UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

INSTITUTO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

ISABELLA LAGO ASSÔFRA

ANÁLISE DOS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS COM ÊNFASE NO RUÍDO URBANO: O CASO DO BAIRRO DO MARCO

BELÉM – PA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A849a Assôfra, Isabella Lago
ANÁLISE DOS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS COM ÊNFASE NO RUÍDO URBANO: O CASO DO BAIRRO DO MARCO / Isabella Lago Assôfra. — 2019.
88 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Gustavo da Silva Viera de Melo
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Conforto Acústico. 2. Morfologia Urbana. 3. Poluição Sonora. I. Título.

CDD 720

ISABELLA LAGO ASSÔFRA

ANÁLISE DOS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS COM ÊNFASE NO RUÍDO URBANO: O CASO DO BAIRRO DO MARCO

Dissertação de mestrado como quesito final de nota para obtenção de título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal do Pará sob orientação do Prof. Dr. Gustavo da Silva Vieira de Melo.

Área de Concentração: Arquitetura, Desenho Urbano e Desempenho Ambiental.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gustavo da Silva Vieira de Melo – Presidente

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte – Membro Interno

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Pará

Prof.ª. Dr.ª. Elcione Maria Lobato de Moraes – Membro Externo

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal do Pará

BELÉM – PA

2019

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. Por nunca ter me abandonado e ter me feito acreditar nos meus próprios sonhos.

Em especial aos meus pais Gilvan e Lígia, meus amores da vida, que estiveram comigo em toda minha caminhada e me proporcionaram todos os instrumentos possíveis para a realização deste sonho, além de todo amor e confiança depositados em mim. Ao meu pai Gilvan por ter me dado todo suporte ao longo da vida e ter encarado mais essa etapa ao meu lado com orgulho. E a minha mãe Lígia, uma grande mulher, que esteve comigo durante a vida inteira e nos momentos mais fracos, onde me acompanhou nas madrugadas intermináveis de estudos, nos meus momentos de desesperos, e que acreditou em mim quando nem eu mesma achava possível, Pai e Mãe, eu vivo vocês.

Aos meus avós Clóvis e Nazaré, meus anjos na terra, que são meus segundos pais e sempre me deram todo apoio para a realização e conclusão desse ciclo, acreditando em meu potencial e realizando tudo que estivesse ao alcance para concretizar este sonho. Vô e Vó obrigado por existirem e serem tudo na minha vida.

A minha tia Liane por toda força em momentos difíceis e por nunca ter desistido de mim, além de ser uma segunda mãe. A minha tia Denise por toda torcida e por vibrar com minhas conquistas e querer sempre meu melhor. Ao meu tio Fred que mesmo de longe torce pela minha vitória. E ao meu tio Alexandre que foi um dos grandes responsáveis por essa vitória e minha real inspiração para prosseguir a vida acadêmica, um verdadeiro Pai nesta caminhada e ao longo da vida também. Tios e Tias, amo vocês, isso tudo que conquistei foi por vocês.

A minha Vó Ana, que infelizmente não está mais neste plano, mas sei que de onde estiver estará feliz com todas as minhas vitórias. Vó te amo, sinto saudades.

Ao resto dos familiares que tanto amo e que me incentivaram mesmo de longe e que foram incansáveis e parte fundamental para o meu sucesso. As minhas tias Cristina, Cida, Lúcia e Sandra por todo apoio e carinho, amo vocês

tias. Ao Tio Moreno e Tio Olírio por torcerem sempre pelo meu sucesso. E aos meus primos por todos os votos positivos.

Aos meus amigos desta Universidade: Arleisson Furo por todas palavras de conforto e por ter sido meu ouvinte nos momentos que tanto precisei, além do grande amigo de vida que se tornou. Virginia Queiroz, Luana Pinheiro, Caroline Edwards, Lilian Kobayashi por terem sido minhas colegas de turma e terem me ajudado sempre que possível. Ao Paulo Chagas, sem dúvidas, por ter me ajudado incansavelmente em todo esse processo, sempre disposto em tirar dúvidas e auxiliar em tudo que fosse pedido, além de ser um grande amigo e responsável por esse meu sucesso, me ajudou nas medições e nas discussões do mesmo. Minha eterna gratidão à ele. . Ao Filipe Vasconcelos pela ajuda nas medições. A Amanda Mendes por ter me auxiliado nos momentos de dúvidas. E aos demais colegas da Universidade que contribuíram para que tudo isso acontecesse. Ao Filipe Vasconcelos pela ajuda nas medições.

A Capes por todo apoio financeiro ao longo da realização do mestrado.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração, que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte maior ainda. Em especial aos professores que tanto me fizeram crescer ao longo desse tempo. A Dra. Ana Cláudia Cardoso, Dr. Juliano Ximenes e ao Dr. José Júlio pelo aprendizado ao longo do curso. Ao Carlos Gomes, secretário do PPGAU, por toda paciência e disponibilidade nos momentos que precisava. E a todos os outros professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo que fazem esse grande sonho acontecer. Meu muito obrigada pelo tempo, paciência e principalmente ensinamentos que nos oferecem.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo da Silva Vieira de Melo por todo apoio e suporte para a elaboração deste trabalho. A profª Dra. Elcione Lobato pelas considerações e contribuições.

E a tantas outras pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para a realização deste sonho, toda a minha gratidão. E aos que torceram contra, meu muito obrigado também, pois me fizeram transformar toda energia negativa em positiva e o resultado foi a conclusão de mais um sonho.

Dedico este trabalho a minha família, em especial meus pais Gilvan e Lígia, meus avós Clóvis e Nazaré, e aos meus tios Alexandre e Liane. Esse sonho foi por e para vocês. Família meu alicerce.

“A gente tem que sonhar, senão as coisas não acontecem. ”

Oscar Niemeyer

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS E QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....1

1.2 OBJETIVOS.....5

1.2.1 Objetivo Geral.....5

1.2.2 Objetivos específicos.....5

1.3 JUSTIFICATIVA.....5

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....7

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....8

2.1 RUÍDO AMBIENTAL.....8

2.2 RUÍDO URBANO E POLUIÇÃO SONORA.....8

2.3 OS EFEITOS DO IMPACTO AMBIENTAL SONORO.....11

2.4 PLANEJAMENTO URBANO E SUA IMPORTÂNCIA.....12

2.5 A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA EM AMBIENTE SONORO.....13

2.6 NORMATIZAÇÃO.....14

2.6.1 Esfera Internacional.....14

2.6.2 Esfera Nacional.....18

2.6.3 Esfera Estadual.....18

2.6.4 Esfera Municipal.....19

2.6.5 NBR 10151.....20

2.7 CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS.....21

2.8 TIPOS DE FONTES DE RUÍDO URBANO.....22

2.9 PROPAGAÇÃO SONORA AO AR LIVRE.....24

2.9.1 Absorção Sonora.....25

2.9.2 Reflexão Sonora.....25

2.9.3 Difração Sonora.....26

2.9.4 Distância.....27

2.9.5 Barreiras Acústicas.....27

2.9.6 Tipo de Solo.....28

2.9.7 Vegetação.....29

2.9.8 Absorção Atmosférica.....29

2.9.9 Vento e Temperatura.....29

CAPÍTULO 3 – ABORDAGEM METODOLÓGICA.....32

3.1 MORFOLOGIA URBANA.....32

3.2 OS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS.....34

3.3 ÁREA DE ESTUDO.....37

3.4 RUÍDO DE TRÁFEGO EM BELÉM.....40

3.5 MATERIAIS E METÓDOS.....42

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....48

4.2 TRECHOS.....48

4.2 A INFLUÊNCIA DAS VIAS NA PROPAGAÇÃO DE RUÍDO.....60

4.3 QUADRAS e PERMEABILIDADE.....63

4.4 SÍNTESE DO QUESTIONÁRIO PERCEPÇÃO DE RUÍDO.....64

4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....64

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO.....66

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....68

APÊNDICE A.....73

RESUMO

A poluição sonora ambiental, oriunda das mais diversas fontes sonoras, vem cada vez mais aumentando devido ao crescente processo de urbanização nas cidades ocorrente dos inúmeros processos socioeconômicos e ambientais. Esse constante processo urbano gera reflexos tanto para o meio ambiente quanto para o homem. A ampliação do nível de ruído urbano está contribuindo para um cenário de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis, e caso muito elevados, podem comprometer a saúde humana de forma grave. Esta pesquisa tem por finalidade verificar de que maneira a interação entre fontes sonoras e a forma urbana exerce influência em determinado ambiente sonoro, utilizando o bairro do Marco, na cidade de Belém-PA, como campo experimental devido a sua malha viária e condições morfológicas. A metodologia consiste em realização de ensaios de medição *in loco* em diferentes trechos através da coleta de dados de níveis de pressão sonora e análise das condições morfológicos do mesmo. Por fim, as informações apresentadas nesse trabalho poderão servir como subsídios ao planejamento e desenho das cidades no que se refere ao campo do conforto acústico.

Palavras-chave: conforto acústico; morfologia urbana; poluição sonora.

ABSTRACT

Environmental noise pollution, coming from the most diverse noise sources, has been increasing due to the growing process of urbanization in the cities due to the numerous socioeconomic and environmental processes. This constant urban process generates reflections for both the environment and man. Increasing urban noise levels are contributing to a scenario of increasingly unpleasant sound environments, and if too high, can seriously compromise human health. This research aims to verify how the interaction between sound sources and urban form influences a given sound environment, using the neighborhood of Marco, in the city of Belém-PA, as an experimental field due to its road network and morphological conditions. The methodology consists of conducting *in loco* measurement assays in different sections by collecting sound pressure level data and analyzing its morphological conditions. Finally, the information presented in this paper may serve as subsidies to the planning and design of cities regarding the field of acoustic comfort.

Keywords: Acoustic comfort; urban morphology; noise pollution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espaços acústicos: (a) aberto e (b) fechado.....14

Figura 2 - Representação esquemática de alguns dos principais mecanismos de propagação sonora.....24

Figura 3 - Efeito difração sonora. (a) borda de uma parede, (b) fenda na parede com dimensões menores do que o comprimento de onda e (c) fenda na parede com dimensões comparáveis ao comprimento de onda.....26

Figura 4 - Barreira acústica.....27

Figura 5 - Desempenho de edifícios como barreiras acústicas (plano de massas).....28

Figura 6 - Parcelas de som direto e refletido.....28

Figura 7 - Croqui de barreira acústica com vegetação de diferentes tamanhos.....29

Figura 8 - Variação do caminho das ondas acústicas devido ao efeito do vento.....30

Figura 9 - Variação do caminho das ondas acústicas devido ao efeito de aumento da temperatura com a altura.....30

Figura 10 - Variação do caminho das ondas acústicas devido ao efeito de diminuição da temperatura com a altura.....31

Figura 11 - Croqui: (a) da via e (b) da rua.....34

Figura 12 - Croqui: (a) da rua em perfil “U” e (b) da rua em perfil “L”.....35

Figura 13 - a) Quadra mais exposta ao ruído de tráfego e (b) quadra menos exposta ao ruído de tráfego.....36

Figura 14 - Maior permeabilidade ao ruído da via de tráfego (b) menor permeabilidade ao ruído da via de tráfego.....36

Figura 15 - Mapa de Belém.....37

Figura 16 - Mapa uso do solo.....38

Figura 17 - Mapa acústico de Belém.....42

Figura 18 - Mapa principais avenidas.....44

Figura 19 - Mapa trechos.....45

Figura 20 - Medidor Sonoro.....46

Figura 21 - Calibrador.....46

Figura 22 - Medidor e Tripé.....46

Figura 23 - Trecho 1.....48

Figura 24 - Valores medições Trecho 1.....49
Figura 25 - Polos geradores de ruído Trecho 1.....50
Figura 26 - Trecho 2.....51
Figura 27 - Valores medições Trecho 2.....52
Figura 28 - Polos geradores de ruído Trecho 2.....53
Figura 29 - Trecho 3.....54
Figura 30 - Valores medições Trecho 3.....55
Figura 31 - Polos geradores de ruído Trecho 3.....55
Figura 32 - Trecho 4.....56
Figura 33 - Valores medições Trecho 4.....57
Figura 34 - Polos geradores de ruído Trecho 4.....57
Figura 35 - Trecho 5.....58
Figura 36 - Valores medições Trecho 5.....59
Figura 37 - Polos geradores de ruído Trecho 5.....59
Figura 38 - Perfis Avenidas.....60
Figura 39 - Trecho 2: área bosque.....61
Figura 40 - Perfis das Transversais.....62
Figura 41 - Quadras: Trecho 1 e 2.....63
Figura 42 - Quadras: Trecho 3, 4 e 5.....63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis-critério definidos pelo EPA.....15

Quadro 2 - Limites dos níveis de pressão sonora para o ruído de tráfego em países europeu.....17

Quadro 3 - Classificação da atividade por nível na fonte.....20

Quadro 4 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos.....20

Quadro 5 - Modelos urbanísticos permitidos.....39

Quadro 6 - Modelos Urbanísticos.....40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE - Comunidade Europeia.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

dB - Decibel.

EPA - Agência de Proteção Ambiental norte-americana.

FAA - Federal *Aviation Administration.*

GVA - Grupo de Vibrações Acústicas.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

LCCU - Lei Complementar de Controle Urbanístico.

MAB - Mapa acústico de Belém.

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora.

NCA - Nível de critério de avaliação.

OMS - Organização Mundial da Saúde.

PAIR - Perda Auditiva Induzida pelo Ruído.

PMB - Posturas do Município de Belém.

SMU - Sistema de Mobilidade Urbana.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o termo qualidade de vida vem sendo discutido em vários âmbitos, seja na área da saúde, política, urbana e meio ambiente. São os mais diversos mecanismos que buscam minimizar e/ou anular os efeitos da degradação do ambiente e como isso afeta a qualidade de vida do individuo.

A qualidade de vida contempla saúde e meio ambiente, visto que, esses dois pontos são reflexos do modo de vida de uma sociedade. Mundialmente está crescendo a preocupação e consciência sobre os problemas ambientais.

Embora esteja estreitamente relacionado ao rápido desenvolvimento das cidades, o ruído urbano não deve ser considerado como uma consequência incidental da ação humana em busca de progresso, e por isso inevitável, tampouco tolerável. Ao contrário, deve ser entendido como uma das conseqüências prejudiciais deste desenvolvimento que pode causar diversos males fisiológicos e psicológicos ao citadino, e assim sendo, deve ser veementemente prevenido e mitigado (SOUZA, 2010).

A fim de encontrar maneiras que possibilitem sua prevenção e mitigação, o ruído urbano pode ser entendido como um sistema composto essencialmente pela *fonte sonora – meio de propagação – receptor*. Dentre estas três partes componentes do sistema, o meio de propagação pode ser considerado como um dos menos investigados e onde as ações contra o ruído são menos concentradas (SINGA L, 2005).

Esta inobservância da importância do meio urbano enquanto percurso de propagação sonora pode estar vinculada à dificuldade de intervir em meios de propagação consolidados, como são fundamentalmente os grandes centros urbanos. Daí a relevância em compreender a acústica urbana a partir de seu meio propagador, pois uma vez consolidado o *meio*, raras são as intervenções possíveis para minimizar o ruído urbano a partir desta parte componente do sistema *fonte – meio – receptor*, restando essencialmente ações preventivas (SOUZA, 2010).

Outra condição que serve como subsídio para entender a acústica urbana a partir do seu *meio* de propagação é a capacidade que o meio urbano possui em influenciar a trajetória da propagação sonora. Essa influência ocorre por meio da forma que este meio apresente, ou seja, a forma urbana através de seus elementos componentes.

Assim sendo, a interação entre os diversos elementos que compõem a forma urbana - o traçado e perfis das vias; o modo de implantação das edificações nos lotes e seus gabaritos; as proporções, densidade e maneira de ocupação das quadras; e a presença ou ausência de espaços livres – contribui determinantemente para caracterização da propagação sonora no meio urbano através de múltiplas reflexões, do espalhamento do ruído para vias adjacentes à fonte geradora, de campos sonoros reverberantes, da difração e da existência de áreas de sombra (SOUZA, 2010).

Na propagação do ruído, as múltiplas reflexões ocorridas sobre as superfícies urbanas causam intensificação do nível sonoro e podem atingir locais distantes. De uma forma geral, níveis de pressão sonora mais acentuados são encontrados em locais mais adensados, com geometria mais verticalizada e com atividades urbanas mais intensas. Por isso, os índices urbanos relacionados à forma e às superfícies das cidades são aspectos importantes a serem considerados no estudo do ruído ambiental. No entanto, apesar da sua importância para a própria qualidade de vida urbana, esse é um aspecto habitualmente negligenciado no planejamento e gestão das cidades, conforme apontam Souza e Giunta (2011).

Sobre a trajetória, na propagação do som em espaços abertos há interferência derivada da diversidade de trajetos possíveis desde os primeiros avanços da onda sonora. No espaço urbano estas interferências ocorrem principalmente a partir de fenômenos acústicos vinculados às fontes sonoras, ao solo, às condições atmosféricas e à forma urbana, sendo comumente investigadas em duas escalas dimensionais: a microescala e a macroescala (KANG, 2007).

Porém, deve-se destacar que a urbanização não é um mal em si, o problema é como construir e adensar as cidades. O homem sempre busca alterar o meio ambiente em função das suas necessidades socialmente definidas, e essas alterações mal conduzidas são a causa de muitos problemas no meio urbano (DUARTE, 2000).

