UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

MAYKON IVAN PALMA

**O MAPA DE RUÍDO COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO: O CASO DA POLUIÇÃO SONORA CAUSADA
PELOS AUTOMÓVEIS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

SÃO PAULO
2018

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA

MAYKON IVAN PALMA

*O mapa de ruído como instrumento de
planejamento: o caso da poluição sonora causada
pelos automóveis no município de São Paulo*

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da
Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de
São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em
Ciências.*

*Orientador:
Prof. Dr. Paulo César Xavier Pereira*

REVISADA
SÃO PAULO
2018

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução, total ou parcial, é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

**Catálogo na Publicação (CIP)
Biblioteca/CIR da FSP/USP**

Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

PALMA, Maykon Ivan

O Mapa de Ruído como instrumento de planejamento: o caso da poluição sonora causada pelos automóveis no município de São Paulo / Maykon Ivan Palma; Orientador Prof. Dr. Paulo César Xavier Pereira – São Paulo – 2018.

115 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2018.

1. Poluição sonora. 2. Mapa de ruído 3. SIG. 4. Geomodelagem. 5. Licenciamento ambiental. 6. Planejamento urbano

PALMA, M. I. O mapa de ruído como instrumento de planejamento: o caso da poluição sonora causada pelos automóveis no município de São Paulo. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FOLHA DE APROVAÇÃO (DISSERTAÇÃO)

PALMA, Maykon Ivan.

O mapa de ruído como instrumento de planejamento: o caso da poluição sonora causada pelos automóveis no município de São Paulo.

Dissertação apresentada ao *Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade*, da *Faculdade de Saúde Pública*, da *Universidade de São Paulo*, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esta Dissertação à Fernanda Balduci Palma, minha esposa, que sempre acreditou e me apoiou na realização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e determinação;

Ao professor e orientador Dr. Paulo César Xavier Pereira;

À professora Dra. Maria Regina Alves Cardoso;

À minha mãe e irmãos pela paciência e apoio nesta jornada, com muito carinho;

Pela paciência e compreensão de todos os amigos e familiares;

À Fernanda Balduci Palma, minha esposa, um carinho muito especial;

Ao professor e amigo Msc. Rubens Borges um agradecimento especial.

A todos envolvidos na contribuição da conclusão deste trabalho, em especial aos amigos Claudio Nascimento, Fabiano Coimbra de Sousa, Clayton Erik Teixeira, Milton Tadeu Motta, Fernanda Bertaco Bueno, Mateus Habermann, Marcelo de Mello Aquilino, a toda equipe da Faculdade de Saúde Pública, da SPTrans, da CET e a todos amigos da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente.

Agradeço a esta Faculdade e a todos os seus colaboradores por me apoiarem neste trabalho.

*“The day will come when man will have
to fight noise as inexorably as cholera
and the plague.”*

Robert Koch, 1910

RESUMO

PALMA, M. I. **O mapa de ruído como instrumento de planejamento: o caso da poluição sonora causada pelos automóveis no município de São Paulo.** 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

A poluição sonora oriunda do tráfego de automóveis é hoje um dos mais importantes problemas ambientais das cidades, e de sobremodo, uma questão de saúde pública. Nesta pesquisa são avaliados os ruídos dos automóveis nos receptores da Macroárea de Estruturação Metropolitana Arco Tietê no município de São Paulo, demonstrando a aplicação do mapa de ruído para o planejamento e para a gestão urbana, em especial, em áreas onde são propostas intervenções para o adensamento populacional. A criação do mapa de ruído urbano, quando integrado ao Plano Diretor e à Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, permite que se planeje a cidade da forma mais adequada, de acordo com a realidade encontrada, evitando ou definindo ações para as zonas de conflito entre a realidade e o legislado. Ademais, o mapa de ruído serve para a identificação de áreas sensíveis, podendo definir objetivos para o controle do ruído e traçar tendências desejáveis para determinadas áreas. No município de São Paulo, os dados de trânsito do programa EMME-2 da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) e os dados de tráfego dos ônibus urbanos da São Paulo Transportes (SPTrans) permitem a realização do mapa de ruído em cenários distintos, tanto para verificar a situação atual como uma situação futura pretendida, inclusive para avaliação dos métodos de mitigação do ruído.

Palavras-chaves: SIG, geomodelagem, licenciamento ambiental e planejamento urbano.

ABSTRACT

PALMA, M. I. The Noise Mapping how instrument of planning: the case of noise pollution caused by automobiles in the city of São Paulo. 2018. 115f. Master's Thesis – School of Public Health, University of São Paulo, São Paulo, 2018.

The noise pollution from car traffics is today one of the most important environmental problems of the cities, and above all, a question of public health. In this research it is evaluated the car noises at the receptors of the Macro-area of the Arco Tietê Metropolitan Structuring (Macroárea de Estruturação Metropolitana Arco Tietê) in São Paulo Municipality, demonstrating the application of the noise map for the urban planning and management, especially, in the areas where it is proposed interventions for the population density. The creation of the urban noise map, when integrated with the Master Plan and the Law of Parceling, Use and Occupation of the Land (Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo), allows to plan the city in a more suitable way, in accordance with the observed reality, avoiding or defining actions to the conflicting zones between the reality and the legislated ones. In addition, the noise map helps to identify the sensible areas, and it could even define goals to control the noises and draw desirable tendencies to certain areas. In São Paulo Municipality, the EMME-2 traffic programme data from "Companhia de Engenharia de Tráfego" (CET) (Traffic Engineering Company) and the traffic data of São Paulo Transport urban buses (SPTrans) allow the making of the noise map at different scenarios, as to verify the current situation as to an intended future area, including the assessment of noise mitigation methods.

Keywords: GIS, geo-modeling, environmental licensing and urban planning.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APRM – Área de Proteção e Recuperação de Mananciais

ARPA – *Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale*

CAEHIS – Comissão de Análise de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

dB – Decibel

dB(A) – Faixa de frequência do som audível pelo ser humano

EBD - *Environmental Burden of Disease*

EEA – *European Environmental Agency*

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EIV – Estudo Prévio de Impacto de Vizinhaça

EHIS - Empreendimentos de Interesse Social

EPA – *Environmental Protection Agency*

HIS - Habitação de Interesse Social

HMP - Habitação de Mercado Popular

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEC - *International Electrotechnical Commission*

INAD – *International Noise Awareness Day*

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO - *International Organization for Standardization*

L₁₀ – Nível de pressão sonora ponderado em “A” excedido em 10% do tempo

L₉₀ – Nível de pressão sonora ponderado em “A” excedido em 90% do tempo

L_{eq} – Nível de Pressão Sonora Equivalente

L_{Aeq} – Nível de Pressão Sonora Equivalente ponderado em “A”

L_{max} – Nível máximo de pressão sonora em um determinado intervalo de tempo

L_{RA} – Nível de Pressão Sonora Equivalente ponderado em “A”, considerando a ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão

LPUOS – Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

NBR – Norma Brasileira Registrada

NCA – Nível de Conforto Acústico

NMPB-Routes-96 - *Nouvelle Méthode de Prévision de Bruit*

NPS – Nível de Pressão Sonora

PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído

PDE – Plano Diretor Estratégico

PMRR – Planos Municipais de Redução do Ruído (Agência Portuguesa do Ambiente)

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PRE - Planos Regionais Estratégicos

Proconve - Programa de controle de emissões veiculares

RIMA – Relatório de Impacto sobre Meio Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano

SPTrans – São Paulo Transportes

SVMA – Secretaria do Verde e do Meio Ambiente

TNI - *Traffic Noise Index*

WHO – *World Health Organization*

ZC – Zona Central

ZDE - Zona de Desenvolvimento Econômico

ZEIS – Zona Especial de Interesse Social

ZEM - Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana

ZEMP - Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana Previsto

ZER 1 - Zona Exclusivamente Residencial 1

ZER 2 - Zona Exclusivamente Residencial 2

ZM – Zona Mista

ZPI – Zona Predominantemente Industrial

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Lista de Figuras

Figura 1: Quantidade de veículos/hora nas vias do município de São Paulo.....	19
Figura 2: Ruído de tráfego estratificado por suas fontes constituintes	29
Figura 3: Localização da Macroárea de Estruturação Metropolitana Arco Tietê	31
Figura 4: Densidade demográfica da área de estudo.....	32
Figura 5: 15 pontos sensíveis e 12 ZEIS (sendo 5 ocupadas ou parcialmente ocupadas) identificados ao longo da Marginal Tietê, no Arco Tietê.....	33
Figura 6: Distribuição dos Zoneamentos que incentivam o uso residencial no Arco Tietê.....	34
Figura 7: Foto do Conjunto Habitacional Cingapura na Freguesia do Ó.....	34
Figura 8: Entrada e saída de dados do plugin OpeNoise do software QGIS.	37
Figura 9: Raio de cálculo dos níveis de ruído (QGIS e OpeNoise)	37
Figura 10: Fotos da campanha de monitoramento de ruído. No detalhe, sonômetro instalado.....	40
Figura 11: Locais da campanha de monitoramento de ruído.	41
Figura 12: Foto da campanha denominada “Manifesto do Silêncio”, realizada em abril de 2017.	50
Figura 13: Esquema de reação dos efeitos do ruído.....	62
Figura 14: Gravidade dos efeitos do ruído na saúde e o número de pessoas afetadas..	63
Figura 15: Evolução dos pneumáticos no quesito ruído.	77
Figura 16: Participação das fontes de ruído na EU e a porcentagem estimada de pessoas expostas a altos níveis de ruído diário médio	81
Figura 17: Regressão linear: simulado e medido.	87
Figura 18: Gráfico com os resultados da campanha diurna de 2017, em L_{Aeq}	89
Figura 19: Gráfico com os resultados da campanha noturna de 2010, em L_{Aeq} e TNI.	90
Figura 20: Exemplo de Conjunto Habitacional ao longo da Marginal Tietê (Ponto 6).	91
Figura 21: Exemplos de fachadas das ZEIS expostas à ruídos acima de 70 dB (A).....	94
Figura 22: Exemplos de demarcações de ZEIS, ZDE e ZC em locais subutilizados sobrepostos a um mapa de ruído dos automóveis.....	95
Figura 23: Mapa de conflito entre o legislado e a realidade	96
Figura 24: Gráfico comparativo entre os cenários 2, 3 e 4 em dB(A)	98
Figura 25: Predição da mitigação do ruído atribuído à redução da velocidade e implantação de pavimento silencioso	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Zoneamentos que incentivam o uso residencial ao longo da Marginal Tietê.	32
Tabela 2: Tipo de fluxo utilizado na entrada de dados das simulações.	37
Tabela 3: Área do lote, percentual mínimo e usos permitidos em ZEIS.	55
Tabela 4: Comparativo de ZEIS entre o a Lei a Municipal nº 13.885/2004 e a Lei 16.402/2016.	56
Tabela 5: Liberação de noradrenalina e adrenalina em 18 pessoas do sexo masculino (média de 24 anos) trabalhando um dia sem exposição a ruídos (controle), um dia sob ruído de banda de oitava 12-24 Hz, 110 dB(lin) (não habituados) e um dia sob exposição ao ruído do tráfego (habituação).	61
Tabela 6: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, dB (A).	67
Tabela 7: Quadro 4B - Parâmetros de incomodidade por zona.	68
Tabela 8: Exigências da NBR 15.575:2013	71
Tabela 9: Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações externas	72
Tabela 10: Distância máxima necessária para o decaimento sonoro até 60 dB (A), em uma rodovia hipotética, com diversos tipos de pavimento.	74
Tabela 11: Nível de ruído por redução de velocidade.	75
Tabela 12: Cenários simulados.	86
Tabela 13: Resultados do L_{Aeq} , L_{10} , L_{90} e $L_{máx}$ das campanhas de monitoramento de ruído.	87
Tabela 14: Série histórica das medições de ruído, em L_{Aeq} .	88
Tabela 15: Medições de ruído em outras vias.	90
Tabela 16: Situação das ZEIS do Arco Tietê quanto à poluição sonora maior que o legislado. Resultados em porcentagem nas suas faces.	92
Tabela 17: Situação das ZEIS do Arco Tietê quanto a poluição sonora maior que 70 dB (A). Resultados em porcentagem nas suas faces.	93
Tabela 18: Situação das 12 ZEIS ao longo da Marginal Tietê quanto a poluição sonora maior que o legislado e maior que 70 dB (A). Resultados em porcentagem nas suas faces.	93
Tabela 19: Comparativo dos cenários 2, 3 e 4, para os receptores sensíveis ao longo da Marginal Tietê	97

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
Problematização.....	18
Objetivos.....	22
Hipóteses	23
Apresentação dos métodos adotados	24
Organização da dissertação	25
CAPÍTULO 1 – PROCESSO DA PESQUISA	26
1.1 Som, ruído e conforto acústico	26
1.2 Objeto de estudo	30
1.3 Pesquisa qualitativa.....	35
1.4 Pesquisa quantitativa.....	35
1.4.1 Predição do ruído	36
1.4.2 Pesquisa campo.....	39
CAPÍTULO 2 – DISCUSSÃO DA BIBLIOGRAFIA	42
2.1 Conscientização do problema ambiental na sociedade de risco	42
2.2 Ordenamento do uso do solo e o interesse social	52
2.3. Poluição sonora e os efeitos na saúde.....	59
2.4. Legislação e poluição sonora.....	65
2.4.1 A NBR 15.575:2013 e a necessidade de um mapa de ruído oficial	70
2.5. Métodos de mitigação do ruído provocados pelo trânsito de veículos	73
2.5.1 Mitigação e controle do ruído na fonte do ruído	74
2.5.2 Intervenções nos receptores do ruído	78
2.5.3 Outras formas de mitigação do ruído dos automóveis.....	79
2.6. Mapas de ruído como instrumento de planejamento urbano	80
CAPÍTULO 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
3.1 Poluição sonora em receptores sensíveis ao longo da Marginal Tietê	88
3.2 O mapa de ruído aplicado ao ordenamento do uso do solo	92
3.3 Medidas mitigadoras do ruído	97

3.4 Produto.....	101
CONSIDERAÇÕES	102
REFERÊNCIAS	106
ANEXO A - Resultado das medições de ruído em campo.....	116
ANEXO B - Certificado de calibração	159

INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 84% da população vivendo em área urbana segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A problemática ambiental da poluição sonora é hoje, depois da poluição do ar, a que afeta o maior número de pessoas. Por esse sentido, as questões de saúde ambiental com foco nos problemas de ruídos advindos de rodovias, ruas e avenidas arteriais e coletoras, ganham importância nas discussões sobre saúde pública e ambiente urbano.

Após a Conferência de Estocolmo¹, em 1972, os problemas que atingem a saúde e o bem-estar do homem, também passam a ser reconhecidos como problemas ambientais. Desde então, com o aumento da população urbana e das atividades ruidosas nas cidades, como as indústrias, a construção civil, o tráfego de automóveis e o tráfego aéreo, as pesquisas sobre a poluição sonora vêm aumentando. Antes, os trabalhos acadêmicos limitavam-se a pesquisar os problemas diretos que os ruídos causavam na saúde dos trabalhadores, ou seja, à saúde ocupacional e na medicina do trabalho.

Em 2002, a Comunidade Europeia estabeleceu a Diretiva 2002/49/CE, destacando a importância do planejamento e da elaboração dos mapas de ruído com o objetivo de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos prejudiciais da exposição do ruído ambiente. Essa diretiva exige o mapa de ruído para aglomerações urbanas superiores a 250 mil habitantes, em locais com eixos rodoviários ou ferroviários e grandes aeroportos.

Sobre essa temática, na Faculdade de Saúde Pública (FSP) da Universidade de São Paulo (USP), foi defendida em 2014 uma tese por Vianna (2014), com o título “*Poluição sonora no município de São Paulo: avaliação do ruído e o impacto da exposição na saúde da população*”. Nessa pesquisa, Vianna (2014) elaborou um mapa de ruído do distrito de Pinheiros para posterior aplicação de questionário junto à população. Seu objetivo foi de avaliar os efeitos na saúde humana decorrentes da exposição ao ruído, como o incômodo e os distúrbios do sono. Os resultados das pesquisas apresentaram relação de incômodo (OR: 4.47; IC95%:2.30-8.68), por meio da análise de regressão logística múltipla.

Holtz (2012), em sua Dissertação de Mestrado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da USP, intitulada *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo*, conclui que mais de 50% da área do parque estudado estava impactado pelo ruído do trânsito de automóveis e defendeu a importância de áreas mais silenciosas como forma

¹ Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente.

de oferecer às populações locais momentos para restauração e descanso do estresse causado pelo ruído.

Habermann (2012), em sua Tese de Doutorado defendida na Faculdade de Medicina (FMUSP), intitulada *Métodos de avaliação da exposição ambiental aos poluentes atmosféricos gerados por tráfego*, utilizou os dados de trânsito, armazenados no *software* EMME-2 da Companhia de Engenharia de Trânsito (CET), para realizar uma geomodelagem da poluição atmosférica no município de São Paulo.

Visando dar continuidade nas pesquisas já realizadas na USP sobre o problema envolvendo o trânsito nas grandes cidades e demonstrar novos instrumentos de predição e avaliação, como os mapas de ruído, esta pesquisa utilizou ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) gratuitas, dos dados geoespaciais de trânsito da CET e da São Paulo Transportes (SPTrans), arruamentos, altimetria e edificações, produzidos pela Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), bem como medição em campo para a realização de uma discussão teórica e crítica da situação encontrada e da situação pretendida pela recém-aprovada Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS).

Nesta pesquisa foram avaliadas as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), por ter como perspectiva o uso predominante residencial. Diante disso, foi selecionada a Macroárea de Estruturação Metropolitana denominada Arco Tietê, que tem como um dos objetivos o adensamento populacional em uma área que possui vias de tráfego intenso.

O mapa de ruído como proposto nesta pesquisa demonstra que há necessidade de maior controle nas fontes de ruído, bem como um planejamento urbano que se discuta o problema de saúde ambiental, a fim de diminuir os impactos causados junto à população. O mapa de ruído visto como um diagnóstico ambiental permite ainda que se realizem ações de gestão do tráfego urbano onde foram identificados altos níveis de ruídos em receptores sensíveis.

Problematização

Estudos da *World Health Organization* (WHO, 1999) definiram que é prejudicial à saúde todo ruído acima de 50 decibéis (dB (A)), momento em que o organismo humano começa a sofrer alterações moderadas pelo ruído. A Norma Brasileira - NBR 10.151 de 2003, que trata do conforto acústico, bem como o Plano Diretor do Município de São Paulo são mais permissivos.

A poluição sonora em ambiente urbano, considerando a faixa de 55 a 85 dB (A) com exposição contínua, provoca problemas de saúde manifestados de forma psicossomática, levando a diversas reações fisiológicas. São os chamados efeitos extra-auditivos (BABISCH 2002 *apud* WHO, 2009; MURGEL 2007).

O trânsito de automóveis é a principal fonte contínua de ruído no meio urbano². Assim, a localização das edificações, como residências, escolas e hospitais, e a quantidade de veículos que circulam nas ruas do município de São Paulo, em especial nas vias arteriais, coletoras e rápidas, são fatores que incrementam a exposição de grande parte da população aos problemas de saúde causados pela poluição sonora.

Segundo dados da Prefeitura e do Detran³, a quantidade de veículos existentes na cidade de São Paulo em 2015 era de 8 milhões de veículos. A Figura 1 demonstra em forma de mapa temático a quantidade de veículos hora nas vias do município de São Paulo.

O problema se agravou com o passar dos anos nas grandes avenidas da capital paulista denominadas rápidas. De acordo com a CET de 2010, na Marginal Tietê (antes da inauguração da Nova Marginal Tietê), altura da ponte do Limão, passavam por hora 6.136 veículos pesados e 16.633 veículos leves; no ano de 2016, a CET estimou para o mesmo trecho a circulação horária de 27.833 veículos leves, sem considerar os veículos pesados.

Em uma campanha de medições de ruído, realizada em novembro de 2011 (PMSP, 2012), pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), foram encontrados 18 pontos sensíveis ao longo da Marginal Tietê, atingindo em média 75 dB (A) (Nível de Pressão Sonora Equivalente L_{Aeq}). A situação ainda é mais grave no período noturno, devido ao maior espaçamento entre os veículos e ao aumento da velocidade média da via, quando as oscilações do ruído do trânsito de veículos são maiores⁴, o que aumenta o grau de incomodidade.

² Segundo dados da EEA (EUROPEAN UNION, 2017), dentre toda a população exposta à poluição sonora na Europa em 2012, 81% estava sujeito ao ruído gerado pelo trânsito de veículos.

³ Notícia publicada no sítio eletrônico do G1 em 25/05/2015: São Paulo bate a marca de 8 milhões de veículos, disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/05/sao-paulo-bate-marca-de-8-milhoes-de-veiculos.html>> Acessado em 10 de junho de 2016.

⁴ Quanto maior a diferença entre L_{10} e L_{90} maior é o grau de incomodidade.

Figura 1: Quantidade de veículos/hora nas vias do município de São Paulo

Fonte: CET, 2010 - Org.: HABERMMAN, M.

A medição realizada no Hospital Vila Maria, localizado na Marginal Tietê, apresentou um valor de L_{eq} 79,3 dB (A), quando a NBR 10.151/2003, recomenda 50 dB (A).

A situação da poluição sonora do município de São Paulo vem sendo discutida pelos legisladores municipais, que apontam a necessidade de um mapa de ruído. A recém-aprovada Lei Municipal nº 16.499, de 20 de julho de 2016, que tem como objetivo a tomada de decisões para o planejamento e ordenamento urbano com vistas à gestão de ruído na cidade, impõe ao executivo a elaboração de um mapa de ruído no município. É importante salientar que São Paulo faz parte do Programa Cidades Sustentáveis, que reúne ferramentas, indicadores e experiências de promoção do desenvolvimento sustentável dos municípios participantes, com o objetivo de promover o melhor ordenamento do ambiente urbano em busca de melhor qualidade de vida da população⁵.

