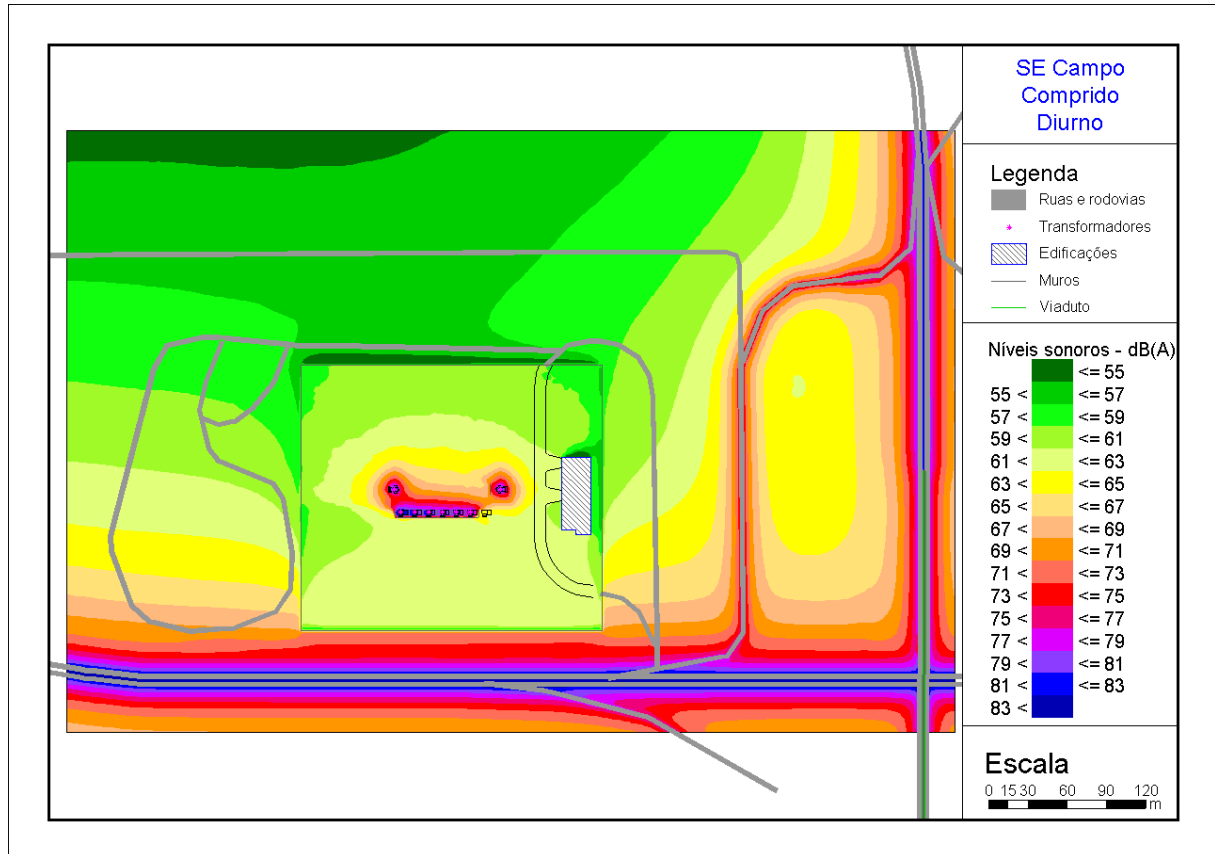
TRANSFORMADOR	Nº COPEL	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	102-00582	1995	Siemens
2	102-00583	1995	Siemens
A	102-00412	1991	Siemens
B	102-00413	1991	Siemens
C	102-00414	1991	Siemens
D	102-00415	1991	Siemens
E	102-00416	1991	Siemens
F	102-00417	1991	Siemens

FONTE: FILIPPIN, 2002

Essa subestação de energia elétrica é a única entre as analisadas que se localiza em uma área não urbanizada. Ela é delimitada em um dos lados pela BR-277, sentido Ponta Grossa e por outro lado pelo Contorno Norte. Há diversas áreas baldias nos outros dois lados. Dessa forma, essa subestação não provoca desconforto acústico, mas com os mapas acústicos será possível ter uma visão de como o ruído está se espalhando pelas áreas ao redor da subestação, o que será de suma importância caso a área venha a ser urbanizada.

A figura 28 mostra o mapeamento acústico diurno da área da subestação, e a figura 29 mostra o mapeamento noturno.

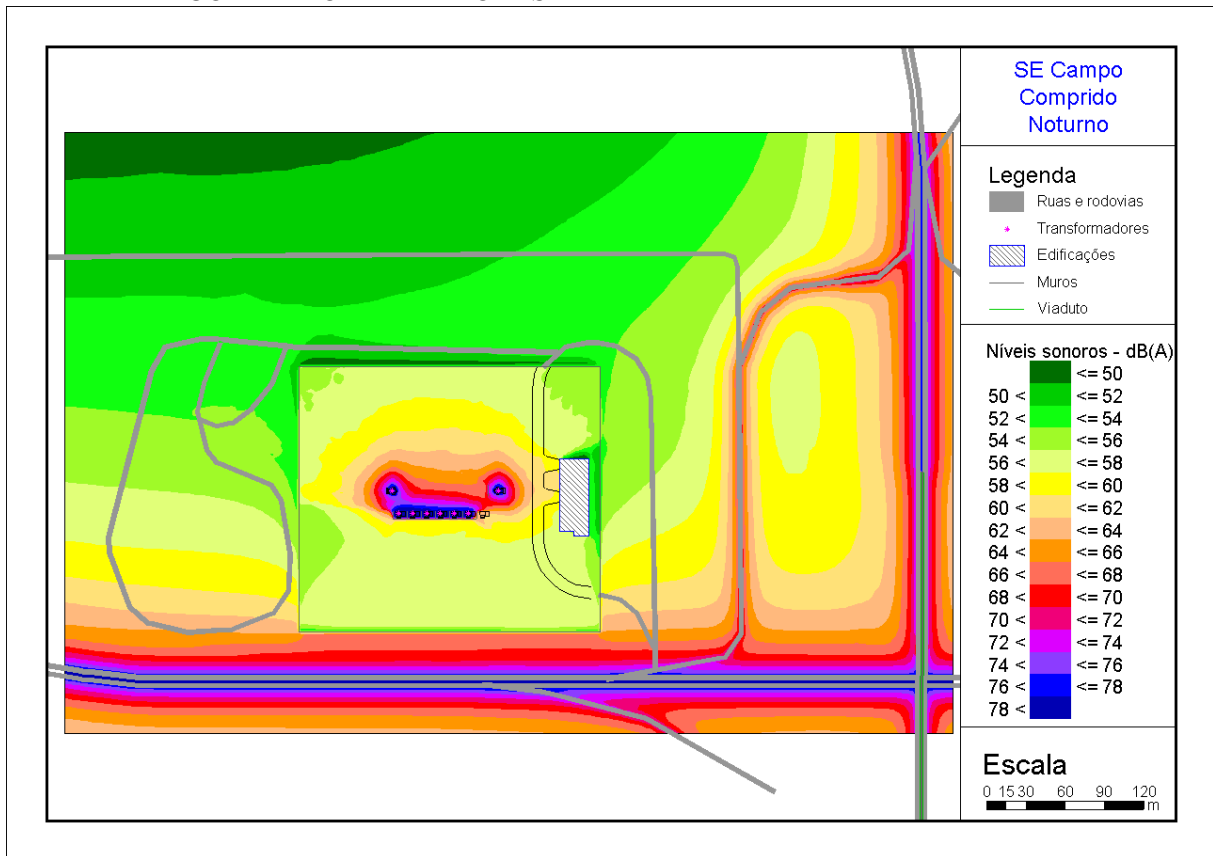
FIGURA 28 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES



Apesar da SE Campo Comprido dispor de oito transformadores, sua área é muito grande. Assim, mesmo que as regiões próximas venham a ser urbanizadas, elas estarão muito mais sujeitas ao ruído das rodovias, o que acabará por mascarar o ruído dos transformadores.

As áreas baldias próximas à BR-277 estão sujeitas a níveis superiores a 70 dB(A) no período diurno, e durante a noite esse nível pouco cai. Eles estão bem acima dos limites estabelecidos pela Lei 10625, que dita um limite de 60 dB(A) para uma ZA no período diurno e 50 dB(A) para o noturno.

FIGURA 29 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES



FONTE: O AUTOR

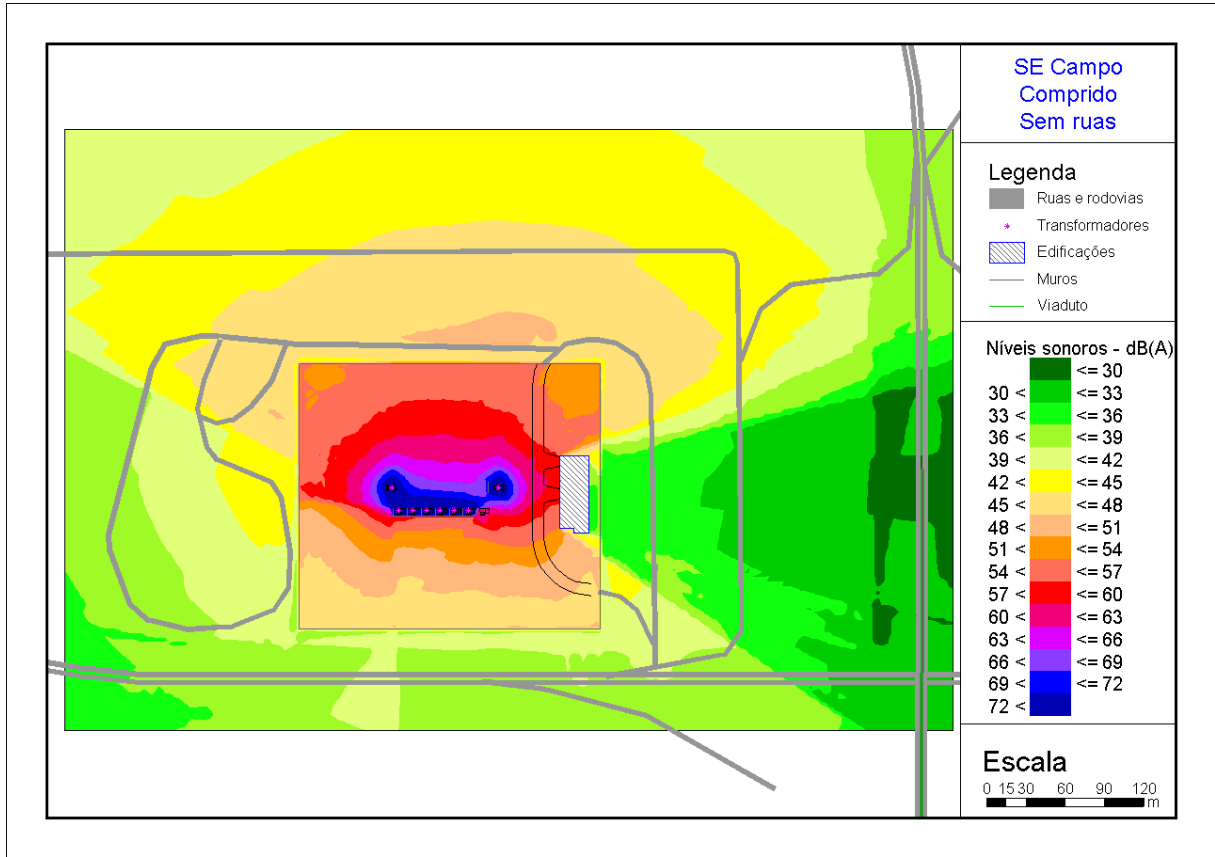
Como não há edificações na região da SE Campo Comprido, não serão apresentadas as tabelas com as contribuições dos níveis sonoros de cada fonte.

A figura 30 mostra o mapa acústico contendo a contribuição sonora devida aos transformadores.

5.4.2. Aspectos Demográficos

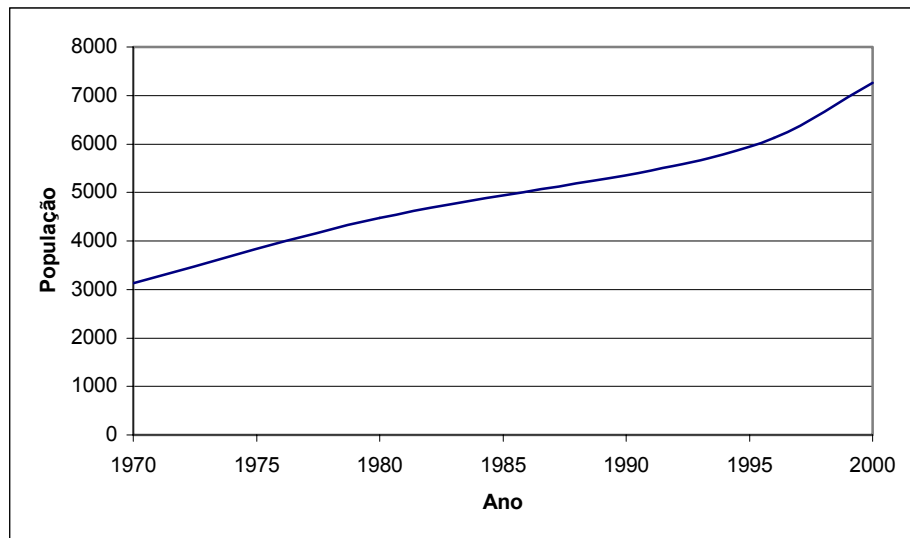
A SE Campo Comprido se localiza no bairro Orleans. Segundo o censo de 2000, sua densidade demográfica era de 14,2 hab/km², a mais baixa entre os bairros estudados. A população tem crescido, como mostrado no gráfico 6.

FIGURA 30 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO



FONTE: O AUTOR

GRÁFICO 6 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO ORLEANS NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

Com esse crescimento, apesar da área da subestação ainda ser uma área livre de residências, um dia ela poderá vir a ser ocupada. A ocupação das outras áreas do bairro se deu recentemente, de acordo com a figura 1, entre 1967 e 1985. A energização da SE Campo Comprido ocorreu em 23 de outubro de 1965. Possivelmente, caso a área venha a ser ocupada, será necessário investir em medidas de controle de ruído, sendo barreiras acústicas uma das possíveis soluções.

5.5. SE MERCÊS

5.5.1. Aspectos Acústicos

A SE Mercês se localiza no bairro do mesmo nome, em uma ZR-1, e possui dois transformadores operantes. Há espaço para a instalação de um transformador extra, mas somente em caso de excessivo aumento na demanda energética. A tabela 28 traz informações acerca dos transformadores operantes.

TABELA 26 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE MERCÊS

TRANSFORMADOR	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	1987	Siemens
2	1987	Siemens

FONTE: FILIPPIN, 2002

Conforme pode ser visto na planta baixa da subestação na figura 13, foram construídas paredes corta-fogo em excesso, exatamente para a proteção contra o ruído dos moradores da rua Presidente Taunay. Cada transformador está cercado por três paredes, estando a face aberta voltada para a maior área da subestação.

A figura 31 mostra o mapeamento acústico diurno da SE Mercês e da região vizinha. É importante salientar que há duas residências localizadas muito próximas do limite da subestação (referenciadas como casa 08 e casa 09 nos mapas acústicos). Há um despachante igualmente próximo da subestação, referenciado como casa 06 nos mapas.

A figura 32 mostra o mapeamento noturno da mesma região.

FIGURA 31 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO MERCÊS E ARREDORES.

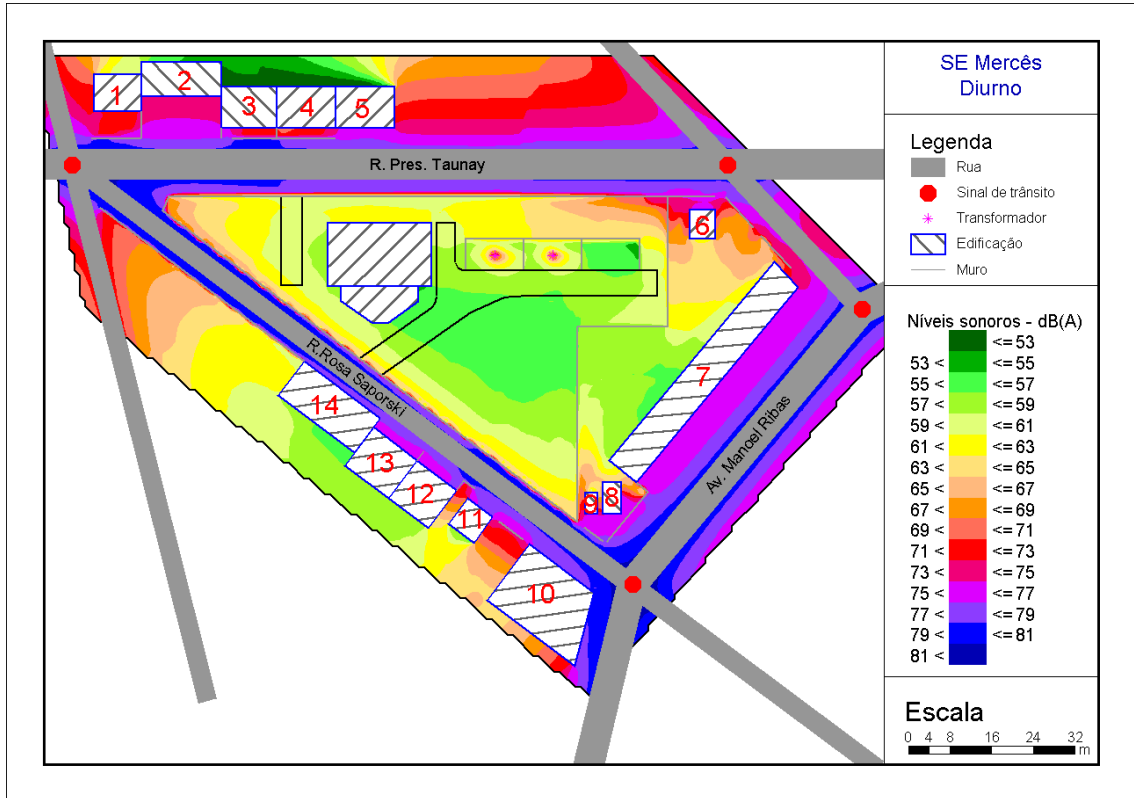
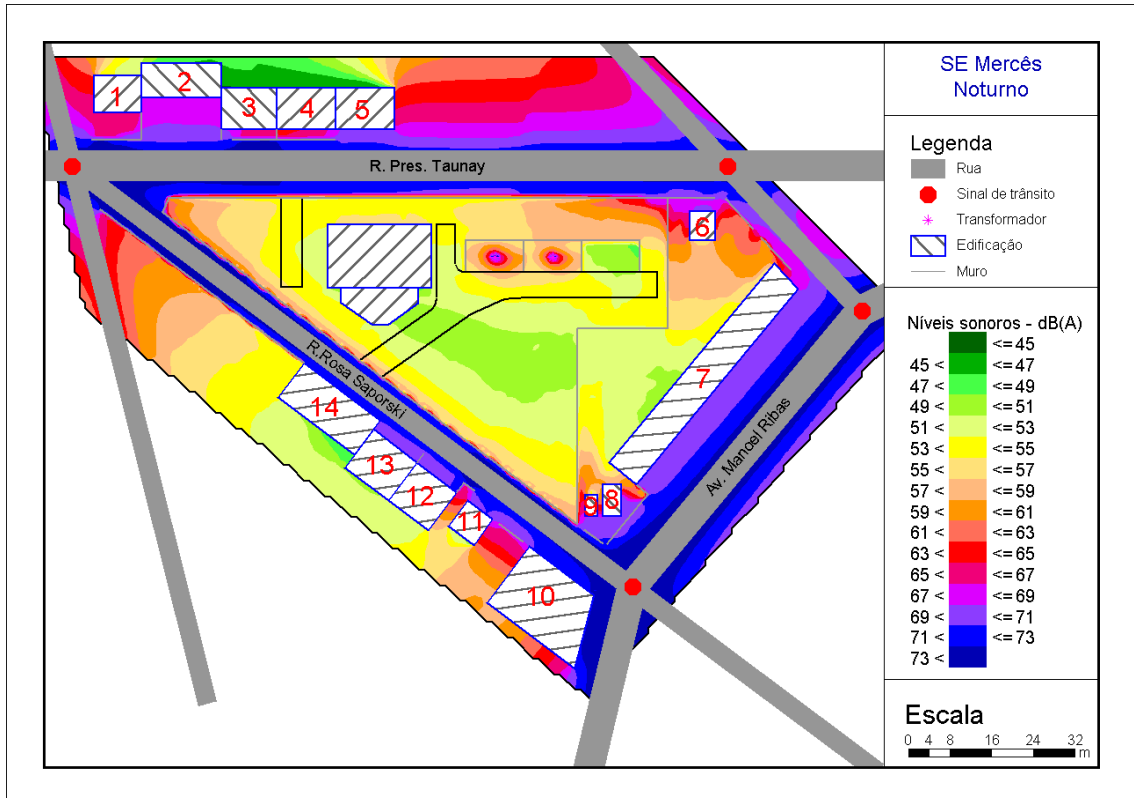


FIGURA 32 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO MERCÊS E ARREDORES.