Mesmo cientes desses problemas e, por vezes até vítimas deles, os profissionais da área de arquitetura e engenharia tem negligenciado os aspectos acústicos em seus processos projetuais, tanto em edificações quanto no meio urbano, causando uma série de transtornos e insatisfação em seus usuários.

Nos grandes centros urbanos, devido ao grande avanço tecnológico, os níveis de ruídos estão tão elevados que acabam prejudicando tanto a integridade física quanto psicológica dos indivíduos. A perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) é uma das consequências que o altíssimo nível de ruído pode ocasionar na saúde entre inúmeros outros danos (HOLSBACH et al., 2001). Segundo BISTAFA (2006) o ruído seria o som indesejável, ou seja, aquele que de modo geral tem uma conotação negativa.

A poluição sonora, oriunda principalmente dos ruídos, ocorre quando em determinado ambiente o som altera a condição normal de audição. Embora ela não se acumule no meio ambiente, igual aos demais tipos de poluição, a mesma causa inúmeros prejuízos tanto ao corpo quanto à qualidade de vida das pessoas.

> Os sons são excitações vibratórias capazes de se propagar no meio material, tornando-se detectáveis aos ouvidos humanos. Quando detectados, produzem tanto sensações agradáveis, denominadas simplesmente de som, quanto sons desagradáveis, chamados de ruídos. (OLIVEIRA; Ribas, 1995).

São diversos os efeitos negativos que o alto nível de ruído causa à saúde humana. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), em relação ao ouvido humano, quando o nível excede 50dB causa dificuldades no intelectual, concentração e tensão. Acima dos 65dB o indivíduo pode vim a apresentar problemas de saúde como colesterol elevado, diminuição do sistema imunológico e aumento dos índices de morfina. Valores acima de 70dB abalam a saúde mental causando incidências de zumbidos, tontura, aumento nas

chances de infartos, além de afetar as estruturas de audição podendo levar até a surdez.

A cidade de Belém-PA teve seu crescimento derivada de características econômicas, sociais e espaciais oriundas a partir da administração pública e seus agentes. Dentro de seu crescimento e formação passou, dentre outras fases, pela institucionalização da Região Metropolitana de Belém em 1973, por uma expansão demográfica e pelo início do processo de conurbação a partir de 1980 (LIMA E CARDOSO, 2015). As transformações espaciais continuam a acontecer e desse modo os reflexos negativos no meio urbano são persistentes, tal como a poluição sonora que afeta a qualidade de vida da sociedade de modo geral.

Belém-PA se destaca na região norte como umas das principais em relação ao desenvolvimento urbanístico e econômico. Possui quase dois milhões de habitantes de acordo com Censo (2010). É latente a diversidade da cultura musical e de rua da cidade; os ritmos e as festas populares ecoam nas diferentes zonas urbanizadas, até mesmo as mais “protegidas”, da capital paraense. As áreas de lazer, em especial as noturnas, cada vez mais são grandes geradores de ruído e tem-se destacado constituído nas campeãs de reclamações e denúncias aos órgãos fiscalizadores. Não por menos, e como consequência direta dos altos níveis de ruído, Belém é apontada como a capital onde há mais habitantes insatisfeitos com a poluição sonora em sua cidade (REIS, 2005 apud MORAES et al, 2006).

Diante disso, o bairro do Marco em Belém-PA foi escolhido como objeto de estudo devido ser um bairro com uma malha viária bem definida, que integra o eixo da Almirante Barroso que é o mais importante da cidade. O mesmo faz parte da primeira légua patrimonial da cidade, além de possuir uma diversificação urbana com os mais variados usos do solo, como: residencial, comercial e serviços.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar de que maneira a interação entre fontes sonoras e a morfologia urbana contribui para a propagação do ruído, tendo como campo experimental o bairro do Marco na cidade de Belém-PA.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar principais influências das características físicas da forma urbana, tais como: ruas e vias, forma e polos geradores de ruído no ambiente sonoro da região em análise;
- Realizar medições externas com intuito de obter resultado quantitativos referente ao nível de ruído sonoro na região de estudo e posteriormente fazer a comparação desse fator com o desenho urbano do objeto em questão;
- Diagnosticar a partir de questionário direcionado à população local da área de estudo visando obter resultados subjetivos e qualitativos à pesquisa.

1.3 JUSTIFICATIVA

As cidades configuram-se como espaços complexos pelas características intrínsecas de urbanização e pelas imposições do global sobre o local. Atender os interesses de cada um desses níveis, local e global, indica uma disputa clara entre as infraestruturas que cada um demanda e investimentos distintos devem ser efetivados para que mudanças positivas caracterizem o bojo das cidades (SOUZA, 2010).

Cidades são meios vivos, ativos, crescentes. Esse aumento, populacional, constante geram vibrações que posteriormente produzem grandes ruídos. O tráfego, os equipamentos e as pessoas constituem os sons em uma cidade.

O cuidado com a acústica não se relaciona somente na questão ao desempenho de ambientes internos, mas também quanto ao controle de ruído e da preservação da qualidade sonora no meio ambiente. Ao contrario dos

ambientes internos, a acústica externa não tem como solucionar, mas sim apenas amenizar os seus efeitos.

O ruído é pertinente na vida do homem desde seus primórdios. Por exemplo, na Roma Antiga já existiam regulamentos para o ruído proveniente do contato entre as rodas das carroças e as pedras do calçamento, que geravam incômodos à população. Na Europa Medieval, algumas cidades proibiam durante a noite o uso de carruagens e circulação de pessoas a cavalo, funcionando assim, como medidas para garantir tranquilidade aos seus habitantes (BERGLUND, LINDVALL e SCHWELA, 1999).

Os processos de industrialização e urbanização estão interligados. Foi com os avanços e transformações proporcionados, por exemplo, pelas Revoluções Industriais na Europa que o mesmo concebeu o crescimento exponencial de suas cidades principais, aquelas mais industrializadas. Ao mesmo tempo, o processo de urbanização intensifica o consumo nas cidades, o que acarreta a produção de mais mercadorias e o aumento do ritmo da atividade industrial.

A industrialização é um dos grandes fatores de transformação do espaço geográfico, pois interfere nos fluxos populacionais, reorganiza as atividades nos contextos da sociedade e promove a instrumentalização das diferentes técnicas as quais são essenciais para as atividades humanas.

A acústica urbana passa a assumir o papel de destaque com o rápido processo de urbanização, correlacionado com a industrialização, houve consequentemente o aumento das fontes sonoras.

A combinação das mais diversas fontes sonoras tem contribuído para a elevação do nível de ruído urbano e para o aparecimento, mais frequente, de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), considera a poluição sonora como um dos problemas ambientais que atinge ao maior número de pessoas no planeta depois da poluição do ar e da água.

Diferente das demais poluições, a poluição sonora não se acumula no meio físico mas traz grandes prejuízos à saúde do ser humano, tais como:

estresse, falta de concentração, irritabilidade, comprometimento do sistema imunológico e até mesmo, se for em um alto nível de ruído, provocar a perda auditiva.

A aplicação de medidas preventivas na fase projetual, além de ser menos custosa, é de grande importância para a conversação e harmonização do meio para toda uma sociedade como um todo. As descrições da qualidade do meio possibilitam o aumento da conscientização sobre as cabíveis medidas que visem a melhoria e a redução de impactos ambientais.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A estruturação da pesquisa foi feita em 6 capítulos. O **capítulo 1** apresenta a introdução, o objetivo geral do trabalho bem como os objetivos específicos, além da justificativa pela qual é relevante o tema, e por fim a estruturação do mesmo.

No **capítulo 2** consta revisão bibliográfica com o panorama atual da área de acústica ambiental, contendo a descrição do ruído urbano e a poluição sonora, os efeitos oriundos do impacto sonoro, o planejamento urbano e a poluição, como que a morfologia urbana influencia no ambiente sonoro. Bem como as legislações e normas regulamentadoras. Apresenta, por fim, as informações técnicas e básicas dos conceitos de acústica e suas variantes, tais como: a classificação das fontes sonoras, os tipos de fontes de ruído urbano e a propagação sonora ao ar livre.

O **capítulo 3** refere-se a abordagem metodológica adotada com os elementos morfológicos que servirão de base para a realização dos ensaios, a definição e característica da área em estudo, e o levantamento dos dados quantitativos e qualitativos para análise e discussão dos resultados.

O **capítulo 4** discorre sobre as análises feitas através das medições no local de estudo e os resultados obtidos. Por fim, o **capitulo 5** traz as conclusões da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RUÍDO AMBIENTAL

A grande preocupação acerca da qualidade de vida do individuo está sendo um dos principais mecanismos que estão impulsionando pesquisas e, possíveis soluções relacionadas ao ruído ambiental.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o ruído seria o som indesejado que pode afetar a saúde e o bem-estar de um indivíduo e/ou população (BERGLUND, LINDVALL e SCHWELA, 1999). Segundo o ponto de vista do fenômeno físico, o som consiste em flutuações de pressão num meio elástico ou mecânico. Entretanto, nem todas as flutuações de pressão, que atingem ao ouvido humano, despertam sensações auditivas. A sensação de som somente ocorrerá para determinados valores de amplitude de pressão e de frequência.

O ruído ambiental é resultante da combinação do ruído de diversas fontes sonoras presentes em determinado espaço, sejam elas de atividades humanas, comercial e industriais, do fluxo de veículos, de construções, ou até mesmo da reprodução de música a um volume elevado, dentre outros. Este trabalho prima por fazer, justamente, essa relação entre as fontes sonoras contidas no ambiente e como o desenho urbano influência no ambiente sonoro.

2.2 RUÍDO URBANO E A POLUIÇÃO SONORA

Com o rápido processo de urbanização, a população passou a ser alvo de suas principais consequências, por exemplo, da degradação do meio ambiente e decorrente comprometimento da qualidade de vida (BARROS, 2000).

O ruído excessivo consiste em uma das significativas fontes perturbadoras do meio urbano, principalmente nos grandes centros. A combinação de inúmeras fontes sonoras nesses ambientes tem elevado o nível de ruído urbano e contribuído para o surgimento de ambientes sonoros cada vez mais desagradáveis, que acabam prejudicando a qualidade de vida do indivíduo.

Nesse contexto, vários estudos realizados recentemente (SUÁREZ e PERES, 1998, DIAZ et al., 1998; SATO et al., 1999; SOMMERHOFF, RECUERO e SUÁREZ, 2004) indicam o ruído do tráfego de veículos automotores como o principal responsável pelos altos níveis de poluição sonora em áreas urbanas devido ao crescente número de veículos em circulação nas ruas e avenidas (ARRUDA et al., 2000).

Arruda et al. (2000) consideram ainda como fator contribuinte para o avanço da poluição sonora, as atividades ruidosas, que no passado se realizavam em regiões mais afastadas por conta dos seus incômodos e aos poucos foram sendo incorporadas ao perímetro urbano diante do rápido avanço dos limites das cidades.

Pesquisas na área vem mostrando que o nível sonoro urbano sofre variações diante da densidade construtiva e da forma das edificações, ou seja, da configuração espacial do ambiente urbano. Há exemplo disso, estão os estudos realizados por Niemeyer e Slama (1998), Niemeyer e Santos (2001), Loura e Valadares (2003), além da pesquisa elaborada por Hincu (2003), que em especial estudou a interferência de diversos parâmetros, tais como, altura de edifícios, distância entre fachadas, presença de áreas verdes, composição do fluxo de veículos, entre outros.

Assim, os problemas ocasionados pelo ruído se tornaram piores, devido a expansão das cidades, do volume do fluxo de veículos e também da densidade da malha urbana (MAIA e SATTLER, 2003). Segundo a Organização mundial da saúde (OMS) a poluição sonora consiste hoje, no tipo de poluição que atinge ao maior número de pessoas depois da poluição do ar e da água.

> Uma prova dessa gravidade, são as numerosas queixas realizadas pela população aos órgãos municipais de controle ambiental, que em geral, representam 70% do total das reclamações nas grandes cidades (ROLLA, 1994; OLIVEIRA et al., 1999; BARROS, 2000).

O problema da poluição sonora é preocupante em cidades de países em desenvolvimento nas quais são encontrados altos níveis de exposição sonora. As principais cidades da América Latina são alguns desses exemplos, as quais

possuem no tráfego de veículos automotores a maior parcela de contribuição ao ruído ambiental (BERGLUND, LINDVALL e SCHWELA, 1999).

Inúmeras pesquisas são feitas sobre esses efeitos que comprovam que o barulho excessivo é um dos principais geradores de fatores de risco à saúde física e mental no indivíduo, ocasionando além da própria perda temporária ou permanente da audição, prejuízo ao sono, estresse, irritabilidade, neuroses, desconforto e, ainda, complicação nos sistemas circulatório e hormonal (BARROS, 2000; GERGES, 2000; OUIS, 2001).

De acordo com Kessler (1982) a poluição sonora pode afetar a concentração, aumentar os riscos de acidentes de trabalho e dificultando o aprendizado nos ambientes escolares. Além de prejudicar diretamente na comunicação verbal em todos os âmbitos.

Entretanto, alguns estudos mostram que é difícil determinar tais efeitos. Segundo Cvetkovi e Praševi (2000) essa dificuldade se deve às diferentes tolerâncias das pessoas frente ao incômodo, aos vários tipos de fontes presentes no meio; aos diferentes métodos de obtenção das informações quanto à exposição ao ruído, e ainda, a existência dos diversos indicadores de avaliação do ruído. Esses fatores permitem dizer que o ruído é um poluente cujo controle se apresenta, em grande parte, de maneira complexa.

Nos trabalhos desenvolvidos por Lima e Moraes (2011), a subjetividade é importante pois analisa o incômodo do ruído urbano de acordo com o ponto de vista dos moradores locais. Os mesmos analisam o desconforto causado pelo ruído urbano sobre os residentes do Centro Histórico e Patrimonial na cidade de Belém-PA. Aplicam questionários para colher a opinião dos moradores a respeito das principais fontes de ruído. Cada individuo tem sua percepção e por conta disso o desconforto gerado pelo ruído está ligado ao estado afetivo de quem o percebe.

Sabemos que todo problema de ruído se dá através de um esquema básico: fonte sonora, caminho de transmissão, e receptor. De acordo com Harris (1979) o controle poderá ser alcançado atuando-se em cada um desses componentes ou através de combinações entre eles.

Na escala urbana, são necessárias ações que determinem critérios para a realização de atividades em determinadas regiões dentro de uma visão global da cidade. Daí a importância para a realização de um planejamento urbano eficaz e consciente que possa prever, particularmente, os impactos acústicos devido às alterações nas áreas urbanas, seja, no sistema viário, no uso e ocupação do solo ou na própria edificação e com isso estabelecer diretrizes para o desenvolvimento e organização dos espaços de uma cidade (MACEDO e SLAMA, 2000; NAGEM, 2004).

2.3 OS EFEITOS DO IMPACTO AMBIENTAL SONORO

De acordo com Georges (2000) qualquer diminuição na sensibilidade auditiva já é caracterizada como perda de audição. Essa perda auditiva pode ser ocasionada devido a exposição aos altos níveis de ruído em um longe período de tempo.

O primeiro efeito da exposição a elevados níveis de ruído é a perda de audição na banda de frequências de 4000 a 6000 Hz e geralmente é acompanhado pela sensação temporária de percepção do ruído após o afastamento do campo ruidoso e posteriormente o nível original do limiar de audição é recuperado. Isto é chamado de mudança temporária do limiar de audição. Se não houver recuperação antes de uma nova exposição ao ruído, a perda da audição pode se tornar permanente, não apenas na faixa de frequências de 4000 a 6000 Hz, mas também nas faixas abaixo e acima dessa. O resultado é que são danificadas as células nervosas no ouvido interno e a perda auditiva é irreversível (COSTA, 2016).

Bistafa (2008) diz que esse tipo de deficiência auditiva é conhecido por alteração permanente do limiar. Não há recuperação natural das células ciliadas lesionadas e sua reposição através de meios artificiais ainda não é possível.Outra lesão auditiva provocada pela exposição contínua ao ruído é o zumbido. Bistafa (2208) completa dizendo que a sensação de zumbido é um indicativo de que já houve a perda permanente de audição. Ele normalmente está associado a uma lesão profunda do nervoso auditivo.

> Os efeitos extra-auditivos do ruído também incluem a redução do desempenho nas atividades diárias, como as de trabalho, ao interferir de forma negativa na concentração, na comunicação oral, causando bastante incômodo na população afetada (BISTAFA, 2008).

A exposição de forma contínua, presente principalmente nos centros urbanos, pode causar danos não somente no aparelho auditivo em si, mas também pode interferir de forma negativo o indivíduo exposto e contribuir para as alterações de comportamento e influenciar nas atividades diárias realizadas em sociedade.

2.4 PLANEJAMENTO URBANO E SUA IMPORTÂNCIA

A poluição sonora oriunda dos grandes centros urbanos é um reflexo negativo do alto crescimento das cidades devido o processo de urbanização. A população que reside nessas áreas está mais exposta, e consequentemente, mais sujeitas aos efeitos negativos que esse processo causa na saúde do indivíduo. Contudo, de acordo com Alves (2003) o planejamento é recomendado como uma ferramenta imprescindível para compatibilizar as necessidades do desenvolvimento e a proteção do meio ambiente.