⁵ O Programa Cidades Sustentáveis: ferramentas e compromissos. Disponível em <<http://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional>> acessado em 23 de fevereiro de 2017.

Na Lei Municipal nº 16.050/2014, que trata do Plano Diretor Estratégico do Município, foi imposto ao executivo a elaboração de um mapa de ruído a fim de subsidiar a nova Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS), no entanto, este artigo foi vetado pelo executivo.

Não bastasse o veto do artigo que obrigava o executivo a realizar o mapa de ruído no município de São Paulo, o novo zoneamento (LPUOS), estabelecido pela Lei Municipal 16.402/2016, definiu quatro novas áreas (desocupadas ou subutilizadas) como Zona Especial de Interesse Social – ZEIS, ao longo da Marginal Tietê, inseridos na Macroárea de Estruturação Metropolitana Arco Tietê, que tem como um dos objetivos o aumento nas densidades construtivas e demográficas (SÃO PAULO, 2014).

Os parâmetros de incomodidade definidos pela LPUOS às ZEIS, no quadro 4B da referida lei, impõem que nestes locais os ruídos não podem ultrapassar os limites de 50 a 55 dB (A) durante o dia e 40 a 45 dB (A) a noite. Sendo assim, há uma incoerência entre a demarcação das ZEIS e a legislação, que poderia ter sido evitada ou atenuada, se a LPUOS fosse baseada em um mapa de ruído. No entanto, considerando o aspecto legal da LPUOS, cabe aos gestores públicos adotar planos de ações de redução de ruído para estas áreas com base neste instrumento.

Essa incoerência transcende nas avaliações ambientais realizadas pelos órgãos públicos, gerando incertezas técnicas e até mesmo jurídicas por parte dos empreendedores e pelos técnicos responsáveis pelo licenciamento ambiental no município.

Na Divisão Técnica de Licenciamento Ambiental da SVMA/PMSP, observa-se que nos últimos anos⁶, há grande número de solicitações de licenças ambientais de empreendimentos com significativo impacto na poluição sonora. Em linhas gerais, são empreendimentos que visam melhorias nos viários e corredores de ônibus, prevendo aumento da capacidade de trânsito, e o principal instrumento balizador dos técnicos do Licenciamento Ambiental é a LPUOS.

Durante o acompanhamento do Licenciamento Ambiental da Nova Marginal Tietê, observou-se que a condicionante da Licença Ambiental imposta pelo órgão licenciador, que se referia à mitigação da poluição sonora, não foi cumprida a contento, sendo argumentado pelo empreendedor que, a predição de ruído por geomodelagem é onerosa, e, com o pretexto de que a situação anterior já extrapolava os limites preconizados pela legislação e normas incidentes. Outro argumento utilizado pelo empreendedor, que foi questionado pelo órgão licenciador (SÃO PAULO, 2012), foi quanto ao tipo de pavimento empregado nesta obra, o convencional rugoso, sob a alegação de que a velocidade permitida na Marginal não justificaria o emprego de outro tipo de pavimento mais silencioso, como o poroso com polímero.

Em 2015, ainda sobre as Marginais, a Prefeitura iniciou uma série de medidas de redução de velocidade das vias, a qual pretendia padronizar a velocidade até

⁶ *Dados históricos compilados do Relatório da Qualidade do Meio Ambiente (RQMA), da SVMA/PMSP, de 2012 a 2016, disponível em <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svma/index.php?p=16319> acessado dia 13 de março de 2018.*

2016. Em nota⁷, a justificativa para a iniciativa estava pautada nos seguintes argumentos: menos acidentes, velocidade média mais elevada e redução de ruído. Em janeiro de 2015, o jornal Le Monde, publicou resultados positivos referentes à diminuição da velocidade máxima em Paris. No quesito ruído, a poluição sonora diminuiu com a redução de aceleração e freio: "*O nível do som gravado diminuiu (- 1,2 dB (A) durante a noite, e - 0,5 dB (A) de dia) o equivalente ao que poderia ser atingido por meio da redução de 25% e 10%, respectivamente, no volume de tráfego*"⁷. No caso da Marginal Tietê, não houve estudos preliminares para esse quesito, a Prefeitura pautou-se em experiências de outras cidades.

Contrariando estudos e recomendações internacionais, a PMSP, em 2017, implantou um plano para o aumento dos limites das velocidades das marginais, que são válidos para os veículos leves. Os limites são iguais aos anteriores a 2015, com exceção na faixa direita da pista local, que se manteve reduzido.

O presente estudo é justificado pela forma que esta problemática é tratada no município tanto pelo legislador quanto pelo executivo, através dos seus órgãos de planejamento, de meio ambiente e de gerenciamento de trânsito. Justifica-se também pelo avanço do conhecimento, já que se percebem poucos trabalhos que tratam deste assunto de modo a gerar uma compreensão do problema e formar uma consciência de seus desdobramentos.

Em suma, pretende-se com este estudo demonstrar a importância dos mapas de ruídos para o planejamento e a gestão urbana, como instrumento importante para subsidiar os técnicos e para a população em geral, maior atingida pelos riscos da exposição contínua à poluição sonora, além de servir de base para tomadas de ações, políticas públicas e formulações de leis que minimizem a exposição da população aos ruídos urbanos.

⁷ Nota publicada no sítio eletrônico da PMSP em 23 de julho de 2015, com o título: "Paris reduz velocidade em anel viário e registra queda de 15,5% de acidentes" Disponível em <<http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/5850>> acessado dia 11 de maio de 2016.

Objetivos

Geral

Apresentar uma avaliação da poluição sonora causada por veículos automotores, utilizando o mapa de ruído, com vista ao planejamento e a gestão do ruído urbano.

Específicos

- Estimar a poluição sonora gerada pelos automóveis na Macroárea de Estruturação Metropolitana - Arco Tietê com vistas ao ordenamento do uso do solo;
- Demonstrar como o mapa de ruído pode ser utilizado como instrumento de ordenamento urbano;
- Avaliar dois métodos de mitigação de ruído, redução de velocidade e pavimento silencioso, através de predições em diferentes cenários; e,
- Apresentar como produto do Programa de Mestrado Profissional, um mapa de ruído do trânsito de veículos do Arco Tietê.

Hipóteses

Com a realização de um mapa de ruído do tráfego de automóveis na área pré-definida para pesquisa de campo e para geomodelagem, é possível avaliar a importância deste instrumento no planejamento urbano e no recém-aprovado Plano Diretor, de acordo com o uso do solo atual e o pretendido através da LPUOS, demonstrando que os mesmos não correspondem à realidade encontrada no município de São Paulo, nem com o bem-estar da população.

Também se analisa, por meio da predição, as diferentes formas de mitigação de ruído sobre a poluição sonora do trânsito de automóveis, como o emprego de pavimento silencioso e a redução da velocidade, comprovando a eficácia destes mecanismos sobre a mitigação do ruído, que podem ser adotados pelas prefeituras, bem como serem internalizados no licenciamento ambiental de obras viárias.

Em suma, o pressuposto é que o mapa de ruído seja um importante instrumento para diagnosticar a realidade da poluição sonora provocada pelos veículos com o intuito de subsidiar políticas públicas voltadas à minimização da exposição da população ao ruído.

Apresentação dos métodos adotados

A abrangência da pesquisa justifica a necessidade de valer-se dos procedimentos metodológicos abaixo destacados:

- Revisão bibliográfica referente a temas pertinentes à pesquisa, incluindo artigos publicados em revistas técnicas, leis, decretos e matérias publicadas em jornais e revistas;
- Pesquisa de campo, com campanhas de medições de ruído em 21 pontos sensíveis e em áreas definidas como ZEIS ao longo da Marginal e dentro do perímetro da Macroárea de Estruturação Metropolitana Arco Tietê, utilizando sonômetro, calibrado de acordo com NBRs 10.151:2003 e 10.152:2017, apresentado com fotos, tabelas, dados coletados em campo e certificado de calibração dos equipamentos;
- Pesquisa em órgãos públicos para coletas de dados secundários na base de dados da Prefeitura Municipal de São Paulo sobre questões relacionadas ao planejamento urbano, ambiental e social no município, na sua totalidade, com destaque para a área específica de estudo; e,
- Organização dos dados cartográficos, com a aquisição e análise dos arquivos digitais, bancos de dados e vetores, fornecidos pelos diversos órgãos públicos posteriormente organizados em *softwares* abertos de SIG.

Organização da dissertação

O Capítulo 1 discorre sobre os procedimentos e métodos adotados, apresentando o problema, o recorte do estudo e os conceitos de som e ruído. O Capítulo 2 apresenta uma discussão sobre a conscientização do problema ambiental na sociedade de risco; o ordenamento do uso do solo e o interesse social; a revisão bibliográfica dos efeitos da poluição sonora na saúde humana; legislação; métodos de mitigação do ruído provocado pelo trânsito; e por fim, a importância dos mapas de ruído como instrumento de planejamento urbano. O Capítulo 3 apresenta os resultados e discussões obtidas através do tratamento dos dados reunidos neste trabalho e sua correlação com a bibliografia sugerida. E por fim, apresenta as considerações finais da presente dissertação.

CAPÍTULO 1 – PROCESSO DA PESQUISA

Nesta pesquisa pretende-se mostrar uma abordagem metodológica que une o estudo teórico com a técnica e a prática. Desta forma, almeja-se uma pesquisa aplicada, realizada de forma quantitativa e qualitativa.

No primeiro item é demonstrado os conceitos de som, ruído e conforto acústico para um melhor entendimento desta pesquisa.

1.1 Som, ruído e conforto acústico

Os conceitos de som, ruído e conforto acústico apresentado neste item, seguiram os estudos de Murgel (2007).

O som é a oscilação da pressão do ar (ou outro meio elástico capaz de ser percebido pelo humano). O número de oscilações da pressão do ar por unidade tempo definem sua frequência, enquanto que a magnitude da pressão define a potência e a intensidade sonora.

A frequência é número de ciclos (pulsos) em um determinado intervalo de tempo, expressa em Hertz ou Hz (ciclos/segundo). São audíveis pelo ser humano somente as frequências entre 20 Hz e 20kHz (ou seja, de 20 vibrações por segundo até 20 mil vibrações por segundo) que indicam a tonalidade do som (MURGEL, 2007, p. 22).

É importante ressaltar que, a depender da frequência do som, a propagação se dá de forma diferente. Por exemplo, o som de alta frequência (agudo), dispersa em poucos metros, enquanto o de baixa frequência (grave), tem maior efeito de propagação, difração e refração.

A pressão sonora é a emissão por uma fonte de ruído que chega ao ouvido, expressa em Pascal ou Pa (newtons/m²). Enquanto que potência sonora é a energia emitida pela fonte sonora, expressa em Watt ou W (Joules/s).

A intensidade sonora é potência sonora recebida por unidade de área de uma superfície, expressa em watt/m². Por exemplo, o fone de ouvido de um aparelho sonoro pode chegar a 90 dB quando utilizado de maneira exacerbada, no entanto não

significa que o aparelho tem uma potência sonora ou intensidade sonora alta. Pressão, potência e intensidade do som, cobrem uma faixa muito ampla.

Para simplificar a faixa variável do som foi criada a escala logarítmica decibel (dB). Dentro da escala do dB deve-se levar em consideração algumas definições:

- L_{10} : Nível de pressão sonora excedido em 10% do tempo;
- L_{90} : Nível de pressão sonora excedido em 90% do tempo, sendo aceito como ruído de fundo em alguns casos;
- L_{Aeq} : Nível de pressão sonora equivalente obtido a partir do valor médio da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição;
- L_{RA} : Nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, considerando a ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão; e,
- NCA: Nível de Conforto Acústico (máximo admitido pela NBR 10.151:2003).

Como o dB é uma escala logarítmica, toda vez que se dobra a potência sonora em um ambiente, aumenta-se 3 dB. Numa obra que se pretende duplicar uma rodovia hipotética, com o objetivo de dobrar a capacidade de fluxo dos veículos, corresponde a um aumento de 3 dB. No entanto, quanto à percepção, Zajarkiewicz (2010, p. 23), citando o “*médico otorrinolaringologista Ektor Onishi, coordenador da Campanha Nacional de Saúde Auditiva no Brasil, lembra que o volume de som e seu impacto sobre o organismo dobra a cada cinco decibéis*”.

Todo ruído é um som, no entanto, considera-se ruído tudo aquilo que não se quer ouvir, ou seja, um som indesejável. Murgel (2007, p. 35) explica que em “*termos físicos, ruído é uma superposição de numerosas vibrações de frequências diversas, não harmônicas entre si*”. Ruído como todo som indesejável é o conceito mais aceitável, porém, sabe-se que mesmo uma música em volume alto, pode causar danos ao sistema auditivo. Portanto, um som harmônico em alta intensidade é considerado um ruído, e um som desagradável em baixa intensidade, também é considerado um ruído.

Porém, ruído também está relacionado à percepção. Holtz (2012), realizou uma pesquisa sobre paisagem sonora em um parque urbano na sua Dissertação de Mestrado, pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU). Na pesquisa bibliográfica sobre a percepção do ruído, cita Boubezari e Bento Coelho (2005, *apud* Holtz, 2012, p. 44), que afirmam que os “*arquitetos são conhecidos por intuitivamente preferir formas significativas no espaço a valores expressos em decibéis*”.

Com essa afirmação, os autores fazem uma análise crítica sobre os modelos tradicionais de estudos e de medições de ruídos, que somam os decibéis de todas as fontes e tratam a paisagem sonora como desagradável. Contudo, a depender do

receptor, podem existir paisagens sonoras agradáveis, como o som dos pássaros, da fonte de água, ou mesmos das crianças brincando. Esse tipo de estudo, em que a percepção do ruído pode ser definida a partir da vivência de cada indivíduo, é denominado *soundscape*.

Conforme Botterlidooren (2011) “*o soundscape é formado dentro de um contexto. Este contexto é formado por todos os estímulos sensoriais – dentre os quais a visão é o mais importante – e pelo conhecimento acumulado pelas pessoas sobre o espaço, seu uso, seus propósitos, seu significado cultural, suas próprias motivações e propósitos por estarem ali, etc. [...]*”. (apud HOLTZ, 2013, p. 35)

Axelsson *et al* (2010) dividiu os *soundscape* em três tipos de sons: tecnológicos, que incluem o som do tráfego viário; naturais, como os sons de pássaros, e; humanos, como conversas e crianças brincando. Porém, quando os trabalhos técnicos apresentam medidas sonoras, por sonômetros tradicionais, não separam as diferentes qualidades do som.

O assunto sobre o que é som agradável e o que é ruído é controverso. Axelsson *et al* (2010) considera que todo som da natureza e das interações humanas não são ruídos, são sons agradáveis. Nesse mesmo entendimento, a Prefeitura de Campo Grande – MS havia afrouxado os horários e parâmetros para músicas e sons de Igreja na Lei do Silêncio, afirmando que estes não se enquadravam como fonte de poluição sonora⁸.

As mudanças da lei consideraram música como arte e cultura, e, portanto não havia de se aplicar os mesmos parâmetros definidos nas Resoluções do Conama que tratam de poluição sonora. A discussão chegou ao Tribunal de Justiça, por meio de contestação do Ministério Público de Mato Grosso do Sul, e as mudanças na lei do Silêncio foram derrubadas.

Em suma, a poluição sonora é caracterizada pela emissão de barulho desagradável, agravado pela soma e pela diversidade de emissores. No ambiente urbano, devido à variedade de atividades ruidosas que as cidades realizam, somadas ao tráfego de veículos automotores e outros meios de transporte, a poluição sonora passou a ser considerada uma forma de poluição ambiental, a ser disciplinada e controlada.

Esta pesquisa abordará apenas a poluição sonora provocada pelo tráfego de automóveis, que, além dos estudos de Ising e Braum (2000), Babisch (2002 *apud* WHO, 2009), Murgel (2007), também é considerado pela escala de Axelsson *et al* (2010), como um ruído tecnológico desagradável, sendo uma fonte contínua para quem reside ou trabalha próximo a uma grande via de circulação de veículos.

⁸ Notícia publicada no JusBrasil, sob o título “*Declarada inconstitucionalidade de normas municipais sobre poluição sonora*”, publicada em 3 de abril de 2018. Disponível em <https://tj-ms.jusbrasil.com.br/noticias/561692463/declarada-inconstitucionalidade-de-normas-municipais-sobre-poluicao-sonora?ref=topic_feed>, acessado dia 5 de abril de 2018.

No que se refere ao ruído gerado pelo tráfego de veículos automotores, quatro fatores associados são determinantes: o motor e o sistema de transmissão, o contato do pneu com o pavimento, o aerodinâmico e a carroceria quando o pavimento é irregular.

Hanson e James (2004 *apud* CABRAL *et al* 2014) apresentam três principais constituintes do ruído veicular na Figura 2. Observa-se que o ruído do contato do pneu com o pavimento se destaca no ruído total, sendo a principal fonte de ruído veicular.

Figura 2: Ruído de tráfego estratificado por suas fontes constituintes

Fonte: Hanson e James (2004 *apud* CABRAL *et al* 2014)

Dentre as três principais fontes de ruído do automóvel, o ruído aerodinâmico é o que atinge maiores proporções à medida que a velocidade aumenta, seguido pelo ruído do pneu e do motor. Hanson e James (2004 *apud* CABRAL *et al* 2014) concluem que o atrito gerado na interface pneu-pavimento supera os demais quando são praticadas velocidades acima de 40 km/h, daí a importância do tipo de pavimento e velocidade da via, que serão discutidos no item 2.5.1 deste capítulo⁹.

Nas grandes avenidas o ruído do trânsito de veículos automotores costuma ter maiores oscilações durante o período noturno, devido ao aumento das velocidades dos veículos e do espaçamento dos mesmos, o que provoca maior incomodidade, principalmente por se tratar de um horário de repouso.

⁹ Há pesquisas das indústrias de pneumáticos quanto à aderência, frenagem, conforto e durabilidade, porém, ao longo das décadas, as indústrias pouco se preocuparam quanto aos ruídos que estes pneumáticos emitem (SANDBERG; EJSMTONT, 2002 *apud* SILVA 2011)

Para isso, no Reino Unido foi desenvolvido um índice denominado TNI (*Traffic Noise Index*), que pretende medir o grau de incomodidade gerado pelo tráfego rodoviário considerando as oscilações do ruído nas medições realizadas (RAIMUNDO *et al*, 2004), sendo dado por:

$$TNI = 4 \times (L_{10} - L_{90}) + (L_{90} - 30)$$

O TNI utiliza os parâmetros estatísticos L_{10} e L_{90} , que estão associados às características próprias de cada ruído, nomeadas de suas flutuações, associadas ao ruído de fundo e ao valor de pico.

Face às análises de incomodidade que apenas tomam por base o valor de L_{Aeq} , o índice TNI é mais “rico” por considerar as características particulares de cada situação. Este índice já foi adotado em legislações de alguns países Europeus, porém, no Brasil é utilizado apenas em alguns estudos acadêmicos (RAIMUNDO *et al*, 2004). Ao se utilizar este índice podem ocorrer situações no período noturno, em que, apesar da redução do parâmetro L_{Aeq} , o valor de TNI é maior.

Nesta pesquisa adota-se também o TNI para enriquecer a discussão e as análises críticas das situações encontradas.

1.2 Objeto de estudo

O objeto da presente pesquisa é a poluição sonora causada pelos veículos automotores. A fim de avaliar as alternativas de planejamento do uso do solo e a gestão do tráfego dos automóveis, foi selecionada uma área de estudo para realizar a pesquisa de campo e a geomodelagem. Trata-se da Macroárea de Estruturação Metropolitana, denominada Arco Tietê pelo Plano Diretor do Município de São Paulo, conforme Figura 3.

Segundo o Art. 11 da Lei 16.050, de 31 de julho de 2014, que instituiu o Plano Diretor Estratégico, entende-se por Macroárea de Estruturação Metropolitana, áreas caracterizadas “*pela existência de vias estruturais, sistema ferroviário e rodovias que articulam diferentes municípios e polos de empregos da Região Metropolitana de São Paulo, onde se verificam processos de transformação econômica e de padrões de*

uso e ocupação do solo, com a necessidade de equilíbrio na relação entre emprego e moradia”.

Figura 3: Localização da Macroárea de Estruturação Metropolitana Arco Tietê

Fonte: Geosampa e IBGE 2010. Org: PALMA, M. I.

Foi escolhida esta área devido ao potencial de adensamento populacional proposto pelo Plano Diretor e ao alto fluxo de veículos. Além disso, a área permite demonstrar a potencialidade da base de dados da CET e da SPTrans para a confecção de um mapa de ruído urbano.

O Arco Tietê abrange uma área urbana de 5.366 ha e possui uma população aproximada de 338 mil habitantes, correspondendo respectivamente a 3,5% do território municipal e a 3% da população moradora na capital (IBGE, 2010). O entorno da Marginal Tietê é pouco adensado, enquanto que o Arco Tietê possui uma densidade demográfica de 6.282 hab/km², abaixo da densidade demográfica da capital, que é de 7.388 hab/km², conforme demonstrado na Figura 4 (IBGE, 2010). Somente para efeito de comparação, o distrito de Vila Medeiros é o que detém maior densidade demográfica na Zona Norte, possuindo 16.873 hab/km². No entanto, o objetivo da Macroárea de Estruturação Metropolitana é promover o adensamento habitacional e servir de polo gerador de empregos.

Os planos para o adensamento populacional do Arco Tietê, realizado pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU) (PMSP, 2013, p. 27), revelam a possibilidade de adensar a área para cerca de um milhão de pessoas num prazo de 30 anos.