A SE Mercês está localizada próxima à uma rua com intenso tráfego de veículos, inclusive ônibus, a avenida Manoel Ribas. As outras ruas que cercam a subestação também possuem tráfego semelhante, de tal forma que o ruído dos transformadores fica mascarado. Além disso, o posicionamento das paredes corta-fogo contribui para que os transformadores não emitam muito ruído para fora da instalação. Como conclusão, as edificações ficam expostas ao ruído proveniente das ruas que, durante o dia, podem atingir 75 dB(A) ou mesmo 80 dB(A). Durante a noite o ruído ainda pode ultrapassar 70 dB(A), como no caso da fachada do edifício 10, situado na esquina da avenida Manoel Ribas e da rua Rosa Saporski.

A legislação municipal estabelece um limite de 55 dB(A) para o período diurno e 45 dB(A) para o noturno, no caso de uma ZR-1. As edificações próximas à SE Mercês se encontram totalmente fora dos padrões de conforto acústico, apesar da subestação em si não contribuir para esse desconforto.

A tabela 27 traz as contribuições sonoras de cada fonte nas fachadas de algumas edificações para o período diurno, e a tabela 28 traz essas contribuições para o período noturno.

TABELA 27 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE MERCÊS – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO / ANDAR	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	PRES. TAUNAY	MANOEL RIBAS	JARDIM FREI RICARDO	ROSA SAPORSKI
Casa 5					35,5	30,4	–
1º andar	72,3	19,8	17,4	72,2	41,2	44,9	45,6
2º andar	74,3	19,8	17,4	74,3	43,9	46,6	50,9
Casa 8	68,9	14,3	22,1	34,6	66,2	25,6	65,5
Edifício 10							
1º andar	75,3	27,6	25,8	47,4	69,8	34,4	73,9
2º andar	74,3	29,3	27,5	48,0	69,7	38,7	72,5
3º andar	73,2	30,3	28,6	49,4	69,2	41,4	70,9
4º andar	72,1	31,3	29,4	50,3	68,7	43,2	69,4

FONTE: O AUTOR

TABELA 28 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE MERCÊS – PERÍODO NOTURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO / ANDAR	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	PRES. TAUNAY	MANOEL RIBAS	JARDIM FREI RICARDO	ROSA SAPORSKI
Casa 5							
1º andar	66,0	19,8	17,4	66,0	35,6	38,5	39,3
2º andar	68,1	19,8	17,4	68,0	38,3	40,2	44,5
Casa 8							
	62,9	14,3	22,1	28,4	54,1	22,9	62,1
Edifício 10							
1º andar	69,2	27,6	25,8	41,1	64,2	28,1	67,5
2º andar	68,2	29,3	27,5	41,8	64,1	32,3	64,5
3º andar	67,1	30,3	28,6	43,2	63,5	35,1	64,5
4º andar	66,1	31,3	29,4	44,1	63,1	36,9	63,1

FONTE: O AUTOR

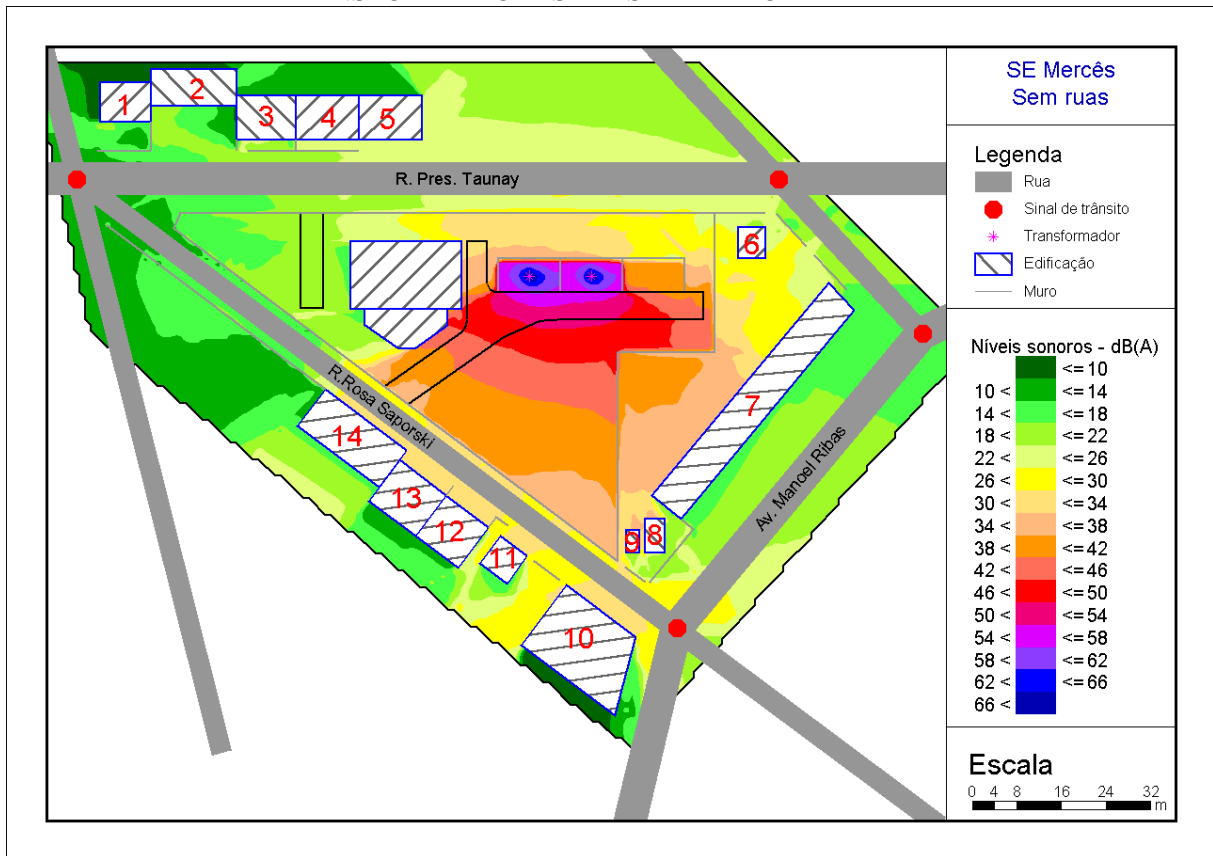
O primeiro andar da casa 10 é o que recebe o maior nível sonoro, advindo principalmente da rua Rosa Saporski. Estando o prédio numa esquina, a fachada considerada na análise foi a fachada voltada para essa rua. O último andar dessa mesma edificação recebe o maior nível sonoro advindo dos transformadores, num total de 33,5 dB(A) devido à soma acústica de 31,3 dB(A) e 29,4 dB(A). Segundo a NBR-10151, esse nível deve ser corrigido para 38,5 dB(A). Mas esse ruído é mascarado pelas ruas de tráfego intenso.

A figura 33 traz o mapeamento acústico devido apenas aos transformadores da subestação.

5.5.2. Aspectos Demográficos

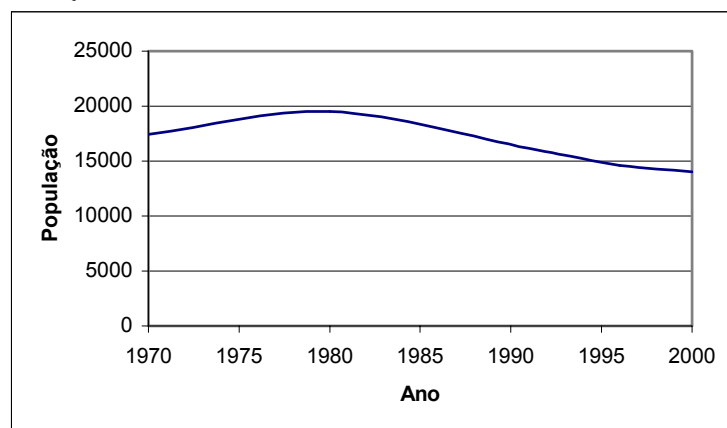
A densidade demográfica do bairro Mercês era de 42,8 hab/km² segundo o censo de 2000. Mas contrariamente às tendências de crescimento urbano, este bairro apresentou um decréscimo populacional desde 1980, conforme o gráfico 7.

FIGURA 33 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO MERCÊS E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO



FONTE: O AUTOR

GRÁFICO 7 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO MERCÊS NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

A ocupação da região do bairro Mercês se deu entre 1928 e 1966, segundo a figura 1. A SE Mercês foi energizada em 07 de agosto de 1989, portanto após a chegada da população. As paredes corta-fogo foram construídas de modo a proteger a

rua Presidente Taunay, a qual está muito próxima dos transformadores, do seu ruído. Portanto, apesar da SE Mercês não ser uma subestação com transformadores enclausurados, ela já foi construída de modo a não expor os moradores a um ruído que cause incômodo.

5.6. SE PILARZINHO

5.6.1. Aspectos Acústicos

A SE Pilarzinho se localiza no bairro Taboão, em uma zona ZR-2. Possui quatro transformadores operacionais, cujos dados se encontram na tabela 31.

TABELA 29 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE PILARZINHO

TRANSFORMADOR	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	1977	Tusa
2	1981	Fuji
A	1981	Fuji
B	1987	Eletro Bau Ag.

FONTE: FILIPPIN, 2002

A figura 34 traz o mapeamento acústico do período diurno para a SE Pilarzinho, enquanto que a figura 35 traz o mapeamento noturno. Essa subestação está localizada próxima à Rodovia dos Minérios, com intenso tráfego de veículos. Mas as residências estão localizadas no lado oposto à rodovia, sofrendo então muita influência dos 4 transformadores da subestação.

FIGURA 34 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES.

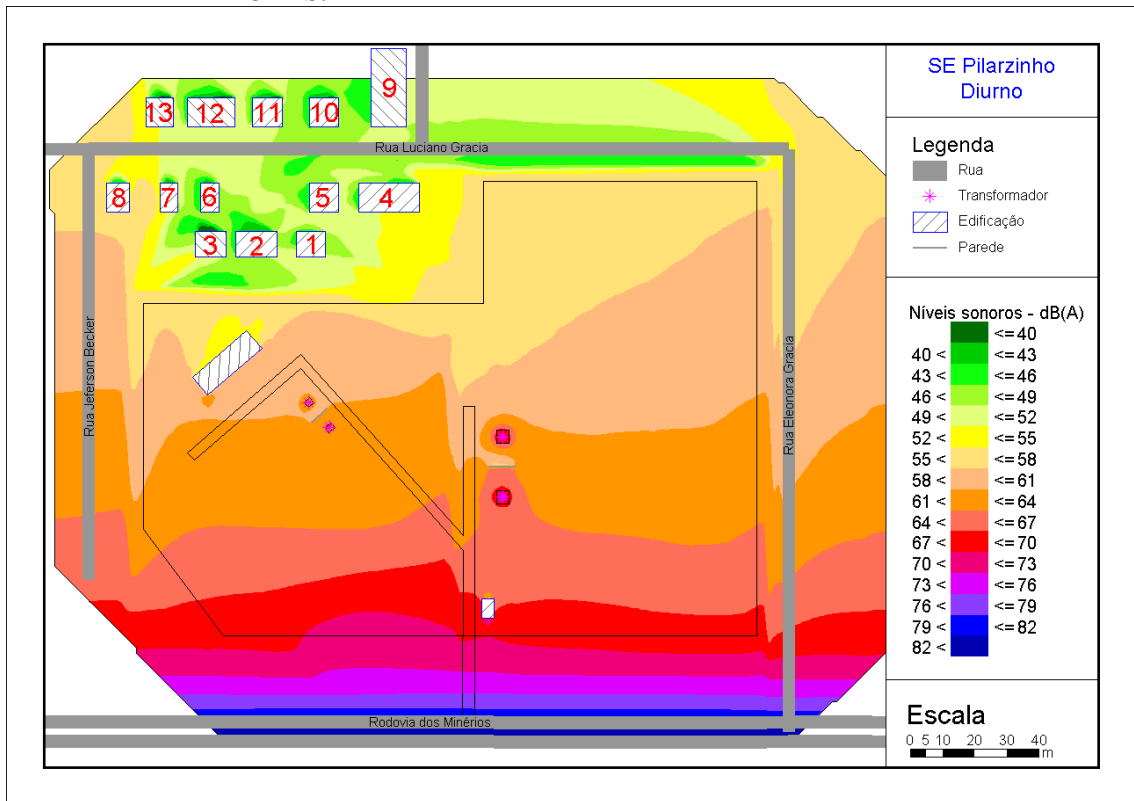
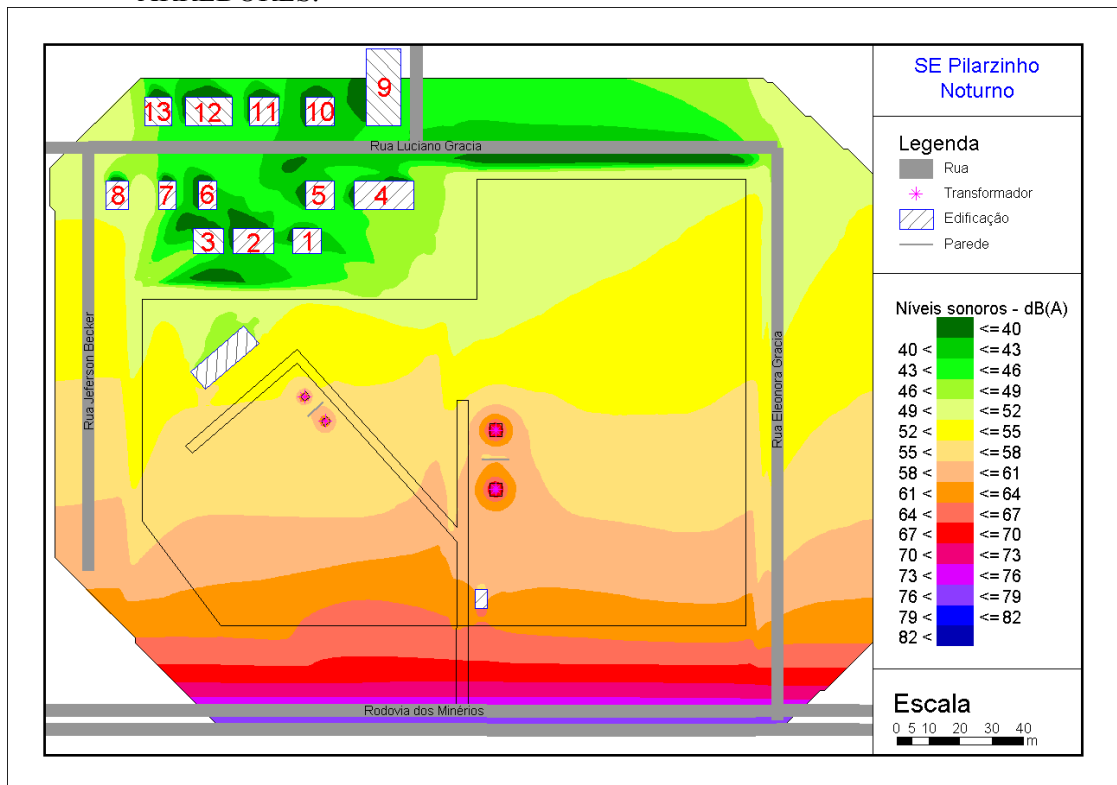


FIGURA 35 – MAPEAMENTO ACÚSTICO NOTURNO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES.



As residências próximas a essa subestação estão localizadas em ruas bastante tranquilas, de modo que elas estão expostas ao ruído da Rodovia dos Minérios e da subestação. Apesar do ruído dos transformadores chegar com pouca intensidade às residências, ele pode ser levemente incômodo. Houve, inclusive, registro de queixa por parte dos residentes da casa 12. O ruído devido à Rodovia dos Minérios, mesmo sendo de tráfego intenso, não é suficientemente alto para mascarar os transformadores durante a noite.