Segundo Hax (2002) são necessárias ser inclusas estratégias de conforto acústico na proposta arquitetônica e urbanística da cidade. Ter conhecimento dos níveis de ruído urbano e os impactos que a mesma causa na saúde humana, pode gerar a conscientização tanto do poder público quanto do privado para ter conhecimento sobre os malefícios causados e assim procurar meios para minimizar o problema.

O planejamento é uma ferramenta que trata dos processos de produção de uma cidade e da estruturação/apropriação do espaço urbano. Esta ferramenta nos auxilia na possibilidade de prever os impactos tanto positivos quanto negativos.

Viveiros (2005) diz que o ruído causa uma degradação ambiental de difícil caracterização, pois o mesmo não permanece no meio de forma visível. Com isso o poder público, por exemplo, acaba priorizando outras questões que sejam mais visíveis e evidentes para a sociedade. Consequência disso é a falta de

elaboração contínua de levantamentos de ruídos nas nossas cidades, pois o mesmo permitiria uma análise do nosso cenário atual.

> A caracterização da paisagem sonora é de grande importância para a definição das diretrizes de planejamento urbano. Uma vez que é necessária a compreensão, por parte dos responsáveis pelas políticas de planejamento, da relação direta existente entre o conceito de paisagem sonora e os diferentes elementos e atividades que compõe o espaço urbano. O resultado seria a criação de políticas para a implantação do manejo do ruído na cidade, interferindo no zoneamento e uso do solo e no planejamento dos meios de transporte (ALVES, 2013 apud COELHO, 2003)

2.5 A INFLUÊNCIA DA FORMA URBANA EM AMBIENTE SONORO

De acordo com Lamas (2000) a forma urbana consiste no modo em que se organizam as partes físicas ou elementos morfológicos os quais compreendem e definem o espaço urbano.

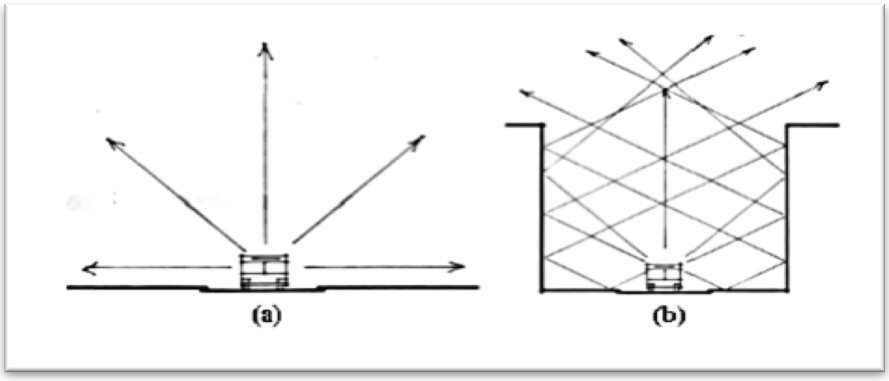
Há estudos (NIEMEYER, 1998; NIEMEYER e SLAMA, 1998; NIEMEYER e SANTOS, 2001) que apontam que a morfologia urbana influencia na propagação sonora ao ar livre e no ambiente sonoro urbano, através de suas características físicas e suas inter-relações, como, densidade construtiva, perfis de ruas, áreas verdes, disposição e forma das edificações, contribuindo para a qualidade acústica das cidades. Com base nisso, serão abordados conceitos voltados à acústica e aos elementos morfológicos do espaço urbano, contribuindo para um melhor entendimento da influência da forma urbana na propagação sonora.

Nos ambientes urbanos podemos encontrar dois tipos, basicamente, de espaços acústicos: os abertos que se caracterizam pela existência de um campo sonoro direto ou campo livre, e os fechados, nos quais se estabelece um campo sonoro, parcialmente, difuso.

Nos espaços abertos, a atenuação do som varia em função do afastamento entre fonte – receptor, e os níveis sonoros se apresentam menores à medida que se aumenta a distância. Já nos fechados, as ondas sofrem

múltiplas reflexões e o seu nível sonoro decai, lentamente, sendo quase o mesmo em várias posições. (Figura 1)

Figura 1. Espaços acústicos: (a) aberto e (b) fechado.



Fonte: Niemeyer e Santos (2001).

Beranek e Vér (1992) ressaltam que nos espaços acústicos fechados (cânions urbanos) ocorre o fenômeno da reverberação devido às múltiplas reflexões das ondas sonoras nas fachadas paralelas dos edifícios, aumentando assim, os sons provenientes do tráfego. Portanto, para a mesma fonte e distância, os níveis sonoros nesses espaços se apresentam maiores do que no espaço acústico aberto.

2.6 NORMATIZAÇÃO

2.6.1 ESFERA INTERNACIONAL

Segundo Bistafa (2008) foi no início dos anos 70 que a Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA) estabeleceu limites quanto a exposição ao ruído. Foram estabelecidos critérios para áreas externas e internas assim como mostra abaixo (Quadro 1).

Quadro 1. Níveis-critério definidos pelo EPA.

Níveis-critério A-ponderados anuais médios* identificados pela EPA como requisito para proteção da saúde e para o bem-estar da população, com uma "adequada" margem de segurança.

Tipo de ocupação	Grandeza	Interno			Externo		
		Interferência na atividade	Baseado na perda de audição (**)	Para proteção contra ambos efeitos (b)	Interferência na atividade	Baseado na perda de audição (**)	Para proteção contra ambos efeitos (b)
Residencial, com áreas externas de lazer e casas de campo	L_{dn} $L_{eq\,(24h)}$	45	70	45	55	70	55
Residencial sem áreas externas de lazer	L_{dn} $L_{eq\,(24h)}$	45	70	45			
Comercial	$L_{eq\,(24h)}$	(a)	70	70 (c)	(a)	70	70 (c)
Transporte interno	$L_{eq\,(24h)}$	(a)	70	(a)			
Industrial	$L_{eq\,(24h)}$	(a)	70	70 (c)	(a)	70	70 (c)
Hospitais	L_{dn} $L_{eq\,(24h)}$	45	70	45	55	70	55
Educacional	L_{dn} $L_{eq\,(24h)}$ (d)	45	70	45	55	70	55
Áreas de recreação	$L_{eq\,(24h)}$	(a)	70	70 (c)	(a)	70	70 (c)
Áreas de cultivo e áreas não habitadas	$L_{eq\,(24h)}$				(a)	70	70 (c)

Fonte: U. S. Environmental Protection Agency.

(*) Refere-se a media energética, a qual poderá ser obtida por meio da equação $L_{eq} = 10\ log\left(\sum_{i=1}^{N} fi\ .\ 10^{L_{Pi}/10}\right)$.

(**) Níveis-critério com potencial de provocar perda de audição após um período de 40 anos.

(a) Já que diferentes tipos de atividade parecem estar associados a níveis sonoros também diferentes, pode ser difícil o estabelecimento de um nível-critério para evitar interferências, exceto em locais onde a comunicação oral é uma atividade crítica.

(b) Utilizar o menor nível.

(c) Baseado somente na perda de audição.

(d) Um $L_{eq(8h)}$ de 75 dB(A) poderá ser tolerado nessas situações, contanto que a exposição no período remanescente de 16h seja suficientemente baixa e que resulte numa contribuição desprezível para a média de 24h; ou seja, um $L_{eq(16h)}$ inferior a 60 dB(A).

Fonte: Bistafa (2008).

O nível-critério e as diretrizes definidas pela EPA formam a base de grande parte das legislações relativas a ruído nos Estados Unidos e em outros países (BISTAFA, 2008).

Segundo Sousa (2004) as experiências dos EUA quanto a implementação da política de gestão da poluição sonora não obteve sucesso, entretanto é necessário ser feita uma avaliação dos equívocos para que os mesmos sejam evitados.

Sousa (2004) diz que: "a única agência governamental que recebeu a atribuição de executar a política de controle do ruído foi a EPA, o que resultou numa disputa jurisdicional entre as demais agências federais do governo sobre quais delas regulariam as principais fontes do ruído, como por exemplo, a Federal *Aviation Administration* – FAA, que requereu a regulação das fontes de ruído aeronáutico e recebeu tal atribuição". Além disso, a EPA restringiu-se a

controlar a emissão de ruído na fonte e não utilizou instrumentos de outras políticas ambientais que já eram aplicados. Os fabricantes de equipamentos não aceitaram os limites de emissão de ruído impostos a seus produtos, como o *National Bureau of Standards*, que elaborou um manual baseado em normas nacionais e internacionais a fim de sanar a carência de procedimentos metodológicos de medição. Por fim, a política de controle do ruído de caráter nacional foi substituída pelas estaduais e municipais e posteriormente, constatou-se que poucos estados possuíam um programa de controle de ruídos sendo aplicado (SOUSA, 2004).

De acordo com Bistafa (2008) a Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1993 publicou recomendações para o controle do ruído em comunidades. Boa parte das recomendações foram baseadas em dados estabelecidos pela EPA:

- Nível-critério de 50 dB(A) – recomendado para que a maioria das pessoas não seja moderadamente incomodada pelo ruído;
- Nível-critério de 55 dB(A), em áreas habitadas durante o dia – recomendado para que a maioria das pessoas não seja severamente incomodada pelo ruído;
- Nível-critério de 45 dB(A), em áreas habitadas durante a noite – recomendado para que o nível de 30 dB(A) no interior de dormitórios, não seja ultrapassado com as janelas abertas;

Na década de 90, na União Europeia, houve investimentos para o controle de ruído por meio da criação de grupos de trabalhos que passam a definir os termos das diretivas europeias. No ano de 2002, a Diretiva do Parlamento Europeu (2002/99/CE) determinou que os níveis sonoros das cidades fossem medidos para resultar na elaboração de mapeamentos sonoros (NARDI, 2008).

Segundo Souza (2004), as ações da Comunidade Europeia (CE) formam consideradas de modo positivo e com possíveis reaplicações em outros países, por exemplo Brasil. A política de gestão do ruído adotada pela CE, por meio de programas de ações ambientais, não se restringiu a instrumentos legais e incluiu:

> (...) instrumentos baseados no mercado (incluindo instrumentos fiscais e econômicos e acordos voluntários), instrumentos de suporte horizontal (pesquisa, informação, planejamento, educação, etc.) e mecanismos de suporte financeiro.

Da década de 70 até começo dos anos 2000 os programas de ações ambientais do CE foram revisados e incluídos novos instrumentos de controle. Foram definidas duas diretrizes para o controle de ruído:

> a) Política geral de redução do ruído – que resultou na publicação da Diretiva relacionada à "Avaliação e Gestão do Ruído Ambiental" – DAMEN 2002/49/CE;
>
> b) Redução das emissões na fonte – que resultou na publicação de diferentes Diretivas sobre emissão de fontes individuais

De acordo com Sousa (2004) a política adotada pelo CE gerou resultados positivos e eficientes para a gestão do controle de ruído, visto que conscientizou a população sobre os malefícios oriundos da exposição ao ruído. A metodologia de medição foi padronizada para diversas fontes, incluindo o ruído de transporte rodoviário e ferroviário, de transporte aéreo, no entorno de aeroportos e o ruído de indústrias (COSTA, 2016).

O quadro 2 mostra os limites dos níveis de pressão sonora para o ruído de tráfego em alguns países europeus, apurados pelo estudo de Brüel & Kjær (2000) e traduzidos por Pinto (2013).

Quadro 2. Limites dos níveis de pressão sonora para o ruído de tráfego em países europeu.

LIMITES DE RUIDO DE TRAFEGO

PAÍS	ÍNDICE	LIMITE DIURNO	LIMITE NOTURNO
Austrália	L_{10}, 18h	60	55
Áustria	L_{Aeq}	50 - 55	40 - 45
França	L_{Aeq}	60 - 65	55 - 57
Alemanha	L_r	50 - 55	40 - 45
Espanha	L_{Aeq}	60	50
Suíça	L_r	55	45
Estados Unidos	L_{Aeq}	55	42

Fonte: Brüel & Kjær (2000) apud Pinto (2013).

De acordo com Brüel & Kjær (2000) apud Pinto (2013) as normas holandesas possuem os níveis mais restritivos para o controle do ruído e a França possui as menos restritivas.

2.6.2 ESFERA NACIONAL

No Brasil a legislação atua de maneira preventiva em relação as questões de meio ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA é responsável pelo estabelecimento de resoluções, normas e padrões ambientais, que devem ser aplicados pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios. A lei nº 6.938/1981 restringia a gestão pública ambiental ao Poder Público Federal (BRASIL, 1981). Em 1988 as três esferas de governo foram engajadas, assim os Estados e Municípios passaram a integrar a gestão pública ambiental do País (BRASIL, 1988).

A Resolução CONAMA nº 001/1990 que dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, indica a adoção dos critérios e diretrizes das normas NBR 10.151/2000 e NBR 10.152/1987 (CONAMA, 1990).

A Resolução CONAMA nº 002/1990 instituiu o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, o Programa Silêncio, que deve ser coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e contar com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e demais entidades interessadas. O objetivo dessa iniciativa foi estimular os gestores e legisladores públicos estaduais e municipais, responsáveis pelo estabelecimento e implantação dos programas de educação ambiental e controle da poluição sonora (CONAMA, 1990).

2.6.3 ESFERA ESTADUAL

No que se refere ao controle da poluição sonora no estado do Pará, a Lei Estadual nº 5.887/1995 que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências (PARÁ, 1995), no título IV, do controle ambiental, capítulo II, da poluição, seção IV, da poluição sonora, artigos 26 e 27 definiu que:

> Art. 26 – Os níveis máximos permitidos dos sons, ruídos e vibrações, bem como as diretrizes, critérios e padrões, para o controle da poluição sonora interna e externa, decorrentes de atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive de propaganda política e outras formas de divulgação sonorizada, serão estabelecidos em normas específicas.
>
> Art. 27 – Os ruídos e sons produzidos por veículos automotores deverão atender aos limites estabelecidos pelo Poder Público, em consonância com a legislação federal pertinente.

2.6.4 ESFERA MUNICIPAL

A lei municipal nº 7.055, de 30 de dezembro de 1977, dispõe sobre o código de posturas do Município de Belém (PMB, 1977). No capítulo III, da poluição sonora, no artigo 63 apresenta as seguintes medidas:

> Art. 63 - Para impedir ou reduzir a poluição proveniente de sons e ruídos excessivos, incumbe à administração adotar as seguintes medidas: I - impedir a localização, em setores residenciais ou comerciais, de estabelecimento cujas atividades produzam ruídos, sons excessivos ou incômodos; II - proibir a prestação dos serviços de propaganda por meio de alto-falantes ou megafones, fixos ou volantes, exceto a propaganda eleitoral, nas épocas e forma previstas em lei; III - disciplinar e controlar o uso de aparelhos de reprodução eletro-acústica em geral; IV - disciplinar o uso de maquinária, dispositivo ou motor de explosão que produzam ruídos ou sons, além dos limites toleráveis, fixados em ato administrativo; V - disciplinar o transporte coletivo de modo a reduzir ou eliminar o tráfego em áreas próximas a hospital, casa de saúde ou maternidade; VI - disciplinar o horário de funcionamento noturno de construções; VII - impedir a localização, em zona de silêncio ou setor residencial, de casas de divertimentos públicos que, pela natureza de suas atividades, produzam sons excessivos ou ruídos incômodos; VIII - proibir propaganda sonora com projetores de som e alto-falantes nas casas comerciais (VETADO), exceção feita às casas que possuem sistema sonoro interno;

A Lei Complementar nº 02, de 19 de julho de 1999, chamada Lei Complementar de Controle Urbanístico (LCCU), a classificação das atividades e requisitos de instalação por nível de incomodidade e quanto ao ruído apresentou uma tabela com a classificação da atividade por nível na fonte conforme Quadro 3.

Quadro 3. Classificação da atividade por nível na fonte.

NIVEL 1		NIVEL 2		NIVEL 3	
Com fonte de ruído, cujas medidas a 1,00 m da mesma não excedam:		Com fonte de ruído, cujas medidas a 1,00 m da mesma sejam maiores que a do Nível 1 e não excedam:		Com fonte de ruído, cujas medidas a 1,00 m da mesma excedam:	
Horário	NPS – dB(A)	Horário	NPS – dB(A)	Horário	NPS – dB(A)
06:00/18:00 h	80	06:00/18:00 h	90	06:00/18:00 h	> 90
18:00/22:00 h	75	18:00/22:00 h	85	18:00/22:00 h	> 85
22:00/06:00 h	65	22:00/06:00 h	75	22:00/06:00 h	> 75

Fonte: LCCU (1999).

2.6.5 NBR 10.151

No Brasil a avaliação de ruído ambiental é estabelecida pela norma NBR 10.151, a qual é remetida pela resolução CONAMA nº 001 de 08 de março de 1990. A norma NBR 10.151 (2019) especifica um método para medição do ruído, aplicação de correção nos níveis medidos e o método de avaliação baseado numa comparação entre os níveis sonoros corrigidos (Lt) com o nível de critério de avaliação (NCA) estabelecido como admissível, indicando se o nível sonoro está na faixa tolerável ou se são necessárias medidas para reduzi-lo. Ou seja, a norma NBR 10.151 dita as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído na comunidade. Além de estabelecer diretrizes que servem de guia para a realização das medições.