Além disso, o plano prevê a implantação de vias paralelas a Marginal Tietê, denominadas de Apoio Norte e Apoio Sul, bem como novas vias nas quadras com grandes dimensões devido a sua utilização passada para fins industriais.

Figura 4: Densidade demográfica da área de estudo

Fonte: Geosampa, IBGE 2010. Projeção: UTM, Datum: SIRGAS 2000, Fuso 23k Sul. Org: PALMA, M. I.

Ao longo da Marginal Tietê, no Arco Tietê, foram identificados 15 receptores sensíveis: 5 áreas residenciais horizontais, 6 condomínios verticais (todos condomínios de baixa renda), 4 escolas, conforme Figura 5.

Além destes pontos sensíveis, das 156 zonas definidas na LPUOS ao longo da Marginal Tietê, 88 incentivam o uso residencial, conforme dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Zoneamentos que incentivam o uso residencial ao longo da Marginal Tietê

Zona	Quantidade
Zona Especial de Interesse Social 1 (ZEIS-1)	5
Zona Especial de Interesse Social 2 (ZEIS-2)	1
Zona Especial de Interesse Social 3 (ZEIS-3)	4
Zona Especial de Interesse Social 5 (ZEIS-5)	2
Zona de Estruturação Metropolitana (ZEM)	4
Zona de Estruturação Metropolitana Previsto (ZEMP)	8
Zona Exclusivamente Residencial (ZER-1)	0
Zona Mista (ZM)	64
Total	88

Fonte: LPUOS. Org. PALMA, M. I.

Os zoneamentos do Arco Tietê que incentivam o uso residencial estão divididos em ZEIS, ZM, ZEMP, ZEM e ZER. A Figura 6 demonstra o total de cada zona, e a porcentagem de participação ao longo da Marginal Tietê e no restante do Arco Tietê.

Figura 5: 15 pontos sensíveis e 12 ZEIS (sendo 5 ocupadas ou parcialmente ocupadas) identificados ao longo da Marginal Tietê, no Arco Tietê

Fonte: Geosampa. Projeção: UTM, Datum: SIRGAS 2000, Fuso 23k Sul. Org: PALMA, M. I.

No caso das ZEIS, na LPUOS existem atualmente 12 ao longo da Marginal Tietê, conforme Figura 5, contra 8 da Lei anterior, isto demonstra a predominância e o incentivo de moradias de baixa renda ao longo da Marginal Tietê.

Figura 6: Distribuição dos Zoneamentos que incentivam o uso residencial no Arco Tietê

Fonte: LPUOS. Org. PALMA, M. I.

A Figura 7 apresenta um exemplo de conjunto residencial de baixa renda instalado a cerca de 15 metros da pista de rolamento de uma das vias mais movimentadas do município de São Paulo. São 5 condomínios já instalados nestas condições na área objeto de estudo, e a LPUOS incentiva, por meio das ZEIS 2, 3 e 5, o uso de mais 7 áreas, totalizando 12 ao longo da Marginal Tietê

Figura 7: Foto do Conjunto Habitacional Cingapura na Freguesia do Ó

Fonte: PALMA, M. I (2018).

Ao todo, no Arco Tietê, são 166 ZEIS, assim distribuídas: 29 ZEIS-1, 8 ZEIS-2, 119 ZEIS-3 e 11 ZEIS-5, conforme demonstradas na Figura 5.

A escolha das ZEIS como áreas a serem estudadas ao longo da Marginal Tietê e no Arco Tietê deu-se em virtude da importância que esse zoneamento tem no adensamento urbano, bem como as condições dos condomínios instalados ao

longo da Marginal Tietê, em que preponderam os destinados para a população de baixa renda, e, em muitos casos, demonstraram estar muito próximos às vias. Também serão avaliados outros receptores sensíveis observados no local, como escolas e residências horizontais.

1.3 Pesquisa qualitativa

Para melhor compreensão do tema são utilizadas algumas referências bibliográficas no intuito de demonstrar a conscientização e os efeitos da poluição sonora na saúde da população.

Na abordagem de risco utilizam-se as reflexões de Giddens (1991) e Beck (2010). Quanto ao ordenamento do uso do solo, será avaliada a legislação incidente no ponto de vista do interesse social e do meio ambiente, utilizando as contribuições críticas de Acselrad (2017). Nas discussões de efeitos na saúde, legislação e métodos de mitigação, seguem-se as publicações da WHO e as pesquisas de Babisch (2014), Ising e Braun (2000) e Murgel (2007). E por fim, sobre os mapas de ruído, são utilizadas as normativas europeias, experiências de cidades brasileiras e de outros países, tendo como base a pesquisa de Vianna (2014).

1.4 Pesquisa quantitativa

A pesquisa quantitativa foi realizada a partir da obtenção de dados na PMSP. Após tratamento por métodos da estatísticos e geoestatísticos foi possível demonstrar o grau de poluição sonora causada por tráfego de veículos automotores na área da pesquisa. Segue uma breve descrição dos dados quantitativos e como se deu o tratamento dos mesmos.

Atualmente, as prefeituras têm utilizado ferramentas de SIG em sua gestão. No caso da prefeitura de São Paulo, o mapeamento digital das vias, edificações, altimetrias, quadras, lotes, uso do solo, saúde, educação e muitos outros temas estão disponíveis no portal eletrônico GeoSampa. Outras secretarias têm mantido bancos de dados geográficos sobre temas de seus interesses, que após tratamento e análise espacial

podem ser utilizados para diversas aplicações de planejamento urbano e de controle no meio ambiente.

A CET estima a quantidade de veículos nas principais vias da capital, armazenando os dados geoespaciais no programa canadense EMME-2. O uso desses dados, em especial as médias dos tráfegos das vias no horário de pico da manhã, velocidade e capacidade de fluxo, em conjunto com o mapeamento do GeoSampa, deu suporte para estabelecer, por meio da geomodelagem, relações do tráfego de veículos e dos níveis de ruídos nos receptores sensíveis, como escolas, hospitais residências e novas áreas residenciais definidas pelo novo zoneamento.

1.4.1 Predição do ruído

A realização desta pesquisa, com a utilização dos dados espaciais, pode demonstrar o comportamento do ruído nas principais vias do município de São Paulo. O *software* de SIG, QGIS, com a ferramenta OpeNoise, aceitam 8 tipos de entrada de dados espaciais, conforme demonstrado na Figura 8.

Além dessas variáveis de inserção de dados apresentados na Figura 8, o *plugin* OpeNoise aceita alterações na humidade relativa do ar e na temperatura atmosférica, que exigem gradientes de correção.

Após a inserção dos dados no *software*, é realizado o cálculo geoespacial, considerando os diversos caminhos das fontes de ruído aos receptores. A Figura 9 ilustra como o *software* atua.

O tipo de tráfego utilizado seguiu o preconizado no EIA/RIMA da Marginal Tietê (SÃO PAULO, 2008), que considera os níveis de serviço do *HCM – Highway Capacity Manual*, para fluxo de 70 Km/h, conforme a Tabela 2.

Para as vias locais, como a CET não registra a distribuição dos veículos/hora para cada via, apenas informa os conectores, foi utilizado um cálculo para a distribuição que considera a soma dos veículos/hora, dos conectores por zonas de simulação, dividido pela soma dos comprimentos das ruas e avenidas locais, e por conseguinte, multiplicado pelo valor de comprimento de cada via (HABERMANN *et al*, 2014).

Figura 8: Entrada e saída de dados do plugin OpeNoise do software QGIS

Fonte: QGIS Python Plugins Repository. Disponível em
<<https://plugins.QGIS.org/plugins/opeNoise/>> acessado dia 9 de maio de 2016. Org.: PALMA,
M. I.

Figura 9: Raio de cálculo dos níveis de ruído (QGIS e OpeNoise)

Fonte: Geoportale Arpa Piemonte. Disponível em <<http://webgis.arpa.piemonte.it/>> acessado em 10 de maio de 2016.

Tabela 2: Tipo de fluxo utilizado na entrada de dados das simulações

Nível	Volume de Tráfego e Capacidade da Via	Descrição	Entrada de dados nas simulações
A	$0 \leq V/C < 26\%$	Fluxo livre	Continuos
B	$26 \leq V/C < 41\%$	Fluxo razoavelmente livre	
C	$41 \leq V/C < 59\%$	Fluxo estável	
D	$59 \leq V/C < 81\%$	Fluxo quase instável	Pulsed accelerated
E	$81 \leq V/C < 100\%$	Fluxo instável	Pulsed decelerated
F	$100 \leq V/C$	Fluxo forçado ou de ruptura	

Fonte: HCM – Highway Capacity Manual apud EIA/RIMA da Marginal Tietê (SÃO PAULO, 2008) Org.: PALMA, M. I.

A ferramenta OpeNoise adota métodos computacionais internacionais para realizar o cálculo geoespacial, conforme descrito pela *Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale* - ARPA Piemonte (2014, tradução nossa):

*“O cálculo se baseia no método de cálculo computacional Francês NMPB-Routes-96, conforme indicado na DIRETIVA 2002/49/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 25 de Junho de 2002, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente”.*¹⁰

Esta ferramenta permite a elaboração de mapa de ruído 2D (bidimensional), que é um instrumento aplicado ao planejamento urbano e para a tomada de decisões dos técnicos de Licenciamento Ambiental. Apresenta-se com a vantagem de utilizar *plugin* e *software* gratuitos, podendo o conhecimento de sua utilização ser replicados a outras cidades, mesmo as de baixa arrecadação.

Portanto, a geomodelagem do ruído proposta avalia a situação atual e a situação planejada pela LPUOS.

Quanto às limitações deste instrumento, vale ressaltar que o *plugin* OpeNoise modela a dispersão do ruído em superfícies 2D (bidimensional)¹¹, considerando a distância entre a fonte de ruído linear e os pontos receptores. O cálculo dos pontos receptores é realizado a 4 metros da superfície. São consideradas difrações do som de 1º ordem. E por fim, o tipo de superfície geomodelada é somente a plana, portanto, sua utilização é limitada, não recomendada para projetos específicos que exigem maior precisão.

Segundo Didac (2016), que fez uma pesquisa de validação e comparação do *plugin* OpeNoise com o software proprietário Predictor-LimA, o OpeNoise retornou uma correlação de confiabilidade de R=0,86, enquanto no Predictor-LimA, o resultado foi de R=0,97

Os dados da CET são secundários, portanto limitados. Não há dados para o período noturno e há um baixo índice de veículos pesados nas vias. Os técnicos da CET foram indagados a respeito da falta de dados de veículos pesados. Eles responderam que a CET não considera os caminhões em vias cujo tráfego de veículos pesados não é permitido em certos horários, não levando em conta, portanto, que

¹⁰ Fonte: QGIS Python Plugins Repository, disponível em <<https://plugins.QGIS.org/plugins/opeNoise/>> acessado dia 9 de maio de 2016.

¹¹ Conforme explicado por Murgel (2007, p. 111), em um ambiente simulado em uma avenida hipotética, se no térreo um ruído chega Leq 72,3 dB(A), no 3º andar o Leq 71,0 dB(A).

existem os veículos isentos e também os veículos que trafegam irregularmente, ou mesmo as situações em que em certos horários os veículos pesados são liberados.

Os dados de ônibus hora da SPTrans são considerados, para efeito de predição no OpeNoise como veículos pesados, acima de 3,5 t, assim definido pelo *NMPB-Routes-96*.

Os resultados encontrados em campo possuem mais variáveis, como o trânsito de motocicletas, que não constam nos dados do EMME-2. As rotas de helicópteros existentes na Marginal Tietê, por conta da proximidade com o aeroporto de Campo de Marte, são outros tipos de variáveis expressivas que também podem interferir nos resultados comparativos.

Quanto à predição do ruído, a fim de avaliar as medidas mitigadoras possíveis para a poluição sonora da Marginal Tietê, foram realizadas simulações com 4 cenários que levam em consideração tipos de pavimentos e velocidades.

1.4.2 Pesquisa de campo

A pesquisa de campo foi realizada por meio de campanhas de monitoramento de ruído ao longo da Marginal Tietê e do Arco Tietê, sempre em áreas com receptores sensíveis, como residências e escolas, ou mesmo lugares propensos a adensamento populacional, como as ZEIS.

Para a realização dos trabalhos de campo foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Medidor de Nível Sonoro modelo 971, tipo 1, com bandas de oitava da marca SVANTEK, com Certificado de Calibração nº 1811/2017 emitido em 12/abr/17 pelo laboratório Almont Lab acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) para cumprimento da NBR 10.151:2003. (Anexo);
- Calibrador de Nível Sonoro modelo QC-10, especificações ANCI S1.40-1984 e IEC 942:1998 Classe 1. Frequência: 1000 Hz. Amplitude: 114 dB. Exatidão: +- 0,3 dB @ 20C 760mmHg da marca QUEST(USA); e,
- GPS: Marca Garmin, modelo eTrex Vista HCx, com altímetro barométrico.

Também foi utilizado o *software* Supervisor para processamento do *Datalogger* das medições, cujos resultados encontram-se no Anexo A.

As medições foram executadas de acordo com a NBR 10.151/2003, sendo que os aparelhos utilizados atendem à *International Electrotechnical Commission* (IEC) 60651 e 60804.

Para cada ponto medido o tempo avaliado foi de 15 minutos, o aparelho foi posicionado a uma altura superior a 1,2 metros e direcionado à fonte de ruído (trânsito de veículos). Sempre que possível foi observada a distância mínima de 2,0 metros de qualquer obstáculo que se encontrasse nas proximidades, conforme fotos em Figura 10 e resultados no ANEXO A.

O aparelho foi calibrado antes de cada campanha, os níveis de pressão sonora foram apresentados na forma ponderada pela curva de resposta em frequência “A” e a chave seletora do aparelho foi ajustada para o tempo de resposta rápida (*fast*).

Figura 10: Fotos da campanha de monitoramento de ruído. No detalhe, sonômetro instalado

Fonte: PALMA, M. I (2017).

As campanhas de medições de ruído foram realizadas dia 6 e 7 de dezembro de 2017, quarta-feira e quinta-feira, com o calendário escolar ainda ativo, nos locais assim definidos na Figura 11. Foram evitadas condições de trânsitos anormais, como vésperas de feriados, segunda-feira e sexta-feira.

Figura 11: Locais da campanha de monitoramento de ruído

Fonte: Geosampa. Projeção: UTM, Datum: SIRGAS 2000, Fuso 23k Sul. Org: PALMA, M. I.

Enfim, a pesquisa de campo tem por objetivo colacionar os resultados apresentados no mapa de ruído desta pesquisa, bem como efetuar um comparativo histórico com as campanhas de medições de ruído realizadas pela DERSA nos anos de 2008, 2009 e pela SVMA em 2011.

CAPÍTULO 2 – DISCUSSÃO DA BIBLIOGRAFIA

A alteração da qualidade do ar nas cidades é um importante fator da poluição ambiental urbana, que tem como principais fontes de poluição as oriundas dos veículos automotores, que geram não só poluição atmosférica, mas também a poluição sonora (WHO, 1999; LACERDA *et al* 2005 e MURGEL, 2007). Este capítulo avalia a literatura sobre a conscientização do problema ambiental na contemporaneidade, fazendo uso de autores como Beck (2010), Giddens (1991) e Hannigan (1995). É realizada uma discussão sobre o interesse social e a questão ambiental no zoneamento urbano do município de São Paulo. Na sequência, discorre-se sobre os efeitos danosos que a poluição sonora causa à saúde. Em seguida, realiza-se uma revisão da legislação, apresentando tendências e exemplos de outros países sobre a discussão do ruído. Os métodos de mitigação dos ruídos provindos de veículos automotores também são discutidos, fatores como a velocidade da via, o tipo de pavimento utilizado e as barreiras podem provocar mudanças significativas nos níveis de decibéis.

Por fim, traça-se um esboço sobre a importância dos mapas de ruídos no planejamento urbano, como ferramenta de gestão, tanto no licenciamento ambiental como na saúde pública.

2.1 Conscientização do problema ambiental na sociedade de risco

A urbanização e o aumento do uso do transporte individual nas cidades brasileiras nos últimos anos, com abertura de vias e grandes avenidas, como visto no item problematização da pesquisa, leva uma reflexão sobre o modelo de crescimento. Souza (2006, p. 61) questiona o modelo adotado “*Pode-se chamar ‘desenvolvimento’ uma mudança em que se desconsideram os ‘efeitos colaterais’ em termos sociais e ambientais?*”. Entende-se, portanto, que o desenvolvimento vai além do crescimento econômico, ele abrange questões sociais de toda ordem, como saúde, qualidade de vida, bem-estar, convívio e lazer.

O crescimento dos países era medido sob o viés puramente econômico, a partir de indicadores como o Produto Interno Bruto (PIB). No entanto, com o passar das décadas, ficou evidente que apesar do crescimento econômico mostrar certo vigor muitos países, havia aumento da desigualdade e da degradação do meio

ambiente. Diante desta incógnita, surge então entre os economistas neoclássicos, o conceito de desenvolvimento econômico, que para eles, agrega não só os indicadores econômicos, mas também os sociais e os de bem-estar da população (LÉLÉ, 1991, p. 609).

Com a publicação do Relatório Brundtland em 1987, intitulado Nosso Futuro Comum, o meio ambiente passa a ser internalizado em um novo modelo de desenvolvimento, denominado Desenvolvimento Sustentável, que em suma sugere *“satisfazer as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”* (BRUNDTLAND, 1991).

A noção de desenvolvimento aqui referenciada pode ser mais bem explorada, se levarmos em conta situações que podem constranger ou limitar as melhorias socioambientais, ou seja, as situações que comprometem o meio ambiente, a saúde e o bem-estar, assim como as situações de risco.

A definição de risco segue as contribuições de Giddens (1991) e Beck (2010), ainda que haja diferenças de entendimento do conceito de risco entre os dois autores, conforme explica Alexandre (2000, p. 166)

“Beck culpabiliza a Ciência (os grandes laboratórios químicos, por exemplo) como responsável pela imensa produção de riscos sociais e ambientais. Giddens apenas consegue apreender o significado social de uma sociedade de produção de riscos, mas não aponta para soluções. A sociedade para Beck deve parar. O poder conferido a eficiência da Ciência em produzir aquilo de que precisamos (será que precisamos?) para nossas vidas deve ser revisto radicalmente.”

Ainda que se leve em conta estas diferenças de interpretação, nesta pesquisa considera-se risco todas as sequelas criadas pela sociedade moderna, mesmo àquelas que ainda são desconhecidas ou incertas.

Para melhor entendimento, é necessário separar a definição de perigo e de risco. Giddens (1991, p. 36) distinguiu perigo de risco, apesar de estas noções estarem intimamente relacionados. Esse autor focou a discussão em pares distintos: segurança *versus* perigo e confiança *versus* risco. Perigo tem como referência às causas externas, ou as causalidades. Risco é um dano provável, a probabilidade de ocorrer a partir da escolha de um ato, mesmo que os indivíduos envolvidos não estejam conscientes do quanto estão se arriscando.

Ainda nesta linha de risco, mesmo que ainda não comprovados seus nexos causais, no momento em que há incertezas questionáveis, emerge-se um princípio ambiental e social - o princípio da precaução. Este deve ser aplicado em problemas ambientais cujas consequências ainda não são comprovadas.

Deste modo, o efeito social das definições de risco não depende de sua solidez científica, mas sim das incertezas levantadas por pesquisadores (BECK, 2010, p. 38).

Diante da incerteza, Beck (2010, p. 87) afirma que enquanto os riscos não forem cientificamente reconhecidos, eles não “existem”, ou seja, ou a ciência de avaliação de risco evolui, ou permaneceremos sujeitos às circunstâncias.

Face ao aumento da poluição sonora, é importante uma conscientização sobre os efeitos que o ruído pode ocasionar à saúde humana, como será visto no item 2.4. O ruído urbano, mesmo em uma intensidade que não causa incômodo ou irritabilidade às pessoas, deve ser visto como um risco que abrange grande parte da população urbana, mesmo que esta ainda não tenha consciência do problema.

Ainda é incipiente o reconhecimento da poluição sonora como causadora de problemas de saúde pública¹². Todavia, a consciência do problema começou a se fortalecer apenas a partir de 1972 com a conferência de Estocolmo, em que se inserem o bem-estar e a qualidade da saúde da população na discussão ambiental. A partir de então, foi introduzido na agenda pública mundial propostas para redução dos danos causados ao meio ambiente e à saúde através da criação de leis e normas, que orientaram os diferentes governos.

No Brasil, apesar de grande interessado no tema ambiental, algumas normas que surgiram a partir destas propostas não foram muito efetivas, inclusive atualmente, são mais permissíveis que o recomendado pela WHO (1999) e não chegam a corresponder às necessárias para estabelecer o bem-estar e a saúde pública.

A relação entre saúde e ambiente ganhou maior destaque mundial com a publicação da Carta de Sofia, em 1993, pela OMS. Dela emerge o conceito de Saúde ambiental¹³ que

"são todos aqueles aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras" (OMS, 1993 apud RIBEIRO, 2004, p. 72).

¹² O ruído ambiental é uma ameaça à saúde pública, com impactos negativos na saúde e bem-estar humano. (WHO, 2009, tradução nossa).

¹³ No Brasil, na década de 70 e 80, apesar de não adotar o termo Saúde Ambiental, surgiram diversas definições de parâmetros por órgãos ambientais visando a garantia da saúde humana. Ribeiro (2004, p. 77) diz que essas medidas no Brasil, a “despeito de ser uma política setorial, desvinculada do setor saúde, [...] trouxe alguns resultados positivos, com reflexos nas condições de saúde”.

Uma década depois, a WHO (2004) lançou um programa para desenvolver indicadores de Saúde Ambiental, que abrange assuntos distintos, como água, habitação, esgoto e ruído. Entretanto, ainda há controvérsias e interesses políticos e econômicos a serem refinados, tanto que os parâmetros para o ruído ainda são divergentes no que se refere à saúde e ao meio ambiente.