As tabelas 32 e 33 mostram as contribuições de cada fonte sonora, para os períodos diurno e noturno, respectivamente, para duas residências.

TABELA 30 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE PILARZINHO – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO A	TRAFO B	R. DOS MIÉRIOS
Casa 4	49,9	29,9	14,2	17,8	16,7	49,8
Casa 8	57,4	21,1	20,9	14,6	7,5	57,5

FONTE: O AUTOR

TABELA 31 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE PILARZINHO – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO A	TRAFO B	R. DOS MIÉRIOS
Casa 4	44,1	29,9	14,2	17,8	16,7	43,9
Casa 8	51,6	21,1	20,9	14,6	7,5	51,6

FONTE: O AUTOR

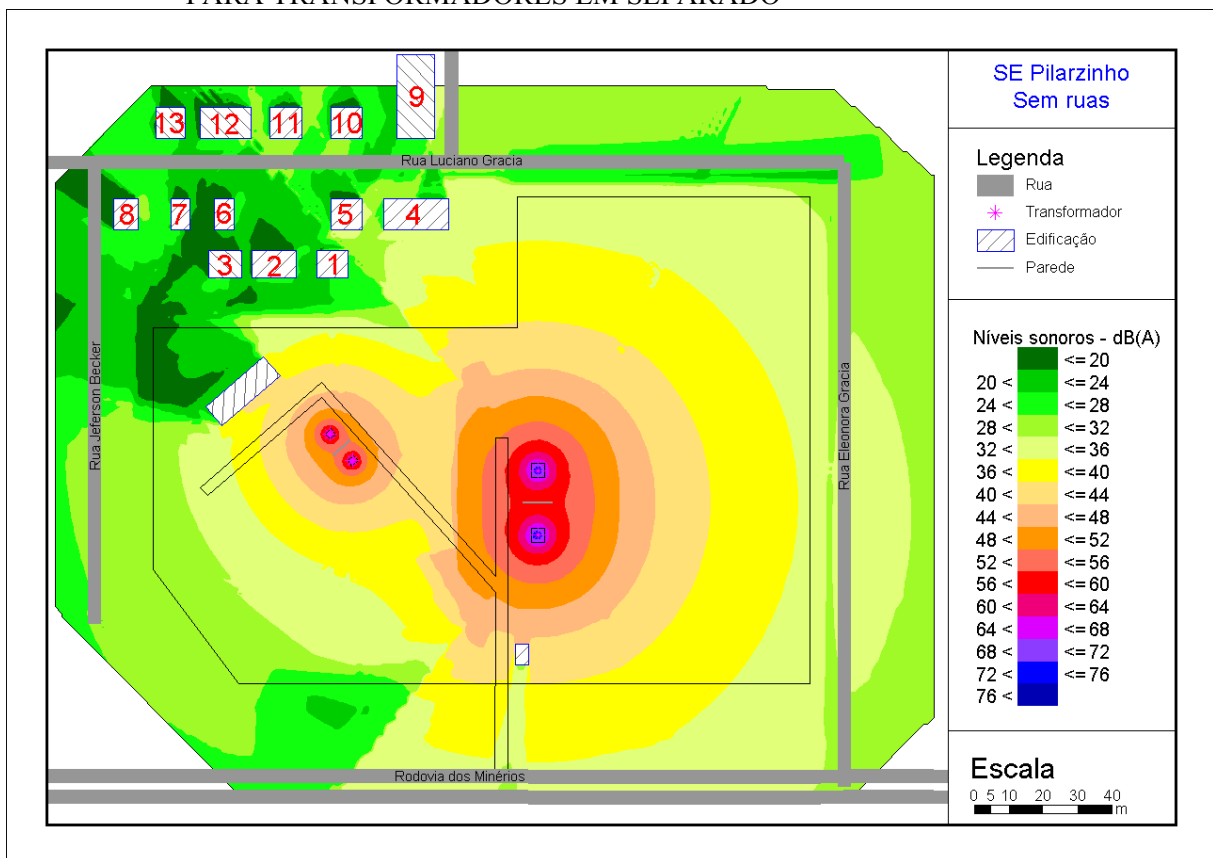
A residência mais exposta ao ruído ambiente é a casa 8, enquanto que a mais exposta ao ruído dos transformadores é a casa 4. Esta última está exposta a um nível sonoro de 30,5 dB(A), resultante da soma acústica das contribuições dos quatro transformadores. Considerando o bônus de 5 dB(A) imposta pela norma NBR-10151 devido à natureza tonal desse tipo de ruído, esse valor sobe para 35,5 dB(A). Mas várias das outras residências estão protegidas do ruído dos transformadores pela topografia do terreno, bastante irregular.

A norma NBR-10152 (ABNT, 1987) estabelece alguns níveis sonoros para conforto acústico no interior de alguns locais, assim como níveis aceitáveis para esses

mesmos locais. Segundo essa norma, o nível para conforto no interior de dormitórios é 35 dB(A). Considerando o nível de 35,5 dB(A) na casa 4, esse nível já poderia ser considerado de desconforto nos casos onde os dormitórios estejam voltados para a subestação.

A figura 36 mostra a contribuição sonora dos transformadores.

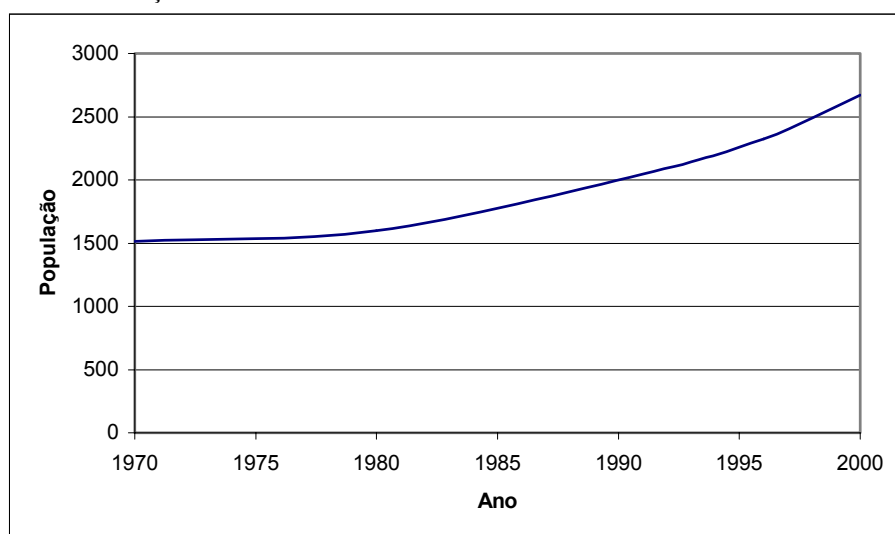
FIGURA 36 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO



5.6.2. Aspectos Demográficos

O bairro Taboão apresentava, em 2000, uma densidade demográfica de 15,6 hab/km², sendo bastante baixa se comparada com outros bairros. Sendo um bairro mais afastado do centro da cidade, possui poucos habitantes. Mas seu crescimento populacional tem se acelerado, como mostra o gráfico 8.

GRÁFICO 8 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO TABOÃO NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

Pela análise da ocupação urbana na figura 1, o bairro Taboão foi ocupado no período compreendido entre 1967 e 1985. A SE Pilarzinho foi energizada em 21 de julho de 1977, portanto no período da ocupação urbana da região. O crescimento acelerado dos últimos anos poderá trazer mais pessoas à vizinhança da subestação, hoje não muito ocupada, e futuramente aumentarem o número de reclamações do ruído advindo da instalação.

5.7. SE SANTA QUITÉRIA

5.7.1. Aspectos Acústicos

A SE Santa Quitéria se localiza no bairro do mesmo nome, em uma zona ZR-3, e possui dois transformadores com carga, cujos dados se encontram na tabela 34.

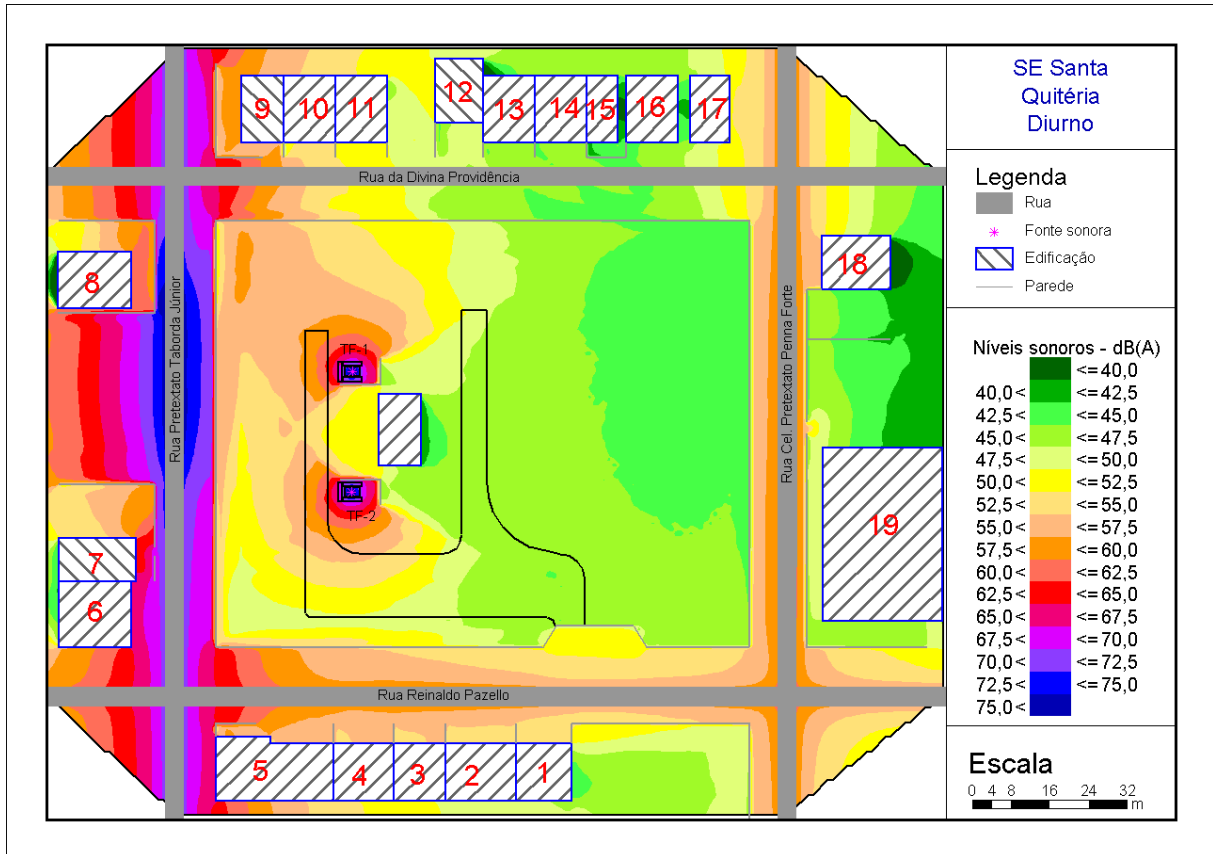
TABELA 32 – DADOS DOS TRANSFORMADORES DA SE SANTA QUITÉRIA

TRANSFORMADOR	ANO DE FABRICAÇÃO	FÁBRICA
1	1979	Italtrafo
2	1979	Italtrafo

FONTE: FILIPPIN, 2002

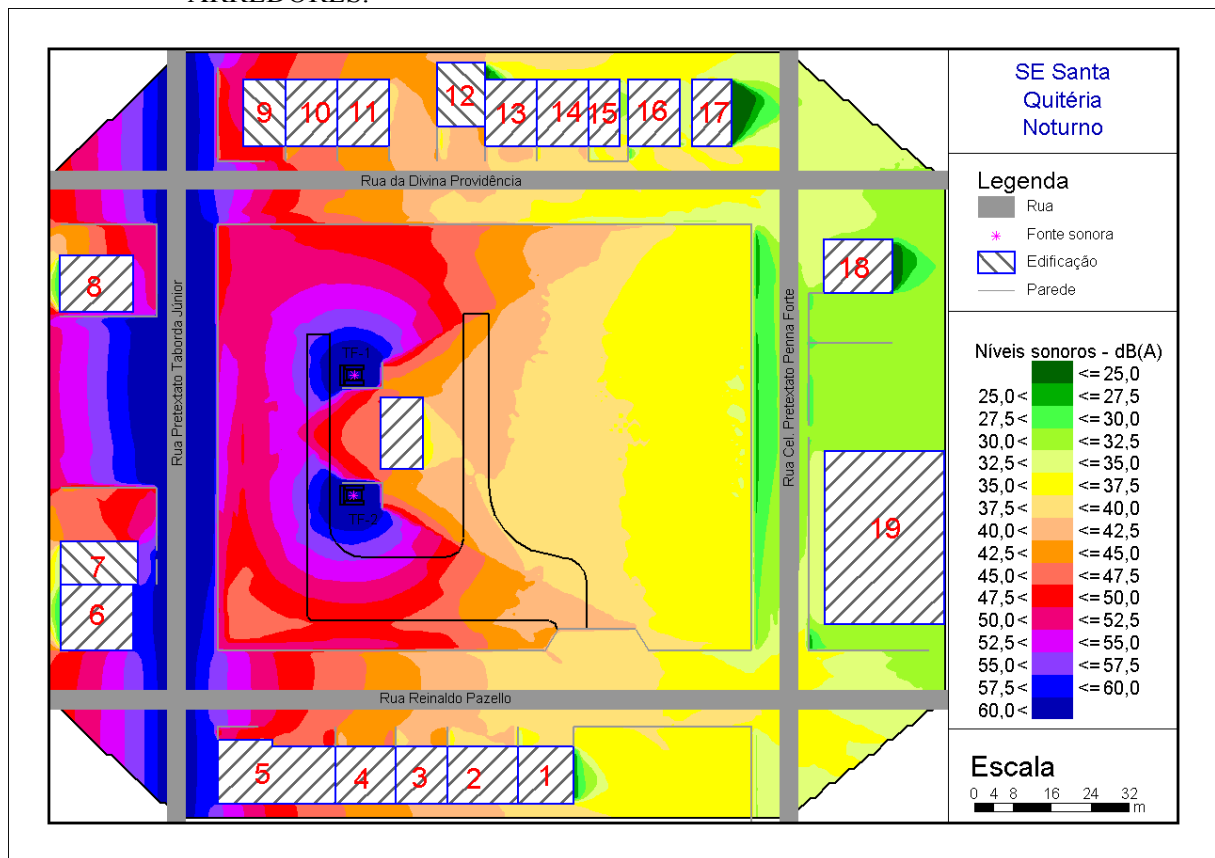
A figura 37 mostra o mapeamento acústico da SE Santa Quitéria para o período diurno, e a figura 38 mostra esse mapeamento para o período noturno.

FIGURA 37 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES.



Essa subestação de energia elétrica está localizada entre ruas bastante tranquilas, com pouco tráfego. Além disso, a ausência de prédios altos na vizinhança contribui para que os moradores estejam situados na região de sombra acústica, em relação ao ruído dos transformadores, provocada pelos muros externos da subestação que a cercam completamente, com exceção de algumas casas de dois andares. Os andares superiores dessas casas recebem um nível sonoro advindo dos transformadores maior.

FIGURA 38 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DIURNO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES.



Por estes motivos, o ruído que chega às fachadas dos primeiros andares das residências, considerando o nível equivalente, é composto basicamente pelo ruído das ruas. As residências sem muro frontal, localizadas à rua Pretextato Taborda Júnior, a mais ruidosa, estão expostas a níveis sonoros na faixa de 62,5 a 65 dB(A). Já as residências à rua da Divina Providência, notadamente as de números 12 a 17, estão expostas a níveis mais baixos de ruído, variando entre 42,5 dB(A) e 50 dB(A).

Considerando o período noturno, as casas 6 e 7, à rua Pretextato Taborda Júnior, estão expostas a ruídos entre 55 e 60 dB(A). As casas à rua da Divina Providência, especialmente as mais da direita, estão expostas a níveis menores, entre 35 dB(A) e 42,5 dB(A). Sendo menor o ruído das ruas, o ruído dos transformadores fica mais evidente. Dessa forma, pode-se notar que algumas casas estão expostas a níveis de ruído ligeiramente acima da legislação 10625, que dita limites de 55 dB(A) para o período diurno e 45 dB(A) para o noturno, para a ZR-3.

A contribuição dos transformadores sobre o ruído incidente nas edificações pode ser vista na tabela 33 para o período diurno, e na tabela 34 para o noturno, juntamente com a contribuição das quatro ruas que cercam a subestação, para cinco casas, duas à rua Pretextato Taborda Júnior e uma em cada rua remanescente.

TABELA 33 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – PERÍODO DIURNO – dB(A)

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	REINALDO PAZELLO	PRET. TABORDA JÚNIOR	DIV. PROVIDÊNCIA	CEL. PRET. PENNA FORTE
Casa 3	52,2	17,9	32,0	50,7	46,7	–	18,0
Casa 6							
1º andar	62,0	19,9	31,2	40,0	61,9	–	24,8
2º andar	64,7	24,7	35,1	43,3	64,7	–	28,8
Casa 8							
1º andar	56,4	31,3	25,5	19,8	56,4	–	19,3
2º andar	62,1	37,2	33,8	26,3	62,1	–	26,7
Casa 11							
1º andar	43,3	32,0	17,5	20,4	42,8	–	22,3
2º andar	51,5	36,7	19,0	25,6	51,3	–	28,9
Casa 19							
1º andar	40,5	18,3	18,7	28,2	33,0	–	39,3
2º andar	52,9	23,0	25,2	36,9	41,5	–	52,5

FONTE: O AUTOR

TABELA 34 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – PERÍODO NOTURNO – dB(A)

continua

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	REINALDO PAZELLO	PRET. TABORDA JÚNIOR	DIV. PROVIDÊNCIA	CEL. PRET. PENNA FORTE
Casa 3	39,3	17,9	32,0	–	38,4	–	–
Casa 6							
1º andar	53,7	19,9	31,2	–	53,6	–	–
2º andar	56,5	24,7	35,1	–	56,4	–	–
Casa 8							
1º andar	48,2	31,3	25,5	–	48,1	–	–
2º andar	53,9	37,2	33,8	–	53,8	–	–
Casa 11							
1º andar	36,5	32,0	17,5	–	34,5	–	–
2º andar	44,0	36,7	19,0	–	43,1	–	–

TABELA 34 – CONTRIBUIÇÕES INDIVIDUAIS DAS FONTES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – PERÍODO NOTURNO – dB(A)

conclusão

EDIFICAÇÃO	NÍVEL TOTAL	TRAFO 1	TRAFO 2	REINALDO PAZELLO	PRET. TABORDA JÚNIOR	DIV. PROVIDÊNCIA	CEL. PRET. PENNA FORTE
Casa 19							
1º andar	26,4	18,3	18,7	–	24,7	–	–
2º andar	34,2	23,0	25,2	–	33,2	–	–

FONTE: O AUTOR

O ruído dos transformadores que chega a essas casas varia de 30 a 39 dB(A) basicamente, exceto na casa 19 que, devido à sua localização, encontra-se protegida do ruído dos transformadores pelas paredes corta-fogo. A tabela mostra também a grande diferença de incidência sonora entre o primeiro e o segundo andares das casas 6, 8, 11 e 19. A murada da subestação não é alta o suficiente para proteger os pavimentos superiores dessas casas. Apesar dos níveis sonoros incidentes nas residências, advindos dos transformadores serem baixos, é importante salientar que as frequências bem definidas, de 120 Hz e seus harmônicos típicas de um transformador, são bastante incomodativas.