No Quadro 4 são apresentados os níveis de critério para ambientes externos em função dos horários diurno e noturno, os quais segundo a norma NBR 10.151, podem ser definidos pelas autoridades a depender dos hábitos da população.

Quadro 4. Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos.

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

Fonte: NBR 10.151 (2019)

Dada as seguintes observações:

(a) Se o ruído ambiente for superior ao valor da tabela, o NCA assume o valor do ruído ambiente.

(b) O nível corrigido para um ruído sem características especiais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente - contínuo (Leq).

(c) Quando o ruído tiver características impulsivas ou de impacto o nível corrigido deve ser o nível máximo medido acrescido de 5 dB(A).

(d) Quando o ruído tiver características tonais o nível corrigido será o LAeq acrescido de 5 dB(A).

(e) Para ruídos que apresentem tanto características impulsivas ou de impacto como características tonais, o nível corrigido deve ser determinado, aplicando-se os procedimentos anteriores e tomando-se o maior valor encontrado.

2.7 CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES SONORAS

As fontes sonoras ou de ruído podem ser classificadas em dois tipos: as fixas (indústrias, discotecas, clubes, obras de construção civil) ou móveis (aviões, trens, ônibus, automóveis, motocicletas). Outro modo de classificar seria por meio de suas características geométricas, comparando suas dimensões com às do receptor e também com a distância entre fonte e receptor. Deste modo, as diversas fontes sonoras podem ser vistas como fontes pontuais, lineares ou de superfície (NIEMEYER e SLAMA; 1998).

Uma fonte pontual apresenta dimensões bem menores do que a sua distância ao receptor (ouvinte). Neste caso, a energia sonora se dissipa, esfericamente, de modo que o nível de pressão sonora é o mesmo para todos os pontos de mesma distância. Além disso, esse nível sofre uma redução de 6 decibels (dB) à medida que se duplica o afastamento entre a fonte e o ouvinte, desconsiderando as interferências devido ao solo e ao ar, ou seja, em situação de campo livre(BRÜEL & KJÆR, 2000). De acordo com essas condições podem classificar as indústrias, casas de show e espaço livre de lazer como fontes pontuais.

Já as fontes lineares se caracterizam por possuir uma de suas dimensões bem maior em relação à distância fonte - receptor. O som sofre dissipação de forma cilíndrica e o nível sonoro se apresenta, igualmente, para todos os pontos de mesma distância à linha de eixo da fonte. Nesta situação, o nível de pressão sonora decai de 3 dB a cada duplicação da distância entre o ouvinte e a fonte. Ressalta-se também, que para isso ocorrer, não devem existir interferências do solo e nem do ar. Assim, uma via de circulação de veículos pode ser modelada como uma fonte linear de grande comprimento (BRÜEL & KJÆR, 2000; NIEMEYER e SLAMA; 1998).

Uma fonte de superfície duas de suas dimensões comparáveis ao distanciamento entre a fonte e o receptor. A transmissão do ruído através de esquadrias ou paredes de uma edificação representa, claramente, esse tipo de caso (GERGES, 2000).

Segundo Niemeyer e Slama (1998) a forma de classificação é um tanto flexível, visto que não seria errado entender uma indústria como fonte de superfície dentro da dimensão de um bairro, e nem tampouco considerá-la como fonte pontual numa escala maior, por exemplo, a cidade.

2.8 TIPOS DE FONTES DE RUÍDO URBANO

Uma enorme diversidade de ruído está presente no contexto urbano, sendo o tráfego de veículos apontado por pesquisas nacionais e internacionais, como principal responsável pelos elevados níveis de poluição sonora.

De acordo com Kessler (1982) as fontes de ruído podem ser divididas em quatro principais categorias: transporte (aéreo, rodoviário e ferroviário), construção civil, indústria e doméstico.

Igualmente a outros autores, Kessler (1982) ressalta dizendo que o ruído de tráfego é a principal fonte de poluição sonora nos grandes centros urbanos. De acordo com o mesmo, a qualidade sonora das áreas próximas a aeroportos, rodovias e estradas de ferro é, profundamente, degradada em vista do ruído emitido por essas fontes que, em geral, se apresenta de maneira transitória.

O ruído industrial, embora afeta uma minoria de pessoas, se faz presente na comunidade por um longo período de tempo. Em relação ao ruído oriundo da construção civil, comenta que mesmo se apresentando em altos níveis, este é na maioria das vezes aceito pelas pessoas por ser de curta duração. Já os ruídos domésticos, o autor define como àqueles gerados na própria residência, através do uso de aparelhos domésticos.

O ruído de tráfego é a junção entre o ruído gerado por diferentes veículos, leves e pesados, deslocando-se em vias urbanas ou em rodovias. Em áreas urbanas, esse tipo de ruído é decorrente das instabilidades no trânsito, ocasionadas pelas acelerações e desacelerações devido às condições do tráfego, dascaracterísticas das estradas e até mesmo do próprio comportamento do motorista na direção (LECLERCQ e LELONG, 2001). Automóveis, caminhões e motocicletas emitem diferentes níveis sonoros, daí a importância de analisa-los e considera-los de forma independente.

É necessário ressaltar que os principais fatores que influenciam no ruído de tráfego são: tipo e características dos veículos, postura dos motoristas, composição do tráfego, características das vias, além das condições atmosféricas. Enfatizando ainda a ocorrência, durante a propagação sonora, de mudanças no campo acústico resultante, por conta das características geométricas locais, quais sejam: alinhamento da rodovia, topografia, espalhamento por obstáculos e reflexões em edifícios ou demais superfícies (BELDERRAIN, 1995).

Segundo Valadares e Gerges (1998) as características do fluxo de veículos e a geometria das vias podem elevar os níveis de ruído mesmo em presença de menores volumes de tráfego, oferecendo informações importantes, particularmente, ao estudo da capacidade ambiental e controle de ruído nos corredores de transporte urbano.

Nos últimos anos, as indústrias do setor automobilísticos, vem tentando reduzir os níveis sonoros gerados pelos veículos, a fim de assegurar maior conforto aos passageiros e atender as constantes exigências das legislações. Isso vem contribuindo para apreciáveis diminuições nos ruídos produzidos pelo

motor e escapamento, tornando maior a influência do tipo e da conservação dos pavimentos. Assim, pesquisas vêm sendo realizadas, objetivando desenvolver novas alternativas de pavimentos e contribuir para a redução dos níveis sonoros decorrentes da interação pneu-estrada (OUIS, 2001; NAGEM, 2004).

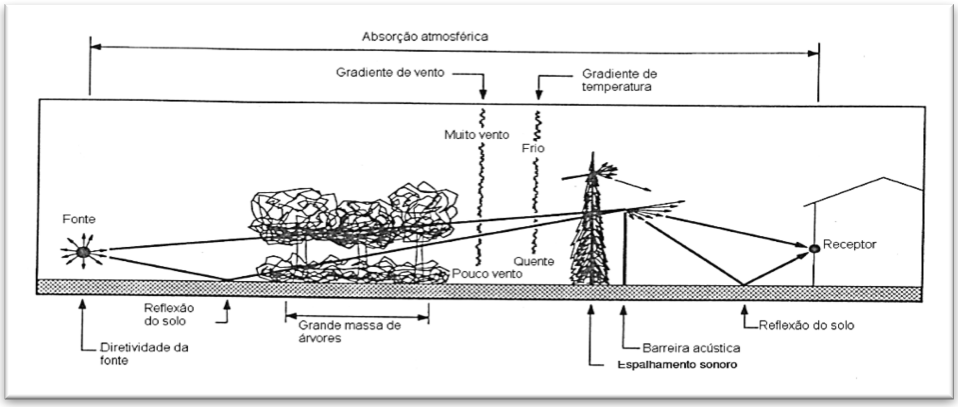
Ainda nesse quesito, Berglund e Lindvall (1995) ressaltam algumas medidas que podem ser adotadas, por exemplo, o planejamento do uso do solo, a utilização de barreiras acústicas ao longo de estradas, o isolamento das áreas residenciais, além de um melhor gerenciamento do tráfego, que em especial, tem sido uma alternativa para a redução da poluição sonora nas grandes cidades, através da implantação de técnicas e medidas moderadoras de tráfego, conhecidas como *traffic calming* (NAGEM, 2004).

2.9 PROPAGAÇÃO SONORA AO AR LIVRE

A energia oriunda das fontes sonoras sofre mutações, sendo intensificada durante a sua propagação ao lar livre devido alguns fatores como: distância percorrida, obstáculos (muros ou edifícios), tipo de solo, vegetação, absorção atmosférica, efeitos da temperatura, do vento, da umidade e precipitações.

A fim de explicar como funciona o processo das alterações, se faz necessário considerar como o ruído é emitido pela fonte, como se propaga pelo ar e ainda como chega até o receptor (Figura 2) (BRÜEL & KJÆR, 2000; GERGES, 2000).

Figura 2. Representação esquemática de alguns dos principais mecanismos de propagação sonora.



Fonte: Adaptado de Beranek e Vér (1992).

2.9.1 Absorção Sonora

Quando uma onda sonora incide sobre uma superfície sólida, boa parte dessa energia é absorvida devido ao atrito e viscosidade do ar, transformando-se em calor. A absorção sonora é definida como a parcela da energia absorvida pelo material em função da energia total incidente, sendo expressa por um número entre 0 e 1, que é o coeficiente de absorção sonora de um determinado material. O valor zero significa a ausência de absorção (ou reflexão total da energia), e o valor 1 corresponde à absorção total da energia.

O coeficiente de absorção sonora depende da natureza do material, variando em função da frequência. Materiais com maiores coeficientes de absorção são de estrutura porosa, tais como: tecidos, feltros, plásticos porosos, madeira aglomerada, comumente, encontrados em ambientes internos às edificações. Nos ambientes urbanos existe uma maior predominância de materiais com baixos coeficientes de absorção sonora, ou seja, materiais reflexivos, tais como: concreto, vidros, revestimentos cerâmicos, mármores e granitos, espelhos d'água, entre outros.

2.9.2 Reflexão Sonora

Quando a onda sonora encontra uma superfície, parte de sua energia acústica se reflete, parte é transmitida através dela e parte é absorvida pela superfície. Se a absorção e a transmissão são baixas, a maior parcela da energia sonora é refletida.

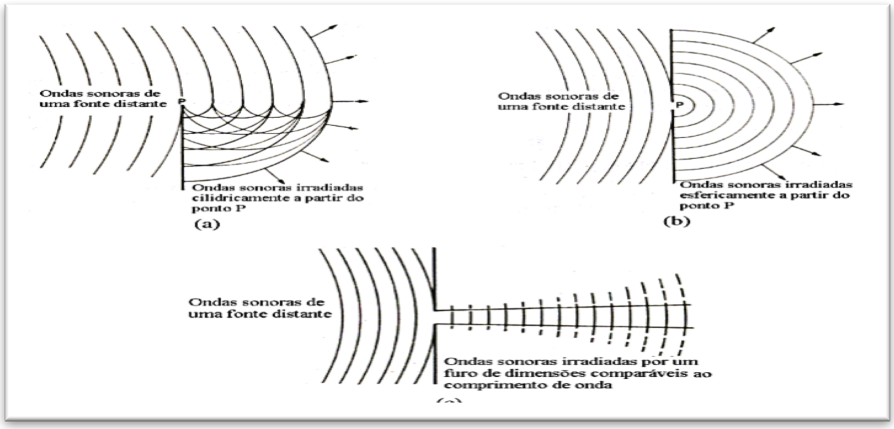
O nível de pressão sonora é resultado da emissão direta da fonte e das parcelas de som provenientes de uma ou mais reflexões. Contudo, é importante ressaltar que as medições de níveis de pressão sonora não devem ser realizadas em locais próximos às superfícies refletoras, devido ao acréscimo na energia acústica nessas regiões provocado pelo fenômeno da reflexão.

2.9.3 Difração Sonora

A difração acontece quando a onda sonora encontra a borda de uma parede ou fendas com dimensões menores do que seu comprimento de onda, possibilitando que o som, contorne obstáculos e atravesse caminhos ”tortuosos”. Deve se enfatizar, que nas baixas frequências ocorre uma maior difração do que nas altas frequências.

Nepomuceno (1968) diz que quando o obstáculo não é muito grande em relação ao comprimento de onda, temos o fenômeno de espalhamento. Já no caso de o objeto possuir dimensões bem maiores, ocorre a formação de sombra acústica (Figura 3).

Figura 3. Efeito difração sonora. (a) borda de uma parede, (b) fenda na parede com dimensões menores do que o comprimento de onda e (c) fenda na parede com dimensões comparáveis ao comprimento de onda.



Fonte: Adaptado de Hassal e Zaveri (1979).

Na figura (a) o ponto P, conforme representado na Figura 3, se comporta como uma pequena fonte sonora, irradiando ondas sonoras na região de sombra acústica a partir dele. Nas figuras (b) e (c) estão as situações em que o som atravessa fendas com dimensões menores ou comparáveis ao seu comprimento de onda. No primeiro caso, a fenda funciona como uma pequena fonte sonora, irradiando ondas a partir dela. No segundo caso, a fenda irradia ondas sonoras com comportamento distinto, formando uma pequena sombra acústica.

2.9.4 Distância

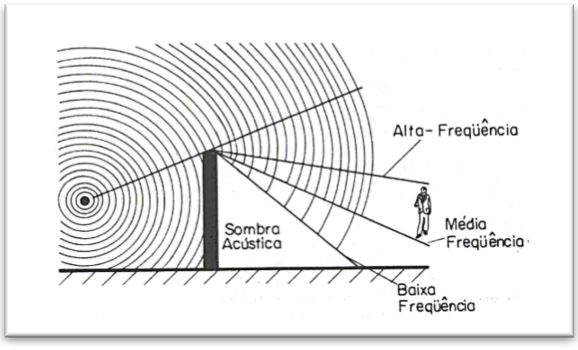
Em relação ao efeito da distância percorrida pelo som, em campo livre, sem a influência do vento e do solo, o ruído emitido pelas fontes lineares e pontuais sofre atenuações de 3dB e 6dB, respectivamente, à medida que a distância fonte – receptor é duplicada.

Por esse motivo a importância de buscar uma máxima distância possível entre vias de tráfego e alinhamentos de prédios para garantir menores níveis sonoros nas proximidades ou nos interiores dessas edificações. Segundo Niemeyer e Slama (1998), por conta do tamanho do terreno, do custo do solo ou ainda da consolidação do tecido urbano, a utilização desses recursos é dificultada, adotando-se em alguns casos a implantação de barreiras acústicas.

2.9.5 Barreiras Acústicas

As barreiras acústicas são utilizadas para atenuação de ruído do tráfego de veículos, máquinas de construção, geradores e/ou transformadores. O desempenho de uma barreira varia em função de sua altura, de seu posicionamento entre a fonte sonora e o receptor, além das frequências sonoras em questão; impedindo a livre propagação do som e reduzindo o nível sonoro que chega ao receptor. A atenuação sonora se dá por conta do fenômeno da difração, formando uma região de sombra acústica que será maior para sons de altas frequências quanto maior for a altura da barreira. (Figura 4)

Figura 4.Barreira acústica.

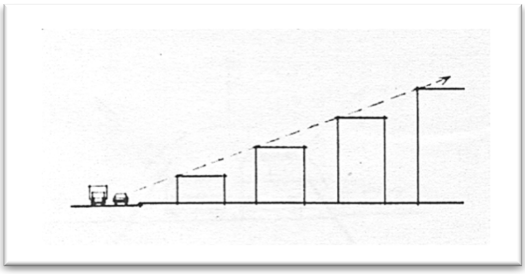


Fonte: GERGES, 2000.

Em países, tais como os da Europa, as barreiras têm sido aplicadas como importantes medidas de proteção ambiental ao longo de rodovias, podendo ser constituídas por diferentes materiais (KOTZEN e ENGLISH, 1999; NETO, 2002).

Niemeyer e Slama (1998) afirmam que a implantação de prédios às margens de vias de tráfego, também, pode ser utilizada como barreiras acústicas, afim de que o primeiro prédio sirva de barreira para o segundo e assim sucessivamente. (Figura 5). É necessário que deva existir r a preocupação de que os primeiros prédios possuam atividades menos sensíveis ao ruído ou que a fachada voltada para via apresente adequado isolamento acústico.

Figura 5. Desempenho de edifícios como barreiras acústicas (plano de massas).

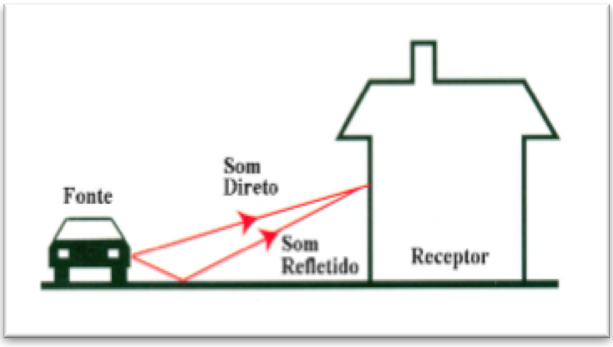


Fonte: NIEMEYER e SLAMA, 1998.

2.9.6 Tipo de Solo

O solo tem a função de agir como plano reflexivo contribuindo para a chegada do som direto e refletido até o receptor (Figura 6). O tipo de cobertura interfere na propagação sonora ao ar livre, atenuando mais o som quando o solo for revestido com materiais absorventes (Ex: gramas).