Geralmente, as instâncias definidoras de parâmetros de qualidade e proteção se baseiam na produção científica e a comoção pública para servir de base para ação, mas nem sempre atingem o almejado pela produção científica. Como relatado pelo Professor Saldiva (2016)¹⁴, em entrevista para a Revista FAPESP, em que afirma que sua maior luta no momento é fazer o Brasil adotar um padrão de qualidade do ar mais restritivo. Saldiva (2016) vê dificuldades da esfera acadêmica e do planejamento em colocar as políticas urbanas como centradas na qualidade de vida da população.

“A medicina está preparada para tratar de questões ambientais relacionadas a doenças com causas concretas, como as transmitidas por insetos. Porque sempre foi assim, desde os tempos de Oswaldo Cruz, e ainda não damos a devida atenção para as alterações causadas pelas novas formas de organização de vida, como o câncer, a obesidade e as doenças mentais.”

Assim como na medicina, a cobertura da mídia também demonstra maior interesse quando o assunto está relacionado aos desastres ambientais, não manifestando muito interesse em assuntos ligados às previsões dos riscos menos conhecidos, bem como nos problemas de saúde pública, que são mais complexos, de causas difusas e ocorrem em longo prazo, oriundos de problemas ambientais (PIDGEON, 2003).

Hannigan (1995, p. 139, tradução nossa) expõe a seletividade da grande mídia ao afirmar que *“os meios de comunicação de massa não são indiscriminadamente atraídos pelo risco. Na verdade, a mídia dominante é mal preparada para manter a atenção a qualquer ameaça futura particular (por mais “real” ou “imaginária”)*”.

Somado a isso, a academia tende a difundir discursos e estudos controversos. Tais divergências de opiniões se devem na maioria dos casos, por influência das questões políticas ou econômicas que nem sempre são legítimas. Neste contexto, os impactos ambientais e suas consequências se recrudesçam, enquanto o debate público, que orienta e favorece a adoção das ações políticas através da pressão popular e pelos interesses melhor estabelecidos, é por vezes manipulado ou confundido pelas controvérsias dos pesquisadores (HANNIGAN, 1995).

¹⁴Paulo Saldiva é Médico patologista e professor da Faculdade de Medicina da USP. Foi membro do comitê que estabeleceu os padrões de qualidade do ar e do comitê que definiu o potencial carcinogênico da poluição atmosférica, ambos da OMS (Fonte: Jornal da USP 2016). A entrevista foi concedida em março de 2016 para a revista Pesquisa FAPESP, Paulo Saldiva: Por uma cidade mais saudável.

Neste sentido, as pesquisas podem surgir de interesses econômicos, que as financiam e tendem a manipular dados, acabando por determinar parâmetros permissíveis ou não. Desta forma, tanto a pesquisa científica quanto a mídia podem ser politizadas, em atendimento a interesses econômicos, já que são os mesmos agentes que as financiam.

Nessa arena de disputas politizadas, *“aqueles que apontam os riscos são difamados como ‘estraga-prazeres’ e produtores de riscos [...] Os efeitos para o ser humano e o meio ambiente por eles apontados são tomados por ‘exageros desmedido’”* (BECK, 2010, p. 55). Neste ponto, Beck (2010) diz que a ciência é o agente que evidencia o risco, e os desenvolvimentistas, principalmente os de terceiro mundo, são os agentes críticos dessas ciências, que as acusam de exageros, isto se dá pela carência material, *“onde a pressão da subsistência imediata se afrouxa ou se desfaz, ou seja, em situações (e países) mais ricos e mais bem salvaguardados, que a consciência do risco e a mobilização se desenvolvem”* (BECK, 2010, p. 62).

Além dos riscos incertos, que dependem da ciência, existem os riscos que emergem na sociedade moderna, e que aos poucos são descobertos. Dentro destas condições de urbanização que expõem a população aos riscos de saúde, à insuficiência da ação pública e diante da falta de uma política ambiental urbana, Jacobi *et al* (2006, p. 6) explica que os *“riscos contemporâneos explicitam os limites e as consequências das práticas sociais, trazendo com eles um novo elemento: a ‘reflexividade’”*.

“A reflexividade da vida social moderna consiste no fato de que as práticas sociais são constantemente examinadas e reformadas à luz de informação renovada sobre estas próprias práticas, alterando assim constitutivamente seu caráter” (GIDDENS, 1991, p. 39).

A comunidade de pesquisadores reconhece essa reflexividade, ainda que tardiamente. Já no meio político, de onde partem as decisões baseadas do meio técnico, a definição de normas e padrões, através de leis, decretos e resoluções, são mais procrastinadas, e em muitos casos, acabam sendo mais permissíveis do que o idealizado pela pesquisa científica e se aproxima da realidade encontrada na cidade. Quando isto acontece, Saldiva (2016) acredita que se deve pensar que:

“no momento em que se mostra a desconformidade entre as metas e a realidade, cria-se o movimento para mudança. Os pesquisadores, médicos e outros profissionais da saúde têm de participar da busca de soluções para esses problemas.”

Esses problemas devem ser abordados de forma multidisciplinar, envolvendo órgãos públicos, instituições de ensino, profissionais, pesquisadores e demais partes interessadas, para que se possa dar conhecimento de determinado problema. Mas isto ainda é um desafio.

Saldiva (2016) também diz que a produção acadêmica deve se aproximar de ONGs e da grande imprensa para dar publicidade de questões relacionadas

à saúde pública e ao meio ambiente, de modo que a discussão chegue mais rápido ao legislativo e ao executivo.

A publicidade da pesquisa é quase que restrita a publicação de artigos científicos e estes passam a nortear a elaboração e implantação de políticas públicas, mesmo que de forma ainda não satisfatória. Neste argumento, urge uma reflexão dessa pesquisa. Dar publicidade e sensibilizar a população exposta ao ruído, e também, mostrar ao poder público que as ações de baixo custo, como a redução de velocidade de uma via, podem fazer a diferença de forma a reduzir os níveis de decibéis da poluição sonora e, por conseguinte uma melhora na saúde da população.

“O diálogo a respeito da qualidade, juntamente com aquele concernente às políticas científicas, deve ser estendido a todos os afetados por determinada questão, desde que estejam comprometidos com um debate genuíno” (FUNTOWICZ e RAVETZ, 1997). Corroborando com Saldiva, entende-se que alcançando a opinião pública, insere-se a sociedade civil na discussão, o que anima o debate político, a transparência dos interesses econômicos e a elaboração de normas no legislativo e executivo.

Com base no trabalho de Beck (2010), observa-se que em relação às sequelas da sociedade moderna, o estado tem um papel fundamental no controle e na correção destes problemas, ainda que a crise socioambiental iniciada na modernidade, por modelos privados, continue expressando sua impossibilidade de controle sob suas ameaças e riscos, até então ocultas.

Assim, quando a sociedade se torna reflexiva, *“se reconhece como causadora dos riscos que a afetam, e, por isso mesmo, clama pelo controle das ameaças criadas por ela própria”* (ZANIRATO et al, 2008, p. 221).

No entanto, ainda, há uma ausência de publicidade e principalmente de consciência dos problemas da poluição sonora, que ficam evidentes na entrevista com moradores do entorno da Marginal Tietê realizada pelo Jornal O Estado de São Paulo¹⁵ (2011). Ao ser questionada sobre o ruído do tráfego, a moradora responde:

“Mas não incomoda. Moro aqui faz dois anos e já estou bem acostumada. Eu, meu marido e meus filhos dormimos sem problemas. Quando vou para um lugar silencioso é que fico incomodada”¹⁶.

Neste ponto, vale lembrar Beck (2010, p. 93), que ao analisar a consciência pública do risco, afirma que os riscos imperceptíveis, os que não são

¹⁵ Notícia veiculada na edição de 14/04/2011, do Jornal O Estado de São Paulo: “Nova Marginal extrapola limite de ruído”.

¹⁶ A prática de se expor a altos níveis de pressão sonora nas grandes cidades, em ambientes de trabalho e lazer pode ocasionar lesões auditivas irreversíveis além de gerar um vício semelhante ao do cigarro ou drogas em geral. Ver notícia “Abaixe o volume! - Barulho gera vício semelhante ao das drogas”, disponível em <<http://abp.org.br/portal/clippingsis/exibClipping/?clipping=166>> acessado dia 05 de fevereiro de 2017.

visíveis, são os que suprimem a própria suscetibilidade à ameaça. Deste ponto de partida emerge outro tipo de risco, o da negação da sociedade, enquanto os riscos não se concretizarem na sociedade atual.

Weber (2010 *apud* DI GIULIO *et al*, 2015, p. 1219) define a diferença das percepções dos cientistas e a do público:

“para os cientistas essas percepções são baseadas fortemente no processo de análise e nos resultados obtidos com o uso de ferramentas analíticas, para o público as percepções vão sendo construídas em meio a um processo de associação e de afetividade, baseado nas informações que os indivíduos têm, na atenção que dispensam ao assunto e na confiança nos dados divulgados”.

Renn (2008), ao analisar risco e governança, destacou quatro atores: partes interessadas (*stakeholders*), público diretamente afetado, observadores (mídia) e público em geral.

Dentre estes quatro atores no processo participativo, a mídia possui um papel importante. É ela que revigora a esfera pública, podendo criar ou definir novos rumos em determinada problemática. Conforme Hansen (*apud* DI GIULIO *et al*, 2015, p. 1222), os *“Jornalistas têm, assim, a responsabilidade de contestar, desfazer mitos, investigar e produzir criticamente suas análises sobre essas incertezas para o público, relacionando-as às experiências da vida moderna”.*

Como visto, a produção científica quando atinge a mídia, leva a comoção pública, que subsequente torna-se base para a ação. Para assim, o debate se tornar político. Portanto, é possível traçar uma sequência de atos da reflexividade: produção científica, mídia, conscientização da população, meio político e por fim, a tomadas de ações do poder executivo ou do setor privado.

No entanto, ainda falta conscientização no que diz respeito à poluição sonora por parte da população afetada, em especial a de baixa renda. Nos exemplos a seguir, foram selecionadas três notícias veiculadas na grande imprensa sobre o combate à poluição sonora, com grande quantidade de acesso na *internet* e destaque nos sites de buscas, conforme resumidas e contextualizadas abaixo:

- a) *“Moradores reclamam da construção de barreiras em vias expressa”*: Moradores do entorno das Linhas Vermelha e Amarela do Rio de Janeiro reclamaram da instalação de barreiras acústicas. Um dos moradores afirma: *“A gente já convive e gosta de um barulho, de carro, de polícia, de sirene de ambulância. Viver sem barulho é vegetar. A prefeitura quer é iludir o pessoal*

que vem de fora. No vídeo da Olimpíada, eles não botaram as favelas. Querem tapar, mas as pessoas têm que ver nossa cidade como ela é afirma.”¹⁷;

- b) “*Após 7 anos, Rodoanel ganha barreira acústica*”: No condomínio abastado Tamboré I, as margens do Rodoanel Sul de São Paulo, os moradores conseguiram na justiça a instalação de barreiras acústicas¹⁸, sendo o projeto estendido até o bairro vizinho, Parque Imperial, que é composto de moradores de menor renda, no entanto, não houve mobilização dos moradores do Parque Imperial e a instalação ocorreu apenas no condomínio Tamboré;
- c) “*Nova Marginal extrapola limite de ruído*”: Em 2011, quando o Desenvolvimento Rodoviário S/A (DERSA) concluía as obras de ampliação da Nova Marginal Tietê, o Jornal O Estado de São Paulo¹⁹, questionando a necessidade de barreiras acústicas, realizou entrevistas com moradores do entorno, os quais afirmaram que o barulho produzido pelos veículos na Marginal Tietê não os incomodavam.

Dentre os três recortes de notícias contextualizados referentes à poluição sonora oriunda de tráfego de veículos, observa-se que em duas destas, a mídia sequer abordou os problemas de saúde causados pela poluição sonora, dando mais destaque a instalação ou não das barreiras acústica. Nem ao menos fizeram justificativas para implantação de tais dispositivos. A exceção foi o Jornal O Estado de São Paulo, que a época possuía um repórter especializado em meio ambiente.

Também se observa pelas notícias acima, que a população de bairros mais nobres tem maior consciência dos problemas de incomodidade e de saúde que a poluição sonora provoca, com maior poder de reivindicação de seus direitos. Quando o poder público agiu de modo unilateral, instalando barreiras acústicas em bairros de população de menor renda, os projetos foram refutados pelos moradores.

¹⁷ Notícia publicada no Jornal do Brasil, em 13/10/2009. Moradores reclamam da construção de barreiras em vias expressa. Disponível em <<http://www.jb.com.br/rio/noticias/2009/10/13/moradores-reclamam-da-construcao-de-barreiras-em-vias-expressas>>.

¹⁸ Notícia publicada em 15 de dezembro de 2010, Jornal O Estado de São Paulo, com o título “Após 7 anos, Rodoanel ganha barreira acústica”. Disponível em <<http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,apos-7-anos-rodoanel-ganha-barreira-acustica-imp-653720>>.

¹⁹ Notícia veiculada na edição de 14 de abril de 2011, Jornal O Estado de São Paulo: “Nova Marginal extrapola limite de ruído”.

Analisando o papel da mídia no que tange o assunto da poluição sonora, as notícias, da forma que foram veiculadas, com exceção do Jornal O Estado de São Paulo, não apresentaram elementos essenciais para subsidiar o diálogo que conduza a uma maior reflexividade da população, isto se deve a carência de um jornalismo especializado nas questões de ambiente e saúde e o pouco espaço dado a esse tipo de jornalismo.

Por isso é importante que a mídia se baseie mais nos conhecimentos científicos, para garantir acesso à informação de maior qualidade, pois só é possível iniciar um diálogo “*quando há o reconhecimento de que aquelas pessoas que vivenciam o risco também possuem seu próprio conhecimento sobre os problemas que as atingem*” (DI GIULIO *et al* 2010, p. 284).

O diálogo que promove o conhecimento sobre a poluição sonora inicia a partir da educação ambiental, que é de responsabilidade de todos os entes da federação e se estende pelo poder público municipal, responsável pelo ordenamento do solo. Portanto, seria apropriado o município comunicar a áreas da cidade mais ruidosas, a fim de acesso às informações técnicas do espaço urbano.

É importante que haja iniciativas para a construção do conhecimento coletivo, para que no futuro próximo a população possa exigir ações de controle e combate ao ruído urbano.

No entanto, ainda são poucas as iniciativas de divulgação da poluição sonora. Dentre elas, há uma tentativa do *International Noise Awareness Day* - INAD, órgão internacional ligado ao CHC (*Center for Hearing and Communication*), para a sensibilização da população. Com 44 países membros, há 21 anos o INAD instituiu o Dia Internacional de Conscientização sobre o Ruído, promovendo várias atividades e campanhas de conscientização, que vêm sendo realizados no Brasil desde 2008, esclarecendo a população sobre os riscos da sua exposição. A foto da Figura 12 mostra como foi o Manifesto do Silêncio em 2017, quando o Monumento às Bandeiras, no município de São Paulo, ganhou protetores de ouvidos.

Figura 12: Foto da campanha denominada “Manifesto do Silêncio”, realizada em abril de 2017

Fonte: PALMA, M. I (2017).

Também surgiram novas formas de tecnologias de comunicação e disseminação de informações que são importantes instrumentos de conscientização dos problemas do ruído, a exemplo dos aplicativos de celulares *mobile* disponíveis para tais funções, que permitem realizar medições e mapeamento do ruído. Com a participação de cidadãos comuns, D'Hondt *et al* (2011, tradução nossa) diz que na era digital, a população consegue difundir os conceitos da ciência cidadã, pois ao lidar

“com a percepção participativa e com os dados ambientais, cria-se em essência uma versão digital da ciência cidadã, que antecede a computação, difundida por mais de um século. A ciência cidadã é a ideia de ter voluntários sem treinamento científico realizando tarefas relacionadas à pesquisa, como observação, medição ou computação”.

No que se refere à educação ambiental, Borges Filho (2016, p. 40) traz um exemplo de como conscientizar a população sobre a poluição sonora. Em sua dissertação *“Conscientização acerca da poluição sonora: relato de caso em uma escola de educação de jovens e adultos”* foi utilizado um instrumento pedagógico denominado pesquisa-ação²⁰ num grupo de alunos de jovens e adultos, gerando resultados qualitativos para conscientização do risco da poluição sonora, conforme relatório final foi observado os seguintes relatos:

“Comecei a valorizar mais os lugares sem barulho”

“Me ajudou no meu trabalho a usar protetor de ouvido”

“Mudei hábitos errados que cometia com fones de ouvido”

“Muitos não sabem o quanto o barulho causa danos à saúde”

No quesito de aprendizagem social, que Harmonicop (2003a *apud* JACOBI *et al*, 2006, p. 7) define como *“aprender junto para compartilhar”*. Segundo Borges Filho (2016, p. 40) os alunos apresentaram os seguintes resultados:

“Conversei com meu marido falando sobre os ruídos, pois ele deve usar em seu serviço protetores de ouvido”

“Comentei com parentes e com os colegas de trabalho”

²⁰ *“A pesquisa-ação intenciona a transformação participativa, em que sujeitos e pesquisadores interagem na produção de novos conhecimentos” possuindo caráter formativo-emancipatório (FRANCO, 2005, p. 483).*

Borges Filho (2016, p. 53) concluiu que espontaneamente o grupo investigado não percebe o ruído como um agente nocivo à saúde ou ao meio ambiente, mas, após a intervenção, houve mudança de comportamento no grupo estudado.

Em suma, a construção da conscientização sobre a poluição sonora é algo que deve ser realizado conjuntamente, entre população afetada, pesquisadores, educadores e mídia, visando alcançar os poderes legislativo e executivo, somente assim, a sociedade global se torna “reflexiva” e “se vê obrigada a se autoconfrontar com aquilo que criou, seja de positivo ou de negativo” (JACOBI et al, 2006, p. 6).

2.2 Ordenamento do uso do solo e o interesse social

O Estatuto das Cidades, criado pela Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, foi um marco na implantação de uma política urbana, antes previsto apenas nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988. Esta lei tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana (art. 2 da referida lei).

O Plano Diretor é um dos instrumentos do Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001), e tem por objetivo o ordenamento do uso solo, como base para a política de desenvolvimento e de expansão urbana. A lei que implanta o Plano Diretor de um município deve ser revista a cada dez anos, assim definido pelo parágrafo terceiro do art. 40.

No município de São Paulo, o Plano Diretor vigente foi aprovado em 2014, e logo no § 1º Art. 1º, traz a seguinte redação:

“§ 1º A Política de Desenvolvimento Urbano é o conjunto de planos e ações que tem como objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado e diversificado de seu território, de forma a assegurar o bem-estar e a qualidade de vida de seus habitantes.”

No que se refere ao uso socialmente justo o próprio Estatuto das Cidades já prevê a demarcação de zonas especiais de interesse social (ZEIS) e no município de São Paulo, art. 12º da LPUOS (2016), em consonância com Plano Diretor (2014), trouxe a seguinte redação para a ZEIS:

Art. 12. As Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são porções do território destinadas, predominantemente, à moradia digna para a população de baixa renda por intermédio de melhorias urbanísticas, recuperação ambiental e regularização fundiária de assentamentos precários e irregulares, bem como à provisão de novas Habitações de Interesse Social – HIS e Habitações de Mercado Popular – HMP, a serem dotadas de equipamentos sociais, infraestrutura, áreas verdes e comércio e serviços locais, situadas na zona urbana.

No Plano Diretor do município de São Paulo (2014) foram definidos 5 tipos de ZEIS:

I - ZEIS 1 são áreas caracterizadas pela presença de favelas, loteamentos irregulares e empreendimentos habitacionais de interesse social, e assentamentos habitacionais populares, habitados predominantemente por população de baixa renda, onde haja interesse público em manter a população moradora e promover a regularização fundiária e urbanística, recuperação ambiental e produção de Habitação de Interesse Social;

II - ZEIS 2 são áreas caracterizadas por glebas ou lotes não edificadas ou subutilizadas, adequados à urbanização e onde haja interesse público ou privado em produzir Empreendimentos de Habitação de Interesse Social;

III - ZEIS 3 são áreas com ocorrência de imóveis ociosos, subutilizados, não utilizados, encortiçados ou deteriorados localizados em regiões dotadas de serviços, equipamentos e infraestruturas urbanas, boa oferta de empregos, onde haja interesse público ou privado em promover Empreendimentos de Habitação de Interesse Social;

IV - ZEIS 4 são áreas caracterizadas por glebas ou lotes não edificadas e adequados à urbanização e edificação situadas na Área de Proteção aos Mananciais das bacias hidrográficas dos

reservatórios de Guarapiranga e Billings, exclusivamente nas Macroáreas de Redução da Vulnerabilidade e Recuperação Ambiental e de Controle e Recuperação Urbana e Ambiental, destinadas à promoção de Habitação de Interesse Social para o atendimento de famílias residentes em assentamentos localizados na referida Área de Proteção aos Mananciais, preferencialmente em função de reassentamento resultante de plano de urbanização ou da desocupação de áreas de risco e de preservação permanente, com atendimento à legislação estadual;

V - ZEIS 5 são lotes ou conjunto de lotes, preferencialmente vazios ou subutilizados, situados em áreas dotadas de serviços, equipamentos e infraestruturas urbanas, onde haja interesse privado em produzir empreendimentos habitacionais de mercado popular e de interesse social.