Ainda segundo a mesma tabela, o segundo andar da casa 8 recebe a maior incidência de radiação sonora dos transformadores. Ela recebe 38,8 dB(A), provenientes da soma acústica das imissões dos dois transformadores. Se considerarmos a penalização de 5 dB(A) imposto pela norma NBR-10151, esse valor subirá para 43,8 dB(A). O segundo andar da casa 11 também recebe um ruído parecido dos transformadores que, quando somados, resultam em 36,8 dB(A). Aplicando a correção imposta pela NBR-10151 temos então o nível sonoro de 41,8 dB(A).

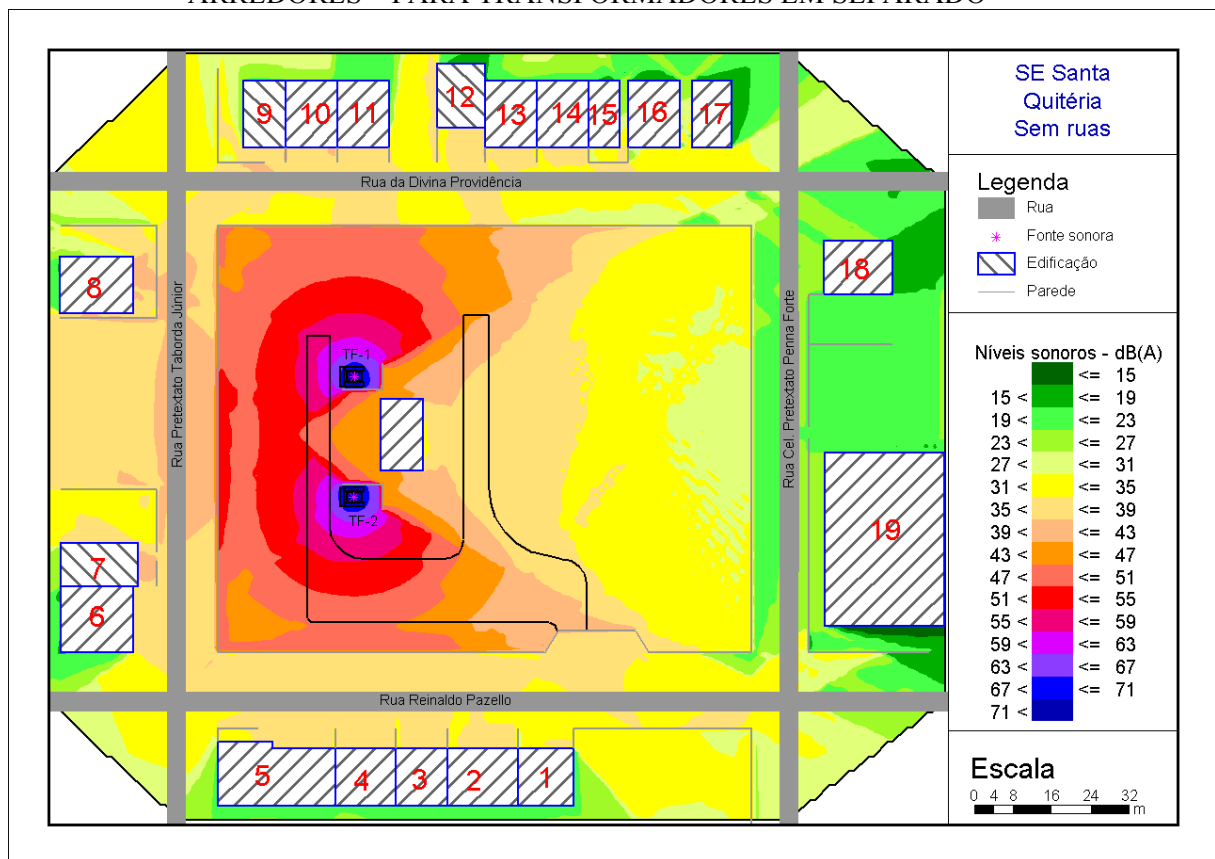
Segundo a norma NBR-10152 (ABNT, 1987), esses níveis estão acima dos limites de conforto acústico para dormitórios. O primeiro caso está próximo, inclusive, do limite aceitável, equivalente a 45 dB(A) para dormitórios.

A casa mais exposta ao ruído das ruas é a casa 6, cujo segundo andar recebe 64,7 dB(A) da rua Pretextato Taborda Júnior, durante o dia, e 56,4 dB(A) durante a noite.

Apesar da rua mais próxima das moradias contribuir mais no total de ruído incidente nessas casas, é importante salientar que a simulação considerou o nível equivalente (L_{eq}) dessas ruas. No entanto, o tráfego, não sendo constante, especialmente à noite, por vezes não gera ruído, restando apenas a componente dos transformadores.

A figura 39 traz o mapeamento acústico da região considerando apenas os transformadores.

FIGURA 39 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO

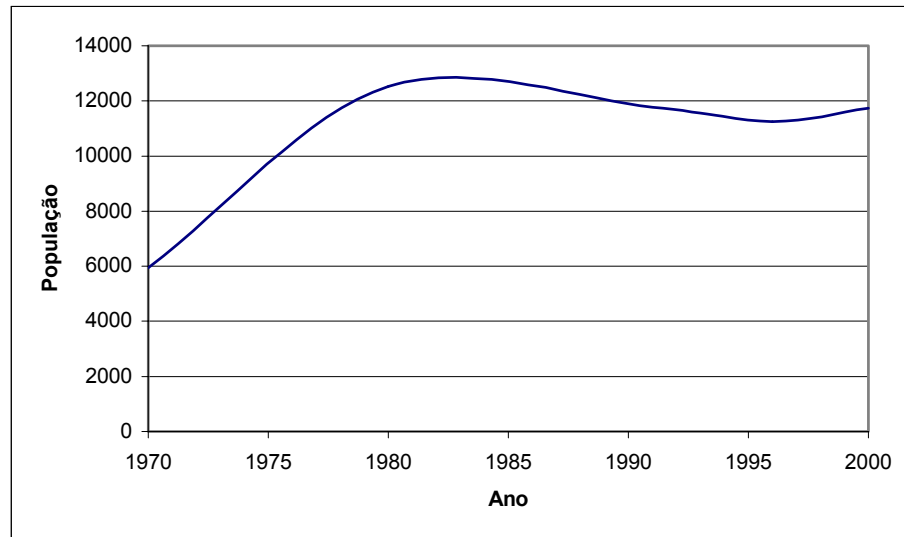


Algumas medições de ruído foram feitas no calçamento esquerdo da rua Pretextato Taborda Júnior, próximo à casa 8, a fim de se verificar a confiabilidade dos mapeamentos. Os níveis medidos variaram basicamente de 39 dB(A) a 40 dB(A). O mapeamento da figura 39 indica níveis próximos a esses valores, podendo portanto ser considerado confiável.

5.7.2. Aspectos Demográficos

O bairro de Santa Quitéria apresentava, em 2000, uma densidade demográfica de 56,2 hab / km². A evolução do crescimento urbano do bairro tem mostrado uma tendência oscilatória, crescendo no período 1970-1980, decrescendo no período 1980-1996 e voltando a crescer no período 1996-2000. O gráfico 9 mostra a população total do bairro no período 1970-2000.

GRÁFICO 9 – POPULAÇÃO RESIDENTE NO BAIRRO SANTA QUITÉRIA NO PERÍODO 1970-2000



FONTE: IBGE

A SE Santa Quitéria foi energizada em 01 / 01 / 1957, sendo a mais antiga entre as subestações estudadas, O bairro onde ela se localiza, Santa Quitéria, começou a se desenvolver pelos idos de 1960. Antes dessa época ele era uma extensa lavoura de milho, feijão, arroz e outros cereais. Após a década de 60 o bairro se desenvolveu com a construção de vários conjuntos habitacionais (Prefeitura Municipal de Curitiba). Esse desenvolvimento fez com que as áreas em torno da subestação elétrica fossem ocupadas, trazendo então moradores para a vizinhança da instalação.

6. PREDIÇÕES ACÚSTICAS

Para os casos mais críticos de incômodo causado pelo ruído dos transformadores entre as subestações de energia elétrica estudadas, foram feitas simulações acústicas com a ajuda do *software SoundPlan* a fim de se verificar a redução da incidência sonora sobre as edificações após a instalação de barreiras acústicas. Estas barreiras foram construídas no *software* de modo a enclausurar os transformadores a partir das paredes corta-fogo, mantendo a altura destas. Seus posicionamentos são mostrados nas figuras 40, 42, 44 e 46. Elas foram colocadas a 2m das superfícies externas do paralelepípedo que engloba o transformador e suas alturas coincidem com a da parede corta-fogo.

O *software* possui um modelo de barreira ideal, ou seja, não há transmissão de ruído através de sua superfície. Mas a difração sonora pela borda superior é considerada. Para fins de análise de reflexão sonora, a superfície do modelo da barreira pode receber um material, o qual terá seus coeficientes de absorção por frequência (por banda de oitava ou terço de oitava) especificados. Para as simulações do presente estudo, considerou-se barreiras de concreto.

Essas simulações foram conduzidas para quatro subestações das sete estudadas. As subestações que não receberam análises desse tipo foram:

- a) SE Barigui: não há residências próximas aos transformadores. Além disso, a avenida Raul Pompéia mascara o ruído dos transformadores;
- b) SE Batel: por já estar enclausurada;
- c) SE Mercês: localiza-se em uma região altamente urbanizada, estando portanto o ruído dos transformadores mascarado. Além disso, o posicionamento desses transformadores e das paredes corta-fogo contribui para evitar a propagação desse ruído para fora da instalação.

A seguir encontram-se os mapeamentos acústicos para as subestações escolhidas e suas respectivas regiões vizinhas. Os mapeamentos, feitos a 1,5 metro de

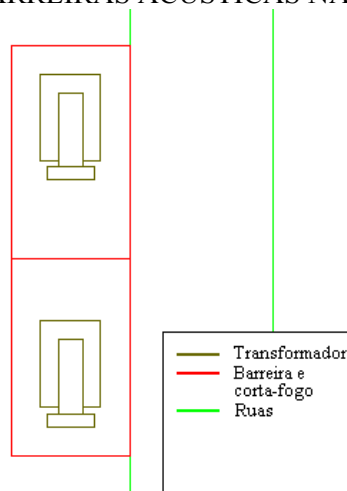
altura em relação ao nível do solo, referem-se apenas ao ruído dos transformadores, ignorando-se a ruas.

6.1. SE BACACHERI

De acordo com o capítulo Resultados, a SE Bacacheri foi uma subestação de energia elétrica que apresentou alguns níveis superiores a 30 dB(A) nas fachadas das edificações. Portanto optou-se por estudar a colocação de barreiras acústicas em torno dos transformadores dessa instalação.

As barreiras têm cinco metros de altura, a mesma da parede corta-fogo. A figura 40 mostra seus posicionamentos em relação aos transformadores, e a figura 41 mostra o mapeamento acústico da área da subestação e arredores, para transformadores em separado.

FIGURA 40 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE BACACHERI



FONTE: O AUTOR

Nota-se claramente a redução dos níveis a atingir as residências se esse mapeamento for comparado com a figura 22. A tabela 35 mostra os resultados da colocação das barreiras, comparando os níveis sonoros advindo dos transformadores para as mesmas edificações analisadas nas tabelas 17 e 18.

FIGURA 41 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO BACACHERI E ARREDORES – PARA 2 TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA

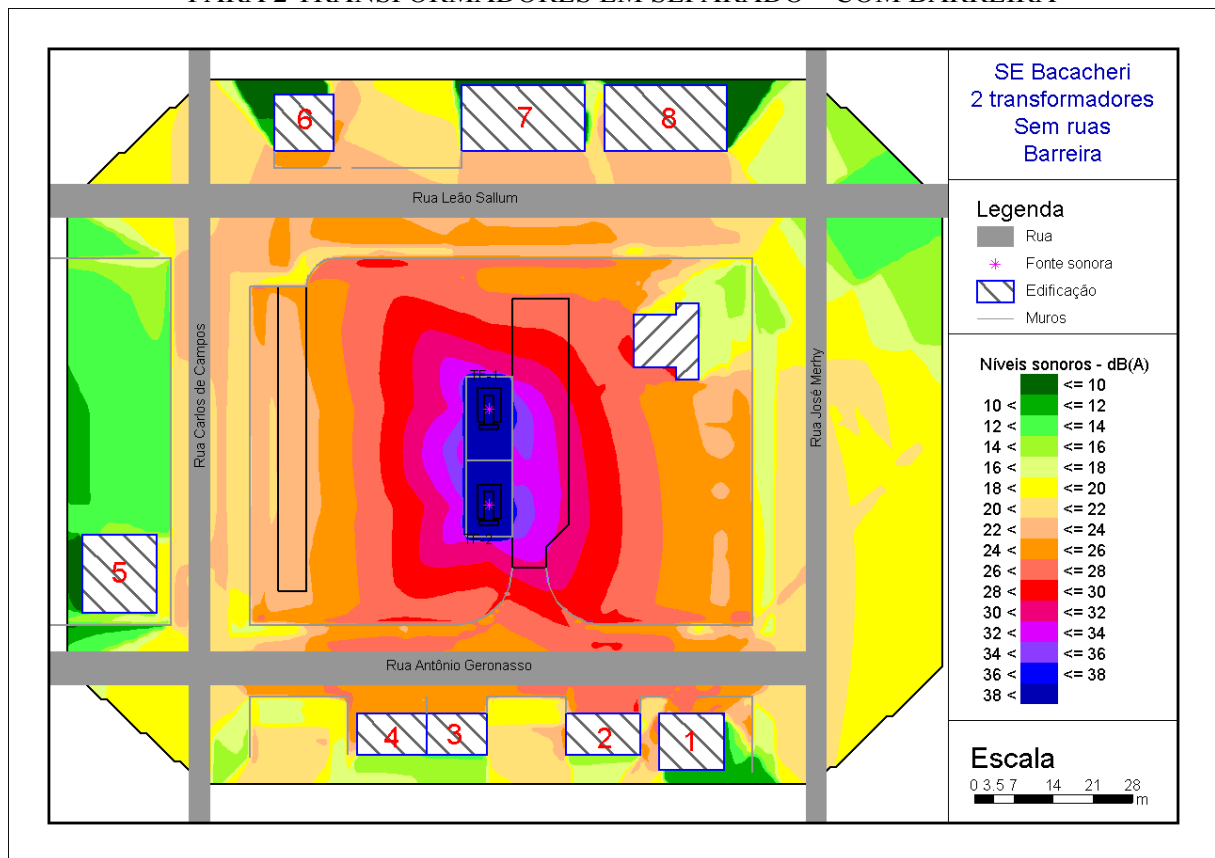


TABELA 35 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE BACACHERI – COM BARREIRAS – dB(A)

EDIFICAÇÃO / ANDAR	SEM BARREIRA		COM BARREIRA	
	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO 1	TRAFO 2
Casa 2	28,7	32,9	19,5	22,1
Casa 3	23,1	31,5	16,4	21,3
Edifício 7				
1º andar	29,4	21,0	19,4	14,6
2º andar	32,0	21,9	20,2	18,6
3º andar	33,3	22,8	21,1	19,4
4º andar	33,2	23,7	22,0	20,3
5º andar	33,1	24,4	23,0	23,4
Edifício 8				
1º andar	27,8	25,3	18,5	17,3
2º andar	29,8	27,0	19,3	18,1
3º andar	30,9	27,9	20,2	18,9
4º andar	31,8	28,6	21,1	19,8
5º andar	31,7	29,4	22,0	20,7

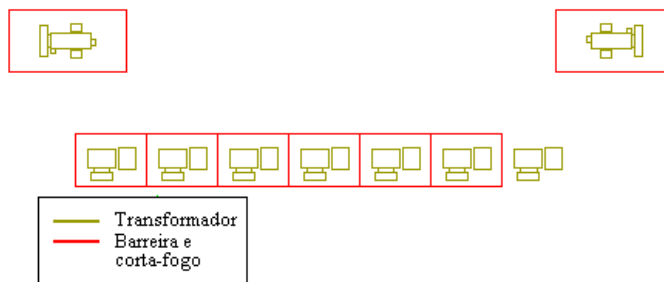
FONTE: O AUTOR

6.2. SE CAMPO COMPRIDO

Apesar da ausência de edificações próximas à SE Campo Comprido, os níveis gerados pelos oito transformadores da subestação são elevados, de modo que considerou-se nesse estudo a colocação de barreiras para o caso da área vir a ser ocupada. Assim, o mapeamento acústico da área ao redor já estará disponível para futuro planejamento.

O posicionamento das barreiras se encontra na figura 42. Elas têm sete metros de altura, a mesma altura das paredes corta-fogo laterais, entre os transformadores. A parede corta-fogo do fundo, ou seja, a situada atrás dos transformadores, foi elevada de cinco para sete metros. A figura 43 traz o mapeamento acústico da área da subestação para transformadores em separado.