Figura 6. Parcelas de som direto e refletido.



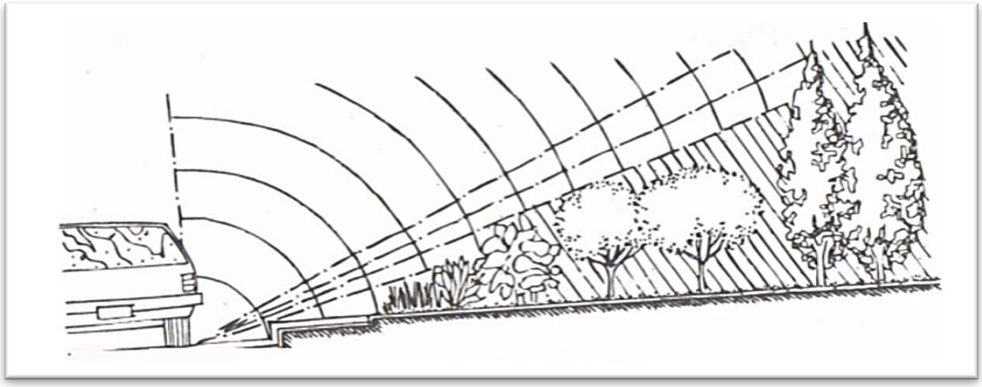
Fonte: Kotzen e English (1999).

2.9.7 Vegetação

Segundo Irvine e Richards (1998) as árvores e arbustos apresentam pouco efeito na propagação sonora ao ar livre, onde uma faixa de 30 m de vegetação densa representa apenas uma atenuação sonora de 3 dB(A), ou seja, uma redução, aproximadamente, de 1 dB(A) para cada 10 m de vegetação.

Por fim, Niemeyer (1998) diz que o plantio de árvores sobre taludes de terra, às margens das vias de tráfego, contribui na ambiência sonora de um determinado espaço urbano devido ao efeito de mascaramento e de aspectos psicológicos. No entanto, a função de barreira acústica é desempenhada apenas pelos taludes que se opõem à propagação do ruído. (Figura 7)

Figura 7. Croqui de barreira acústica com vegetação de diferentes tamanhos.



Fonte: Google imagens, disponível em:http://slideplayer.com.br/slide/3156878/

2.9.8 Absorção Atmosférica

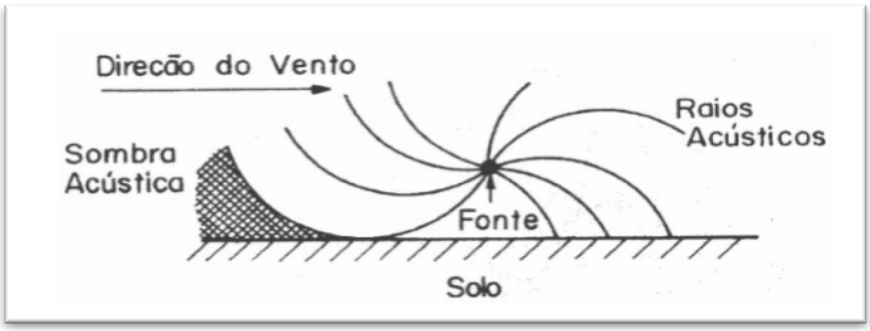
A absorção atmosférica apresenta certa complexidade e depende de alguns outros aspectos, como, distância da fonte, conteúdo espectral do ruído, temperatura, umidade relativa epressão atmosférica do ambiente (BRÜEL & KJÆR, 2000). Seus efeitos são considerados insignificantes comparados aos demais fatores ambientaisem áreas urbanas devido à presença de distâncias, relativamente, pequenas nesses espaços (BERANEK e VÉR, 1992; HARRIS, 1979).

2.9.9 Vento e Temperatura

Os efeitos do vento e temperatura se apresentação de formas semelhantes. O vento influencia quando o atrito com a superfície do solo reduz

sua velocidade, próximo ao nível da terra, ocasionando a distorção da frente de onda. As ondas sonoras que estão a favor do vento são refratadas em direção ao solo sem alterar o seu nível sonoro. Contudo, quando a propagação se dá em sentido contrário ao movimento do ar, as ondas se refratam para cima, gerando sombras acústicas e reduzindo o nível sonoro (NETO, 2002). (Figura 8)

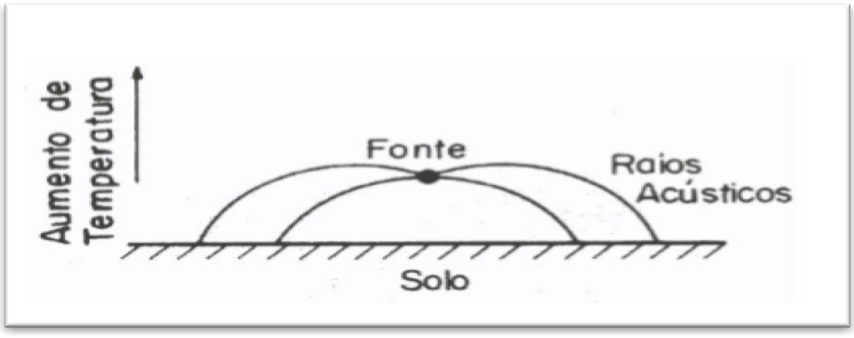
Figura 8. Variação do caminho das ondas acústicas devido ao efeito do vento.



Fonte: GERGES, 2000.

Em relação a temperatura, se sabe que durante o período do dia, o ar é aquecido próximo à superfície do solo pela radiação solar, tornando-se mais frio em direção ao céu, e durante a noite esse esquema se inverte. Ocorre a elevação da temperatura com a altitude, provocando um acréscimo nas velocidades de frente de ondas e mudança na direção das ondas lhes empurrando para o solo. (Figura 9)

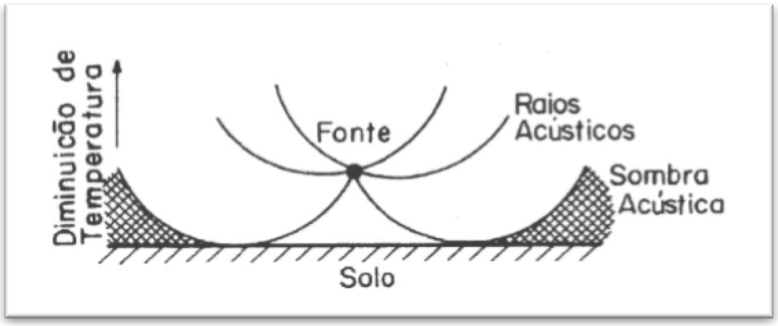
Figura 9. Variação do caminho das ondas acústicas devido ao efeito de aumento da temperatura com a altura.



Fonte: GERGES, 2000.

Quando acontece a diminuição da temperatura, acontece o oposto, as frentes de onda descendentes divergem, afastando-se do solo e ocorre a formação das sombras acústicas (GERGES, 2000). (Figura 10)

Figura 10. Variação do caminho das ondas acústicas devido ao efeito de diminuição da temperatura com a altura.



Fonte: GERGES, 2000.

A compreensão dos mecanismos de propagação do som ao ar livre constitui-se em elemento fundamental no entendimento de ambientes sonoros urbanos e, portanto, no auxílio ao controle do ruído nas cidades (NIEMEYER e SLAMA, 1998).

CAPÍTULO 3 – ABORDAGEM METODOLÓGICA

3.1 MORFOLOGIA URBANA

Estudar a forma urbana incorpora avaliar as configurações e as estruturas exteriores de determinados objetos, interligando com fenômenos que lhes deram origem. A forma urbana pode ser definida como sendo os elementos morfológicos que estabelecem e definem o espaço urbano, relativamente à materialização dos aspectos de organização funcional e quantitativa e dos aspectos qualitativos e figurativos (LAMAS, 2004).

Dentre estes aspectos, os quantitativos são àqueles da realidade urbana que podem ser quantificáveis, tais como densidades, superfícies, fluxos, coeficientes volumétricos, entre outros. Os de organização funcional são àqueles que se relacionam com as atividades humanas, tais como habitar e trabalhar, e àqueles relacionados ao modo de uso específico de uma área – residencial, comercial, industrial, entre outros; os qualitativos referem-se ao tratamento dos espaços, ao conforto e a comodidade do utilizador, tais como adaptação ao clima, acessibilidade, estado da pavimentação, entre outros; por fim, os aspectos figurativos dizem respeito a essencialmente a comunicação estética (LAMAS, 2004).

> Embora estes aspectos envolvam grande parte das singularidades inerentes a forma urbana, esta definição parece ainda não abarcar outras particularidades sociais, econômicas, históricas e culturais igualmente envolvidas no entendimento da concepção da forma urbana, isto é, resta ainda a consideração de que esta forma urbana não acontecem independentemente dos grupos sociais que a produzem (PANERAI, 2006).

Pesquisas feitas por Del Rio (1990) delineia particularidades, principalmente as sociais, pois considera o espaço urbano a partir da apropriação social que se é feito dele, determinando que o estudo da forma urbana, ou seja, a cidade em si pode ser compreendida a parti de três níveis organizacionais: coletivo, comunitário e individual.

> O nível coletivo é regido sob uma lógica estruturadora percebida inconscientemente e coletivamente, e é composto pelos elementos2 do

> tecido que possuem uma permanência maior ao longo do tempo; o nível comunitário diz respeito aos elementos com significados especiais apenas para um pequeno grupo da população, como o bairro, por exemplo; já o nível individual expressa significados individuais, como a residência e seu espaço circundante, e por seu caráter individual é o que apresenta maior rapidez nas modificações (DEL RIO, 1990).

Entretanto LAMAS (2004), ao defender sua definição para forma urbana, não só possuía ciência destas outras particularidades explicitadas por PANERAI (2006) e DEL RIO (1990) – sociais, econômicas, históricas e culturais – envolvidas na concepção de forma urbana, como optou em
não apreciá-las:

> [...] um primeiro grau de leitura da cidade é eminentemente físico-espacial e morfológico, portanto específico da arquitetura, e o único que permite evidenciar a diferença entre este e outro espaço, entre esta e aquela forma, e explicar as características de cada parte da cidade. A estes se juntam outros níveis de leitura que revelam diferentes conteúdos (históricos, econômicos, sociais e outros). Mas este conjunto de leituras só é possível porque a cidade existe como fato físico e material. Todos os instrumentos de leitura lêem o mesmo objeto – o espaço físico, a FORMA URBANA (LAMAS, 2004, p. 31, grifo do autor). É fundamentalmente a dimensão física e morfológica da cidade que me preocupa [...] (LAMAS, 2004, p. 31).

Lamas (2004) propôs uma classificação em escalas e/ou dimensões:

- Dimensão setorial - *a escala da rua*: refere-se à menor porção do espaço urbano, como por exemplo, a praça, ou uma rua, onde o observador pode abarcar a unidade espacial de seu conjunto;
- Dimensão urbana - *a escala do bairro*: refere às partes homogêneas identificáveis como os bairros, por exemplo, onde a observação dos elementos morfológicos são realizados através do movimento e de vários percursos;
- Dimensão territorial - *a escala da cidade*: refere-se à articulação de diferentes formas urbanas, da articulação de bairros correlacionados entre si. Sua forma se da pela distribuição de elementos estruturantes das cidades em conformidade com o suporte geográfico do sítio.

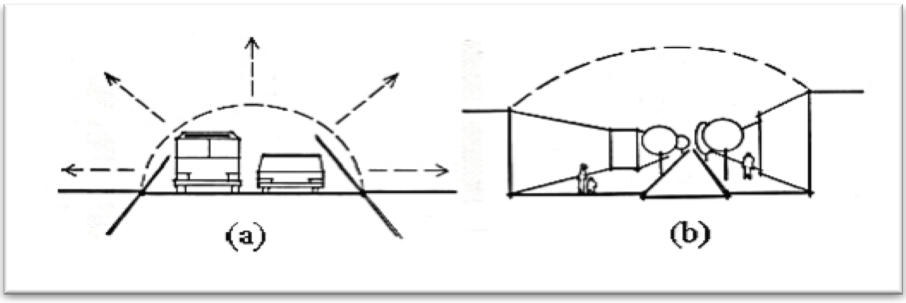
Dentre as dimensões apresentadas por Lamas (2004), a dimensão urbana - *escala do bairro* é a que desperta interesse para ser utilizada nessa pesquisa, e assim possibilitar as análises necessárias para interligar a morfologia urbana com o ambiente sonoro.

3.2 OS ELEMENTOS MORFOLÓGICOS

Via e Rua

Niemeyer e Slama (1998) define a via como sendo a pista para a circulação dos veículos, isto é, a fonte sonora, propriamente dita. Difere entre si em função de sua largura, do tipo e composição do tráfego existente. Já a rua não consiste somente na via de circulação, mas também, no seu entorno imediato, englobando o espaço entre a calçada e alinhamento das fachadas. O ruído emitido nesses espaços é influenciado pelo tipo de pavimentação nas vias e calçadas; pelo revestimento, alinhamento e movimentação das fachadas. (Figura 11)

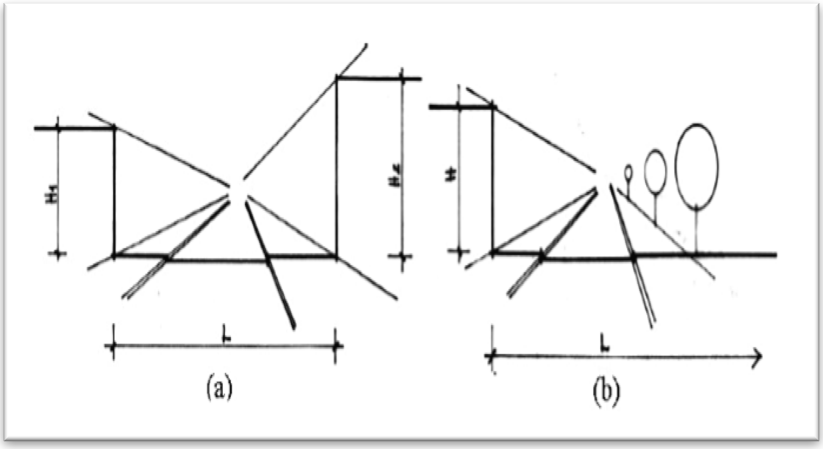
Figura 11. Croqui: (a) da via e (b) da rua.



Fonte: Niemeyer e Santos (2001).

De acordo com seu perfil, a rua pode apresentar duas configurações básicas: rua em “U”, caracterizando-se por possuir edifícios altos em ambos os lados, campo acústico semireverberante e relação H/L >0,2, e a rua em “L”, quando as edificações funcionam como barreiras apenas de um lado da rua ou apresenta a relação H/L<0,2. (Figura 12)

Figura 12. Croqui: (a) da rua em perfil “U” e (b) da rua em perfil “L”.



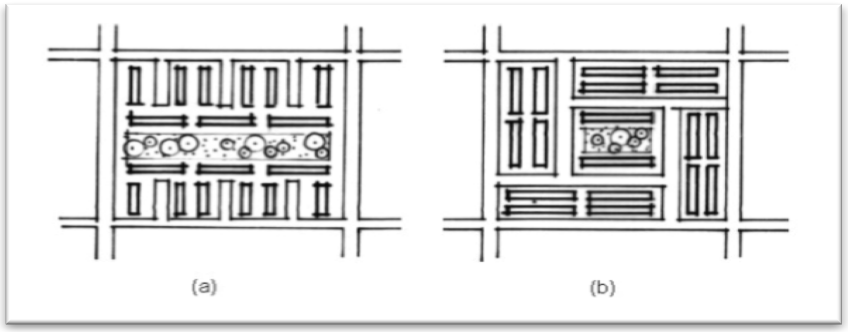
Fonte: Niemeyer e Santos (2001).

Segundo Baring (1990) as ruas de perfil “L” têm seus ruídos gerados pelo tráfego nas vias que atingem às fachadas dos edifícios, normalmente, de baixo para cima. Nesses casos, a existência nos prédios de elementos como marquises, platibandas, balcões (varandas ou sacadas) podem contribuir para a atenuação do ruído que chega ao interior dos apartamentos. No entanto, Baring (1990) diz que em ruas tipo “U”, esses elementos não apresentam o mesmo desempenho, pois, as parcelas de ruído, devido às múltiplas reflexões, incidem quase perpendicularmente às fachadas.

Quadra ou Quarteirão

Niemeyer e Slama (1998) definem por quadras, como unidades do espaço urbano, constituídas por lotes e delimitadas pelas vias. Acusticamente, podem ser entendidas como porções desse espaço limítrofe ao local de emissão de ruído (vias), onde seus edifícios desempenham papel de barreiras, protegendo seus ambientes internos dos níveis sonoros externos. A depender da distribuição dessas edificações, a quadra tende a ser mais ou menos exposta ao ruído de tráfego, de acordo as configurações apresentadas na Figura 13.

Figura 13. (a) Quadra mais exposta ao ruído de tráfego e (b) quadra menos exposta ao ruído de tráfego.