Nas ZEIS são incentivados empreendimentos de Habitação de Interesse Social (HIS) e Habitação de Mercado Popular (HMP) conforme definição do Quadro 1 da Lei 16.050/2014:

Habitação de Interesse Social – HIS é aquela destinada ao atendimento habitacional das famílias de baixa renda, podendo ser de promoção pública ou privada, tendo no máximo um sanitário e uma vaga de garagem, e classificando-se em dois tipos: a) HIS 1: destinada a famílias com renda familiar mensal de até R\$ 2.172,00 ou renda per capita de até R\$ 362,00; b) HIS 2: destinada a famílias com renda familiar mensal superior a R\$ 2.172,00 ou 362,00 per capita e igual ou inferior a R\$ 4.344,00 ou R\$ 724,00 per capita.

Habitação de Mercado Popular – HMP é aquela destinada ao atendimento habitacional de famílias cuja renda mensal seja superior a R\$ 4.344,00 e igual ou inferior a R\$ 7.240,00 com até dois sanitários e até uma vaga de garagem, podendo ser de promoção pública ou privada;

Não significa que são proibitivos outros usos que não residenciais em ZEIS. Existe um aproveitamento mínimo destinado à habitação. A Tabela 3 traz um resumo de como devem ser aproveitadas essas ZEIS.

Tabela 3: Área do lote, percentual mínimo e usos permitidos em ZEIS

Tipo de ZEIS	Área do lote	Total de área construída
ZEIS 1	> 1000 m ²	60% p/ HIS 1 (mín.)
ZEIS 2		20% p/ HIS 1 ou HIS 2
ZEIS 3	> 500 m ²	20% p/ HMP, R ou nR (máx.)
ZEIS 4		
ZEIS 5	> 1000 m ²	40% p/ HIS 1 ou HIS 2 (mín.) 20% p/ HIS1, HIS 2 ou HMP 40% p/ HMP ou R /nR (máx.)

R = Uso residencial

nR = Uso não residencial

Fonte: Lei 16050/2014 (LPUOS). Org. PALMA, M. I.

Conforme a tabela acima, outros usos, inclusive os não residenciais, são permitidos em ZEIS.

Ademais, no caso dos Empreendimentos de Interesse Social (EHIS), mesmo que não constantes nas ZEIS, podem ser permitidos em outras zonas, inclusive nas Zonas Predominantemente Industriais (ZPIs), mediante parecer favorável da Comissão de Avaliação de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social (CAEHIS), conforme quadro 4 Anexo Integrante da Lei N° 16.402/2016.

Houve um aumento significativo no número de ZEIS neste Plano Diretor (2014) em relação ao zoneamento anterior (Lei n° 13885, de 25 de agosto de 2004). Isto ocorreu também por conta da pressão popular e dos movimentos organizados de direito à moradia²¹.

Viu-se então a ampliação da demarcação de ZEIS em locais menos favoráveis, tanto para a saúde pública quanto para o meio ambiente. São ZEIS próximas às grandes avenidas, áreas industriais ou localizadas em áreas de mananciais²².

A Tabela 4 demonstra um comparativo no município de São Paulo, das quantidades e áreas destinadas às ZEIS, entre o zoneamento de 2004 e no Plano Diretor de 2014:

²¹ Segundo o jornal *Rede Brasil Atual*, o “novo plano ampliou em 117% a área demarcada como Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis) na cidade [...]. Essa era uma das principais demandas dos movimentos de moradia da capital, que chegaram a acampar na Câmara Municipal para pressionar pela garantia desse item no plano”. Disponível: <<http://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2014/06/plano-diretor-de-sao-paulo-e-aprovado-na-camara-municipal-apos-nove-meses-de-tramitacao-3905.html>> Acessado em 01 de dezembro de 2016.

²² Nos casos das ZEIS em mananciais deverão ser observadas as leis específicas das Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM), Lei Municipal n° 16.050/2014.

Tabela 4: Comparativo de ZEIS entre a Lei a Municipal nº 13.885/2004 e a Lei 16.402/2016

ZEIS	PRE 2004		PDE 2014	
	Área em ha	Quantidade	Área em ha	Quantidade
1	12.200,20	640	13.090,30	1.702
2	773,00	147	1.487,22	493
3	591,60	145	866,95	749
4	356,60	32	472,66	71
5	-	-	624,82	396
Total	13.921,40	964	16.541,95	3.411

Fonte: Lei a Municipal nº 13.885/2004 e a Lei 16.050/2014. Org.: Palma, M. I.

Observa-se que houve uma preocupação do legislador com a questão social do direito à moradia, ainda que em detrimento da qualidade ambiental que esta população poderá estar exposta, em virtude da ampliação de ZEIS ao longo da Marginal Tietê.

O artigo 1º o Plano Diretor (2014) garante “assegurar o bem-estar e a qualidade de vida de seus habitantes”. No entanto, em algumas ocasiões, as demarcações de ZEIS foram aprovadas em áreas desfavoráveis ambientalmente, isto se deu por conta de uma série de negociações de aprovação da legislação na câmara. Por um lado, houve a pressão popular reivindicando ZEIS, por outro, moradores de bairros nobres se organizando para rejeitar as suas demarcações em seus bairros. Nessa “luta de classes”, assim chamada pela matéria da Folha de São Paulo²³, a efetivação da demarcação de ZEIS se deu em lugares menos valorizados e/ou em lugares ambientalmente desfavoráveis.

Neste ponto, convém fazer uma analogia com o estudo de Acsehrad (2002, p. 9), onde foi evidenciado que “os mais baixos custos de localização de instalações com resíduos tóxicos apontam para as áreas onde os pobres moram”.

Apesar de ter sido apresentadas duas situações diferentes, convém delinear o que os dois casos têm em comum: a perversidade lógica do mercado. O legislador atende as reivindicações dos movimentos sociais, mas também atende as demandas de mercado e das associações de bairros nobres, nessa equação se produz o que Acsehrad (2002, p. 9) chama de “desigualdade ambiental”.

O que está em jogo, na realidade, são os custos da terra, como resultado dessa equação, a demarcação de ZEIS segue a lógica de mercado e se concretiza enquanto lei nos locais já impactados ambientalmente, ou mesmo, para onde os mais pobres já moram.

²³ Matéria publicada na Folha de São Paulo em 25 de abril de 2015 – Bairros rejeitam zoneamento que garante áreas de moradia popular. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/04/1620972-bairros-rejeitam-zoneamento-que-garante-areas-de-moradia-popular.shtml>>, acessado em 15 de fevereiro de 2018.

Deste modo, não há como dissociar os problemas ambientais dos sociais. Conforme explica Acselrad (2002, p. 10) a *“denúncia da desigualdade ambiental sugere uma distribuição das partes de um meio ambiente de diferentes qualidades e injustamente dividido”*. Ou seja, recrudesce a segregação urbana por classes sociais, ao expor a população menos favorecida em locais já impactados ambientalmente.

Assim, *“a segregação espacial exprime subjugação política de certos grupos sociais por instituições que os dominados não podem controlar”* (ACSERALD, 2002, p. 12). Subjugação política aqui é entendida como a relação dos movimentos sociais com a do legislador.

O fato do legislador impor parâmetros de incomodidade no zoneamento, como tolerância máxima de ruído diurno de 55 dB (A) e até 45 dB (A) no período noturno para as ZEIS, conforme Quadro 4B da LPUOS, não significa que foram tomadas decisões técnicas focadas nas questões de relevância ambiental²⁴. Essas ZEIS foram aprovadas para atender demandas dos movimentos sociais²⁵, evidenciando a fragilidade do sistema institucionalizado de zoneamento ao gerar incoerência entre o legislado e a realidade. A LPUOS ocorreu de modo participativo, porém, no que tange a poluição sonora, foi dissociado do trabalho técnico.

Sobre o modelo do Plano Diretor, Medauar²⁶ (2002, p.16 *apud* SAYAGO e PINTO, 2004), diz que a implementação de uma política urbana

“não pode ignorar a questão ambiental, sobretudo nas cidades de grande porte, onde adquirem maior dimensão os problemas relativos ao meio ambiente, como, por exemplo: poluição do ar, da água, sonora, visual, lixo, ausência de áreas verde.”

“Por mais paradoxal que possa parecer, muitas vezes o Estado é um agente que gera a injustiça espacial ao promover ações que ampliam a desigualdade ou que promovem a degradação de uma área urbana” (RIBEIRO, 2017, p. 154).

²⁴ Conforme explicado no item 2.3., dentre seis países europeus, o ruído de trânsito está em segundo lugar no ranking de estressores ambientais da Environmental Burden of Disease (EBD) (WHO, 2011).

²⁵ Segundo o Relatório de devolutiva da revisão participativa do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, a maior parte das propostas recepcionadas referia-se às Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). As ZEIS aparecem associadas a diversos outros objetivos estratégicos, como regularização fundiária, urbanização de assentamentos precários.

²⁶ Professora Doutora da Faculdade de Direito da USP. Autora do livro Estatuto da Cidade. Lei 10.257, Comentários. MEDAUAR, Odete & ALMEIDA, Fernando Dias Menezes de (Coord.), São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002.

A produção do espaço de interesse social, desde o momento da escolha de áreas, que muitas vezes são degradados do ponto de vista ambiental, bem como do método construtivo não condizente com a saúde pública, demonstra a falta de habilidade do Estado em lidar com a pressão dos movimentos sociais que reivindicam moradias.

Essa falta de habilidade do Estado resultou na demarcação de áreas de interesse social ao longo da Marginal Tietê, em locais com altos níveis de ruído de dia e de noite, expondo seus moradores ou futuros moradores aos diversos males que a poluição sonora causa.

É fato que a NBR 15.575:2013 veio para corrigir esta distorção, visto que é válida também para a construção de habitações de interesse social, no entanto, ela ainda não vale para a habitação inteira, como será visto mais adiante.

Mesmo que haja uma tentativa da técnica em corrigir estas distorções no momento da construção das habitações, o fato é que o Estado agiu de forma fragmentária ao escolher essas áreas para serem ocupadas com habitações de baixo custo, sem ao menos considerar a qualidade de vida e o bem-estar da população que habitará nestas áreas, questões sociais e ambientais se entrelaçam entre si, uma não pode ignorar a outra. Como diz Beck (2010, p. 36) ao parafrasear uma expressão célebre: a *“racionalidade científica sem racionalidade social fica vazia, racionalidade social sem racionalidade científica, cega”*. Portanto, não se pode dissociar a pesquisa técnica de seu compromisso social, e vice-versa.

Em 2014, o município de São Paulo teve a oportunidade de estabelecer um Plano Diretor e uma LPUOS que considerasse a poluição sonora no seu zoneamento, com isso, evitaria a má experiência aqui relatada, principalmente para as habitações de baixo custo.

Assim, estando intrinsecamente relacionados, ordenamento do solo e o bem-estar da população, devem ser observados os efeitos da poluição sonora sobre a saúde pública.

2.3 Poluição sonora e os efeitos na saúde

No capítulo anterior foram apresentados conceitos básicos para entendimento de som e ruído. Conforme exposto, ruído pode ser entendido como som não harmônico, ou simplesmente aquilo que não se deseja ouvir, que causa incômodo, e poluição sonora a soma de ruídos de fontes diversas.

Podem-se distinguir os efeitos do ruído à saúde humana em auditivos e extra-auditivos. O primeiro relaciona-se à perda auditiva induzida por ruído (PAIR). A medicina laboral está mais atenta a este efeito, e os estudos comprovam que exposições por longo período a ruídos acima de 85 dB (A) provocam perdas auditivas sérias. A NR 15, amparada pela Portaria do Ministério do Trabalho nº 3.214 de 1978, estabelece limites máximos de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, que parte de 85 dB (A) para exposição de 8 horas e 115 dB (A) para 7 minutos.

Esta pesquisa contempla os efeitos extra-auditivos provocados pelo ruído, uma vez que os ruídos equivalentes medidos e simulados na Marginal Tietê não ultrapassaram 82 dB (A) no ambiente externo das residências, escolas e hospitais.

Sobre a poluição sonora como poluição ambiental e seus efeitos extra-auditivos, cabe destacar que as pesquisas foram iniciadas décadas atrás, e de início referenciavam apenas estudos da medicina laboral. Em 1978 a *Environmental Protection Agency - EPA* americana (US, 1978, tradução nossa) publicou o documento *Noise: A Health Problem*. Naquele momento, já se discutia a necessidade de se estabelecer um nexo causal da poluição sonora com uma série de doenças:

“Embora ainda não se tenha mostrado que o ruído cause dano mensurável ao coração, crescem as evidências que sugerem uma forte ligação entre a exposição ao ruído e o desenvolvimento e agravamento de uma série de doenças cardíacas. A explicação? O ruído provoca estresse e o corpo reage com o aumento da adrenalina, alterações na frequência cardíaca e pressão arterial elevada”.

Neste documento foi relatado como se deu a busca do nexo causal em laboratórios:

“Alguns testes de laboratório produziram mudanças físicas observáveis. Em um exemplo, coelhos expostos por 10 semanas

aos níveis de ruído, comuns às indústrias muito barulhentas, desenvolveram um nível muito mais alto de colesterol no sangue do que coelhos não expostos, sendo que ambos os grupos tiveram a mesma dieta”.

Pesquisadores como Wolfgang Babisch²⁷, Ising e Braun e a própria WHO passaram a ser referência nos estudos sobre os males que a poluição sonora causa na saúde humana. Ao mesmo tempo em que as pesquisas evoluem, surgem regras e exigências mais rígidas no controle da poluição sonora.

No que se refere a análise dos efeitos extra auditivos provocados pela poluição sonora, como se sabe, o sentido do ouvido humano, ao contrário de outros órgãos, está sempre em funcionamento, não sendo possível seu desligamento nem mesmo quando se está dormindo. Sendo assim, Murgel (2007, p. 47) explica que a exposição ao ruído deixa o organismo em estado de alerta, pronto para uma reação imediata, com isto o sistema neuropsíquico produz substâncias constantes como adrenalina e noradrenalina, além de efeitos fisiológicos como aumento da secreção salivar, dilatação pupilar, brusca contração muscular e aumento das secreções suprarrenais. A liberação constante destas substâncias no organismo pode até viciar.

A produção de adrenalina e de noradrenalina foi objeto do estudo “*Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene*”, publicado na Revista “*Noise & Health*” conduzido por Ising e Braun (2000). Neste estudo, 18 pessoas do sexo masculino foram expostas a três classes de ruídos diferentes. Quando expostos a ruídos não habituais da ordem de 60 dB(A) tiveram um aumento de 11% na produção de noradrenalina e 20% na produção de adrenalina em relação a um grupo de controle que tiveram exposições ao ruído menores que 50 dB(A). Enquanto que, pessoas expostas ao ruído habitual de trânsito de veículos, da ordem de 75 dB(A), o aumento foi de 21% de noradrenalina e de 7% de adrenalina em relação ao mesmo grupo de controle.

No comparativo dos grupos, embora o ruído habitual do trânsito fosse maior no teste, L_{eq} 75 dB(A), do que no ruído não habitual, 60 dB(A), o grupo do ruído não habitual demonstrou maior aumento dessas secreções suprarrenais. Os resultados são apresentados na Tabela 5.

²⁷ O Dr. Wolfgang Babisch é pesquisador sênior da Agência Federal Alemã para o Meio Ambiente e é um dos pesquisadores mais proeminentes no campo e desempenhou um papel crucial na colocação da questão do ruído e do coração na agenda internacional de pesquisa. Fonte: *Acoustic Bulletin*, disponível em <<https://www.acousticbulletin.com/interview-with-wolfgang-babisch>>, acessado dia 27 de março de 2018.

Tabela 5: Liberação de noradrenalina e adrenalina em 18 pessoas do sexo masculino (média de 24 anos) trabalhando um dia sem exposição a ruídos (controle), um dia sob ruído de banda de oitava 12-24 Hz, 110 dB(lin) (não habituados) e um dia sob exposição ao ruído do tráfego (habituação)

Liberação ($\mu\text{g}/8\text{h}$)	Controle L <50 dB(A)	Ruído de baixa frequência (não habitual) Leq = 60 dB(A)	Ruído de trânsito (habitual) Leq = 75 dB(A)
Noradrenalina	11.1	12.3 (11%)	13.4 (21%) P<0.05
Adrenalina	4.27	5.13 (20%) p<0.05	4.59 (7%) n.s.

Fonte: Ising e Braun (2000, tradução nossa).

O estudo conclui ainda que, além do aumento das secreções de noradrenalina e adrenalina, há aumento do cortisol provocado pelo estresse. Esse aumento torna-se crônico na exposição noturna, inclusive na exposição ao ruído de tráfego de veículos, conforme relatam Ising e Braun (2000, tradução nossa).

“Em pessoas dormindo, o ruído do tráfego com apenas $L_{eq} > 30$ dB (A) e $L_{max} > 55$ dB (A) causou aumento significativo de cortisol, que evoluiu para aumento crônico se a exposição ao ruído fosse repetida constantemente. Paralelamente ao cortisol, também foi observado aumento crônico da noradrenalina. Com base nos resultados empíricos, foi desenvolvido um modelo de estresse sonoro, que é um primeiro passo na compreensão teórica dos efeitos endócrino do ruído”.

Portanto, após um longo período em estado de alerta com a liberação de adrenalina, noradrenalina e cortisol, o corpo humano passa para um estado de fadiga, levando ao estresse (MURGEL, 2007). Assim, a população lindeira a um eixo viário rápido, coletor ou arterial, está sujeita a doenças endócrinas, ou seja, aos efeitos extra-auditivos.

Segundo Botteldooren (2011, tradução nossa) o *“ser humano pode suportar altos níveis de estresse - causado por extensa exposição ao ruído - por curtos períodos, desde que esses períodos sejam interrompidos por momentos de restauração”*. O autor afirma ainda que não somente a ausência de ruídos permite momentos de restaurações, mas sim exposições a sons agradáveis. No entanto, quem reside próximo a uma via de trânsito intenso, geralmente não tem oportunidade de vivenciar esses momentos de restaurações.

No mesmo sentido, uma pesquisa realizada por Babisch (2002, *apud* WHO, 2009), em Berlim, na Alemanha, demonstrou um aumento de 20% da incidência de infarto do miocárdio em regiões onde os níveis de ruídos médios se mantinham acima de 70 dB (A). Além disso, exposições continuadas na ordem dos 85 dB (A) são suficientes para causar danos irreversíveis à audição.

Na Figura 13, Babisch (2002, *apud* WHO, 2009, p. 62) divide as consequências na saúde pela poluição sonora em dois segmentos populacionais: diretamente e indiretamente expostos. Ambos levando aos indicadores de estresse, fatores de riscos e as manifestações negativas fisiológicas.

Figura 13: Esquema de reação dos efeitos do ruído

Fonte: Babisch (2002, *apud* WHO, 2009, p. 62)

De acordo com a Figura 13, o ruído afeta diretamente a comunicação, concentração e o sono. No caso de exposição crônica, prevalece a incidência de doenças cardiovasculares, incluindo hipertensão, doenças isquêmicas e acidente vascular cerebral (AVC).

Babisch (2002 *apud* WHO, 2011, p. 100) demonstra na Figura 14, que dentre a população diretamente e indiretamente afetada pelo ruído, a sensação de

desconforto atinge um grande número de pessoas, diminuindo gradativamente conforme o grau de risco se acentua, tendo em seu ápice, a mortalidade.

Figura 14: Gravidade dos efeitos do ruído na saúde e o número de pessoas afetadas

Fonte: Babisch (2002 apud WHO, 2011, p. 100)

Babisch (2014, tradução nossa) na pesquisa “*Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis*” concluiu que o ruído do tráfego rodoviário é um fator de risco para doenças cardiovasculares.

“A evidência da associação aumentou durante a última década. Estudos sobre as associações entre o ruído do trânsito e o risco de doenças coronarianas mostram um aumento significativo do risco com o aumento do nível de ruído. A meta-análise atual revelou um aumento de 8% no risco por aumento do nível de ruído dia / noite ponderado L_{DN} de 10 dB (A) dentro da faixa de aproximadamente 52-77 dB (A) (pontos médios categorizados em 5 dB). A relação exposição-resposta pode ser usada para uma carga ambiental quantitativa de avaliação de doenças, juntamente com dados de incidência de mortalidade que são rotineiramente avaliados na carga global de estatísticas de doenças”.

A exposição constante a altos níveis de ruído pode também ocasionar constrição de vasos sanguíneos e aumentar a liberação de colesterol e cortisol, gerando distúrbios gastrointestinais, hipertensão, subsídio para o infarto, hipertireoidismo, diabetes e até desequilibrar o sistema endócrino, prejudicando funções sexuais e reprodutivas. No caso do aprendizado, levando em consideração os receptores sensíveis, como escolas e creches, estudos comprovam que os excessos de ruído provocam efeitos psicológicos, podendo ocasionar perda da concentração (MURGEL, 2007).

Em geral, uma comunidade reage negativamente a uma fonte sonora a partir de 65 dB (A), quando surgem raras reclamações, se tornam generalizadas quando o nível de ruído atinge 75 dB (A) e a poluição sonora torna-se inaceitável a partir dos 80 dB (A). (MURGEL, 2007, p. 37)

A WHO (1999) recomenda o valor limite de 50 dB (A) para o dia e 40 dB (A) para a noite (WHO, 2009) que uma população urbana pode se expor ao ruído sem que este lhes cause danos à saúde. Cabe lembrar que os valores recomendados são para ambientes externos às habitações.

Quanto aos efeitos no sono, o *“ruído é um dos sincronizadores ou perturbadores do ritmo do sono mais importantes. Distúrbios do ritmo do sono produzem sérios efeitos na saúde mental”* (PIMENTEL-SOUZA, 1992, p. 1). Além dos efeitos psicológicos provocados pelos distúrbios do sono, o ruído tem influências nas condições de aprendizado. Pimentel-Souza (1992) lembra que a qualidade do sono e os sonos profundos são os responsáveis por efeitos psicológicos, intelectuais, de memória, humor e de aprendizagem.

Vallet *et al* (1975a e b), Friedmann e Chapon *et al* (1972) *apud* Pimentel-Souza (1992, p. 1) encontraram em pessoas que viviam há vários anos próximos a rodovias, sob ruídos equivalentes de 77 dB(A), externos à habitação, uma redução média de 35% na parte mais nobre do sono, os estágios profundos e paradoxal.