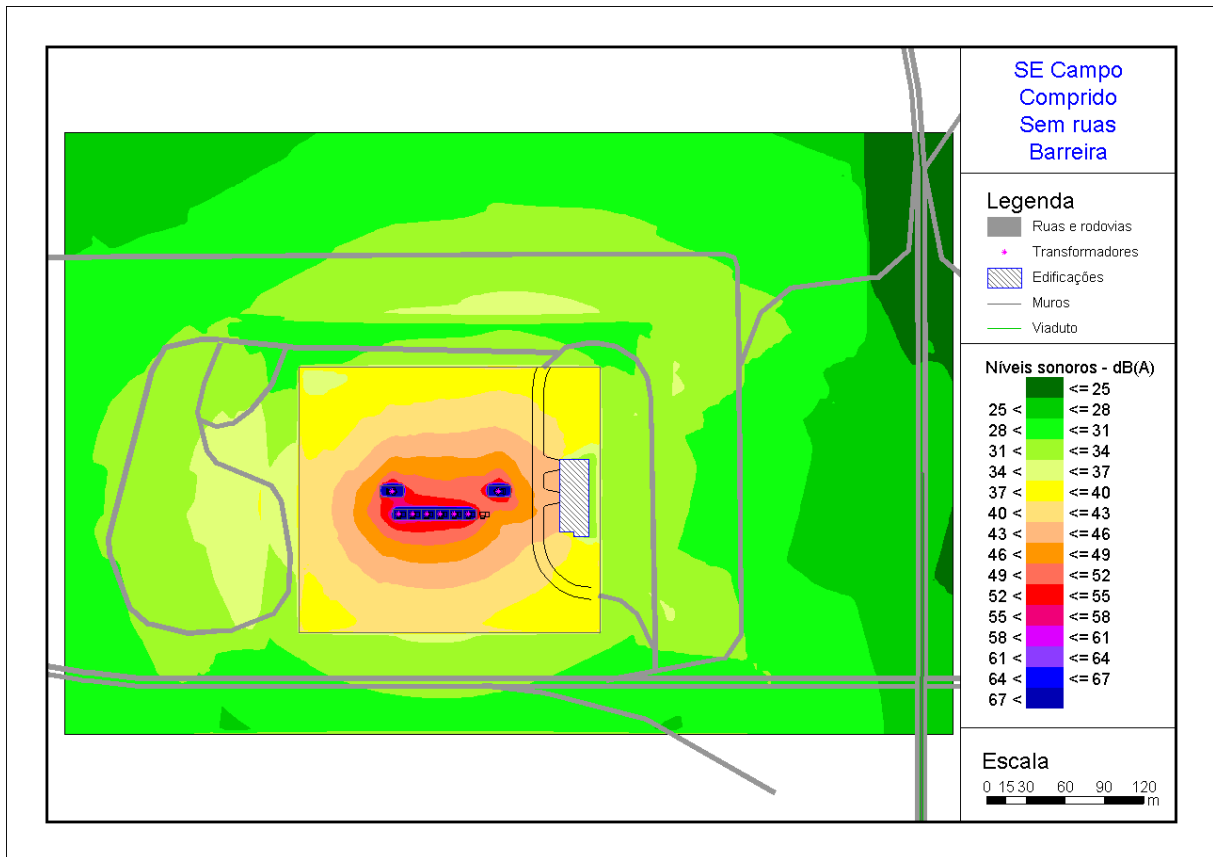
FIGURA 42 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE CAMPO COMPRIDO



FONTE: O AUTOR

A comparação da figura 43 com a figura 30 deixa evidente a redução dos níveis de ruído, apesar de que em alguns locais próximos à instalação, mesmo com as barreiras, os níveis observados podem ser levemente incômodos.

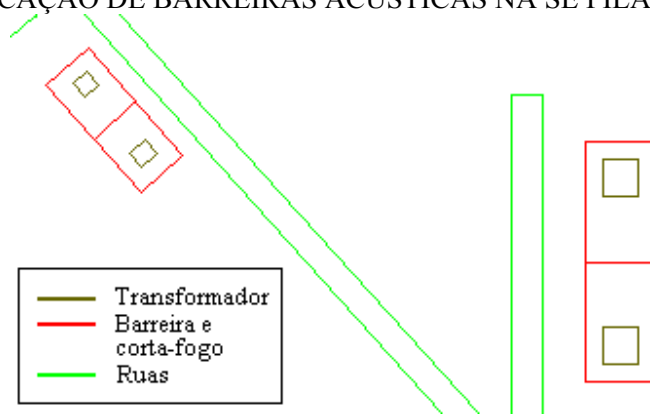
FIGURA 43 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO CAMPO COMPRIDO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA



6.3. SE PILARZINHO

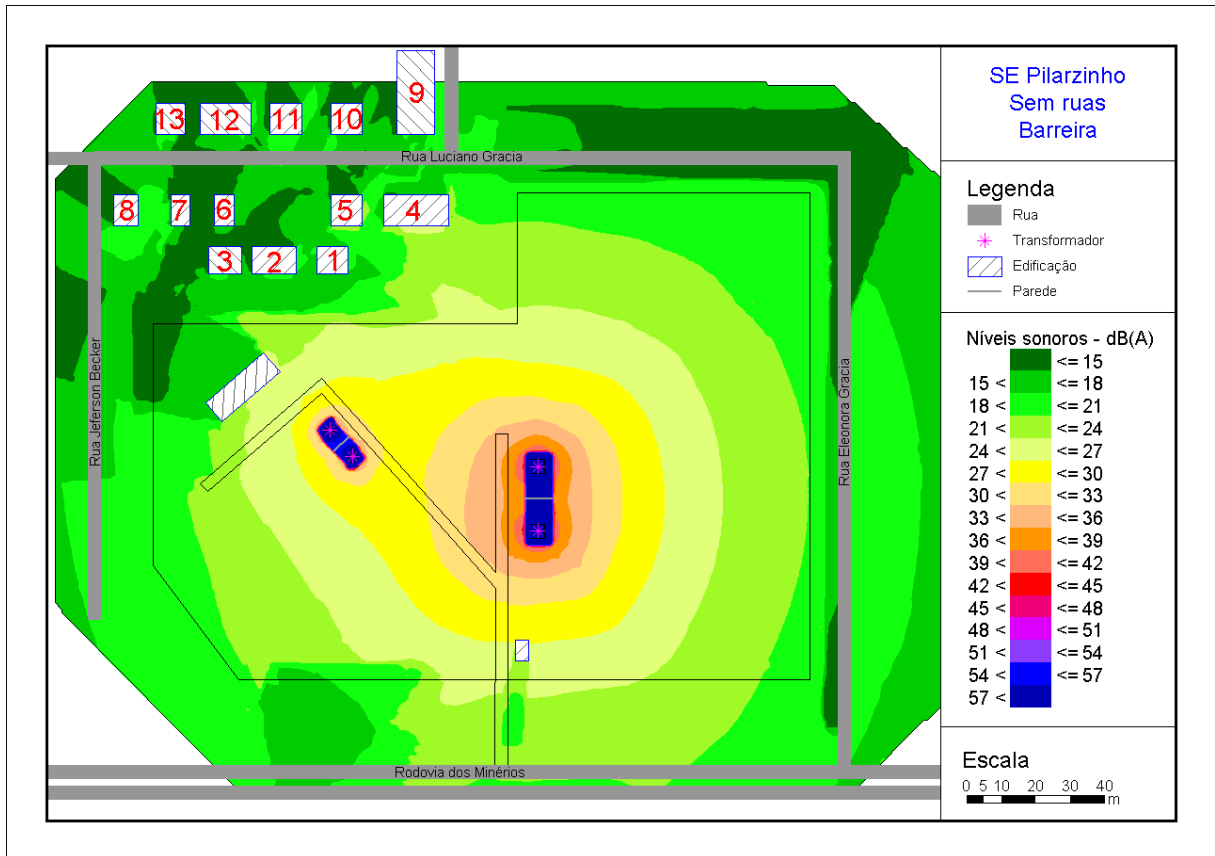
Apesar dos níveis sonoros advindos dos transformadores da SE Pilarzinho não terem se mostrado tão incômodos como em algumas outras subestações, considerou-se a colocação de barreiras. As barreiras dos transformadores principais têm 7,8 metros de altura, enquanto que as dos transformadores secundários têm sete metros. A figura 44 mostra o posicionamento dessas barreiras, enquanto que a figura 45 mostra o mapeamento acústico dos arredores da instalação, considerando o ruído apenas dos transformadores.

FIGURA 44 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE PILARZINHO



FONTE: O AUTOR

FIGURA 45 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO PILARZINHO E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA



A redução dos níveis sonoros advindos dos quatro transformadores pode ser verificada se a figura 45 for comparada com a figura 36.

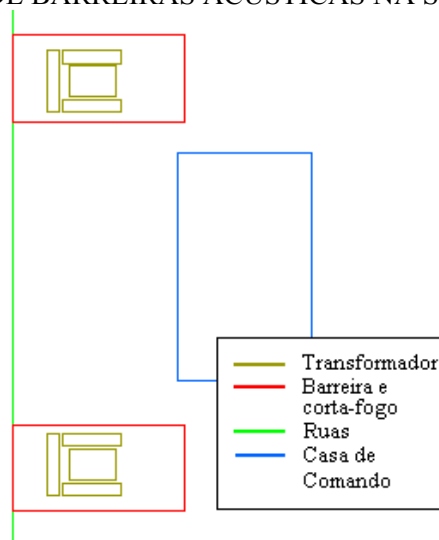
TABELA 36 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE PILARZINHO – COM BARREIRAS – dB(A)

EDIFICAÇÃO / ANDAR	SEM BARREIRA				COM BARREIRA			
	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO 3	TRAFO 4	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO 3	TRAFO 4
Casa 4	29,9	14,2	17,8	16,7	13,4	13,4	9,5	4,2
Casa 8	21,1	20,9	14,6	7,5	14,2	13,6	8,0	7,5

6.4. SE SANTA QUITÉRIA

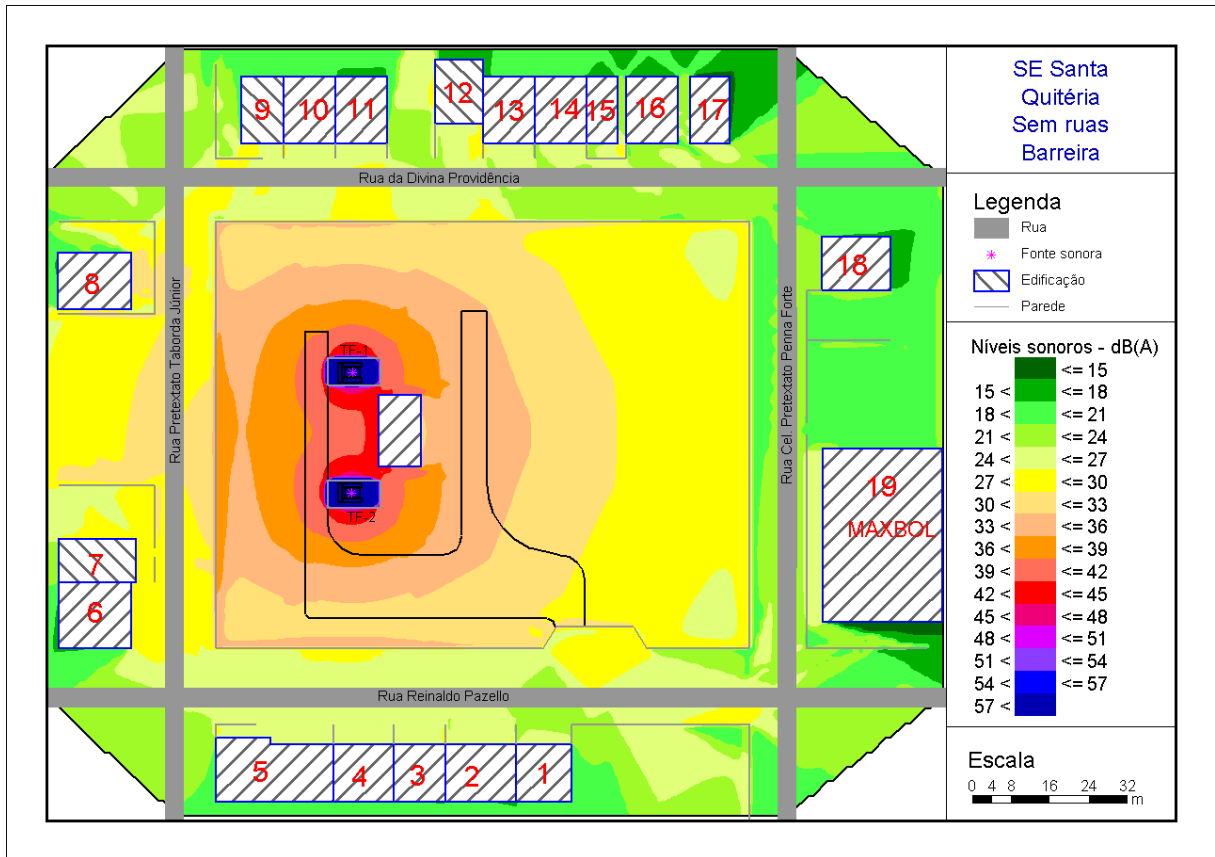
A SE Santa Quitéria é responsável por algumas imissões da ordem de quase 40 dB(A) nas fachadas de algumas edificações. Por esse motivo, estudou-se a colocação de barreiras acústicas de cinco metros de altura em volta dos transformadores dessa subestação. A figura 46 traz o posicionamento das barreiras em relação aos transformadores, e a figura 47 mostra o mapeamento acústico considerando apenas os transformadores protegidos.

FIGURA 46 – COLOCAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS NA SE SANTA QUITÉRIA



FONTE: O AUTOR

FIGURA 47 – MAPEAMENTO ACÚSTICO DA SUBESTAÇÃO SANTA QUITÉRIA E ARREDORES – PARA TRANSFORMADORES EM SEPARADO – COM BARREIRA



Comparando a figura 47 com a figura 39, nota-se o aumento do conforto acústico nas edificações em volta da SE Santa Quitéria. A tabela 37 traz os níveis sonoros advindos dos transformadores que incidem nas fachadas das mesmas edificações analisadas nas tabelas 33 e 34.

TABELA 37 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – COM BARREIRAS – dB(A)

continua

EDIFICAÇÃO / ANDAR	SEM BARREIRA		COM BARREIRA	
	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO 1	TRAFO 2
Casa 3	17,9	32,0	17,7	21,7
Casa 6				
1º andar	19,9	31,2	19,9	23,9
2º andar	24,7	35,1	24,7	25,4

TABELA 37 – CONTRIBUIÇÕES SONORAS INDIVIDUAIS DOS TRANSFORMADORES EM
 ALGUMAS EDIFICAÇÕES PARA A SE SANTA QUITÉRIA – COM
 BARREIRAS – dB(A)

conclusão

EDIFICAÇÃO / ANDAR	SEM BARREIRA		COM BARREIRA	
	TRAFO 1	TRAFO 2	TRAFO 1	TRAFO 2
Casa 8				
1º andar	31,3	25,5	24,1	19,4
2º andar	37,2	33,8	27,8	24,9
Casa 11				
1º andar	32,0	17,5	21,6	17,4
2º andar	36,7	19,0	26,4	18,6
Casa 19				
1º andar	18,3	18,7	18,3	18,7
2º andar	23,0	25,2	22,2	22,7

FONTE: O AUTOR

7. CONCLUSÕES

O impacto do ruído devido a sete subestações de energia elétrica sobre a população da vizinhança foi analisado, levando-se em consideração vários fatores que poderiam influenciar a propagação sonora, ou seja, reflexão, difração, topografia do terreno, diretividade das fontes e posicionamento das estruturas. Através da análise dos resultados, concluiu-se que as subestações podem contribuir com uma parcela de mais de 40 dB(A) no ruído incidente nas fachadas das edificações próximas. A maioria dessas subestações possui uma murada ao redor, mas os andares superiores dos edifícios ou mesmo o segundo andar das casas ficam expostos a um nível sonoro maior advindo dos transformadores por não estarem na região de sombra acústica provocada por esses muros. Isso mostra a importância de muradas mais altas nas subestações, caso não se invista em outras medidas de controle de ruído dos seus transformadores.

A SE Batel é a única subestação com transformadores enclausurados entre as analisadas e situa-se numa região altamente urbanizada. Os níveis sonoros devidos aos transformadores incidentes nas edificações da região são bastante baixos, podendo ser negligenciados.

O enclausuramento é importante em subestações localizadas em áreas de trânsito tranquilo, como a SE Bacacheri e a SE Santa Quitéria. A falta de ruído de tráfego deixa o dos transformadores mais evidente, podendo causar certo desconforto. A simulação de barreiras acústicas nessas duas subestações e mais na SE Campo Comprido e na SE Pilarzinho mostrou uma forte redução de ruído nas fachadas das residências e nas regiões baldias.

A SE Mercês é outro exemplo de subestação localizada em uma região bastante urbanizada, mas não possui transformadores enclausurados. O posicionamento dos transformadores e das paredes corta-fogo dessa subestação levou em conta o conforto acústico da vizinhança. As áreas das subestações são geralmente grandes, com os transformadores localizados em um dos cantos. Conclui-se, dessa forma, o quanto um correto posicionamento dos transformadores e das paredes corta-fogo é importante para o conforto da comunidade vizinha.

Ainda no caso da SE Mercês, o intenso ruído do tráfego, mesmo durante a noite, contribui para o mascaramento do ruído dos transformadores.

Existem algumas áreas ainda baldias, nas vizinhanças de algumas das subestações estudadas, que poderão vir a ser ocupadas futuramente. Os mapeamentos acústicos contidos neste trabalho já predizem qual é o ruído incidente nessas áreas, o que será de grande validade para o poder público ao urbanizarem tais áreas, especialmente no entorno da SE Campo Comprido, atualmente sem edificações em suas proximidades. É importante a análise de tais mapas para se saber se medidas corretivas devem ser tomadas na subestação em questão visando o conforto acústico dos futuros moradores da região.

No geral, conclui-se:

- a) é preferível a colocação de muradas altas nos limites das subestações para protegerem os andares superiores das casas;
- b) é importante o enclausuramento dos transformadores;
- c) paredes corta-fogo podem ajudar no isolamento do ruído.

As medições extras feitas próximas à subestação Santa Quitéria, à rua Pretextato Taborda Júnior, mostrou que os níveis de ruído calculados pelo *software SoundPlan* estavam bastante próximos aos níveis medidos. Essas medições serviram para testar a confiabilidade dos mapeamentos a grandes distâncias dos transformadores, não só para essa subestação mas para todas as outras estudadas.

Como sugestão para um trabalho futuro, o transformador de energia elétrica pode ser estudado em toda a sua complexidade, de modo a descobrir as fontes e vazamentos de ruído nessas estruturas e apontar possíveis mudanças de projeto para reduzir sua emissão sonora.

REFERÊNCIAS

SAADU, A. A.; ONYEONWU, R. O.; AYORINDE, E. O.; OGISI, F. O. Community attitudinal noise survey and analysis of eight Nigerian cities. **Applied Acoustics**, Grã Bretanha, v. 49, n. 1, p. 49-69, 1996.