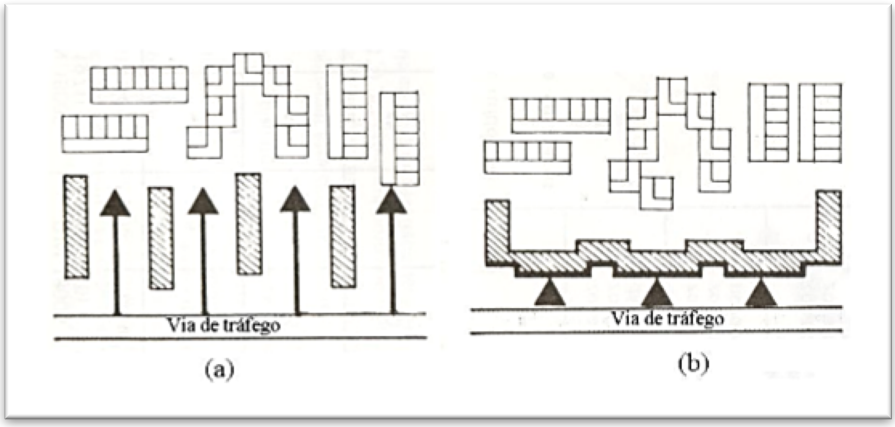
Fonte: Adaptado de Niemeyer e Santos (2001).

Permeabilidade

Permeabilidade, nesse contexto, se refere às trajetórias percorridas pelo som na escala urbana ou do edifício, sendo relevante para o entendimento da relação entre a configuração urbana e suas tipologias arquitetônicas diante do ruído.

Esse conceito dentro de um contexto urbano, que uma maior ou menor permeabilidade de um tecido urbano depende da disposição dos edifícios frente às fontes sonoras, no caso representadas pela via de tráfego (Figura 14).

Figura 1. Maior permeabilidade ao ruído da via de tráfego (b) menor permeabilidade ao ruído da via de tráfego.



Fonte: Prinz (1980).

3.3 ÁREA DE ESTUDO

De acordo com CENSO 2010, O Marco é um bairro de Belém-PA, residencial de classe média e classe média alta, localizado entre a periferia e o centro. Um dos bairros mais populosos da cidade, com seus mais de 65 mil moradores, e é o mais populoso do Distrito Administrativo de Belém (Figura 15).

Antônio Lemos, entre o século XIX e XX readequou, ao visar como mais provável zona de expansão organizada do sítio urbano, o bairro com recursos e princípios modelados pela nova burguesia. Em seus documentos determinou um novo padrão urbanístico para o bairro. Foi iniciada a rede de esgotos, uso de iluminação pública elétrica, mudança dos largos em praças ajardinadas, alargamento dos calçamentos, criação de ruas largas com 20 e 40 metros foram criadas no bairro. Ocupa hoje uma área de 4,89 km2 e nos últimos anos vem sofrendo um intenso processo de verticalização. Bairro predominantemente residencial, atualmente apresenta cerca de 65.844 moradores (Censo 2010; ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM, 2010).

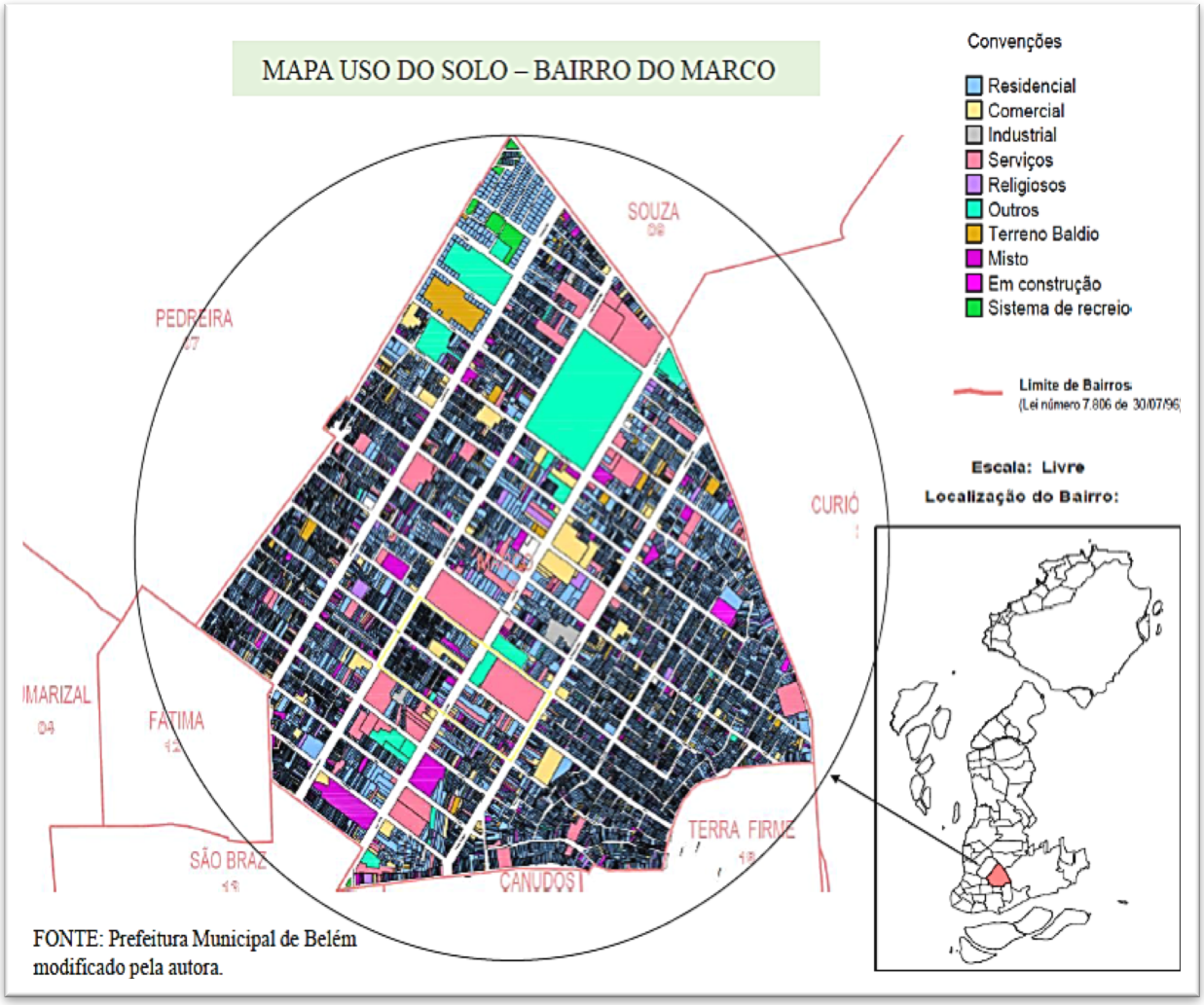
Figura 15. Mapa de Belém.



Fonte: Vânia Raposo (2012).

O bairro é chamado de *Marco* pelo fato de ter sido considerado a primeira légua de crescimento de Belém, delimitando a área da cidade. O Marco é caracterizado por ser um bairro misto em seu uso do solo. É um bairro de “moradias” familiares, mas que também conta com inúmeros e vastos serviços de modo geral. Bairro bem populoso e com alto fluxo de pessoas e veículos como pode ser visto neste mapa de uso do solo realizado pela Prefeitura Municipal de Belém no ano de 2010. (Figura 16)

Figura 16. Mapa uso do solo.



Fonte: Prefeitura de Belém 2010 modificado pela autora (2018).

As áreas em analise fazem parte do Setor II da ZAU 6 de Belém, segundo o Plano Diretor do Município de Belém (PDU, 2008).

De acordo com o PDU (2008), o setor II da ZAU 6 se caracteriza pelo seu uso predominantemente residencial, com a presença de edificações de interesse histórico e ambiental, atividades econômicas concentradas nos principais eixos de circulação, infraestrutura consolidada e lotes desocupados ou subutilizados. Com o objetivo de promover e manter qualidade ambiental, controlando o processo de adensamento construtivo.

O setor II da Zau 6 permite usos com a aplicação de alguns modelos urbanísticos conforme quadro 5.

Quadro 5. Modelos urbanísticos permitidos.

Usos	Modelos permitidos no setor II da ZAU 6
Habitação Unifamiliar	M0 e M1
Habitação Multifamiliar	M2, M3, M4, M5, M6
Comércio	M0, M8, M9, M14, M16
Serviço	M0, M7, M10, M11, M12, M16, M18
Indústria	M19

*F*onte: Município de Belém (1999).

Cada modelo urbanístico define os afastamentos, coeficiente de aproveitamento, taxas de ocupação e de permeabilização que devem ser obedecidas.

Os afastamentos (frontal, lateral e fundos) são as dimensões e relações de distância entre a edificação e as divisas de terreno; o coeficiente de aproveitamento é o índice que determina a área máxima de construção permitida, a partir da multiplicação deste pela área do terreno; a taxa de ocupação é o valor percentual da relação entre a área de projeção horizontal da

edificação e a área total do lote; a taxa de ocupação por seção transversal é a relação entre a seção transversal da edificação e a seção correspondente do lote (Ex.: relação entre a testada da edificação pela testada do lote); e a taxa de permeabilização é a relação entre as áreas livres privadas permeáveis (não pavimentadas) e a área total do lote (MOURA, 2012, p. 80), conforme quadro 6.

Quadro 6. Modelos Urbanísticos.

MODELO	ÁREA DO LOTE (m²) mín./máx.	TESTADA DO LOTE (m) mínima	AFASTAMENTOS			COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO máximo	TAXAS		
			FRONTAL (m) mínimo	LATERAL (m) mínimo	FUNDOS (m) mínimo		OCUPAÇÃO P/ SEÇÃO TRANSVERSAL máxima	OCUPAÇÃO máxima	PERMEABILIZAÇÃO mínima
M0	- / <125	-	-	-	-	1,8	-	0,9	-
M1	125 / -	-	-	-	-	1,4	-	0,7	-
M2	360 / -	12	5	2,5 p/ H≤13 m; 3,0 p/ H≤22 m; 3,5 p/ H>22 m;	3	1,4	0,70	0,50	0,20
M3	400 / -					2,0			
M4	450 / -					2,5			
M5	600 / -	15			5	3,3			
M6	750 / -					3,5			
M7	125 / 375	-	-	-	3	1,4	0,70	0,70	0,10
M8	125 / 500	5			-		-		
M9	250/1000	10	5	Zero p/ H≤7 m; 2,5 p/ 7<H≤13 m; 3,0 p/ H≤22 m; 3,5 p/ H>22 m;	3	2,0	Livre até H= 7m; Depois, 0,70	0,70 até H=7m; depois, 0,50	
M10	250/1000				5	1,4			
M11	250/2000					2,0			
M12	250/200					2,0		0,70	
M14	500/1500					3,0		0,70 até H=7m; depois, 0,50	
M16	1000 / -	20				3,0			
M18	2000 / -								
M19	250 / 500	8	-	1,5	3	1,0	0,70		0,20

Fonte: Município de Belém (1999).

3.4 O RUÍDO DE TRÁFEGO EM BELÉM

As grandes cidades, sejam elas em países desenvolvidos ou em via de desenvolvimento, apresentam um serie de fontes de ruídos associados aos processos de expansão econômico e tecnológico que tem favorecido seu crescimento e aumentado os níveis de qualidade de vida, fato cada vez mais

relevante para aferir a capacidade de atração de inversão que uma cidade possui (MORAES E SIMÓN, 2010).

Segundo Moraes e Simón (2010) a qualidade de uma cidade pode ser afetada negativamente pela contaminação sonora, visto que isso não era um problema para os cidadãos na época e muito menos para as autoridades. O ruído esta vinculado à modernidade e os crescimentos econômicos da região.

Entretanto, na atualidade, isso esta mudando, convertendo-se em uma das maiores preocupações tanto por parte dos habitantes das cidades como dos órgãos de gestão ambiental, impulsionando o aparecimento de estudos científicos, leis, decretos, normas relativas ao controle do ruído urbano, implantação de ações dirigidas à redução das fontes e a mitigar os efeitos (MORAES E SIMÓN, 2010).

O Plano diretor de Belém (PREFEITURA DE BELÉM, 2008) abrange no capitulo III, seção II da Politica Municipal de Mobilidade urbana e tem por objetivo contribuir para o acesso amplo e democrático à cidade, por meio de planejamento e gestão do Sistema de Mobilidade Urbana (SMU).

Finalmente, o Plano Diretor, no art.43 da mesma seção, dispõe que “O Poder Público Municipal devera elaborar o PDTM, compatível com as diretrizes deste Plano Diretor, no prazo máximo de dezoito meses a contar com a publicação desta Lei”. Por outro lado, todas as melhorias na mobilidade e acessibilidade, que conduza ao crescimento econômico e social trazem consigo um crescimento de trafego de veículos e, portanto, da contaminação atmosférica e sonora (MORAES E SIMÓN, 2010).

Os dados da frota de veículos licenciados pelo DETRAN/PA em 2000 eram de cerca de 135.270 veículos. Em 2001 esse número teve acréscimo de aproximadamente 7,37%; em 2002 foi de 4,43%; em 2003 de 5,08%. Entretanto, a partir de 2004 o aumento superou a margem de 10% de crescimento chegando a 15% no ano de 2007 com uma frota de 214.170 veículos. Em maio de 2009 o aumento de automóveis já chegava a 246.77, o que representa um crescimento médio de 82% em nove anos. Partindo desses valores e através de uma extrapolação linear de predição do número de veículos para a cidade no ano de

2020, por exemplo, esse valor deverá chegar perto de 650 mil veículos circulando pela ruas e avenidas de Belém (DENATRAN, 2009).

O Mapa Acústico de Belém é o instrumento para a avaliação, conhecimento e controle dos níveis sonoros da cidade. O mapa representa o ruído de trafego de veículos automotores e a percepção subjetiva da população exposta ao ruído procedente dessa fonte emissora no período diurno, de 7 as 20h (MORAES e LARA, 2004).

No bairro do Marco, área em estudo, podemos perceber que de acordo com o MAB (2008) o ruído de tráfego na parcela em que é feita a analise da pesquisa é bem intenso chegando a trechos com mais de 80 dB (Figura 17).

Figura 17. Mapa acústico de Belém.



Fonte: MAB 2008 modificado pela autora (2018).

3.5 MATERIAIS E METÓDOS

Esse trabalho tem como finalidade analisar de que forma o ambiente sonoro é influenciado de acordo com as características morfológicas do espaço em estudo, visando o levantamento bibliográfico acerca de acústica ambiental. Tem como escopo uma abordagem metodológica tanto qualitativa e quantitativa, onde ela se divide em três etapas:

- 1ª etapa: Revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e pesquisa acerca do tema;
- 2ª etapa: Escolha e demarcação da área em estudo;
- 3ª etapa: Medições externas de níveis de pressão sonora;
- 4ª etapa: Aplicação de questionário de percepção sonora visando análise subjetiva da pesquisa;
- 5ª etapa: Coleta de dados e analise dos mesmos,
- 6ª etapa: Tratamento de dados coletos e exposição dos resultados e discussões.

No capítulo 2 foram comentados alguns aspectos do ruído, tais como: definições, tipo, classificação, efeitos nocivos ao indivíduo, normas, entre outros. Destacou-se ruído presente em ambientes urbanos, abordando os principais mecanismos de propagação sonora ao ar livre e a influência da forma urbana em determinado ambiente sonoro. Também foram abordados conceitos fundamentais e descritores acústicos.

YIN (2005, p. 33) diz que o Estudo de Caso como estratégia de pesquisa "compreende um método que abrange tudo – tratando da lógica de planejamento, das técnicas de coleta de dados e das abordagens específicas à análise dos mesmos". Nesse sentido, o autor ajuda a fundamentar a ideia de que o Estudo de Caso possibilita a realização de uma pesquisa "abrangente" (CHIZZOTI, 2009, p. 102).

As medições foram realizadas em dois dias consecutivos (22 e 23 de janeiro de 2019), ambos em período matutino nos horários entre 07:00 às 09:00 da manhã. Todas feitas em 03 minutos cada. Foram realizados em dias de semana devido ao fluxo ser mais intenso, configurando assim o mais próximo de pior cenário acústico. O Tempo estava aberto, sem interferência de chuvas. Foi feito uma limitação do bairro do Marco com um recorte que determinada área para analises.

O bairro do Marco foi escolhido devido sua malha viária, estar inserido na primeira légua patrimonial de Belém, e apresentar características morfológicas distintas em cada trecho. Além de questões de logísticas e segurança da equipe evolvida na pesquisa *in loco* (Figura 18).

Figura 18. Mapa principais avenidas.



Fonte: Google Earth modificado pela autora (2019).

Para a analisar, foram escolhidos cinco ambientes sonoros no bairro do Marco, com isso as medições foram dividas em trechos (Figura 19). Ao todo ficaram definidos 5 trechos, sendo eles:

- Trecho 1: Avenida Duque de Caxias;
- Trecho 2: Avenida Romulo Maiorana;
- Trecho 3: Travessa Lomas Valentinas;
- Trecho 4: Travessa Barão do Triunfo;
- Trecho 5: Travessa Mauriti.

Os trechos 1 e 2 são caracterizados como avenidas, sendo o primeiro com uma largura de via maior e sem interferência arbórea, enquanto que o segundo trecho possui uma largura de via menor e com presença de canteiro central em toda sua extensão, além do Bosque Rodrigues Alves em uma parcela do trecho

que configuraria uma espacialidade diferente, visto que o mesmo representa uma extensa área vegetada. Os trechos 3 e 4 (travessas) se diferem, principalmente, no sentido do fluxo de veículos e não possuem arborização. O trecho 5 (travessa) possui um canteiro central, o que morfologicamente o diferencia dos trechos 3 e 4 respectivamente.