Dado a capacidade do sono profundo em recuperar o corpo humano, tanto psicologicamente e fisicamente, prejuízos ao sono *“diminuem a capacidade das funções superiores do cérebro, condenando suas vítimas a cidadãos de segunda classe”* (JOUVET, 1977; DE KONINCK *et al*, 1989; PIMENTEL-SOUZA, 1990 *apud* PIMENTEL-SOUZA, 1992).

Além de todo o problema relacionado à saúde, a WHO (2006, tradução nossa) tem como um dos princípios de sua Constituição (1946), que saúde é *“um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade”*; ou seja, a WHO contempla o bem-estar social como condição de saúde.

Portanto, a poluição sonora desencadeia uma série de doenças psicossomáticas, prejudica o bem-estar social e gera aborrecimentos e estresse. No

ranking da WHO sobre os estressores ambientais causadores de danos à saúde (2011, p. 1, tradução nossa), a poluição sonora ocupa o segundo lugar.

“De acordo com os resultados preliminares do projeto Carga de Doenças Ambientais²⁸ na Europa, em seis países europeus, relatados na Conferência Ministerial da OMS, realizada em Parma em março de 2010, o ruído do tráfego ficou em segundo lugar entre os estressores ambientais selecionados avaliados em termos de saúde pública, nos seis países europeus. Além disso, a tendência é que a exposição ao ruído vem aumentando na Europa em comparação com outros estressores (por exemplo, exposições ao fumo passivo, dioxinas e benzeno), que estão em declínio.”

Por isso, é necessária maior conscientização sobre os efeitos que o ruído pode ocasionar na saúde da população. A poluição sonora deve ser vista como um problema de saúde pública, e suas causas e consequências merecem maior destaque nas discussões públicas.

2.4 Legislação e poluição sonora

O aumento da população urbana, associado ao aumento do consumo, exigiu um incremento da demanda por meios de transportes, como o rodoviário, o ferroviário e o aéreo, o que tornou o ambiente urbano mais ruidoso. Assim, surgem novos problemas de saúde e de bem-estar humano, que, no âmbito internacional, com a Conferência de Estocolmo em 1972, passaram a ser tratados como problemas ambientais.

Neste contexto, emergem legislações específicas sobre o controle do ruído nos Estados Unidos da América como: o Código de Controle de Ruído, 1972 (Federal); o Código de Controle de Ruído de Nova York, 1972; e, o Regulamento do Controle de Ruído de Chicago, 1971. Na Grã-Bretanha a Lei de Controle da Poluição de 1974. No Japão a Lei de Controle do Ruído de 1968 (KUMAR *et al* 2004).

²⁸ Título original: *Environmental Burden of Disease (EBD)*.

A EPA, agência americana de meio ambiente, internalizou em 1978 a questão da poluição sonora na discussão ambiental, por intermédio do documento *“Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety”* (US, 1978). Apesar da iniciativa pioneira de destacar a questão da poluição sonora, este documento não possuía força de regulação.

Em 1992 o tema foi contemplado como base para ação no capítulo 6 sobre Proteção e promoção das condições da saúde humana da Agenda 21, documento lançado na Eco 92 (ou Rio 92) (PARANÁ, 2001). As atividades previstas estão elencadas no subitem g do item 6.4.1: *“Desenvolver critérios para determinar níveis máximos permitidos de exposição a ruído e incluir medidas de verificação e controle de ruídos nos programas de saúde ambiental”*.

Na legislação federal brasileira, o Decreto Lei nº 3.688, de 3 de outubro de 1941, que trata das contravenções penais, é um dos primeiros marcos na tentativa de coibir os excessos de ruídos provocados por algazarra, profissão ruidosa, instrumento musical e barulho provocado por animal, ou seja, até então um problema de vizinhança.

A inserção do ruído urbano no direito ambiental e na saúde pública ocorre a partir da demanda da produção técnica e se intensifica no momento em que é reconhecido como uma poluição ambiental. No Brasil, os impactos ambientais são regulados pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei nº 6.938 de 1981. Nela, foram instituídos instrumentos de análise dos impactos ambientais.

Dentre os instrumentos para prevenção da poluição sonora, destacam-se o zoneamento ambiental, a Avaliação de Impacto Ambiental - AIA, a educação ambiental e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, a cargo do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, responsável por definir normas e padrões em questões de meio ambiente.

A Avaliação de Impacto Ambiental – AIA é um dos instrumentos adotados pela PNMA, cujo modelo inicial, da década de 1960, tinha o propósito de garantir os processos participativos e de incorporar as questões sociais, econômicas e ambientais. No entanto, críticos do modelo de AIA adotado no Brasil o reconhecem como um instrumento sistemático, com parâmetros ambientais e técnicos associados a um determinado projeto, cujo objetivo é operacionalizar o desenvolvimento puramente econômico, sem o viés do *feedback* ambiental.

Salvador (2000) avaliou a eficácia da AIA no Brasil, e diz que *“em função de uma série de problemas de ordem estrutural, técnica e político-institucional [...], a AIA vem sendo encarada e conduzida muitas vezes como mais um instrumento burocrático para a obtenção do licenciamento ambiental, visando viabilizar a instalação de empreendimentos”*, e conclui ainda que além dos problemas políticos-institucionais, praticamente inexistente o monitoramento dos resultados do EIA por parte dos responsáveis pela sua análise.

A AIA, baseada em previsões do desenvolvimento das atividades econômicas que se deseja desenvolver, sempre pareceu mais certa do que deveria. Hacking e Guthrie (2008), ao estudarem o papel da AIA no desenvolvimento sustentável, dizem que só agora essas incertezas passaram a ser questionáveis, já que, a AIA muitas vezes não cumpre seus objetivos, pois não integram todos os aspectos envolvidos: ambientais, sociais e econômicos, necessários para atingir o desenvolvimento sustentável.

Seguindo nesta linha da AIA, outro instrumento da PNMA, é o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental. Como forma de parametrizar e regular a poluição sonora, o Conama publicou a Resolução nº 1 de 8 de março de 1990, que dispõe sobre a emissão de ruídos. Logo em seu item II, define que a emissão de ruído é prejudicial à saúde e ao sossego público, quando os níveis são superiores ao disposto pela NBR 10.151/2003 (Tabela 6) de Nível de Critério de Avaliação – NCA em sua versão mais recente.

Tabela 6: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, dB (A)

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

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151:2003: Acústica – Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

A NBR 10.151/2003 permite em seu item 6.2.4, a alteração dos parâmetros da Tabela 6, quando o Nível de Ruído Ambiente L_{ra} (valor medido antes da instalação ou operação de um empreendimento), for superior ao valor da tabela acima apresentada, para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor L_{ra} . Deste modo, o cumprimento das normas neste quesito se torna mais permissivo, uma vez que os empreendedores utilizam deste artifício para justificar o baixo impacto de sua atividade perante o L_{ra} que já se encontra alto.

O controle ambiental das atividades potencialmente poluidoras é concorrente entre a união, os estados, os municípios e o Distrito Federal (CF, 1988). Já, o ordenamento do uso do solo incide sobre os municípios.

No município de São Paulo, a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, Lei nº 16.402 de 2016, define parâmetros de incomodidade de acordo o tipo de uso, assim fixado no anexo Quadro 4B (Tabela 7).

Ambas as legislações, tanto da NBR quanto do Plano Diretor, não atingem ao especificado no *Guideline values for community noise in specific environments*, da *World Health Organization* (WHO, 1999).

Tabela 7: Quadro 4B - Parâmetros de incomodidade por zona

	Tipo de zona	Zona	Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambiente externo dB (A) (c) (d) (f)		
			Emissão de ruído das 7h às 19h	Emissão de ruído das 19h às 22h	Emissão de ruído das 22h às 7h
TRANSFORMAÇÃO	ZEU	ZEUa	50	45	40
		ZEUPa			
		ZEU	60	55	50
		ZEUP			
	ZEM	ZEM			
		ZEMP			
QUALIFICAÇÃO	ZCs	ZCa	50	45	40
		ZC	60	55	50
		ZC-ZEIS			
	ZCOR	ZCOR-1	50	45	40
		ZCOR-2			
		ZCOR-3	55	50	45
		ZCORa	50	45	40
	ZM	ZM	60	55	50
		ZMa	50	45	40
		ZMIS	60	55	50
		ZMISa	50	45	40
	ZEIS	ZEIS-1	50	45	40
		ZEIS-2			
		ZEIS-3	55	50	45
		ZEIS-4	50	45	40
		ZEIS-5	55	50	45
	ZDE	ZDE-1	60	55	50
		ZDE-2	65	60	55
	ZPI	ZPI-1	65	60	55
		ZPI-2			
PRESERVAÇÃO	ZPR	ZPR	50	45	40
	ZER	ZER-1	50	45	40
		ZER-2			
		ZERa			
	ZPDS	ZPDS	50	45	40
		ZPDSr			
	ZEPAM	ZEPAM	50	45	40
ÁREAS PÚBLICAS E INTEGRANTES DO SAPIVEL	Verdes	AVP-1	50	45	40
		AVP-2			
	Institucionais	AI	60	55	50
		Aia	50	45	40
	Clubes	AC1	50	45	40
		AC2			

Fonte: Lei Municipal 16.402/2016 - LPUOS

A AIA e o zoneamento referem-se quase que exclusivamente a atividades exercidas em determinados locais, protegendo os receptores. Como forma de regulamentar a emissão de ruídos de veículos automotores, ou seja, atuando na fonte do emissor, a Lei Federal nº 9.503 de 1997, institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), já estabelece no Parágrafo Único, do Art. 98:

Art. 98. Nenhum proprietário ou responsável poderá, sem prévia autorização da autoridade competente, fazer ou ordenar que sejam feitas no veículo modificações de suas características de fábrica.

Parágrafo único. Os veículos e motores novos ou usados que sofrerem alterações ou conversões são obrigados a atender aos mesmos limites e exigências de emissão de poluentes e ruído previstos pelos órgãos ambientais competentes e pelo CONTRAN, cabendo à entidade executora das modificações e ao proprietário do veículo a responsabilidade pelo cumprimento das exigências.

No município de São Paulo vigorou entre 2008 e 2013, a Inspeção Técnica Ambiental regulamentada pelo Decreto Municipal 50.232 de 17 de novembro de 2008, como forma de controle da frota de veículos em circulação. Este programa reprovou cerca de 0,5% dos veículos inspecionados no quesito ruído. Dentre os veículos inspecionados para fins de avaliação dos níveis de emissão de ruídos, não estavam ainda contempladas as motocicletas. Sua inclusão estaria prevista para os próximos anos, segundo informado pelo coordenador do Grupo Técnico da SVMA responsável pelo contrato junto à CONTROLAR, em 2010.

Para os veículos novos, a Resolução do Conama nº 08 de 1993, que complementa a Resolução nº 18 de 1986, que instituiu o Programa de controle de emissões veiculares (Proconve), estabeleceu limites máximos em dB(A) de ruídos emitidos por veículos leves e pesados novos, parados e em aceleração, nacionais e importados. A Resolução do Conama nº 08 de 1993 foi a primeira no sentido de reduzir os níveis de dB(A) dos veículos automotores.

Os parâmetros foram alterados com a Resolução Conama 272/2000, mas não incluem motocicletas, motonetas, ciclomotores, bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, conforme redação dada pelo artigo 1º da referida resolução. A Resolução Conama nº 2 de 1993, dispõe sobre os limites máximos de veículos nessas condições, cujos limites são maiores que de automóveis leves e pesados.

Portanto, verifica-se que a legislação ao longo dos anos evoluiu, e o ruído deixa de ser considerado um problema isolado, de vizinhança, e passa a ser considerado um problema de degradação da qualidade ambiental.

2.4.1 A NBR 15.575:2013 e a necessidade de um mapa de ruído oficial

A discussão sobre o desempenho das habitações iniciou-se na necessidade da reconstrução da Europa no pós-guerra na década de 1960, quando a urgência do tempo de reconstrução não justificaria o detrimento da sua qualidade. Assim, foi criado o Conselho Internacional de Construção (CORDOVIL, 2013²⁹).

Em sentido oposto, o objetivo maior da construção civil brasileira na década de 70, era o de reduzir o custo de produção no contexto da emergência do desenvolvimento do país. No entanto, com a falta de instrumentos reguladores, a qualidade das habitações no país ficou aquém dos adequados (BOUFLEUR, 2013).

As discussões no Brasil sobre o desempenho das edificações avançaram apenas a partir de 2000, quando foi publicado o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, que tinha o objetivo de promover o aperfeiçoamento da estrutura de elaboração e difusão de normas para a construção civil, visando o aumento da qualidade e do desempenho da habitação conforme discriminava a Portaria nº 134, de 18 de dezembro de 1998. No entanto, naquele momento não foi abordado a discussão sobre qualidade acústica das construções de forma direta.

Os debates que conduziram a publicação da NBR 15.575:2013 se iniciaram em 2007, quando foi disponibilizada a primeira versão para consulta pública. Após muita discussão, a versão final foi adiada para o ano de 2013.

Esta norma inseriu a discussão do conforto acústico da habitação considerando o ambiente externo. Isto ocorreu na ocasião em que foi observado que o ambiente urbano se demonstra muito mais ruidoso que o limite exposto na NBR 10.151:2003. Esta NBR está atualmente em revisão, e também deve atender os procedimentos técnicos para classificação sonora de áreas destinadas a empreendimentos residenciais, face aos requisitos da ABNT NBR 15.575:2013. Esta revisão é motivada pela necessidade de harmonizar as duas normas³⁰.

Portanto, a Norma de Desempenho das Edificações, ABNT 15.575:2013, regula o desempenho dos sistemas construtivos que devem atenuar os níveis de poluição sonora interna e externa nos dormitórios das residências, e a NBR

²⁹ Título original: “Conseilul International du Bâtiment”.

³⁰ Notícia veiculada no sítio eletrônico da Associação Brasileira de Normas Técnicas, com o título “Revisão das normas sobre medição e avaliação sonora”, disponível em <<http://www.abnt.org.br/noticias/3169-revisao-das-normas-sobre-medicao-e-avaliacao-sonora>> acessado em 16 de março de 2018.

10.151:2003, após revisada, definirá critérios de avaliação do ruído urbano nas faces das futuras habitações.

A NBR 15.575:2013 tem como essência a parametrização do sistema produtivo quanto à capacidade e ao comportamento de diversos materiais que compõe o sistema construtivo em relação à resistência às intempéries, ao uso e operação, e no mais, o conforto do usuário considerando as condições do ambiente externo.

A exigências de desempenho das edificações foram definidas em 3 principais eixos: habitabilidade, segurança e sustentabilidade, conforme Tabela 8.

Tabela 8: Exigências da NBR 15.575:2013

Habitabilidade	Segurança	Sustentabilidade
Estanqueidade	Desempenho estrutural	Durabilidade
Desempenho Térmico	Segurança contra incêndio	Manutenção
Desempenho Acústico	Segurança no uso e operação	Adequação Ambiental
Desempenho lumínico		
Saúde e higiene		
Funcionalidade e acessibilidade		
Conforto tátil		
Qualidade do ar		

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10575:2013:Norma de Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Dentre estes critérios, a norma definiu 3 níveis de desempenho e qualidade: Mínimo (M), desempenho que deve ser obrigatoriamente atingido pelos diferentes elementos e sistemas de construção; Intermediário (I) e Superior (S), os dois últimos não possuem caráter obrigatório, mas que, se obedecidos os critérios propostos na norma, podem ser utilizados como ferramenta de *marketing* pelas construtoras.

Esta NBR parametrizou critérios de isolamento acústico apenas para dormitórios, devendo o empreendedor intervir conforme a classe de ruído externa assim definida na Tabela 9.

As empresas da construção civil passaram a adotar o mapeamento do ruído externo no entorno de uma área. O mapeamento do ruído do entorno permite as empresas projetarem seus custos construtivos. Dependendo do alto nível de um determinador local a obra pode até ser inviabilizada financeiramente³¹.

Em entrevista à Revista Técnica, o Arquiteto Marcos Holtz, da associação Pró-Acústica³¹, estima os custos envolvidos no mapeamento do ruído para a construção civil, a "*grosso modo, pode variar entre 0,5% e 2% do valor da obra*". Ou seja, o mapeamento do ruído de São Paulo é um instrumento de informação pública, de

³¹ Artigo publicado na revista Técnica: Ruídos mapeados (edição 191 – fevereiro/2013, disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/191/ruídos-mapeados-construtoras-apostam-na-cartografia-sonora-e-em-286985-1.aspx>> acessado dia 28 de novembro de 2017.

gestão e de planejamento urbano, e também, de interesse privado, gerado pela NBR 15.575:2013, que será custeado pelo município de São Paulo após a promulgação da Lei Municipal nº 16.499/2016.

Tabela 9: Isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações externas

Classe de Ruído	Localização da Habitação	L_{Aeq} dB(A) *	Desempenho $D_{2m, nT, w}$ **
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≤ 60	≥ 20 (M) ≥ 25 (I) ≥ 30 (S)
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	> 60 e ≤ 65	≥ 25 (M) ≥ 30 (I) ≥ 35 (S)
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	> 65 e ≤ 70	≥ 30 (M) ≥ 35 (I) ≥ 40 (S)

Nota 1: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias, ferrovias e LAeq acima de 70dBA, há necessidade de estudos específicos.

*** Nível de pressão sonora sugerido pelo Manual da Pró-Acústica (2013).**

**** Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada/cobertura.**

Fonte: Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 15.575:2013: Norma de Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013 e Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15.575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho (2013).

Quanto ao custo da produção habitacional, segundo o publicado na revista PiniWeb em 19 de julho de 2013³², a NBR 15.575:2013

“deve gerar uma pequena alta nos custos da construção, de 5% a 7% de acréscimo no custo final da obra, segundo estimativas de especialistas do setor. Isso pode acontecer até mesmo entre os empreendimentos de alto padrão que, em geral, já cumprem requisitos mínimos de qualidade em diversos itens por pressão do próprio público consumidor, muito mais exigente”.

Por outro lado, se analisado o custo global da construção, que considera a vida útil da edificação e o custo de operação, a NBR 15.575:2013 trouxe uma redução de custo a longo prazo para o usuário. O custo pago pelo usuário

³² Disponível em <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/habitacao/esta-em-vigor-a-nbr-15.575-norma-de-desempenho-292738-1.aspx>> acesso dia 02/12/2017.

inicialmente é absorvido no pós-obra (BORGES, 2008). Além disso, no quesito poluição sonora, mesmo impondo apenas conforto acústico nos dormitórios, a NBR 15.575:2013 deu um grande passo nas regulamentações da construção civil, ao inserir a questão do ruído do ambiente externo, mas, ao mesmo tempo, gerou demanda para elaboração de um mapa de ruído oficial, a fim de subsidiar as construtoras nas tomadas de decisões, servindo, ainda que indiretamente, para resguarda-las juridicamente em eventuais futuras reclamações.

A NBR não definiu competências sobre quem fiscaliza. Sabe-se que o poder público não possui corpo técnico e equipamentos suficientes para a realização da fiscalização. As prefeituras apenas avaliam os códigos de obras, os parâmetros urbanísticos e a legislação sobre o uso do solo, portanto, cabe ao consumidor final avaliar o cumprimento da norma, exigir ensaios e análises específicas, e em caso de não cumprimento das normas, as responsabilidades poderão incidir aos profissionais autores e executores dos projetos, aos fabricantes de materiais e às incorporadoras (CBIC, 2015).

2.5 Métodos de mitigação e controle do ruído provocado pelo trânsito de veículos

Sabe-se que uma via de tráfego rodoviário constitui uma fonte de ruído contínua, logo a população, que reside em sua proximidade, representa um grupo de exposição aos efeitos adversos à saúde.

Nesta discussão, os meios de controle e mitigação do ruído, foram subdivididos em três modalidades: atenuações na fonte, intervenções nos receptores e outras formas de mitigação.

2.5.1 Mitigação e controle do ruído na fonte do ruído

Os novos empreendimentos viários em cidades consolidadas, em geral, referem-se à adequação viária, duplicação ou aumento de faixas de rolamento. Raimundo *et al* (2010) explica que: a duplicação do volume de tráfego de uma rodovia traduz-se num aumento de 3 dB, o que significa o dobro da potência sonora, já que o decibel, é uma unidade de escala logarítmica.

Com relação à importância do tipo de pavimento empregado em rodovias e em grandes avenidas, a Tabela 10 demonstra o estudo de caso de uma rodovia hipotética com um fluxo de 4 mil veículos/hora, com a participação de 35% de veículos pesados e velocidade de 80 Km/h (MURGEL, 2007, p. 107).

Tabela 10: Distância máxima necessária para o decaimento sonoro até 60 dB (A), em uma rodovia hipotética, com diversos tipos de pavimento

Tipo de Pavimento	dB (A)	Curva de decaimento em metros no Max de dB (A) para 60 dB (A)
Convencional velho	84,5 a 89,5	450
Convencional novo rugoso	84 a 85	250
Poroso com polímero	78,5 a 81,5	150
Concreto	84,5 a 87	350
Microfresado baixa rugosidade	79,5 a 84,5	150

Fonte: Murgel (2007). Org.: PALMA, M. I.

Considerando a segurança viária, o pavimento poroso com polímero demonstra ser altamente drenante, mantendo a pista seca durante períodos de chuva. Quanto à diminuição de ruído, Murgel (2007) mostra que, com nível de ruído da ordem de 84,5 dB (A) a margem da pista com pavimento convencional novo rugoso para o poroso com polímero resultou em decaimento de 3,5 dB (A), ainda aplicando a curva de decaimento logarítmico em função da distância da via, determinou-se que em pavimento convencional novo rugoso são necessários 250m para decaimento até 60 dB (A) no trecho, e 150m com pavimento poroso com polímero. Além disso, esse tipo de pavimento possui maior durabilidade (MURGEL, 2007).