OSADA, Y.; YOSHIDA, T.; YOSHIDA, K.; KAWAGUCHI, T.; YOSHIYAMA Y.; YAMAMOTO, K. Path analysis of the community response to road traffic noise. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 205, n. 4, p. 493-498, 1997.

KAGEYAMA, T.; KABUTO, M.; NITTA, N.; KUROKAWA, Y.; TAIRA, K.; SUZUKI, S.; TAKEMOTO, T. A cross-sectional study on insomnia among Japanese adult women in relation to night-time road traffic noise. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 205, n. 4, p. 387-391, 1997.

SATO, T.; YANO, T.; BJORKMAN, M.; RYLANDER, R. Road traffic noise annoyance in relation to average noise level, number of events and maximum noise level. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 223, n. 5, p. 775-784, 1999.

ZANNIN P. H. T., DINIZ, F. B., CALIXTO A., BARBOSA W. A. Environmental Noise Pollution in Residential Areas of the City of Curitiba. **Acustica Acta Acustica**, Alemanha, v. 87, p. 625-628, 2001.

ZANNIN P. H. T., DINIZ F. B., BARBOSA W. A. Environmental Noise Pollution in the City of Curitiba, Brazil. **Applied Acoustics**, Grã-Bretanha, v. 63, p. 351-358, 2002.

ZANNIN P. H. T., CALIXTO A., DINIZ F. B. D, FERREIRA J. A. C., SCHUHLI R. Incômodo Causado pelo Ruído Urbano à População de Curitiba, PR. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 521-524, 2002.

FEDERAL PACIFIC TRANSFORMER COMPANY. **Understanding Transformer Noise**. Disponível em: <http://www.federalpacific.com/literature/drytrans/FPTS-UTN-0900.pdf>> Acesso em: 26 mai. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade**. Rio de Janeiro, 1987.

BRAUNSTEIN E BERNDT. **SoundPlan 5.5**. Backnang. Alemanha, 2001. 1 CD. Programa para predição acústica.

Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC. **Curitiba em Dados**. Curitiba, 2000.

Detran-PR. Disponível em: < <http://www.pr.gov.br/detran>> Acesso em: 23 fev. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Relatório do ano 2000**. Brasília, 2000.

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, **Lei Municipal 10625**, Curitiba, 2002.

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

HASSAL J. R., ZAVERI, K. **Acoustic Noise Measurement**. 4. ed. 1979.

GOELZER B., HANSEN C. H., SEHRNDT G. A. **Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control**. Dortmund: Federal Institute for Occupational Safety and Health, 2001.

BRUEL & KJAER, **Sound and Vibration Master Catalogue**. 2002.

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

ONNU M. U. Road Traffic Noise in Nigeria: Measurements, Analysis and Evaluation of Nuisance. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 233, n. 3, p. 391-405, 2000.

YOSHIDA T., OSADA Y., KAWAGUCHI T., HOSHIYAMA Y., YOSHIDA K., YAMAMOTO K. Effects of Road Traffic Noise on Inhabitants of Tokio. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 205, n. 4, p. 517-422, 1997.

GARCIA A., FAUS L. J., GARCIA A. M. The Community Response to Aircraft Noise Around Six Spanish Airports. **Journal of Sound and Vibration**, Inglaterra, v. 164, n. 1, p. 45-52, 1992

MASCHKE, C. Preventive Medical Limits for Chronic Traffic Noise Exposure. **Forum Acusticum**, Sevilha, v. 85, p. 448, 1999.

LUCÍRIO, Ivonete D. As Lições do Sono. **Revista Superinteressante**, São Paulo, p. 32 – 38, novembro de 1999.

BRAUNSTEIN E BERNDT, **SoundPLan User's Manual**, 1999.

MEDEIROS E. B, BITTENCOURT J. B. P, ALVIM A. C., DUARTE M. L. M, CIMINI C. Controle de Ruído em Subestações Elétricas: Análise e Projeto. **XVI SNPTEE**, Campinas, 2001.

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. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná.

HARRIS, C. M. **Noise Control in Buildings. A Practical Guide for Architects and Engineers.** Nova Iorque: McGraw-Hill.

RODRIGUES, V.F. **Mapeamento de Emissão Acústica em Subestações Elétricas. Belo Horizonte,** 1998. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Minas Gerais.

FILIPPIN, C. G.; FILIPPIN, A. Q.; KULEVICZ, D. A.; DINIZ, F. B. **Medições de Ruído em Subestações da Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba: LACTEC, 2002. 12 p. Relatório Técnico.

Prefeitura Municipal de Curitiba. Disponível em: < <http://www.curitiba.pr.gov.br>>
Acesso em: 24 fev. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de Ruído para Conforto Acústico.** Rio de Janeiro, 1987.

RODRIGUES V. F., PAVANELLO L. **Mapeamento Preliminar de Emissão Acústica em uma Subestação Elétrica Urbana.** 18^o Encontro da SOBRAC, Florianópolis.

OBRAS CONSULTADAS:

FARIAS A. P, BISTAFA S. R, GRIMONI, J. A. B. **A Legislação Ambiental no Controle de Ruído em Subestações**. Eletricidade Moderna, n. 297, p. 110-117, 1998.

KROEFF, G. **Modelagem e simulação de emissão acústica em subestações elétricas**. Belo Horizonte, 1997. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais.

ANEXOS

Contribuições individuais das fontes sonoras.

1. SE Bacacheri

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS Ld = DIURNO; Ln = NOTURNO	continua	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Prédio 01 Andar 1	Ld = 40,3 dB(A) Ln = 35,3 dB(A)		
Transformador 1		29,7	29,7
Transformador 2		31,9	31,9
Rua Des. Aurélio Feijó		38,2	28,7
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		31,9	22,4
Prédio 01 Andar 2	Ld = 41,4 dB(A) Ln = 36,8 dB(A)		
Transformador 1		30,8	30,8
Transformador 2		33,9	33,9
Rua Des. Aurélio Feijó		39,1	29,5
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		33,0	23,5
Prédio 01 Andar 3	Ld 42,2 dB(A) Ln 37,7 dB(A)		
Transformador 1		31,6	31,6
Transformador 2		35,0	35,0
Rua Des. Aurélio Feijó		39,8	30,3
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		34,0	24,5
Casa 02 Andar 1	Ld 38,6 dB(A) Ln 35,1 dB(A)		
Transformador 1		28,7	28,7
Transformador 2		32,9	32,9
Rua Des. Aurélio Feijó		35,5	25,9
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		30,4	20,8
Casa 03 Andar 1	Ld 41,3 dB(A) Ln 34,7 dB(A)		
Transformador 1		23,1	23,1
Transformador 2		31,5	31,5
Rua Des. Aurélio Feijó		37,6	28
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		37,9	28,3

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Casa 04 Andar 1	Ld 40,7	dB(A) Ln 33,7			
Transformador 1			19,8		19,8
Transformador 2			30,2		30,2
Rua Des. Aurélio Feijó			34,7		25,1
Rua José Mehry			–		–
Rua Antônio Geronasso			–		–
Rua Carlos de Campos			38,9		29,4
Prédio 06 Andar 1	Ld 56,3	dB(A) Ln 46,9			
Transformador 1			31,0		31,0
Transformador 2			28,2		28,2
Rua Des. Aurélio Feijó			55,8		46,2
Rua José Mehry			–		–
Rua Antônio Geronasso			–		–
Rua Carlos de Campos			46,4		36,9
Prédio 06 Andar 2	Ld 55,8	dB(A) Ln 46,5			
Transformador 1			32,6		32,6
Transformador 2			29,2		29,2
Rua Des. Aurélio Feijó			55,2		45,7
Rua José Mehry			–		–
Rua Antônio Geronasso			–		–
Rua Carlos de Campos			46,6		37,0
Prédio 06 Andar 3	Ld 55,2	dB(A) Ln 46,0			
Transformador 1			33,6		33,6
Transformador 2			30,0		30,0
Rua Des. Aurélio Feijó			54,5		45
Rua José Mehry			–		–
Rua Antônio Geronasso			–		–
Rua Carlos de Campos			46,4		36,9
Prédio 06 Andar 4	Ld 54,5	dB(A) Ln 45,4			
Transformador 1			33,9		33,9
Transformador 2			30,8		30,8
Rua Des. Aurélio Feijó			53,8		44,2
Rua José Mehry			–		–
Rua Antônio Geronasso			–		–
Rua Carlos de Campos			46,2		36,6
Prédio 06 Andar 5	Ld 53,9	dB(A) Ln 44,9			
Transformador 1			33,8		33,8
Transformador 2			31,3		31,3
Rua Des. Aurélio Feijó			53,1		43,6
Rua José Mehry			–		–
Rua Antônio Geronasso			–		–

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Rua Carlos de Campos			45,8	36,3	
Prédio 07 Andar 1	Ld 56,6 dB(A)	Ln 47,1 dB(A)			
Transformador 1			29,4	29,4	
Transformador 2			21,0	21,0	
Rua Des. Aurélio Feijó			56,5	47,0	
Rua José Mehry			-	-	
Rua Antônio Geronasso			-	-	
Rua Carlos de Campos			37,7	28,1	
Prédio 07 Andar 2	Ld 55,7 dB(A)	Ln 46,3 dB(A)			
Transformador 1			32,0	32,0	
Transformador 2			21,9	21,9	
Rua Des. Aurélio Feijó			55,6	46,0	
Rua José Mehry			-	-	
Rua Antônio Geronasso			-	-	
Rua Carlos de Campos			38,5	29,0	
Prédio 07 Andar 3	Ld 55,1 dB(A)	Ln 45,8 dB(A)			
Transformador 1			33,3	33,3	
Transformador 2			22,8	22,8	
Rua Des. Aurélio Feijó			55,0	45,4	
Rua José Mehry			-	-	
Rua Antônio Geronasso			-	-	
Rua Carlos de Campos			38,7	29,2	
Prédio 07 Andar 4	Ld 54,5 dB(A)	Ln 45,2 dB(A)			
Transformador 1			33,2	33,2	
Transformador 2			23,7	23,7	
Rua Des. Aurélio Feijó			54,3	44,8	
Rua José Mehry			-	-	
Rua Antônio Geronasso			-	-	
Rua Carlos de Campos			40,3	30,8	
Prédio 07 Andar 5	Ld 53,9 dB(A)	Ln 44,7 dB(A)			
Transformador 1			33,1	33,1	
Transformador 2			24,4	24,4	
Rua Des. Aurélio Feijó			53,6	44,1	
Rua José Mehry			-	-	
Rua Antônio Geronasso			-	-	
Rua Carlos de Campos			40,9	31,4	
Prédio 08 Andar 1	Ld 56,4 dB(A)	Ln 46,9 dB(A)			
Transformador 1			27,8	27,8	
Transformador 2			25,3	25,3	
Rua Des. Aurélio Feijó			56,4	46,8	

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	conclusão	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		34,2	24,7
Prédio 08 Andar 2	Ld 55,6 dB(A) Ln 46,2 dB(A)		
Transformador 1		29,8	29,8
Transformador 2		27,0	27,0
Rua Des. Aurélio Feijó		55,6	46,0
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		35,0	25,5
Prédio 08 Andar 3	Ld 55,0 dB(A) Ln 45,7 dB(A)		
Transformador 1		30,9	30,9
Transformador 2		27,9	27,9
Rua Des. Aurélio Feijó		55,0	45,4
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		35,7	26,2
Prédio 08 Andar 4	Ld 54,4 dB(A) Ln 45,1 dB(A)		
Transformador 1		31,8	31,8
Transformador 2		28,6	28,6
Rua Des. Aurélio Feijó		54,3	44,7
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		36,0	26,5
Prédio 08 Andar 5	Ld 53,7 dB(A) Ln 44,5 dB(A)		
Transformador 1		31,7	31,7
Transformador 2		29,4	29,4
Rua Des. Aurélio Feijó		53,6	44,1
Rua José Mehry		–	–
Rua Antônio Geronasso		–	–
Rua Carlos de Campos		37,4	27,9

2. SE Barigui

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	continua	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Casa 01	Ld 46,0 dB(A) Ln 40,82 dB(A)		
Transformador 1		11,3	11,3
Transformador 2		2,3	2,3
Raul Pompéia		42,6	36,8
Joaquim de Souza		–	–

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
R. Dr. José Guilherme Loiola			–	–	
R. Dr. Nelson Luiz Wolski			43,2	38,6	
R. Mun. Enéas Marques			20,9	14,5	
Casa 02	Ld 46,8	dB(A)	Ln 41,22	dB(A)	
Transformador 1			15,1	15,1	
Transformador 2			1,4	1,4	
Raul Pompéia			45,9	40,1	
Joaquim de Souza			–	–	
R. Dr. José Guilherme Loiola			–	–	
R. Dr. Nelson Luiz Wolski			39,3	34,6	
R. Mun. Enéas Marques			21,4	15	
Casa 03	Ld 46,1	dB(A)	Ln 40,41	dB(A)	
Transformador 1			15,7	15,7	
Transformador 2			1,8	1,8	
Raul Pompéia			45,8	40	
Joaquim de Souza			–	–	
R. Dr. José Guilherme Loiola			–	–	
R. Dr. Nelson Luiz Wolski			34,2	29,6	
R. Mun. Enéas Marques			25,4	19	
Casa 04	Ld 43,9	dB(A)	Ln 38,14	dB(A)	
Transformador 1			15,5	15,5	
Transformador 2			1,1	1,1	
Raul Pompéia			43,7	37,9	
Joaquim de Souza			–	–	
R. Dr. José Guilherme Loiola			–	–	
R. Dr. Nelson Luiz Wolski			29,9	25,3	
R. Mun. Enéas Marques			22,4	16	
Casa 05	Ld 45,3	dB(A)	Ln 39,50	dB(A)	
Transformador 1			15,5	15,5	
Transformador 2			1,2	1,2	
Raul Pompéia			45,0	39,2	
Joaquim de Souza			–	–	
R. Dr. José Guilherme Loiola			–	–	
R. Dr. Nelson Luiz Wolski			29,3	24,6	
R. Mun. Enéas Marques			31,0	24,6	
Casa 06	Ld 69,9	dB(A)	Ln 64,09	dB(A)	
Transformador 1			8,8	8,8	
Transformador 2			18,0	18,0	
Raul Pompéia			69,9	64,1	
Joaquim de Souza			–	–	
R. Dr. José Guilherme Loiola			–	–	

continuação			
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	Ld dB(A)	Ln dB(A)
R. Dr. Nelson Luiz Wolski		31,8	27,1
R. Mun. Enéas Marques		22,3	15,9
Casa 07	Ld 61,6 dB(A) Ln 55,76 dB(A)		
Transformador 1		8,1	8,1
Transformador 2		14,1	14,1
Raul Pompéia		61,6	55,8
Joaquim de Souza		–	–
R. Dr. José Guilherme Loiola		–	–
R. Dr. Nelson Luiz Wolski		21,9	17,3
R. Mun. Enéas Marques		19,2	12,8
Casa 08	Ld 58,4 dB(A) Ln 52,60 dB(A)		
Transformador 1		11,6	11,6
Transformador 2		15,3	15,3
Raul Pompéia		58,4	52,6
Joaquim de Souza		–	–
R. Dr. José Guilherme Loiola		–	–
R. Dr. Nelson Luiz Wolski		22,1	17,5
R. Mun. Enéas Marques		17,2	10,8
Casa 09	Ld 56,7 dB(A) Ln 50,89 dB(A)		
Transformador 1		14,1	14,1
Transformador 2		13,7	13,7
Raul Pompéia		56,7	50,9
Joaquim de Souza		–	–
R. Dr. José Guilherme Loiola		–	–
R. Dr. Nelson Luiz Wolski		22,4	17,7
R. Mun. Enéas Marques		17,2	10,8

3. SE Batel

continua			
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	Ld dB(A)	Ln dB(A)
Prédio 01 Andar 1	Ld 70,1 dB(A) Ln 69,5 dB(A)		
Transformador 1		14,0	14,0
Transformador 3		4,9	4,9
R. Pres. Getúlio Vargas		65,1	63,6
R. Alf. Ângelo Sampaio		68,4	68,2
Rua Cel. Dulcídio		32,1	28,3
Rua Petit Carneiro		26,5	21,7
R. Maurício Caillet		37,3	28,2
Prédio 01 Andar 2	Ld 71,0 dB(A) Ln 70,3 dB(A)		
Transformador 1		13,6	13,6

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Transformador 3			9,9	9,9	
R. Pres. Getúlio Vargas			66,9	65,3	
R. Alf. Ângelo Sampaio			68,9	68,7	
Rua Cel. Dulcídio			34,6	30,8	
Rua Petit Carneiro			29,5	24,7	
R. Maurício Caillet			38,4	29,3	
Casa 02 Andar 1	Ld 68,9	dB(A) Ln 68,6			dB(A)
Transformador 1			16,6	16,6	
Transformador 3			12,7	12,7	
R. Pres. Getúlio Vargas			58,0	56,5	
R. Alf. Ângelo Sampaio			68,5	68,4	
Rua Cel. Dulcídio			31,4	27,6	
Rua Petit Carneiro			30,9	26,2	
R. Maurício Caillet			28,2	19,0	
Casa 03 Andar 1	Ld 67,0	dB(A) Ln 66,7			dB(A)
Transformador 1			11,5	11,5	
Transformador 3			9,2	9,2	
R. Pres. Getúlio Vargas			56,3	54,8	
R. Alf. Ângelo Sampaio			66,6	66,4	
Rua Cel. Dulcídio			29,5	25,7	
Rua Petit Carneiro			28,0	23,2	
R. Maurício Caillet			25,2	16,1	
Casa 04 Andar 1	Ld 59,5	dB(A) Ln 59,3			dB(A)
Transformador 1			12,3	12,3	
Transformador 3			8,2	8,2	
R. Pres. Getúlio Vargas			44,7	43,2	
R. Alf. Ângelo Sampaio			59,3	59,2	
Rua Cel. Dulcídio			24,1	20,3	
Rua Petit Carneiro			30,4	25,7	
R. Maurício Caillet			22,3	13,2	
Casa 05 Andar 1	Ld 63,1	dB(A) Ln 62,9			dB(A)
Transformador 1			9,4	9,4	
Transformador 3			6,3	6,3	
R. Pres. Getúlio Vargas			46,5	44,9	
R. Alf. Ângelo Sampaio			63,0	62,8	
Rua Cel. Dulcídio			29,2	25,4	
Rua Petit Carneiro			34,0	29,2	
R. Maurício Caillet			26,6	17,5	
Casa 06 Andar 1	Ld 65,7	dB(A) Ln 65,5			dB(A)
Transformador 1			7,3	7,3	
Transformador 3			6,0	6,0	