Figura 19. Mapa Trechos.



Fonte: Google Earth modificado Autora (2019).

No dia 22 foram realizadas as medições nas avenidas Duque de Caxias e Romulo Maiorana (Respectivamente Trecho 1 e Trecho 2). A coleta foi iniciada as 07:02 e finalizada 08:39. No dia 23 foram feitas as transversais Lomas, Barão e Mauriti (Trecho 3, 4 e 5). A medição nesse dia iniciou às 07:20 até 08:38.

Para os ensaios, foi utilizado o medidor sonoro *Solo Sonométre* (Figura 20) com número de série 40254/classe2. Além do calibrador (Figura 21), trena e tripé disponibilizados pelo laboratório de Grupo de Vibrações Acústicas (GVA) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Figura 20. Medidor Sonoro.



Fonte: Autora (2019).

Figura 21. Calibrador.



Fonte: Autora (2019).

No início e término dos ensaios será feita a calibração do aparelho em 1000 Hz de 94 dB. As medições foram medidas em bandas de oitava, além da medição Laeq que é o equivalente de todo espectro.

A metodologia utilizada na medição foi com base na NBR 10.151, citada no item 2.6.5, seguindo a instrução de elevar o microfone a 1,20m do chão e respeitar, no mínimo, um espaçamento de 1m entre um ponto e outro, e 1m de qualquer base refletora (Figura 22). A medição foi feita na resposta impulsive e valores na curva A que já mostra os valores ponderados.

Figura 22. Medidor e Tripé



Fonte: Autora (2019).

Por fim, foi aplicado um questionário à residentes e usuários de permanência sobre a percepção sonora do entorno, para a coleta de dados qualitativos visando levar em consideração a percepção do morador sobre a região em estudo (Apêndice A).

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TRECHOS

Trecho 1

O trecho 1 que corresponde a Av. Duque de Caxias contou com 04 pontos de medição com 03 minutos de duração cada (Figura 23). O perímetro da Duque foi entre a Tv. Enéas Pinheiro e Tv. Mauriti.

Figura 23. Trecho 1.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Ao longo das 04 medições realizadas podemos analisar que os valores não são constantes. No ponto 001 o Laeq é menor se comparado aos demais, e já no ponto 003 é onde observamos o maior valor de dB (Figura 24).

Figura 24. Valores medições Trecho 1.

22/01/2019

TRECHO 1: AVENIDA DUQUE DE CAXIAS

	Inicio: 07:02 / Fim: 07:05		Inicio: 07:14 / Fim: 07:17		Inicio: 07:31 / Fim: 07:34		Inicio: 07:38 / Fim: 07:41	
	PONTO 001		PONTO 002		PONTO 003		PONTO 004	
	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)
	125 Hz	74,3 dB	125 Hz	73,4 dB	125 Hz	75,4 dB	125 Hz	75,3 dB
	250 Hz	67,8 dB	250 Hz	68,7 dB	250 Hz	69,7 dB	250 Hz	72 dB
	500 Hz	62,1 dB	500 Hz	64,2 dB	500 Hz	66,4 dB	500 Hz	65,6 dB
	1.000 Hz	61,5 dB	1.000 Hz	62,8 dB	1.000 Hz	66,9 dB	1.000 Hz	66,3 dB
	2.000 Hz	58,4 dB	2.000 Hz	61,1 dB	2.000 Hz	63,5 dB	2.000 Hz	63,6 dB
	4.000 Hz	52,6 dB	4.000 Hz	55,9 dB	4.000 Hz	57,5 dB	4.000 Hz	55,3 dB
	8.000 Hz	47 dB	8.000 Hz	48,7 dB	8.000 Hz	49,8 dB	8.000 Hz	46,3 dB
	LAeq: 66,8 dB		LAeq: 68,5 dB		LAeq: 71,1 dB		LAeq: 70,9 dB	

BAIXA FREQUÊNCIA MÉDIA FREQUÊNCIA ALTA FREQUÊNCIA

Fonte: Autora (2019).

Com base na análise da banda de frequência, observa-se que há a predominância nas baixas frequências (inferior a 500 Hz), o que demonstra a influência do ruído de trafego neste trecho. No ponto 003 obtemos o nível de LAeq superior aos demais, no maior intervalo de aproximadamente 4,3 dB. Essa diferença pode ter sido em função da existência de grande polo gerador de ruídos como supermercado e polos menores como: farmácia, igreja e posto de gasolina, além de comércio variado ao longo da via. Essa constante permanece no ponto 004, segundo nível mais elevado, devido a suposição de que o polo gerador existente na mesma contribuiu para o nível elevado de LAeq. No ponto 001 e 002 nota-se que o valor LAeq é inferior, e suponha-se que seja definido a existência do SENAI que acaba servindo como fachada “morta”, visto que o fluxo de entrada da mesma é feito pela Travessa Barão do Triunfo (Figura 25).

Figura 25. Polos geradores de ruído Trecho 1.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Trecho 2

No Trecho 2 que diz respeito da Av. Romulo Maiorana foram feitas 04 medições de 03 minutos em cada ponto (Figura 26). O perímetro é o mesmo do Trecho 1.

Figura 26. Trecho 2.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Os resultados obtidos no Trecho 2 também não são constantes, muito pelo contrario, apresenta variações maiores se comparado com o Trecho 1 que também é caracterizado como Avenida (Figura 27).

Figura 27. Valores medições Trecho 2.

22/01/2019

TRECHO 2: AVENIDA ROMULO MAIORANA

	Inicio: 07:50 / Fim: 07:53		Inicio: 07:57 / Fim: 07:60		Inicio: 08:12 / Fim: 08:15		Inicio: 08:18 / Fim: 08:21	
	PONTO 005		**PONTO 006**		**PONTO 007**		**PONTO 008**	
	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)
	125 Hz	76,1 dB	125 Hz	78,6 dB	125 Hz	69 dB	125 Hz	72,9 dB
	250 Hz	69,6 dB	250 Hz	74,9 dB	250 Hz	64,4 dB	250 Hz	69,6 dB
	500 Hz	64 dB	500 Hz	69,1 dB	500 Hz	60,5 dB	500 Hz	61,6 dB
	1.000 Hz	62,4 dB	1.000 Hz	66,3 dB	1.000 Hz	60,5 dB	1.000 Hz	59,2 dB
	2.000 Hz	60 dB	2.000 Hz	64 dB	2.000 Hz	57,2 dB	2.000 Hz	53,8 dB
	4.000 Hz	57,5 dB	4.000 Hz	60,8 dB	4.000 Hz	55,2 dB	4.000 Hz	49 dB
	8.000 Hz	48,8 dB	8.000 Hz	54,6 dB	8.000 Hz	45,1 dB	8.000 Hz	43,6 dB
	LAeq: 68,6 dB		LAeq: 72,9 dB		LAeq: 65 dB		LAeq: 65,4 dB	

BAIXA FREQUÊNCIA MÉDIA FREQUÊNCIA ALTA FREQUÊNCIA

Fonte: Autora (2019).

Se analisarmos as bandas de frequências, podemos perceber que permanece a predominância nas baixas frequências, caracterizando assim ruído de tráfego. No ponto 006, referente a ligação com a Travessa Lomas Valentinas, o LAeq é mais elevado e suponha-se que seja devido sua interligação com as demais vias e seus sentidos contrários, gerando assim um maior fluxo de veículos automotores nessa área. No ponto 005 temos a lateral do Bosque Rodrigues Alves, e percebe-se que o nível de LAeq chega a 76,1dB, o que nos faz levantar uma hipótese de que grandes massas vegetais servem como barreira, ou seja, acabam intensificando o ruído. Os pontos 007 e 008 respectivamente apresentam os menores níveis de LAeq. Esse nível pode ter sido em função da presença de um canteiro central na extensão da via e por possuir um perfil de rua menor se comparado com o trecho 1 (Figura 28).

Figura 28. Polos geradores de ruído Trecho 2.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Trecho 3

Em relação as transversais (medidas no dia 23 de janeiro), o Trecho 3 teve 03 medições de 03 minutos cada. Esse trecho corresponde a Tv. Lomas Valentinas entre Av. Duque de Caxias e Av. Romulo Maiorana (Figura 29). O ponto 016 foi medido em uma ruela existente na travessa com o intuito de comparar o valor de dB entre os demais pontos.

Figura 29. Trecho 3.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Os resultados de medição do trecho 3 nos pontos medidos na rua possuem mais valores do que o ponto 016 que foi o medido em uma área menos exposta ao ruído oriundo da rua (Figura 30).

Figura 30. Valores medições Trecho 3.

23/01/2019

TRECHO 3: TRAVESSA LOMAS VALENTINAS

	Inicio: 07:20 / Fim: 07:23		Inicio: 07:27 / Fim: 07:30		Inicio: 07:32 / Fim: 07:35		Inicio: 07:39 / Fim: 07:41	
	PONTO 009		PONTO 010		PONTO 011		PONTO 012/ Interna	
	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)
	125 Hz	72,9 dB	125 Hz	67,2 dB	125 Hz	72,9 dB	125 Hz	68,6 dB
	250 Hz	66,7 dB	250 Hz	66,2 dB	250 Hz	70,9 dB	250 Hz	63,8 dB
	500 Hz	64,9 dB	500 Hz	65,3 dB	500 Hz	69 dB	500 Hz	59,9 dB
	1.000 Hz	63,5 dB	1.000 Hz	67,1 dB	1.000 Hz	69,2 dB	1.000 Hz	59,1 dB
	2.000 Hz	59,7 dB	2.000 Hz	61,5 dB	2.000 Hz	63,5 dB	2.000 Hz	54,7 dB
	4.000 Hz	53,4 dB	4.000 Hz	52,6 dB	4.000 Hz	56 dB	4.000 Hz	49,3 dB
	8.000 Hz	46,9 dB	8.000 Hz	44 dB	8.000 Hz	47,5 dB	8.000 Hz	43,6 dB
	LAeq: 68,3 dB		LAeq: 69,9 dB		LAeq: 72,5 dB		LAeq: 63,6 dB	

BAIXA FREQUÊNCIA MÉDIA FREQUÊNCIA ALTA FREQUÊNCIA

Fonte: Autora (2019).

O ruído característico é o de tráfego. Nos pontos 009 e 011 os níveis de LAeq são de 72,9 dB. Nos respectivos pontos há a presença nas extremidades de polos geradores de ruído, no caso restaurantes, o que deve ter contribuído para que ambos os pontos tivessem valores elevados de ruído se comparado com os pontos 010 e 012 (Figura 31).

Figura 31. Polos geradores de ruído Trecho 3.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Trecho 4

O Trecho 4 é o da Tv. Barão do Triunfo entre Av. Duque de Caxias e Av. Romulo Maiorana. Nesse trecho apenas 03 pontos de medições (Figura 32).

Figura 32. Trecho 4.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

O Trecho 4 foi o que apresentou níveis mais baixos de decibels se comparado com os demais trechos (Figura 33). Dos trechos analisados, este é o que mantém uma maior constância. O tráfego de veículos automotores nesta via é de menor fluxo. Possui predominantemente o uso residencial. Suponha-se que o nível de LAeq foi mais elevado no ponto 015 devido o mesmo estar mais próximo da Avenida Duque de Caxias, por ser o local de entrada e saída do

SENAI que é um polo gerador de ruído e por ter um restaurante também na mesma esquina. (Figura 34)

Figura 33. Valores medições Trecho 4.

23/01/2019	TRECHO 4: TRAVESSA BARÃO DO TRIUNFO				
Inicio: 08:05 / Fim: 08:08		Inicio: 08:10 / Fim: 08:13		Inicio: 08:16 / Fim: 08:19	
PONTO 013		**PONTO 014**		**PONTO 015**	
Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)
125 Hz	61,7 dB	125 Hz	60,8 dB	125 Hz	62,9 dB
250 Hz	57,9 dB	250 Hz	56,1 dB	250 Hz	58,8 dB
500 Hz	56,6 dB	500 Hz	54,5 dB	500 Hz	56,4 dB
1.000 Hz	55,3 dB	1.000 Hz	53,4 dB	1.000 Hz	56,7 dB
2.000 Hz	50,9 dB	2.000 Hz	48,1 dB	2.000 Hz	52,4 dB
4.000 Hz	47,3 dB	4.000 Hz	42,7 dB	4.000 Hz	46,4 dB
8.000 Hz	39,4 dB	8.000 Hz	47,8 dB	8.000 Hz	42,4 dB
LAeq: 59,6 dB		LAeq: 57,7 dB		LAeq: 60,6 dB	

BAIXA FREQUÊNCIA MÉDIA FREQUÊNCIA ALTA FREQUÊNCIA

Fonte: Autora (2019).

Figura 34. Polos geradores de ruído Trecho 4.

Ponto 013, 014 e 015.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Trecho 5

Por fim o Trecho 5 que corresponde a Tv. Mauriti entre Av. Duque de Caxias e Av. Romulo Maiorana. Este mesmo trecho também contou com 03 pontos de medições igualmente ao trecho citado anteriormente (Figura 35).

Figura 35. Trecho 5.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Os resultados do Trecho 5 obteve um nível mais alto no ponto 022, que fica próximo à Av. Duque do que outros dois pontos (Figura 36). Observar-se também a predominância de níveis mais elevados em baixas frequências, o que caracteriza ruído de tráfego. Entretanto, é possível notar que no ponto 018 o nível de LAeq foi maior que se comparado aos pontos 016 e 017, isso é devido a suposição de que neste ponto estava ocorrendo uma construção civil e o barulho da mesma influenciou o resultado, além da presença de um restaurante próximo a esquina medida. (Figura 37).

Figura 36. Valores medições Trecho 5.

23/01/2019 TRECHO 5: TRAVESSA MAURITI

Inicio: 08:26 / Fim: 08:29		Inicio: 08:30 / Fim: 08:33		Inicio: 08:35 / Fim: 08:38	
PONTO 016		**PONTO 017**		**PONTOO 018**	
Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)	Frequência	Valor (dB)
125 Hz	71,1 dB	125 Hz	65,4 dB	125 Hz	68 dB
250 Hz	70 dB	250 Hz	62,4 dB	250 Hz	62,1 dB
500 Hz	65,1 dB	500 Hz	60,4 dB	500 Hz	61 dB
1.000 Hz	64,6 dB	1.000 Hz	61,7 dB	1.000 Hz	61,6 dB
2.000 Hz	60,6 dB	2.000 Hz	56,2 dB	2.000 Hz	58,1 dB
4.000 Hz	56,8 dB	4.000 Hz	49,4 dB	4.000 Hz	55,5 dB
8.000 Hz	48,6 dB	8.000 Hz	40,6 dB	8.000 Hz	47,3 dB
LAeq: 69,2 dB		LAeq: 64,8 dB		LAeq: 65,8 dB	

BAIXA FREQUÊNCIA MÉDIA FREQUÊNCIA ALTA FREQUÊNCIA

Fonte: Autora (2019).

Figura 37. Polos geradores de ruído Trecho 5.

Ponto 016, 017 e 018.



Principais polos geradores

Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

4.2 INFLUÊNCIA DAS VIAS NA PROPAGAÇÃO DE RUÍDO

Como definido no item 4.2, via seria a pista para circulação de veículos, isso é a fonte sonora propriamente dita. Enquanto que a rua não se limita aos veículos, mas também no seu entorno imediato. As ruas têm basicamente dois perfis: em “U” e “L”. As avenidas foram definidas como as de perfil em “L” e as transversais como as de perfis “U”.

No Trecho 1 podemos classificá-lo, para a pesquisa, em uma rua com formato em “L” devido o canteiro central que permite um comprimento de distância maior entre uma fachada e outra, assim como no Trecho 2 que possui perfil de rua semelhante (Figura 38).

Figura 38. Perfis das Avenidas.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

Os ruídos gerados no perfil em “L” geralmente são provenientes do tráfego nas vias que acabam alcançam as fachadas das edificações, de modo geral, de

baixo para cima. Alguns elementos do próprio edifício (como marquises, platibandas, sacadas e etc) podem contribuir para o aumento do ruído no interior do mesmo.

Tanto a Av. Duque de Caxias quanto a Av. Romulo Maiorana, em seus perímetros de análise, não possuem uma significativa quantidade de edifícios verticais altos que pudessem caracterizar um possível *cânion* urbano. O canteiro central de vegetação contribui, de forma subjetiva, na sensação de ambiente mais agradável acusticamente.

No Trecho 2, que corresponde a Av. Romulo Maiorana, temos uma área bem arborizada que seria o espaço do Bosque Rodrigues Alves. Ele contribui significativamente para a sensação de conforto ambiente (Figura 39). Mesmo, por vezes, a vegetação acabar por acentuar o som, ela contribui subjetivamente para a sensação de conforto.

Figura 39. Trecho 2: área bosque.



Fonte: Autora (2019).

As transversais, que correspondem aos Trechos 3, 4 e 5, serão classificadas em rua com formato em “U” devido terem fachadas mais próximas uma das outras (Figura 40). Devemos lembrar que apesar do Trecho 4 estar classificado como formato em “U” ele possui um canteiro central que, por sua vez, o altera morfologicamente um pouco mais do demais.

Figura 40. Perfis das Transversais.



Fonte: Google Earth modificado pela Autora (2019).