Um estudo realizado na *Central European Environmental Data Request Facility* (CEDAR) (AUSTRIA, 1997, tradução nossa) aponta que o emprego de asfalto poroso com polímero significaria uma diminuição de 2 a 3 dB em velocidade média de 80 km/h, ainda, nesse mesmo estudo, a redução de velocidade também resulta em diminuição de dB, conforme Tabela 11 abaixo.

Tabela 11: Nível de ruído por redução de velocidade

Superfície	Queda no nível de ruído em dB dos veículos de passageiros, reduzindo a velocidade		
	130 km/h	100 km/h	80 km/h
Concreto	85,5	82	79
Asfalto	83	80	77,5
Asfalto poroso	80	77,5	75,5

Superfície	Queda no nível de ruído em dB dos veículos pesados, reduzindo a velocidade	
	80 km/h	60 km/h
Concreto	89	86,5
Asfalto	86,5	84,5
Asfalto poroso	83,5	82

Fonte: AUSTRIA (1997, tradução nossa).

Assim, conforme estudos de Murgel (2007) e da Austria (1997), o uso do pavimento silencioso e a redução de velocidade podem ser considerados formas de mitigação ambiental em relação à poluição sonora.

Aps (2007 *apud* CEZAR, 2008, p. 42), explica que

“no pavimento poroso (destituído de rugosidade), as vibrações incorridas pela interação pneu-pavimento são semelhantes às observadas em decorrência do tráfego em pavimento asfáltico liso, exceto pelo fato de que a porosidade faz com que o asfalto absorva aquelas vibrações, reduzindo os ruídos de atrito e de aerodinâmica do pneu. Não só o pneu tem o ruído mitigado, senão que também outras partes do veículo também produtoras de ruído – como eixo cardan, cárter, diferencial e câmbio – o que torna esse tipo de pavimento ainda mais eficiente”.

Além disso, o pavimento poroso possui uma vantagem de custo e de segurança, quando consideradas, respectivamente, a maior durabilidade e aderência ao pneu (CEZAR, 2008, p. 45).

Assim, o controle da velocidade e o tipo de pavimento remetem ao contato do pneu com o pavimento, que possui papel preponderante na produção de ruído dos veículos, conforme demonstrado por Hanson e James (2004 *apud* CABRAL *et al* 2014), na Figura 2. Na União Europeia, a Diretiva 2001/43/CE (UNION EUROPEAN, 2011) estabeleceu limites de níveis de ruído para os pneumáticos.

Os valores máximos aceitáveis para os tipos de veículos nessa diretiva foram:

- passageiros: 72 a 76 dB (conforme a largura nominal seção)
- comerciais leves: 75 dB (utilização normal)
- comerciais pesados: 76 dB (utilização normal)

A Diretiva estabeleceu fases que deveriam ser cumpridas em 2008 e 2009, com redução de até 2 dB para veículos leves para 2009, variando de 70 a 75 dB (conforme a largura nominal da seção).

No mesmo sentido, a Portaria Inmetro nº 365, de 22 de julho de 2015 (BRASIL, 2015) tornou obrigatória a rotulagem da emissão de ruído produzida pelos pneus, sendo os limites máximos para 3 tipos de veículos pré-estabelecidos no Anexo B da Portaria Inmetro nº 544, de 25 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012):

- passageiros: 75 dB
- comerciais leves: 77 dB
- comerciais pesados: 78 dB

Diferentemente da Diretiva da União Europeia, o Inmetro não estabeleceu metas para diminuição do ruído dos pneus.

Um estudo, realizado pelo Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente da Holanda (2015)³³, tabulou 20% dos melhores pneus comercializados no quesito ruído e obteve a média de:

- passageiros 67 a 68 dB (conforme a largura nominal **seção**)
- comerciais leves: 70 dB (utilização normal)
- comerciais pesados: 69 dB (utilização normal)

Cabe destacar, que os exemplos citados anteriormente utilizaram a norma da ISO 10844 para definição da emissão sonora dos pneus.

No geral, os pneumáticos evoluíram ao longo das décadas em aderência, frenagem, conforto, tratividade, dirigibilidade e eficiência de rolagem, mas, no quesito ruído, os pneumáticos pouco evoluíram (SANDBERG; EJSMONT, 2002 *apud* SILVA, 2011, p. 26). A Figura 15 apresenta um gráfico pelo qual demonstra que a partir 45 km/h os pneumáticos do ano de 2005 não apresentaram nenhuma eficiência quanto aos níveis de ruído em comparação com os de 1980.

³³ Documento informal GRB-61-03 (61st GRB, 27-29 Janeiro de 2015, agenda item 9) Futuro possível dos limites dos níveis de ruído dos pneus. Título original: Possible Future Tyre Noise limits. Disponível em <<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2015/wp29grb/GRB-61-03e.pdf>> acessado dia 7 de abril de 2018 (tradução nossa).

Figura 15: Evolução dos pneumáticos no quesito ruído

Fonte: Sandberg; Ejsmont (2002 apud SILVA, 2011, p. 26)

Portanto, conforme observado, é desejável que tanto os órgãos de controle quanto a indústria de pneus estabeleçam parâmetros e metas mais restritivas dos que as praticadas atualmente. Observa-se que há tecnologia disponível para metas mais ousadas, conforme demonstrado pelo Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente na Holanda (2015), mas, não há uma preocupação por parte da indústria de pneus quanto a este quesito, conforme exemplificado por Sandberg; Ejsmont, (2002 apud SILVA, 2011, p. 26) na Figura 15. O Proconve, criado pelo Conama, é um exemplo de controle dos níveis de ruído dos motores emitidos pelo escapamento, deste modo, caberia também ao Conama estabelecer normas para a indústria de pneumáticos, já que a poluição sonora é uma poluição ambiental.

Outra forma de controle do ruído na fonte são os túneis, que se destacam como o método mais efetivo de controle. Mas, devido aos altos custos a eles associados, sua construção não é disseminada, ainda que o método permita reduções de até 30 dB (A) (CEZAR, 2008, p. 45).

O pedágio urbano, ainda que controverso, auxilia no controle do ruído das grandes cidades. Desarnaulds *et al* (2004) estudaram a redução da circulação de veículos pelo gerenciamento do tráfego urbano, no qual mencionaram que o pedágio urbano introduzido em Londres, bem como a redução de vagas de estacionamentos, auxiliaram na redução dos efeitos nocivos à saúde humana provocados pela poluição sonora, especialmente no período noturno.

2.5.2 Intervenções nos receptores do ruído

Nas habitações, escolas, unidades de saúde, dentre outros estabelecimentos, a janela antirruído, e outras alternativas de isolamento acústico, são formas de intervenção que protegem o receptor. Murgel (2007, p. 109) explica que em geral as paredes são constituídas de material denso e quase sempre promovem um isolamento adequado. Quanto às janelas, são na maioria das vezes construídas de vidros de pouca espessura, motivo pelo qual não promovem, mesmo fechadas, o isolamento acústico desejável. Por conta disto, recomendam-se janelas com caixilhos específicos e dupla camada de vidro em lugares com altos níveis de ruído.

Em um estudo de caso realizado por Murgel (2007), no qual o ruído externo à fachada de um prédio chega a 73 dB(A) de L_{10} , foi demonstrado que a janela convencional, com vidro de 6 mm, diminuía o ruído em 20 dB(A), enquanto numa janela com caixilhos de alumínio, com gaxetas de borracha e enchimento dos perfis metálicos com lã de vidro, acrescidas de camadas duplas de vidros de 11,5 mm, a redução atinge os 33 dB(A), apresentando o grau de isolamento acústico satisfatório.

Apesar do estudo de caso de Murgel (2007) apresentar redução de 20dB(A) em uma janela convencional, a NBR 10.151:2003, bem como a WHO (2009), aplicam uma correção padrão de - 10 dB(A) para janela aberta e - 15 dB(A) para janela fechada.

Em que pese a funcionalidade da janela antirruído, Murgel (2007, p. 110) faz a seguinte reflexão sobre elas:

“Pode-se encarar o isolamento acústico de um receptor como algo similar ao atual costume – pela necessidade – de as pessoas de bem se trancarem dentro de suas residências, com muros altos, alarmes, fechaduras sofisticadas, grades na janela etc., pois os marginais circulam livremente pelas ruas. É eficiente e necessário, mas não é a solução para o problema em si, tolhendo a liberdade de quem deve ser protegido”.

Portanto, ainda que seja possível o isolamento acústico do receptor, como preconizado pela NBR 15.575:2013, o fato é que São Paulo, com um trânsito tão intenso, continuará sendo um lugar ruidoso. Por isso, regulamentações que visem a fonte do ruído e um melhor ordenamento do uso solo, serão preponderantes, deixando o isolamento acústico do receptor como uma medida para os casos extremos e para as novas habitações.

2.5.3 Outras formas de mitigação do ruído dos automóveis

Segundo CEZAR (2008), arquitetos e urbanistas recomendam vegetação como barreira ao ruído. Este método revela-se muito pouco eficaz pois é necessário intercalar árvores de pequenos e de grandes portes para aumentar o potencial de atenuação, e ainda, para obter uma atenuação da ordem de 6 dB(A), se faz necessário um bosque de no mínimo 50 m de largura, portanto de difícil implantação em meio urbano, já que seriam necessários grandes áreas para atenuação (MURGEL, 2007, 120).

“A eficácia das barreiras vegetais é com frequência superestimada, dado que as pessoas geralmente pensam ouvir menos [...]. Trata-se evidentemente de aspecto psicológico que não deve, contudo, ser negligenciado tendo em vista que efetivamente provoca uma diminuição da sensibilidade ao ruído” (CEZAR, 2008, p. 49).

Outra forma de minimizar a poluição sonora, e que não deve ser menosprezada, conforme preconizado pelo conceito de Cidades Sustentáveis,

“é a prioridade ao pedestre, ciclista e transporte público, nesta ordem, com o objetivo de proporcionar menor consumo energético e de espaço e menor geração de poluição, contribuindo assim para a sustentabilidade do meio ambiente urbano” (GEHL, 2013 apud SANTANA, 2016).

Considerando que no município de São Paulo, a cada dez carros de passeios se transportam em média de 12 passageiros³⁴, tais medidas trariam efeitos positivos no trânsito e na poluição sonora. Além do mais, os gastos com implantação e manutenção de uma ciclovia, chegam a 0,01% se comparados aos gastos com rodovias (ROSENBERG ASSOCIADOS, 2015 apud MENEZES e MACHADO, 2016, p. 11).

³⁴ Segundo reportagem veiculada no Diário de Transporte em 24 de janeiro de 2016, Ônibus consegue aproveitar melhor até 22 vezes mais o espaço urbano em relação ao carro para realidade de São Paulo. Disponível em <<https://diariodotransporte.com.br/2016/01/24/onibus-consegue-aproveitar-melhor-ate-22-vezes-mais-o-espaco-urbano-em-relacao-ao-carro-para-realidade-de-sao-paulo/>>, acessado em 17 de fevereiro de 2018.

Outros tipos de recursos para isolamento acústico são as barreiras acústicas. No entanto são soluções de maior custo e de difícil implementação no ambiente urbano, por isso, nesta pesquisa, foram consideradas as variantes: tipo de asfalto, velocidade e planejamento.

Após análise das possibilidades empregadas, tanto estruturais quanto no gerenciamento de uma grande rodovia ou avenida, observa-se que todas as variantes aqui discutidas não devem ser ignoradas pelos técnicos e planejadores urbanos.

No que se refere às características técnicas dos pneus e dos carros, compete aos fabricantes a responsabilidade pela adoção de novas tecnologias que visem a redução do ruído, cuja regulação está a cargo do Conama e do Inmetro.

No item 2.6 será visto como o mapa de ruído pode ser aplicado no ordenamento do uso do solo e no capítulo 3 serão vistos como as variáveis tipo de asfalto e velocidade interferem na poluição sonora, por atenuarem o ruído na fonte.

2.6 Mapas de Ruído como instrumento de planejamento urbano

Um mapa de ruído tem a premissa de representar espacialmente os níveis de ruído do ambiente exterior e serve de base de informação para a população e para as tomadas de decisões dos gestores urbanos. Além disto, o mapa de ruído permite maior segurança jurídica para os incorporadores, tendo em vista a recém-publicada NBR 15.575/2013³⁵.

Em 2002, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, instituíram a Diretiva nº 2002/49/CE, que trata da avaliação de gestão do ruído ambiente.

Dentre as premissas desta diretiva, destaca-se a obrigatoriedade dos mapas de ruídos: a *“elaboração de mapas de ruído estratégico deverá ser tornada obrigatória em determinadas zonas de interesse, dado que permite a captação dos dados necessários para fornecer uma representação dos níveis de ruído perceptíveis nessa zona”* (EUROPEAN UNION, 2002).

De cinco em cinco anos, da Diretiva nº 2002/49/CE, a *European Environmental Agency* apresenta um *Annual Indicator Report Series*, sendo o último

³⁵ Matéria publicada na edição de outubro de 2015 da Revista Construção Mercado *“Falta de mapas acústicos públicos cria insegurança jurídica para incorporadores”*. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/>> acessado em 10 de maio de 2016.

publicado em 2017, utilizando dados de 2012, estima que das 100 milhões de pessoas expostas ao ruído na União Europeia, 81% correspondem ao ruído advindo do tráfego de automóveis (EUROPEAN UNION, 2017), conforme Figura 16.

Figura 16: Participação das fontes de ruído na EU e a porcentagem estimada de pessoas expostas a altos níveis de ruído diário médio

Fonte: EUROPEAN UNION (2017). European Environmental Agency. Annual Indicator Report Series (AIRS), 2012. Org.: PALMA, M. I.

Neste mesmo sentido, corroborando com a Figura 16, Rohrmann (1984, *apud* CEZAR, 2008), em sua pesquisa que investigou a percepção do ruído da população alemã, chegou a um resultado em que 70% se sentia incomodada pelo ruído do tráfego.

Os resultados das tomadas de decisões para o controle de exposição ao ruído publicados no relatório da *European Environmental Agency* (EEA) (EUROPEAN UNION, 2014, p. 47, tradução nossa) apontam que:

“Grupos de ações referentes ao uso do solo e ao planejamento urbano são os predominantes. Esse tipo de ação é representado por 23% de todos os planos de ação relacionados às aglomerações urbanas. Seguido por medidas relacionadas ao gerenciamento de tráfego (20%) e outras (17%), este último inclui medidas relacionadas ao aumento da conscientização pública, evitando a geração de tráfego adicional e promovendo o transporte público, e incentivando o ciclismo e a caminhada”.

No município de São Paulo, a utilização do mapa de ruído como viés do planejamento urbano, foi inserida pelo legislador na pauta de elaboração da Lei nº 16.050/2014, que trata do Plano Diretor Estratégico do Município, ao propor ao

executivo a elaboração de um mapa de ruído em prazo de um ano. No entanto, a proposta foi vetada pelo executivo sob a alegação de que o mapa de ruído, por sua própria natureza, é dinâmico e mutável.

Em que pese tal justificativa do executivo, conforme notícia veiculada no portal eletrônico G1³⁶, o verdadeiro motivo pelo veto, foi a *“falta de experiência da Prefeitura para realizar o mapeamento e a dificuldade em encontrar especialistas desestimulou o governo. Outro fator determinante para o veto foi o processo lento para a contratação de uma empresa que realizaria o serviço”*.

Com o intuito de demonstrar como os outros países e outras cidades tratam do assunto da poluição sonora e do planejamento urbano, segue um breve relato da legislação de Portugal, de Buenos Aires e de Fortaleza.

Em Portugal, em consonância com a Diretiva nº 2002/49/CE (EUROPEAN UNION, 2002), foi aprovado o Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de janeiro), o qual define que a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) deve auxiliar os municípios na elaboração de mapas de ruído e planos de redução de ruído. Com isso, a APA publicou um Manual técnico para elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR), de autoria de Carvalho e Rocha (2008).

Neste manual, são definidas diretrizes para o cumprimento da lei portuguesa bem como da Diretiva da União Europeia, possuindo caráter misto, tanto regulamentador como programático (CARVALHO e ROCHA, 2008).

Segundo o Decreto-Lei nº 9/2007, os municípios portugueses com mais de 100.000 habitantes ou com densidades populacionais superiores a 2.500 hab/km², estão sujeitos à elaboração do mapa de ruído e da carta de Classificação de Zonas. Além do mais, o manual atribui responsabilidades quanto aos planos de redução de ruídos.

Quanto à poluição sonora oriunda dos veículos automotores, as responsabilidades são distinguidas em dois modos: para as novas intervenções as ações de redução do ruído devem ser consideradas no licenciamento ambiental (Decreto-Lei nº 9/2007); em áreas ruidosas devido ao viário existente, em que o município permitiu um adensamento populacional, a atribuição fica sob a responsabilidade das câmaras municipais (CARVALHO e ROCHA, 2008).

Neste quesito do viário existente, o manual se destaca, conforme Carvalho e Rocha (2008, p. 41)

³⁶ Notícia publicada em 04 de agosto de 2014 *“Haddad veta mapeamento de ruídos na cidade de SP no Plano Diretor”*, disponível em <<http://g1.globo.com/>>, acessado em 12 de novembro de 2015

“como seja o caso de uma reorganização do espaço urbano levada a cabo pelo município, originando situações de zonas Sensíveis na proximidade de infra-estruturas de transportes existentes ou programadas, que subitamente passam a originar situações de conflito. Da mesma forma, não devem autorizar a urbanização de zonas ruidosas, que já se sabe de início que causara sobreexposição do ruído”.

Ou seja, o manual coíbe situações de urbanização de zonas sensíveis próximas a eixos de transportes ruidosos, como rodovias e ferrovias, e atribui a responsabilidade da redução de ruído às Câmaras Municipais, nos casos em que sejam verificadas ocorrências de receptores sensíveis próximos a esses eixos. No Brasil ainda não existe legislação similar.

Assim, tanto o Decreto-Lei nº 9/2007 como o Manual Técnico para Elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído, destacam o planeamento urbano como estratégia para o combate da poluição sonora.

Além da experiência relatada de Portugal, convém destacar de forma sucinta os objetivos do mapa de ruído na cidade de Buenos Aires. Antes ainda da cidade de São Paulo, Buenos Aires, também se propôs a realizar o mapa de ruído da cidade³⁷, por intermédio da Lei 1.540/04, regulamentada pelo Decreto nº 740/GCABA/07, cuja premissa é a *“Corrección de la contaminación acústica”*.

Diferentemente da lei paulistana, as regulamentações propostas pela Cidade Autônoma de Buenos Aires, exigem do poder público um zoneamento acústico, definindo dois tipos de zonas: *“Áreas de Sensibilidad Acústica en el ambiente exterior (ASAE)”*, cujo objetivo é atingir um nível de qualidade acústica e *“Zonas de Situación Acústica Especial (ZSAE)”* que coíbe atividades que incrementem ruído externo.

O Zoneamento Acústico propõe três formas de correção do ruído em lugares habitados:

- proibição de veículos pesados;
- modificação de linhas/corredores de ônibus; e,
- obrigatoriedade de revisão dos ares condicionados dos veículos.

³⁷ Notícia publicada em 20 de abril de 2004, no Clarín Noticias, sob o título *“Proponen hacer un mapa del ruido de Buenos Aires”*. Disponível em <https://www.clarin.com/ediciones-antteriores/proponen-hacer-mapa-ruido-buenos-aires_0_ByuGlr6J0Ke.html> acessado dia 28 de novembro de 2017.

As “*Áreas de Sensibilidad Acústica en el ambiente exterior (ASAE)*” são subdivididas em grupos e destacam-se a existência de áreas de silêncio, que requerem proteção especial, a fim de preservar áreas como: hospitais, escolas e parques.

Nestes quatro pontos a lei portenha se apresenta mais avançada que a paulistana, que ainda não possui Decreto Regulamentador.

A lei portenha não delibera sobre o método construtivo das habitações, como no caso brasileiro com a NBR 15.575:2013, ela apenas apresenta limites para interiores das habitações, excluindo os terraços e os jardins, ao contrário da NBR 15.575:2013 que cria regras apenas para os dormitórios e exclui todos os demais espaços interiores das habitações.

Outro fator que chama atenção na lei portenha é quanto a obrigatoriedade de isolamento acústico para locais no interior da edificação, onde as atividades atingem 70 dB(A). Com isto, indústrias, comércios, casas de shows e bares, dentre outros, ficam obrigados a instalar isolamentos acústicos.

De fato, a lei portenha é mais completa que a lei paulistana. Ambas são recentes e com propósitos similares, mas apenas em um futuro breve poderão ser comparadas para efeitos de suas aplicabilidades.

Cidades da Europa, assim como algumas capitais sul-americanas, já reconhecem a importância de ter o mapeamento de ruído de suas vias, sendo o resultado final aplicado ao planejamento, uso e ocupação do solo através dos seus respectivos planos diretores e utilizado nas decisões das análises de meio ambiente.

A cidade de Fortaleza foi a primeira capital do Brasil a elaborar um mapa de ruído. Os trabalhos foram iniciados em 2010 e concluídos em 2013. Segundo a Prefeitura de Fortaleza, as

*“informações constantes nas Cartas de Ruído permitirão a integração da informação acústica no Plano Diretor Municipal de Fortaleza e servirão de base a decisões sobre as estratégias de intervenção ou, mesmo, sobre políticas legislativas para redução da poluição sonora”*³⁸.

Além das experiências de Portugal, Buenos Aires e Fortaleza, Murgel (2007) explica de forma concisa que reconhecendo o ruído no ambiente, o mesmo pode ser planejado de modo que sejam separadas fisicamente as fontes dos pontos receptores, interpondo áreas mistas entre zonas muito ruidosas com áreas residenciais. Segue um resumo do que o autor exemplifica:

³⁸ Prefeitura Municipal de Fortaleza, disponível em <<http://www.fortaleza.ce.gov.br/carta-acustica>>, acessado dia 10 de maio de 2016.