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
R. Pres. Getúlio Vargas			49,6	48,1	
R. Alf. Ângelo Sampaio			65,6	65,4	
Rua Cel. Dulcídio			22,6	18,8	
Rua Petit Carneiro			34,1	29,4	
R. Maurício Caillet			19,4	10,3	
Prédio 07 Andar 1	Ld 51,6	dB(A)		Ln 51,2	dB(A)
Transformador 1			20,0	20,0	
Transformador 3			19,3	19,3	
R. Pres. Getúlio Vargas			41,2	39,7	
R. Alf. Ângelo Sampaio			51,0	50,8	
Rua Cel. Dulcídio			22,8	19,0	
Rua Petit Carneiro			33,5	28,7	
R. Maurício Caillet			31,8	22,6	
Prédio 07 Andar 2	Ld 51,5	dB(A)		Ln 51,1	dB(A)
Transformador 1			21,2	21,2	
Transformador 3			20,7	20,7	
R. Pres. Getúlio Vargas			41,8	40,3	
R. Alf. Ângelo Sampaio			50,9	50,7	
Rua Cel. Dulcídio			24,3	20,5	
Rua Petit Carneiro			32,8	28,0	
R. Maurício Caillet			33,2	24,1	
Prédio 07 Andar 3	Ld 51,8	dB(A)		Ln 51,4	dB(A)
Transformador 1			22,3	22,3	
Transformador 3			22,1	22,1	
R. Pres. Getúlio Vargas			41,8	40,3	
R. Alf. Ângelo Sampaio			51,1	50,9	
Rua Cel. Dulcídio			26,9	23,1	
Rua Petit Carneiro			33,8	29,0	
R. Maurício Caillet			36,1	27,0	
Prédio 08 Andar 1	Ld 61,9	dB(A)		Ln 58,4	dB(A)
Transformador 1			6,3	6,3	
Transformador 3			2,3	2,3	
R. Pres. Getúlio Vargas			52,0	50,5	
R. Alf. Ângelo Sampaio			34,7	34,5	
Rua Cel. Dulcídio			61,4	57,6	
Rua Petit Carneiro			39,3	34,5	
R. Maurício Caillet			22,6	13,4	
Prédio 08 Andar 2	Ld 62,1	dB(A)		Ln 58,7	dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			52,9	51,4	
R. Alf. Ângelo Sampaio			35,8	35,6	
Rua Cel. Dulcídio			61,6	57,8	

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Rua Petit Carneiro			39,3	34,6	
R. Maurício Caillet			24,0	14,8	
Transformador 3			2,6	2,6	
Transformador 1			6,5	6,5	
Prédio 08 Andar 3	Ld 62,0	dB(A) Ln 58,6			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			53,2	51,7	
R. Alf. Ângelo Sampaio			37,4	37,2	
Rua Cel. Dulcídio			61,3	57,5	
Rua Petit Carneiro			39,9	35,1	
R. Maurício Caillet			25,7	16,6	
Transformador 3			3,0	3,0	
Transformador 1			6,8	6,8	
Prédio 09 Andar 1	Ld 62,4	dB(A) Ln 58,9			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			50,3	48,8	
R. Alf. Ângelo Sampaio			37,0	36,8	
Rua Cel. Dulcídio			62,1	58,4	
Rua Petit Carneiro			37,6	32,8	
R. Maurício Caillet			30,6	21,4	
Transformador 3			3,6	3,6	
Transformador 1			4,8	4,8	
Prédio 09 Andar 2	Ld 62,7	dB(A) Ln 59,2			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			52,0	50,5	
R. Alf. Ângelo Sampaio			39,1	39,0	
Rua Cel. Dulcídio			62,3	58,5	
Rua Petit Carneiro			38,1	33,3	
R. Maurício Caillet			31,7	22,6	
Transformador 3			4,1	4,1	
Transformador 1			5,5	5,5	
Prédio 09 Andar 3	Ld 62,2	dB(A) Ln 58,8			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			52,6	51,1	
R. Alf. Ângelo Sampaio			39,8	39,7	
Rua Cel. Dulcídio			61,7	57,9	
Rua Petit Carneiro			38,5	33,8	
R. Maurício Caillet			31,4	22,3	
Transformador 3			4,9	4,9	
Transformador 1			6,1	6,1	
Prédio 09 Andar 4	Ld 61,8	dB(A) Ln 58,5			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			53,3	51,8	
R. Alf. Ângelo Sampaio			41,5	41,3	
Rua Cel. Dulcídio			61,1	57,3	
Rua Petit Carneiro			37,8	33	

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
R. Maurício Caillet			33,1	24	
Transformador 3			5,7	5,7	
Transformador 1			10,8	10,8	
Casa 10 Andar 1	Ld 61,4	dB(A) Ln 58,8		dB(A)	
Transformador 1			5,0	5,0	
Transformador 3			1,5	1,5	
R. Pres. Getúlio Vargas			57,8	56,3	
R. Alf. Ângelo Sampaio			39,2	39,1	
Rua Cel. Dulcídio			58,8	55,1	
Rua Petit Carneiro			20,3	15,6	
R. Maurício Caillet			29,3	20,1	
Casa 11 Andar 1	Ld 66,3	dB(A) Ln 64,1		dB(A)	
Transformador 1			9,6	9,6	
Transformador 3			6,3	6,3	
R. Pres. Getúlio Vargas			64,6	63,1	
R. Alf. Ângelo Sampaio			35,8	35,6	
Rua Cel. Dulcídio			61,3	57,5	
Rua Petit Carneiro			23,2	18,4	
R. Maurício Caillet			34,4	25,2	
Casa 11 Andar 2	Ld 67,6	dB(A) Ln 65,6		dB(A)	
Transformador 1			9,9	9,9	
Transformador 3			6,6	6,6	
R. Pres. Getúlio Vargas			66,2	64,7	
R. Alf. Ângelo Sampaio			38,3	38,1	
Rua Cel. Dulcídio			62,0	58,2	
Rua Petit Carneiro			28,1	23,3	
R. Maurício Caillet			37,6	28,5	
Casa 12 Andar 1	Ld 71,2	dB(A) Ln 69,6		dB(A)	
Transformador 1			9,8	9,8	
Transformador 3			2,8	2,8	
R. Pres. Getúlio Vargas			71,1	69,6	
R. Alf. Ângelo Sampaio			50,3	50,2	
Rua Cel. Dulcídio			40,1	36,3	
Rua Petit Carneiro			17,6	12,9	
R. Maurício Caillet			54,8	45,7	
Casa 12 Andar 2	Ld 73,6	dB(A) Ln 72,0		dB(A)	
Transformador 1			8,4	8,4	
Transformador 3			2,8	2,8	
R. Pres. Getúlio Vargas			73,5	72,0	
R. Alf. Ângelo Sampaio			51,4	51,2	
Rua Cel. Dulcídio			41,2	37,5	

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Rua Petit Carneiro			20,7	15,9	
R. Maurício Caillet			57,7	48,6	
Casa 13 Andar 1	Ld 70,9	dB(A) Ln 69,4			dB(A)
Transformador 1			2,5	2,5	
Transformador 3			-1,3	-1,3	
R. Pres. Getúlio Vargas			70,9	69,4	
R. Alf. Ângelo Sampaio			42,8	42,6	
Rua Cel. Dulcídio			51,7	47,9	
Rua Petit Carneiro			15,7	10,9	
R. Maurício Caillet			42,7	33,5	
Casa 14 Andar 1	Ld 65,4	dB(A) Ln 64,0			dB(A)
Transformador 1			9,1	9,1	
Transformador 3			5,8	5,8	
R. Pres. Getúlio Vargas			65,2	63,7	
R. Alf. Ângelo Sampaio			52,6	52,4	
Rua Cel. Dulcídio			35,9	32,2	
Rua Petit Carneiro			19,2	14,4	
R. Maurício Caillet			40,9	31,8	
Casa 15 Andar 1	Ld 70,9	dB(A) Ln 69,4			dB(A)
Transformador 1			10,7	10,7	
Transformador 3			7,6	7,6	
R. Pres. Getúlio Vargas			70,7	69,2	
R. Alf. Ângelo Sampaio			55,9	55,7	
Rua Cel. Dulcídio			35,5	31,7	
Rua Petit Carneiro			21,4	16,6	
R. Maurício Caillet			45,3	36,2	
Prédio 16 Andar 1	Ld 67,1	dB(A) Ln 64,6			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			65,8	64,3	
R. Alf. Ângelo Sampaio			43,1	42,9	
Rua Cel. Dulcídio			41,0	37,2	
Rua Petit Carneiro			18,8	14	
R. Maurício Caillet			61,1	52	
Transformador 3			-0,5	-0,5	
Transformador 1			4,2	4,2	
Prédio 16 Andar 2	Ld 68,3	dB(A) Ln 65,9			dB(A)
R. Pres. Getúlio Vargas			67,2	65,7	
R. Alf. Ângelo Sampaio			43,6	43,4	
Rua Cel. Dulcídio			42,3	38,5	
Rua Petit Carneiro			20,5	15,8	
R. Maurício Caillet			61,4	52,3	
Transformador 3			-0,5	-0,5	
Transformador 1			4,2	4,2	

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	conclusão	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Prédio 16 Andar 3	Ld 68,4 dB(A) Ln 66,2 dB(A)		
R. Pres. Getúlio Vargas		67,5	66,0
R. Alf. Ângelo Sampaio		34,3	34,2
Rua Cel. Dulcídio		43,1	39,4
Rua Petit Carneiro		22,3	17,5
R. Maurício Caillet		61,1	52
Transformador 3		-0,5	-0,5
Transformador 1		4,2	4,2
Casa 17 Andar 1	Ld 70,8 dB(A) Ln 69,3 dB(A)		
Transformador 1		6,9	6,9
Transformador 3		2,3	2,3
R. Pres. Getúlio Vargas		70,8	69,3
R. Alf. Ângelo Sampaio		47,1	47
Rua Cel. Dulcídio		43,9	40,2
Rua Petit Carneiro		21,2	16,5
R. Maurício Caillet		49,8	40,7
Casa 18 Andar 1	Ld 57,0 dB(A) Ln 55,4 dB(A)		
Transformador 1		5,8	5,8
Transformador 3		3,5	3,5
R. Pres. Getúlio Vargas		56,7	55,2
R. Alf. Ângelo Sampaio		36,5	36,3
Rua Cel. Dulcídio		42,7	38,9
Rua Petit Carneiro		16,8	12,0
R. Maurício Caillet		37,9	28,7

4. SE Mercês

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	continua	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Casa 01 Floor 1	Ld 66,0 dB(A) Ln 59,6 dB(A)		
Rua Pres. Taunay		64,9	58,7
Av. Manoel Ribas		36,1	30,5
Jardim Frei Ricardo		24,8	18,5
Rua Rosa Saporiski		55,5	49,2
Transformador 2		7,0	7,0
Transformador 1		9,6	9,6
Casa 02 Floor 1	Ld 70,3 dB(A) Ln 64,0 dB(A)		
Rua Pres. Taunay		69,7	63,5
Av. Manoel Ribas		36,2	30,6
Jardim Frei Ricardo		29,4	23,1
Rua Rosa Saporiski		60,7	54,3
Transformador 2		8,8	8,8
Transformador 1		9,8	9,8

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Casa 03 Floor 1	Ld 65,6 dB(A)	Ln 59,4 dB(A)			
Rua Pres. Taunay			65,3	59,1	
Av. Manoel Ribas			36,8	31,1	
Jardim Frei Ricardo			28,5	22,2	
Rua Rosa Saporski			53,7	47,4	
Transformador 2			10,8	10,8	
Transformador 1			13,6	13,6	
Casa 04 Floor 1	Ld 64,6 dB(A)	Ln 58,4 dB(A)			
Rua Pres. Taunay			64,5	58,3	
Av. Manoel Ribas			39,5	33,8	
Jardim Frei Ricardo			39,3	33,0	
Rua Rosa Saporski			44,0	37,7	
Transformador 2			11,9	11,9	
Transformador 1			14,6	14,6	
Casa 05 Floor 1	Ld 72,3 dB(A)	Ln 66,0 dB(A)			
Rua Pres. Taunay			72,2	66,0	
Av. Manoel Ribas			41,2	35,6	
Jardim Frei Ricardo			44,9	38,5	
Rua Rosa Saporski			45,6	39,3	
Transformador 2			17,4	17,4	
Transformador 1			19,8	19,8	
Casa 05 Floor 2	Ld 74,3 dB(A)	Ln 68,1 dB(A)			
Rua Pres. Taunay			74,3	68,0	
Av. Manoel Ribas			43,9	38,3	
Jardim Frei Ricardo			46,6	40,2	
Rua Rosa Saporski			50,9	44,5	
Transformador 2			18,4	18,4	
Transformador 1			20,9	20,9	
Casa 06 Floor 1	Ld 67,1 dB(A)	Ln 60,8 dB(A)			
Rua Pres. Taunay			66,6	60,3	
Av. Manoel Ribas			41,7	36,1	
Jardim Frei Ricardo			57,2	50,9	
Rua Rosa Saporski			34,1	27,7	
Transformador 2			14,5	14,5	
Transformador 1			12,9	12,9	
Prédio 07 Floor 1	Ld 70,1 dB(A)	Ln 64,4 dB(A)			
Rua Pres. Taunay			48,2	42,0	
Av. Manoel Ribas			69,9	64,3	
Jardim Frei Ricardo			47,6	41,2	
Rua Rosa Saporski			52,6	46,3	
Transformador 2			13,4	13,4	
Transformador 1			13,5	13,5	

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Prédio 07 Floor 2	Ld 73,1 dB(A) Ln 67,5 dB(A)				
Rua Pres. Taunay			49,4	43,1	
Av. Manoel Ribas			73,0	67,4	
Jardim Frei Ricardo			50,1	43,8	
Rua Rosa Saporski			54,1	47,7	
Transformador 2			15,7	15,7	
Transformador 1			15,8	15,8	
Casa 08 Floor 1	Ld 68,9 dB(A) Ln 62,9 dB(A)				
Rua Pres. Taunay			34,6	28,4	
Av. Manoel Ribas			66,2	60,5	
Jardim Frei Ricardo			25,6	19,3	
Rua Rosa Saporski			65,5	59,2	
Transformador 2			22,1	22,1	
Transformador 1			14,3	14,3	
Casa 08 Floor 1	Ld 61,4 dB(A) Ln 55,6 dB(A)				
Rua Pres. Taunay			47,1	40,9	
Av. Manoel Ribas			59,7	54,1	
Jardim Frei Ricardo			37,1	30,8	
Rua Rosa Saporski			56,1	49,7	
Transformador 2			28,6	28,6	
Transformador 1			29,9	29,9	
Casa 09 Floor 1	Ld 70,0 dB(A) Ln 63,9 dB(A)				
Rua Pres. Taunay			38,3	32,1	
Av. Manoel Ribas			64,9	59,3	
Jardim Frei Ricardo			29,2	22,9	
Rua Rosa Saporski			68,4	62,1	
Transformador 2			11,5	11,5	
Transformador 1			13,4	13,4	
Casa 09 Floor 1	Ld 56,8 dB(A) Ln 50,8 dB(A)				
Rua Pres. Taunay			47,8	41,6	
Av. Manoel Ribas			52,8	47,2	
Jardim Frei Ricardo			39,0	32,7	
Rua Rosa Saporski			53,3	46,9	
Transformador 2			27,7	27,7	
Transformador 1			27,4	27,4	
Prédio 10 Floor 1	Ld 75,3 dB(A) Ln 69,2 dB(A)				
Rua Pres. Taunay			47,4	41,1	
Av. Manoel Ribas			69,8	64,2	
Jardim Frei Ricardo			34,4	28,1	
Rua Rosa Saporski			73,9	67,5	
Transformador 2			25,8	25,8	
Transformador 1			27,6	27,6	

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Prédio 10 Floor 2	Ld 74,3	dB(A)	Ln 68,2	dB(A)	
Rua Pres. Taunay			48,0		41,8
Av. Manoel Ribas			69,7		64,1
Jardim Frei Ricardo			38,7		32,3
Rua Rosa Saporski			72,5		66,1
Transformador 2			27,5		27,5
Transformador 1			29,3		29,3
Prédio 10 Floor 3	Ld 73,2	dB(A)	Ln 67,1	dB(A)	
Rua Pres. Taunay			49,4		43,2
Av. Manoel Ribas			69,2		63,5
Jardim Frei Ricardo			41,4		35,1
Rua Rosa Saporski			70,9		64,5
Transformador 2			28,6		28,6
Transformador 1			30,3		30,3
Prédio 10 Floor 4	Ld 72,1	dB(A)	Ln 66,1	dB(A)	
Rua Pres. Taunay			50,3		44,1
Av. Manoel Ribas			68,7		63,1
Jardim Frei Ricardo			43,2		36,9
Rua Rosa Saporski			69,4		63,1
Transformador 2			29,4		29,4
Transformador 1			31,3		31,3
Casa 12 Floor 1	Ld 73,4	dB(A)	Ln 67,0	dB(A)	
Rua Pres. Taunay			44,0		37,8
Av. Manoel Ribas			52,3		46,6
Jardim Frei Ricardo			31,2		24,9
Rua Rosa Saporski			73,3		67,0
Transformador 2			22,6		22,6
Transformador 1			24,5		24,5
Casa 13 Floor 1	Ld 73,4	dB(A)	Ln 67,0	dB(A)	
Rua Pres. Taunay			45,6		39,4
Av. Manoel Ribas			53,2		47,5
Jardim Frei Ricardo			31,7		25,4
Rua Rosa Saporski			73,3		67,0
Transformador 2			23,5		23,5
Transformador 1			26,3		26,3
Casa 13 Floor 2	Ld 74,1	dB(A)	Ln 67,7	dB(A)	
Rua Pres. Taunay			48,0		41,8
Av. Manoel Ribas			55,9		50,3
Jardim Frei Ricardo			33,7		27,4
Rua Rosa Saporski			74,0		67,6
Transformador 2			26,5		26,5
Transformador 1			29,3		29,3

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	conclusão	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Casa 14 Floor 1	Ld 75,2 dB(A) Ln 68,9 dB(A)		
Rua Pres. Taunay		52,4	46,2
Av. Manoel Ribas		51,4	45,8
Jardim Frei Ricardo		29,7	23,4
Rua Rosa Saporski		75,2	68,8
Transformador 2		20,3	20,3
Transformador 1		23,5	23,5