4.3 QUADRAS E PERMEABILIDADE

Ao analisarmos as das quadras dos Trechos 1 e 2 percebemos uma baixa permeabilidade, pois a disposição dos edifícios frente as fontes sonoras nos sugere a formação de barreiras acústicas para o interior das quadras. Por terem uma baixa permeabilidade, estas quadras são menos expostas ao ruído. O mesmo ocorre nas quadras dos Trechos 3, 4 e 5 onde as edificações são geminadas, não contendo afastamento lateral, o que gera uma baixa permeabilidade (Figura 41 e 42).

Figura 41. Quadras: Trecho 1 e 2.



Fonte: Google Maps modificado pela Autora (2019).

Figura 42. Quadras: Trecho 3, 4 e 5.



Fonte: Google Maps modificado pela Autora (2019).

4.5 SÍNTESE DO QUESTIONÁRIO PERCEPÇÃO DE RUÍDO

Segundo Szeremeta (2007), o estudo da Paisagem Sonora iniciou-se no final da década de 1960, liderado pelo músico e compositor canadense Murray Schafer, que definiu esta como sendo a composição de todos os sons presentes em uma determinada área ou região, constituídos pela soma do nível sonoro medido; com a percepção do ambiente sonoro pelas pessoas; mais o levantamento de sons desagradáveis e agradáveis; e fatores espaciais (SOARES, 2009).

O questionário de percepção do ruído foi aplicado nos trechos em questão. Ao todo foram entrevistados 20 pessoas que moram ou trabalham nos trechos em análise. Dos 20 entrevistados, 55% foram homens e 45% mulheres. A pesquisa apontou que 40% dos entrevistados passam mais de 8 horas nos locais de estudo, sendo maior permanência no período diurno. 85% relatam sons desagradáveis como ruído de veículos, buzinas, construção civil dentre outros. 40% considera os espaços com um ruído muito intenso e se sentem bastante incomodados com o mesmo. Também 80% sentiram que o ruído aumentou ao longo dos anos, e 72% apontaram que esse aumento foi no ruído de veículo automotores, 72% dizem que o ruído atrapalha nas atividades principalmente as que exigem concentração e por fim todos os entrevistados relataram não possuir nenhum tipo de problema auditivo.

4.5 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Nas áreas com maior densidade construtiva foi visto que as edificações e muros servem como obstáculos à livre propagação do ruído oriundo – principalmente – do tráfego, o que atenua seu nível sonoro. Devido isso, o ruído alcança os espaços internos das quadras com menor incidência, formando bolsões de silêncio. Essa atenuação depende da disposição e forma das edificações em relação as fontes sonoras, ou seja, da permeabilidade dos espaços urbanos.

Foi possível notar que os perfis de ruas com edifícios elevados em ambos os lados da via, não apresentam a característica de possível *cânion,* pois a

existência de descontinuidade das fachadas torna o ambiente permeável e, com isso, suponha-se que o ruído não se concentre no espaço.

A pesquisa mostra que as edificações às margens das fontes sonoras estão mais expostas em relação aos edifícios mais afastados. Suspeitando a formação de sombras acústicas por trás das edificações.

Alguns aspectos curiosos podem ser notados se analisarmos de maneira mais minuciosa cada trecho. Por exemplo, tanto na Av. Duque de Caxias quanto na Av. Rômulo Maiorana os níveis de pressão sonora são maiores no perímetro entre as Tv. Eneas Pinheiros e Lomas Valentinas.

Outro fator observado foi que todas as transversais tiveram seus valores mais elevados já na proximidade da Av. Duque de Caxias. Entretanto se analisarmos os valores das medições ao longo de todo trecho, percebemos que a Av, Rômulo Maiorana obteve um nível de pressão sonora mais alto que se comparado com a Av Duque Caxias

Nas transversais consideradas em estudo, foi possível perceber que pontualmente a Tv. Barão do Triunfo possui um nível de pressão sonora menor se comparado com as outras duas. Suponha-se que isso ocorra devido o canteiro central existente na mesma, além de que o perfil da rua é menor se comparado com as demais. Fazendo com que o fluxo e velocidade dos veículos sejam menores, além de que não transita nessa rua veículos de grande porte, diferentemente das outras que recebem esse tipo de veículo.

A análise subjetiva por meio de aplicação de questionário foi importante e relevante, pois foi possível avaliar como é o ambiente sonoro de acordo com a percepção dos frequentadores da região em estudo. O curioso é que mesmo ambiente sendo considerado ruidoso, boa parte dos entrevistados disseram já ter se adaptado ao mesmo. A vegetação existente, em grande volume, na Av. Romulo Maiorana parece causar a sensação de bem-estar e isso acaba sobrepondo o desconforto acústico.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Esta pesquisa buscou avaliar de que modo a forma urbana exerce influência no ambiente sonoro de um determinado espaço, através de instrumentos como análises de uso do solo, formatos de vias, polos geradores de ruído, permeabilidade e questionário de percepção sonora.

É uma questão de qualidade de vida urbana a consciência de problemáticas derivadas do ruído urbano nas cidades. Todo exposto anteriormente no trabalho tem como escopo proteger os indivíduos dos danos à saúde causados pela exposição de ruídos.

A importância desse tipo de pesquisa é justamente disseminar o conhecimento nesta área, possibilitando fornecer informações capazes de servir como subsídios para o planejamento de cidades – e edifícios em si – no que tange o aspecto de conforto acústico. O ruído urbano é uma problemática difícil de solucionar, visto que é necessário de promover a conscientização nos indivíduos sobre mudanças de hábitos que possam minimizar tais problemas.

As soluções para o controle de ruído no espaço urbano dão-se basicamente em planejamento condizente, medidas voltadas para a fonte de ruído e na propagação do mesmo, e medicas sociopolíticas e econômicas. Além de que, como apresentado no trabalho, o ruído gerado por veículos automotores são os mais evidentes, então é necessário a gerencia adequada de tráfego.

Há um descaso enorme da gestão pública em relação as questões ambientes, que mesmo com normas e legislações que pautem tais temáticas, os agentes tendem a persistir em um raciocínio defasado sobre a criação do espaço urbano. É de extrema relevância que, tanto o setor publico quanto o privado, se atentem para mecanismos capazes de garantir a produção espacial de forma consciente, sem prejudicar a saúde da sociedade e nem comprometer a qualidade do meio para gerações futuras.

Todavia, atualmente, esse cenário vem evoluindo pouco a pouco. No trabalho observamos que a maioria das fachadas provavelmente são compostas de materiais refletores, ou seja, que acentuam mais ainda o ruído já existente. Já encontramos ferramentas que buscam diminuir tais efeitos negativos, como

utilização de materiais e revestimentos absorvedores nas paredes externas das edificações.

Além do cuidado com os revestimentos das fachadas, outra solução poderia ser a utilização de barreiras acústicas em vias de grande movimentação de veículos. Outro mecanismo adotado seria o uso de pavimentos permeáveis, que além da questão positiva em relação a drenagem urbana, possuem um desempenho acústico bem superior se comparado aos pavimentos convencionais. Essas questões ressaltam a importância de ferramentas na fase projetual que visam diminuir os impactos causados no meio.

Outro fator que deve ser levado em conta é a locação de polos geradores de ruído, ou seja: supermercados, hospitais, postos de gasolina, igrejas, farmácias, dentre outros. Na pesquisa é suposto que os níveis de pressão sonora em determinados trechos se elevam devido esses tais estabelecimentos.

Na área onde se encontra o Bosque Rodrigues Alves há uma densa e grande massa verde, que tendo como base as medições realizadas, suponha-se que a mesma servia como barreira acústica, promovendo o aumento do nível de pressão sonora no espaço em questão.

Para trabalhos futuros sugere-se fazer simulações computacionais com possíveis soluções de planejamento, além de estudos sobre de que maneira grandes massas vegetais funcionaram como barreiras acústicas e se isso seria um fator favorável ou não no mecanismo das cidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICANO DE INGENIARIA BIOMÉDICA, 2., 2001, Habana. **Avaliação dos Níveis de ruído ocupacional em unidades de tratamento intensivo.** Cuba: Sociedade Cubana de Engenharia, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 10.151. **Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade** – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA, H. M. **O efeito de medidas de traffic calming no ruído em áreas urbanas.** In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 475-478.

BELDERRAIN, M. L. R. **Ruído de tráfego: avaliação e análise de um caso prático.** In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 16, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: SOBRAC, 1995. v.1, p. 37-40.

BERANEK, L. L.; VÉR, I. L**. Noise and vibration control engineering: principles and applications.** New York: John Wiley and Sons, 1992.

BERGLUND, B, LINDVALL, T (Eds.). **Community noise. Center for sensory research, 2, p.1195.** Disponível em: <http://www.aef.org.uk/PDFs/WHO%20%20Community%20Noise%201995.pdf

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D.H. (Eds.). **Guidelines for community noise.** World Health Organization (WHO). 1999.

BICHALO, F. de C.; BARCELLOS, R. M. G. **Materiais de Acabamento em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. In: Temas de arquitetura de estabelecimentos de saúde. CARVALHO, Antônio Pedro Alves de; et al. Salvador: Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Arquitetura, 2002. 235p. p. 43-67.

BISHOP, D. E. Noise surveys; community noise. In: HARRIS, C. M. **Handbook of noise control. 2. ed.** New York: McGraw-Hill, Inc.1979. p. 1-37. BRAUNSTEIN + BERNDT GMBH. Handbook user's manual. SoundPlan LLC, 2004.457p. Disponível em: < http:www. soundplan.com>.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao ruído.** São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 2006.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement** A/S, 2000.65p.

CARDOSO, Ana Cláudia Duarte; FERNANDES, Danilo Araújo; LIMA, José Júlio Ferreira. **Região Metropolitana de Belém: um balanço de quatro décadas. In Belém [recurso eletrônico]: transformações na ordem urbana** / organização Ana Cláudia Duarte Cardoso, José Júlio Ferreira Lima; coordenação Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015.

CASALI, J. G. **Acoustical litigation issues in community noise annoyance.** In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 1-16.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução no. 01, de 08 de março de 1990. **Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1990_001.p df>.

COSTA, ANA PAULA. **Diretrizes para avaliação e controle do impacto ambiental sonoro da construção civil: uma abordagem metodológica**. 2016. 197 f. Dissertação (Mestrado) – FAU/UFPA, Belém, 2016.

COSTA, ENNIO C. **Acústica técnica.** São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 127 p.

CVETKOVI, D.; PRAŠEVI, M. Rating **noise level as environmental noise indicator.** The scientific journal Facta Universitatis, series: Working and Living Environmental Protection, 1, n. 5, p. 39-50, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Frota de veículos. Disponível em:< http://www.denatran.gov.br/frota.htm>

DIAS, A.; CORDEIRO, R., CORDEIRO, J. E.; GONÇALVEZ, C. G de O**. Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbidos.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 63-68, jan. 2006.

DIAZ, E.G., et al. **Evolucion del nível de ruído ambiental en la ciudad de Valencia: acciones de control.** In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 471-474.

GALLOWAY, W. J. et al**. Urban highway noise: measurement, simulation, and mixed reactions.** NCHRP report, 78, 1969. GARCIA, A.; FAUS, L. J. Statistical analysis of noise levels in urban areas. Applied Acoustics, 34, p. 227-47, 1991.

GERGES, SAMIR. N. Y. **Ruído. Fundamentos e Controle.** 2ª edição. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária. UFSC, 2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HARRIS, C. M. **Handbook of noise control. 2. ed.** New York: McGraw-Hill, Inc.1979. HASSAL, J. R.; ZAVERI, K. Acoustic noise measurements. 4 ed., Janeiro, 1979 HINCU, G. Computer assisted evaluation of traffic noise level. Electronic Journal Technical Acoustics, 19, 2003. Disponível em: http://webcenter.ru/~eeaa/ejta/.

IRVINE, L.K; RICHARDS, R.L. **Acoustics and noise control handbook for architects and builders.** Malabar: Krieger Pub. Co, 1998.

JOHSON, D.R.; SAUNDERS, E.G. **The evaluation of noise from freely flowing road traffic.** Journal of Sound and Vibration, 7, n. 2, p. 287-309, 1968.

KANG, Jian. **Urban sound environment.** London: Taylor & Francis, 2007.

KESSLER F. M. Community noise. In: CROCKER, M. J. ; KESSLER, F. M. **Noise and noise control.** Flórida: CRC press, 1982. p. 182-216. KOTZEN, B.; ENGLISH, C.; Environmental noise barriers: a guide to their acoustic and visual design. London: New York: Spon, 1999. 165p.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade, 2. ed**., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2000

LAMURE, C. **Niveaux de bruit au voisinage des autoroutes.** In: PROC. FIFTH INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS. 1965.

LECLERCQ, L.; LELONG, J. **Dynamic evaluation of urban traffic**. 2001. Disponível em:< http://www.inrets.fr/ur/lte/publications/publications-pdf/Lelongpubli/bruit_1.pdf.

LI, B. et al. A **GIS based road traffic noise prediction model. Applied Acoustics,** 63, p. 679-691, 2002.

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

LOURA, R. M.; VALADARES,V. M. **Morfologia urbana e ruído ambiental: verificação da metodologia de pesos aplicada no bairro Floresta. I**n: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7,CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÔES, 3, 2003, Curitiba. Anais... Curitiba: UFSC, 2003. p. 745-752. LOUREIRO, K. A. S. A trajetória urbana de aracaju, em tempo de interferir. Aracaju: Instituto de Economia e Pesquisas – INEP, 1983.

MACEDO, M. R. V.; SLAMA, L. G. **Avaliação pós-ocupação acústica e a gestão ambiental urbana.** In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 392-397.

MARTINS, Gilberto de Andrade. Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MATEUS, Diogo. **Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído.** Jan 2008.

MORAES, E; LARA, N. **Mapa acústico de Belém**. Universidade da Amazônia - Relatório de pesquisa, Belém. (2004).

MORAES, E.M.L; GUIMARÃES, L.H.R; SACAVEM, K.R 2006. **Poluição sonora em Belém: análise das zonas mais e menos acusticamente saturadas.** Revista Traços. Vol 8, n 17. Belém

NETO, M. F. **Estudo de barreiras acústicas ao ar livre, sob a perspectiva de eficiência e qualidade sonora.** 2002. 104p. Dissertação − Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. **Ruído e a cidade: elementos do ruído urbano.** In: RIO, V. D. (Org.). Arquitetura: pesquisa &&&& projeto. São Paulo: Proeditores, Rio de Janeiro: FAU UFRJ, 1998. p. 76-89.

OLIVEIRA, M.P.G. et. al. **Planejando o meio ambiente acústico urbano: uma abordagem baseada em SIG**. Disponível em:< http://www.ip.pbh.gov.br/revista0201/ip0201piedade.pdf>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM (2008). **Plano diretor do município de Belém.**

PRINZ, D. Tradução Luis Leitão. **Urbanismo 1: projecto urbano**. Lisboa: Presença, 1980. RICHTLIEN FÜR DEN LÄRMSCHULTZ AN STRAβEN. RLS - 90. (Diretrizes para Proteção ao Ruído em Rodovias). Alemanha, 1990.

SOARES, A.C.L. **Impactos da urbanização sobre parques públicos: estudo de caso do parque zoobotânico do museu goeldi (Belém – PA)**. Dissertação de Mestrado. Unama, 2009.

SOUSA, D. S. **Instrumentos de gestão de poluição sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras.** Rio de Janeiro, 2004. Tese (Doutor em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOUZA, L.C.L.; ALMEIDA, M.G.; BRAGAN, A.L**. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura.** São Carlos: UFSCar, 2006.

TOBIAS; COUTINHO, N. **Grande Belém: Faces e desafios de uma metrópole insular,** 2010.

VIVEIROS, E. B. **Isolamento Acústico: o atributo invisível das edificações**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió. Anais... Maceió: ANTAC, 2005.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A – Questionário de Percepção Sonora

MODELO DE QUESTIONÁRIO

Nº da Ficha: ____ Data entrevista: ___/___/_____ Horário: _____

Local: _____

Sexo: ( ) M ( ) F Idade: _____

1- Você permanece neste local por quantas horas diárias?

_____

2. Qual é o período do dia de sua maior permanência neste local?

( ) Diurno – 06h01 às 18h00 ( ) Noturno – 18h01 às 06h00

3. Algum tipo de som lhe é agradável neste local? ( ) Sim ( ) Não

4. Se sim, que tipo de som lhe é agradável neste local?

_____

5. Você considera este local ruidoso? Sim ( ) Não ( )

6. Se sim, que período do dia é mais ruidoso?

( ) Diurno – 06h01 às 18h00 ( ) Noturno – 18h01 às 06h00

7. Como você classifica o ruído urbano neste local? Pouco Intenso ( ) Intenso ( ) Muito Intenso ( )

8. Você se incomoda com esse ruído? Sim ( ) Não ( )

9. Se sim, o quanto este ruído lhe incomoda?

Pouco ( ) Bastante ( )

10. Com o tempo, houve aumento do ruído neste local? Sim ( ) Não ( )

11. Se sim, que tipo de ruído aumentou com o tempo?

_____

12. O ruído atrapalha as suas atividades neste local? Sim ( ) Não ( )

13. Se sim, que atividades são essas?

_____

14. Você ouve bem? Sim ( ) Não ( )

15. Você tem alguma queixa de problema auditivo? Sim ( ) Não ( )

16. Se sim, do que você se queixa?

_____