5. SE Pilarzinho

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	continua	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Casa 01 Andar 1	LrD 42,4 dB(A) LrN 36,6 dB(A)		
Transformador Principal 1		15,5	15,5
Transformador Principal 2		13,4	13,4
Transformador Secundário 1		15,3	15,3
Transformador Secundário 2		13,8	13,8
Rodovia dos Minérios		39,5	33,6
Rodovia dos Minérios		39,3	33,4
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 02 Andar 1	LrD 46,7 dB(A) LrN 40,8 dB(A)		
Transformador Principal 1		15,5	15,5
Transformador Principal 2		13,1	13,1
Transformador Secundário 1		17,3	17,3
Transformador Secundário 2		5,5	5,5
Rodovia dos Minérios		43,8	37,9
Rodovia dos Minérios		43,5	37,6
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 03 Andar 1	LrD 50,7 dB(A) LrN 44,8 dB(A)		
Transformador Principal 1		17,0	17,0
Transformador Principal 2		16,2	16,2
Transformador Secundário 1		22,6	22,6
Transformador Secundário 2		10,0	10,0
Rodovia dos Minérios		47,7	41,9
Rodovia dos Minérios		47,5	41,7
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	continuação	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 04 Andar 1	LrD 49,9 dB(A) LrN 44,1 dB(A)		
Transformador Principal 1		29,9	29,9
Transformador Principal 2		14,2	14,2
Transformador Secundário 1		17,8	17,8
Transformador Secundário 2		16,7	16,7
Rodovia dos Minérios		46,9	41,0
Rodovia dos Minérios		46,7	40,9
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 05 Andar 1	LrD 47,1 dB(A) LrN 41,3 dB(A)		
Transformador Principal 1		24,7	24,7
Transformador Principal 2		14,4	14,4
Transformador Secundário 1		13,2	13,2
Transformador Secundário 2		11,8	11,8
Rodovia dos Minérios		44,2	38,3
Rodovia dos Minérios		44,0	38,1
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 06 Andar 1	LrD 43,8 dB(A) LrN 37,9 dB(A)		
Transformador Principal 1		14,3	14,3
Transformador Principal 2		13,0	13,0
Transformador Secundário 1		10,0	10,0
Transformador Secundário 2		2,3	2,3
Rodovia dos Minérios		40,9	35,0
Rodovia dos Minérios		40,6	34,7
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 07 Andar 1	LrD 52,0 dB(A) LrN 46,1 dB(A)		
Transformador Principal 1		15,8	15,8
Transformador Principal 2		15,3	15,3
Transformador Secundário 1		20,5	20,5
Transformador Secundário 2		8,0	8,0
Rodovia dos Minérios		49,0	43,1
Rodovia dos Minérios		48,9	43,0
Luciano Gracia		–	–

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Jeferson Becker			-	-	
R. Eleanor Gracia			-	-	
R. Antônio Machado de Souza			-	-	
Casa 08 Andar 1	LrD 57,4	dB(A) LrN 51,6			dB(A)
Transformador Principal 1			21,1	21,1	
Transformador Principal 2			20,9	20,9	
Transformador Secundário 1			14,6	14,6	
Transformador Secundário 2			7,5	7,5	
Rodovia dos Minérios			54,5	48,6	
Rodovia dos Minérios			54,4	48,5	
Luciano Gracia			-	-	
Jeferson Becker			-	-	
R. Eleanor Gracia			-	-	
R. Antônio Machado de Souza			-	-	
Casa 09 Andar 1	LrD 47,4	dB(A) LrN 41,5			dB(A)
Transformador Principal 1			21,9	21,9	
Transformador Principal 2			11,4	11,4	
Transformador Secundário 1			12,6	12,6	
Transformador Secundário 2			11,2	11,2	
Rodovia dos Minérios			44,4	38,5	
Rodovia dos Minérios			44,3	38,4	
Luciano Gracia			-	-	
Jeferson Becker			-	-	
R. Eleanor Gracia			-	-	
R. Antônio Machado de Souza			-	-	
Casa 09 Andar 2	LrD 51,3	dB(A) LrN 45,5			dB(A)
Transformador Principal 1			26,2	26,2	
Transformador Principal 2			12,2	12,2	
Transformador Secundário 1			18,1	18,1	
Transformador Secundário 2			17,1	17,1	
Rodovia dos Minérios			48,3	42,4	
Rodovia dos Minérios			48,2	42,3	
Luciano Gracia			-	-	
Jeferson Becker			-	-	
R. Eleanor Gracia			-	-	
R. Antônio Machado de Souza			-	-	
Casa 10 Andar 1	LrD 46,5	dB(A) LrN 40,7			dB(A)
Transformador Principal 1			21,7	21,7	
Transformador Principal 2			13,7	13,7	
Transformador Secundário 1			13,3	13,3	
Transformador Secundário 2			12,0	12,0	
Rodovia dos Minérios			43,6	37,7	

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	conclusão	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
Rodovia dos Minérios		43,4	37,5
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 11 Andar 1	LrD 50,7 dB(A) LrN 44,9 dB(A)		
Transformador Principal 1		27,9	27,9
Transformador Principal 2		15,7	15,7
Transformador Secundário 1		20,6	20,6
Transformador Secundário 2		6,6	6,6
Rodovia dos Minérios		47,7	41,8
Rodovia dos Minérios		47,6	41,7
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 12 Andar 1	LrD 49,8 dB(A) LrN 43,9 dB(A)		
Transformador Principal 1		18,8	18,8
Transformador Principal 2		14,5	14,5
Transformador Secundário 1		18,7	18,7
Transformador Secundário 2		6,1	6,1
Rodovia dos Minérios		46,8	40,9
Rodovia dos Minérios		46,7	40,8
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–
Casa 13 Andar 1	LrD 51,7 dB(A) LrN 45,8 dB(A)		
Transformador Principal 1		16,9	16,9
Transformador Principal 2		15,7	15,7
Transformador Secundário 1		20,9	20,9
Transformador Secundário 2		8,9	8,9
Rodovia dos Minérios		48,7	42,8
Rodovia dos Minérios		48,6	42,7
Luciano Gracia		–	–
Jeferson Becker		–	–
R. Eleanor Gracia		–	–
R. Antônio Machado de Souza		–	–

6. SE Santa Quitéria

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		continua	
			Ld dB(A)	Ln dB(A)
Casa 01 Andar 1	Ld 49,6	Ln 40,6		
Transformador 1			17,1	17,1
Transformador 2			31,0	31,0
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			49,0	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			34,1	–
R. Pretextato Taborda Júnior			38,7	30,4
Casa 02 Andar 1	Ld 50,3	Ln 41,3		
Transformador 1			17,4	17,4
Transformador 2			31,2	31,2
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			49,5	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			28,7	–
R. Pretextato Taborda Júnior			41,5	33,3
Casa 03 Andar 1	Ld 52,2	Ln 43,4		
Transformador 1			17,9	17,9
Transformador 2			32,0	32,0
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			50,7	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			27,5	–
R. Pretextato Taborda Júnior			46,7	38,4
Casa 04 Andar 1	Ld 52,3	Ln 43,6		
Transformador 1			17,8	17,8
Transformador 2			32,1	32,1
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			49,5	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			26,8	–
R. Pretextato Taborda Júnior			48,8	40,5
Casa 05 Andar 1	Ld 53,9	Ln 45,6		
Transformador 1			18,4	18,4
Transformador 2			32,5	32,5
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			47,9	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			27,2	–
R. Pretextato Taborda Júnior			52,6	44,3
Casa 06 Andar 1	Ld 62,0	Ln 53,7		
Transformador 1			19,9	19,9
Transformador 2			31,2	31,2
R. da Divina Providência			–	–

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
R. Reinaldo Pazello			40,0		–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			24,8		–
R. Pretextato Taborda Júnior			61,9		53,6
Casa 06 Andar 2	Ld 64,7	dB(A) Ln 56,5		dB(A)	
Transformador 1			24,7		24,7
Transformador 2			35,1		35,1
R. da Divina Providência			–		–
R. Reinaldo Pazello			43,3		–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			28,8		–
R. Pretextato Taborda Júnior			64,7		56,4
Casa 07 Andar 1	Ld 59,4	dB(A) Ln 51,2		dB(A)	
Transformador 1			26,5		26,5
Transformador 2			31,7		31,7
R. da Divina Providência			–		–
R. Reinaldo Pazello			35,0		–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			22,0		–
R. Pretextato Taborda Júnior			59,4		51,1
Casa 08 Andar 1	Ld 56,4	dB(A) Ln 48,2		dB(A)	
Transformador 1			31,3		31,3
Transformador 2			25,5		25,5
R. da Divina Providência			–		–
R. Reinaldo Pazello			19,8		–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			19,3		–
R. Pretextato Taborda Júnior			56,4		48,1
Casa 08 Andar 2	Ld 62,1	dB(A) Ln 53,9		dB(A)	
Transformador 1			37,2		37,2
Transformador 2			33,8		33,8
R. da Divina Providência			–		–
R. Reinaldo Pazello			26,3		–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			26,7		–
R. Pretextato Taborda Júnior			62,1		53,8
Casa 09 Andar 1	Ld 47,2	dB(A) Ln 39,6		dB(A)	
Transformador 1			31,6		31,6
Transformador 2			17,4		17,4
R. da Divina Providência			–		–
R. Reinaldo Pazello			19,4		–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			20,7		–
R. Pretextato Taborda Júnior			47,1		38,8
Casa 10 Andar 1	Ld 50,1	dB(A) Ln 42,4		dB(A)	
Transformador 1			34,3		34,3

				continuação	
FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		Ld dB(A)	Ln dB(A)	
Transformador 2			17,5	17,5	
R. da Divina Providência			-	-	
R. Reinaldo Pazello			20,4	-	
R. Cel. Pretextato Penna Forte			21,8	-	
R. Pretextato Taborda Júnior			50,0	41,7	
Casa 11 Andar 1	Ld 43,3	dB(A) Ln 36,6			dB(A)
Transformador 1			32,0	32,0	
Transformador 2			17,5	17,5	
R. da Divina Providência			-	-	
R. Reinaldo Pazello			20,4	-	
R. Cel. Pretextato Penna Forte			22,3	-	
R. Pretextato Taborda Júnior			42,8	34,5	
Casa 11 Andar 2	Ld 51,5	dB(A) Ln 44,0			dB(A)
Transformador 1			36,7	36,7	
Transformador 2			19,0	19,0	
R. da Divina Providência			-	-	
R. Reinaldo Pazello			25,6	-	
R. Cel. Pretextato Penna Forte			28,9	-	
R. Pretextato Taborda Júnior			51,3	43,1	
Casa 12 Andar 1	Ld 41,7	dB(A) Ln 35,4			dB(A)
Transformador 1			31,6	31,6	
Transformador 2			17,0	17,0	
R. da Divina Providência			-	-	
R. Reinaldo Pazello			20,7	-	
R. Cel. Pretextato Penna Forte			22,5	-	
R. Pretextato Taborda Júnior			41,2	32,9	
Casa 12 Andar 2	Ld 47,8	dB(A) Ln 40,9			dB(A)
Transformador 1			35,6	35,6	
Transformador 2			22,1	22,1	
R. da Divina Providência			-	-	
R. Reinaldo Pazello			25,8	-	
R. Cel. Pretextato Penna Forte			29,5	-	
R. Pretextato Taborda Júnior			47,5	39,2	
Casa 13 Andar 1	Ld 40,6	dB(A) Ln 34,5			dB(A)
Transformador 1			31,0	31,0	
Transformador 2			17,0	17,0	
R. da Divina Providência			-	-	
R. Reinaldo Pazello			20,4	-	
R. Cel. Pretextato Penna Forte			24,7	-	
R. Pretextato Taborda Júnior			39,9	31,6	

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS		continuação	
			Ld dB(A)	Ln dB(A)
Casa 14 Andar 1	Ld 40,5	dB(A) Ln 34,3	dB(A)	
Transformador 1			30,8	30,8
Transformador 2			16,7	16,7
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			21,0	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			25,8	–
R. Pretextato Taborda Júnior			39,8	31,5
Casa 15 Andar 1	Ld 36,6	dB(A) Ln 29,7	dB(A)	
Transformador 1			24,7	24,7
Transformador 2			15,6	15,6
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			17,6	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			29,6	–
R. Pretextato Taborda Júnior			35,1	26,8
Casa 15 Andar 2	Ld 45,0	dB(A) Ln 38,3	dB(A)	
Transformador 1			33,9	33,9
Transformador 2			21,5	21,5
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			26,8	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			34,8	–
R. Pretextato Taborda Júnior			44,1	35,8
Casa 16 Andar 1	Ld 41,6	dB(A) Ln 34,4	dB(A)	
Transformador 1			30,0	30,0
Transformador 2			16,1	16,1
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			21,7	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			38,6	–
R. Pretextato Taborda Júnior			37,7	29,4
Casa 16 Andar 2	Ld 45,8	dB(A) Ln 38,3	dB(A)	
Transformador 1			32,9	32,9
Transformador 2			16,6	16,6
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			26,8	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			41,8	–
R. Pretextato Taborda Júnior			43,1	34,8
Casa 17 Andar 1	Ld 44,2	dB(A) Ln 36,1	dB(A)	
Transformador 1			29,7	29,7
Transformador 2			15,7	15,7
R. da Divina Providência			–	–
R. Reinaldo Pazello			23,7	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte			42,2	–

FONTE	NÍVEIS SONOROS TOTAIS	conclusão	
		Ld dB(A)	Ln dB(A)
R. Pretextato Taborda Júnior		39,3	31,0
Casa 17 Andar 2	Ld 47,8 dB(A) Ln 39,5 dB(A)		
Transformador 1		32,1	32,1
Transformador 2		20,7	20,7
R. da Divina Providência		–	–
R. Reinaldo Pazello		28,4	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte		46,0	–
R. Pretextato Taborda Júnior		42,6	34,3
Casa 18 Andar 1	Ld 52,4 dB(A) Ln 43,0 dB(A)		
Transformador 1		22,5	22,5
Transformador 2		16,8	16,8
R. da Divina Providência		–	–
R. Reinaldo Pazello		25,3	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte		52,2	–
R. Pretextato Taborda Júnior		39,4	31,1
Casa 19 Andar 1	Ld 40,5 dB(A) Ln 31,6 dB(A)		
Transformador 1		18,3	18,3
Transformador 2		18,7	18,7
R. da Divina Providência		–	–
R. Reinaldo Pazello		28,2	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte		39,3	–
R. Pretextato Taborda Júnior		33,0	24,7
Casa 19 Andar 2	Ld 52,9 dB(A) Ln 43,6 dB(A)		
Transformador 1		23,0	23,0
Transformador 2		25,2	25,2
R. da Divina Providência		–	–
R. Reinaldo Pazello		36,9	–
R. Cel. Pretextato Penna Forte		52,5	–
R. Pretextato Taborda Júnior		41,5	33,2

A norma alemã RLS-90

1. INTRODUÇÃO

O governo alemão publicou a RLS-90 como sucessora da RLS-81. Essa norma estabelece técnicas e procedimentos de medição para a predição de ruído de ruas e estacionamentos. As especificações da RLS-90 predizem o nível de ruído em uma localidade para o período diurno (06:00 – 22:00) e noturno (22:00 – 06:00).

Essa norma usa o método da fonte pontual com espalhamento, atenuação sonora, refração e reflexão. A norma consiste em dois modelos: o modelo da fonte usa os dados de tráfego para prever o nível a 25 metros da rua e a 4 metros acima da superfície. Esse nível é chamado L_{25} , como referência aos 25 metros; o modelo da propagação tem como dados de entrada a emissão média para o dia e para a noite, e os dados de saída são os níveis numa localidade para o dia e para a noite.

2. O NÍVEL L_{25}

Os seguintes dados são necessários para se calcular o nível sonoro L_{25} :

- a) dados dos veículos (número de veículos por hora, porcentagem de veículos pesados);
- b) velocidade dos veículos leves e velocidade dos veículos pesados;
- c) ajustes devido à superfície da rua;
- d) gradiente da rua;
- e) adições devido à reflexões múltiplas.

O L_{25} é calculado por:

$$L_{25} = L_{25 \text{ básico}} + C_{\text{velocidade}} + C_{\text{superfície}} + C_{\text{gradiente}} + C_{\text{reflexões}}$$

O nível L_{25} básico é o nível sonoro normalizado para as seguintes condições:

- a) superfície asfáltica lisa;
- b) gradiente menor que 5%.

Propagação sonora em campo livre;

$$L_{25básico} = 37,3 + 10 \cdot \log(I \cdot (1 + 0,082 \cdot P))$$

Onde: I é o tráfego horário médio de veículos

P é a porcentagem de veículos que excedem 2,8 toneladas

2.1. CORREÇÃO $C_{velocidade}$

A correção se dá de conforme a fórmula:

$$C_{velocidade} = \frac{L_{leve} - 37,3 + 10 \cdot \log[(100 + (10^{0,1 \cdot C}) \cdot P)]}{(100 + 8,23 \cdot P)}$$

Onde:

$$C = L_{pesado} - L_{leve}$$

$$L_{leve} = 27,8 + 10 \cdot \log(1 + (0,02 \cdot V_{leve})^3)$$

$$L_{pesado} = 23,1 + 12,5 \cdot \log(V_{pesado})$$

V_{leve} = velocidade dos veículos leves

V_{pesado} = velocidade dos veículos pesados

2.2. CORREÇÃO DEVIDA À SUPERFÍCIE DA RUA – $C_{\text{superfície}}$

As adições para essa correção são indicadas na tabela 4 da RLS-90, sumarizadas a seguir.

TABELA – CORREÇÃO DEVIDA À SUPERFÍCIE DA RUA

TIPO DE PISO	CORREÇÃO
Asfalto liso	0
Asfalto rugoso, concreto	+1,5
Paralelepípedo liso	+2,5
Outros paralelepípedos	+4,5

2.3. CORREÇÃO DEVIDA AO GRADIENTE DA RUA – $C_{\text{gradiente}}$

$$C_{\text{gradiente}} = 0$$

se o gradiente for menor que 5%

$$C_{\text{gradiente}} = 0,6|g| - 3$$

se o gradiente, dado em porcentagem, for maior que 5%, onde g é o gradiente da rua

2.4. CORREÇÃO DEVIDA À REFLEXÕES MÚLTIPLAS – $C_{\text{reflexões}}$

$$C_{\text{reflexões}} = 4 \frac{h}{d}$$

Onde: h é a altura da parede

d é a distância entre as paredes

$C_{\text{reflexões}} < 3,2$ dB para superfícies refletoras

$$C_{\text{reflexões}} = 2 \frac{h}{d}$$

$C_{\text{reflexões}} < 1,6 \text{ dB}$ para superfícies absorventes