- i. áreas ruidosas: podem ser ocupadas para atividades industriais; recreacionais (casas noturnas); atividade comerciais maiores como grandes supermercados e shopping centers;
- ii. áreas com baixo nível de ruído: ocupadas para o comércio local, como padarias, farmácias, pequenas lojas; e,
- iii. áreas não ruidosas: residências e escolas, porém, devem ser separadas as residências das escolas com áreas verdes.

Além das formas de aproveitamento no planejamento urbano, segundo Marcelo Nogueira, gerente de qualidade da Rossi Residencial, os mapas de ruído trazem benefícios para as construtoras, pois

“auxiliam no dimensionamento da fachada em suas diversas faces e nos pavimentos. Em determinados casos, a rotação da torre ou a mudança de posição do caixilho auxiliam na melhoria do conforto acústico dos dormitórios”³⁹.

E por fim, cabe destacar como o assunto está evoluindo nas normas. A NBR 10.151:2003 está passando por revisão e trará um novo índice: *“orientação ao planejamento urbano de uso e ocupação do solo para efeito de controle da poluição sonora”⁴⁰*. Isto permitirá uma padronização dos métodos que as cidades desenvolverão seus mapas oficiais de ruídos, auxiliando, desta forma, no planejamento urbano.

Em suma, Vianna (2014, p. 120) afirma que os *“mapas de ruído permitem a observação da dispersão do ruído desde sua fonte e em todos os pontos desejados, em função de sua escala de cores”*. Portanto, os mapas auxiliam na tomada decisão dos técnicos do licenciamento ambiental, dos planejadores urbanos e das construtoras, ao se identificar previamente as fontes e áreas expostas ao ruído, se configurando como um instrumento de informação, do controle, da gestão de tráfego urbano e do planejamento urbano.

³⁹ Matéria publicada na edição de outubro de 2015 da Revista Construção Mercado *“Falta de mapas acústicos públicos cria insegurança jurídica para incorporadores”*. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/>> acessado em 10 de maio de 2016.

⁴⁰ Matéria publicada na Câmara Brasileira da Indústria da Construção, em 7 de dezembro de 2017, sob o título: *“2º Projeto de Revisão da ABNT NBR 10.151 Acústica é adicionado à Consulta Nacional”*. Disponível em <<https://cbic.org.br/>> acessado dia 17 de março de 2018.

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são demonstrados os resultados das hipóteses testadas.

O local escolhido para coleta das amostragens foi a Macroárea de Estruturação Metropolitana – Arco Tietê, que abrange a Via Marginal Tietê, no trecho compreendido entre Rodovia Anhanguera e Av. Salim Farah Maluf e seu entorno. A escolha deu-se em virtude de apresentar grande tráfego diário de veículos e possuir em seu zoneamento áreas de interesse social, com habitações variadas de classes de baixo e médio padrão, bem como equipamentos públicos, e ainda, por contar com um grande potencial de adensamento urbano.

A análise da simulação do ruído foi realizada em 4 cenários diferentes, utilizando-se ferramentas de SIG e os dados de trânsito da CET e da SPTrans.

Os cenários consideraram dois momentos diferentes, classificados como “atual” e com “redução de velocidade”, e foram levadas em consideração as variáveis já mencionadas como velocidade média e tipo de pavimento, conforme Tabela 12:

Tabela 12: Cenários simulados

Cenário	Predição	Velocidade	Pavimento
1	Atual	Utilizando a velocidade média estimada pela CET.	Convencional (<i>smooth</i>) para vias arteriais e coletoras e rugoso para as vias locais
2	Atual	Na Marginal: Máxima de 50 e 60 km/h (local), 70 km/h (central) e 90 km/h (expressa), 60 e 50 km/h para vias arteriais e coletoras e 40 km/h para as locais.	Convencional (<i>smooth</i>) para vias arteriais e coletoras e rugoso para as vias locais
3	Redução de velocidade	Na Marginal: Máxima de 50 km/h (local), 60 km/h (central) e 70 (expressa), 50 km/h para vias arteriais e coletoras e 30 km/h para as locais. Nas demais vias: 100 km/h para 80 km/h, 90 km/h para 70 km/h e 60 km/h para 50 km/h.	Convencional (<i>smooth</i>) para vias arteriais e coletoras e rugoso para as vias locais
4	Redução de velocidade	Na Marginal: Máxima de 50 km/h (local), 60 km/h (central) e 70 (expressa), 50 km/h para vias arteriais e coletoras e 30 km/h para as locais. Nas demais vias: 100 km/h para 80 km/h, 90 km/h para 70 km/h e 60 km/h para 50 km/h.	Silencioso (<i>porous</i>) e rugoso para as vias locais

Org.: PALMA, M. I.

Os dados das campanhas de monitoramento do ruído *in loco* são apresentados na Tabela 13, na qual foram considerados os parâmetros L_{Aeq} , L_{10} , L_{90} , $L_{máx}$ e TNI, que permitiram avaliar o níveis de ruído que os receptores considerados sensíveis estão expostos.

Tabela 13: Resultados do L_{Aeq} , L_{10} , L_{90} e $L_{máx}$ das campanhas de monitoramento de ruído

Ponto	X	Y	Zon	Data	Hora	Duração	Tempo	Vento	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}	$L_{máx}$	Temp	TNI
1	324390E	7398746N	Escola	06/12/2017	11h04	15 min	Sol	Fraco	62.5	65.1	51.9	81.3	26°	74.7
2	324883E	7399027N	Escola	06/12/2017	11h36	15 min	Sol	Moderado	66.2	68.9	61.2	81.0	26°	62.0
3	326111E	7399058N	Res. Hor.	06/12/2017	12h16	15 min	Sol	Moderado	78.0	79.9	75.2	87.8	26°	64.0
4	330964E	7397270N	ZEIS-3	06/12/2017	13h20	15 min	Sol	Forte	68.8	71.8	59.0	84.2	28°	80.2
5	331506E	7398152N	Escola	06/12/2017	13h53	15 min	Sol	Moderado	81.6	82.9	74.4	102.5	28°	78.4
6	332479E	7397795N	Res. Vert.	06/12/2017	14h19	15 min	Sol	Fraco	72.8	75.7	64.8	88.5	27°	78.4
7	333755E	7396494N	ZEIS 3	06/12/2017	15h03	15 min	Sol	Fraco	69.1	71.5	59.7	86.8	26°	76.9
8	334122E	7396479N	Res. Hor.	06/12/2017	15h39	15 min	Sol	Forte	77.2	80.2	65.7	93.7	27°	93.7
9	335011E	7397849N	Res. Hor.	06/12/2017	16h19	15 min	Sol	Moderado	61.8	63.7	57.3	82.8	27°	52.9
10	336544E	7397373N	Res. Hor. e Escola	06/12/2017	17h25	15 min	Sol	Moderado	72.4	73.1	65.3	93.0	26°	66.5
11	336375E	7396649N	ZEIS 3	06/12/2017	17h58	15 min	Sol	Moderado	76.2	77.8	63.1	105.4	24°	91.9
12	338060E	7396940N	ZEIS 3	06/12/2017	18h40	15 min	Nublado	Moderado	75.6	79.2	65.1	89.4	22°	91.5
13	338521E	7397314N	Escola	07/12/2017	08h49	15 min	Nublado	Moderado	76.8	79.1	72.0	90.1	21°	70.4
14	334764E	7399124N	Res. Vert. e ZEIS 3	07/12/2017	09h27	15 min	Sol	Moderado	74.1	76.1	62.0	97.4	22°	88.4
15	330535E	7398519N	Res. Hor.	07/12/2017	09h59	15 min	Nublado	Fraco	68.2	69.5	64.6	83.7	23°	54.2
16	328763E	7398702N	Res. Vert.	07/12/2017	11h00	15 min	Nublado	Moderado	78.2	80.3	75.1	89.5	24°	65.9
17	328699E	7398798N	Res. Vert. e ZEIS 3	07/12/2017	11h21	15 min	Nublado	Moderado	70.8	73.9	63.9	86.1	23°	73.9
18	327908E	7399158N	Res. Vert.	07/12/2017	12h02	15 min	Sol	Moderado	72.6	73.9	68.9	94.7	23°	58.9
19	327268E	7399269N	Res. Vert.	07/12/2017	12h26	15 min	Sol	Moderado	75.3	77.6	71.1	90.9	26°	67.1
20	325054E	7399280N	Res. Vert.	07/12/2017	12h58	15 min	Nublado	Moderado	75.6	77.3	72.1	92.0	26°	62.9
21	324190E	7398969N	Res. Hor.	07/12/2017	13h29	15 min	Nublado	Moderado	81.9	84.2	76.7	103.0	26°	76.7

Org.: PALMA, M. I.

As medições em campo têm como objetivo avaliar o modelo proposto. Os resultados das simulações do cenário 2, que utilizam a velocidade regulamentada como parâmetro de entrada para o cálculo geoespacial do ruído, foram os que mais se aproximaram dos obtidos nas campanhas de campo, com correlação de regressão linear de $y=0,7805x$ e $R^2=0,5394$, conforme Figura 17.

Figura 17: Regressão linear: simulado e medido

Org.: PALMA, M. I.

A Figura 17 corresponde as medições em campo e o simulado no *software*. O eixo horizontal demonstra os valores da predição e na vertical os valores

efetivamente medidos ambos demonstrados em L_{Aeq} . A interpretação dos resultados é representada pelos pontos e pela linha de tendência. Se os valores geralmente ficam próximos da linha, o valor de regressão de “y” em função de “x” será próximo de 1 expressando a relação entre as variáveis.

Como foram trabalhados dados secundários da CET e da SPTrans, considera-se o modelo aceitável para o objetivo desta dissertação. Não sendo recomendado para análises que requerem maior precisão.

Assim, fica demonstrado que o modelo proposto é adequado para projeção de ruído de veículos, mesmo diante das limitações apresentadas no Item 1.4.1 do Capítulo 1.

3.1 Poluição sonora em receptores sensíveis ao longo da Marginal Tietê

Nesta primeira parte, são demonstrados os resultados das campanhas de ruído *in loco*. Foram colacionadas medições históricas dos pontos de receptores sensíveis.

Na Tabela 14, observa-se que na maioria dos pontos medidos, houve pequena diminuição dos níveis de ruído, em comparação com os anos anteriores. Vale lembrar, que o fluxo de veículos nas vias arteriais e coletoras em 2017, é o maior dentre os anos amostrados.

Tabela 14: Série histórica das medições de ruído, em L_{Aeq}

Ponto	Resultados em L_{Aeq}					Receptor	Local
	2008 Diurno	2010 Diurno	2010 Noturno	2011 Diurno	2017 Diurno		
1		72,1	72,4	65,3	62,5	Escola	200 m da Marginal Tietê
2	71,8	74,2	75,8	72,1	66,2	Escola	50 m da Marginal Tietê
3	78,7	79,6	79,7	82,5	78,0	Res. Hor.	Marginal Tietê
5	79,7	78,9	79,0	79,7	81,6	Escola	Marginal Tietê
6	78,1	73,9	73,8	75,7	72,8	Res. Vert.	Marginal Tietê (vel. 50 km/h) (condomínio do gato)
9	63,5	62,3	68,6	65,5	61,8	Res. Hor.	50 m da Marginal Tietê
10	77,6	73,1	75,6	76,8	72,4	Res. Hor. e Escola	Marginal Tietê
13		70,8	72,6	77,4	76,8	Escola	Marginal Tietê
15	70,1	72,6	71,6	69,6	68,2	Res. Hor.	Marginal Tietê
16				77,2	78,2	Res. Vert.	Marginal Tietê
18	75,3	76,8	73,5	73,5	72,6	Res. Vert.	Marginal Tietê
19	77,9	79,5	76,8	77,3	75,3	Res. Vert.	Marginal Tietê
20	76,7	78,0	77,4	76,1	75,6	Res. Vert.	Marginal Tietê
21		73,3	73,9	79,9	81,9	Res. Hor.	Marginal Tietê

Fonte: EIA/RIMA da Marginal Tietê (SÃO PAULO, 2008) e Relatório Técnico nº 003/DECONT-2/GTAI/2012. Org.: PALMA, M. I.

O estudo de Ikeda *et al* (2010, p. 9), em que foram comparados os níveis de ruídos emitidos em 9 pontos na cidade de São Paulo, em 1978 e 2010, observou que, apesar do aumento de tráfego nas ruas, houve uma diminuição dos níveis de ruído em função das melhorias tecnológicas dos veículos, dos novos mecanismos de controle e da melhoria da qualidade dos pavimentos. Portanto, sugere-se que a evolução dos fatores tecnológicos influencia a geração e propagação de ruídos.

Embora tenha havido uma relativa redução nos níveis de ruídos em alguns pontos, observa-se que os receptores sensíveis ao longo da Marginal Tietê, em residências e escolas, sofrem com o ruído urbano, uma vez que todos os pontos superaram os 50 dB(A), valor recomendado pela WHO (1999), destacando que as medições superaram os 70 dB (A) em quase a totalidade, considerando que o fluxo estimado pela CET é de 27 mil veículos/hora, conforme Figura 18.

Figura 18: Gráfico com os resultados da campanha diurna de 2017, em L_{Aeq}

Fonte: Org.: PALMA, M. I.

Do mesmo modo, na Av. Zaki Narki e na Av. do Estado, onde a quantidade de veículos/hora chega a 3000 e 4800, respectivamente, ou seja, com um fluxo bastante inferior ao da Marginal Tietê, o ruído ainda ultrapassa os 70 dB(A), como pode ser observado na Tabela 15.

Situação semelhante ocorre na Rua Marcos Arruda, onde segundo estimado pela SPTrans, há um fluxo de 80 ônibus/hora e 900 veículos/hora estimado pela CET. Com base nestes dados, observa-se que os veículos pesados, como ônibus e caminhões, destacam-se no conjunto das variáveis da poluição sonora.

Tabela 15: Medições de ruído em outras vias

Ponto	2017 Diurno (L_{Aeq})	Receptor	Local
8	77,2	Res. Hor.	Av. do Estado
11	76,2	ZEIS 3	Rua Marcos Arruda
14	74,1	Res. Vert. e ZEIS 3	Av. Zaki Narki

Fonte: Org.: PALMA, M. I.

Tendo em vista que, a poluição sonora é um importante fator a ser considerado na gestão do trânsito, o mapa de ruído pode ser um instrumento de apoio no planejamento e na implementação de medidas corretivas, como no remanejamento de linhas ônibus e restrição de veículos pesados em vias com receptores sensíveis.

Na última campanha de monitoramento noturna, realizada em 2010, entre os horários das 22h00 às 7h00, a situação demonstrou-se ainda mais complicada para os receptores da Marginal Tietê. Essa campanha encomendada pela DERSA evidenciou que em 13 pontos monitorados, 7 estiveram maiores que os observados de dia. A justificativa do consultor foi de que de noite o espaçamento entre os veículos é maior, e por consequência a velocidade também é maior (PMSP, 2012).

A incomodidade do ruído pode ser medida utilizando o índice TNI, em que considera suas oscilações. Por meio deste índice é revelado que a situação noturna ao longo da Marginal Tietê é mais perturbadora, considerando que as oscilações de ordem de 10 dB(A), são suficientes para acordar uma pessoa de seu sono (MURGEL, 2007). A Figura 19 apresenta os resultados comparativos da campanha noturna e o TNI.

Figura 19: Gráfico com os resultados da campanha noturna de 2010, em L_{Aeq} e TNI

Fonte: Relatório Técnico nº 003/DECONT-2/GTAI/2012. Org.: PALMA, M. I.

Observa-se na Figura 19, considerando o TNI, que o ruído noturno é mais incômodo em 6 dos 14 pontos. Isto ocorre pelo aumento da velocidade média e pela falta de restrição de veículos pesados durante o período noturno⁴¹.

Com base nesses dados, fica evidenciado que a situação de quem habita a região lindeira à Marginal Tietê é inadequada para usos de receptores sensíveis, uma vez que o ruído se encontra acima de 70dB, podendo a população que ali reside estar exposta a situações de estresse, aborrecimento e fadiga, que desencadeiam doenças psicossomáticas, como explicado no item 2.3 (BABISCH 2002, *apud* WHO, 2009; DIRETIVA 2002/49/EC; ISING e BRAUN, 2000; e, WHO, 1999). Um exemplo prático dessa situação é o Conjunto Habitacional Parque do Gato (Figura 20, ponto 6), que apresentou 73,8 L_{Aeq} na medição noturna da campanha de 2010.

Figura 20: Exemplo de Conjunto Habitacional ao longo da Marginal Tietê (Ponto 6).

Fonte: PALMA, M. I. (2013)

De acordo com o Plano Diretor do município, ainda há áreas para o adensamento populacional no Arco Tietê. No entanto, um dos quesitos a ser considerado no diagnóstico ambiental é o ruído urbano. Isso ressalta a importância do mapa de ruído, no processo de tomada de decisão dos gestores públicos na definição do uso e ocupação do solo.

⁴¹ Segundo a CET é proibido o trânsito de caminhões: de 2ª a 6ª feira das 05h às 09h, das 17h às 21h - aos sábados das 10h às 14h (exceto feriados). Disponível em <<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1Fpkx6E5uBExiS1ghu7cCzu0ECuY&ll=-23.524933950130603%2C-46.59271006700135&z=14>> acessado dia 28 de fevereiro de 2018.

3.2 O mapa de ruído aplicado ao ordenamento do uso do solo

Em uma cidade com a complexidade de São Paulo no aspecto urbanístico, e com um histórico de crescimento exacerbado, todo instrumento que vise o planejamento deve ser aplicado para que se possam corrigir as distorções elucidadas ao longo do tempo.

Nesse sentido, uma das melhores aplicações do mapa de ruído é quanto à definição do zoneamento urbano. No mapa de ruído sobreposto às ZEIS, observa-se que das 166 ZEIS, do Arco Tietê, 160 estão em conflito com o Quadro 4B, sendo 124 em níveis acima de 70 dB(A).

Segundo o Quadro 4B, que define os parâmetros de incomodidade da LPUOS, o limite para as ZEIS 1 e 2 é de 50 dB(A), enquanto que as ZEIS 3 e 5 o limite é de 55 dB(A). Todos os limites supracitados são para o período diurno. A Tabela 16 demonstra a situação das 166 quanto a poluição sonora dos automóveis e seus limites legislados. Nesta tabela são demonstrados os níveis de ruído nas faces de cada ZEIS, considerando o percentual do perímetro impactado pelo ruído.

Tabela 16: Situação das ZEIS do Arco Tietê quanto à poluição sonora maior que o legislado. Resultados em porcentagem nas suas faces

Classificação	Total	ZEIS-1 ≥50 db(A)	ZEIS-2 ≥50 db(A)	ZEIS-3 ≥ 55 db(A)	ZEIS-5 ≥55 db(A)
Zero	4	2	0	2	0
1-24%	6	2	0	4	0
25-49%	24	7	0	15	2
50-74%	41	5	3	26	7
75-100%	91	13	5	71	2
Total	166	29	8	118	11

Org.: PALMA, M. I.

Observa-se, portanto, que 95% das ZEIS localizadas no Arco Tietê encontram-se com ao menos ¼ de suas faces com níveis acima do legislado.

A pesquisa de Babisch (2002, *apud* WHO, 2009) demonstrou que populações que vivem em locais com ruído acima de 70 dB(A) encontram-se em situação de risco à saúde. Sendo assim, destacam-se as ZEIS cujas faces atingem mais de 70 dB(A). No Arco Tietê foram elucidadas que 88 ZEIS tem ao menos ¼ das suas faces acima de 70 dB (A). A Tabela 17 demonstra as condições encontradas nas faces das ZEIS, classificadas em quatro categorias:

Tabela 17: Situação das ZEIS do Arco Tietê quanto a poluição sonora maior que 70 dB(A). Resultados em porcentagem nas suas faces

Classificação	Total	ZEIS-1	ZEIS-2	ZEIS-3	ZEIS-5
Zero	41	10	0	29	2
1-24%	37	9	2	23	3
25-49%	50	5	3	37	5
50-74%	30	5	2	22	1
75-100%	8	0	1	7	0
Total	166	29	8	118	11

Org.: PALMA, M. I.

Ou seja, 53% das ZEIS do Arco Tietê encontram-se em lugares com ruído acima de 70 dB(A) em ao menos ¼ de suas faces.

Dentre as 12 ZEIS ao longo da Marginal Tietê, todas possuem ao menos ¼ das suas faces com valores de ruído acima do legislado; porém, 9 possuem ¼ ou mais de suas faces impactadas com ruídos superiores a 70 dB, conforme Tabela 18.

Tabela 18: Situação das 12 ZEIS ao longo da Marginal Tietê quanto a poluição sonora maior que o legislado e maior que 70 dB(A). Resultados em porcentagem nas suas faces

Classificação	Total Acima do legislado dB(A)	Total Acima de 70 dB(A)
Sem	0	0
1-24%	0	3
25-49%	0	5
50-74%	6	4
75-100%	6	0
Total	12	12

Org.: PALMA, M. I.

Portanto, como se observa na Tabela 18, todas as ZEIS ao longo da Marginal Tietê estão impactadas pela poluição sonora. No entanto, os ruídos atribuídos a estas ZEIS não são exclusivos da Marginal Tietê, são provenientes também das vias mais próximas com alto fluxo de veículos, como as perpendiculares.

Na Figura 21 são apresentados exemplos de porcentagens em suas faces expostas, para melhor compreensão das Tabelas 16, 17 e 18.

Figura 21: Exemplos de fachadas das ZEIS expostas à ruídos acima de 70 dB (A)

Fonte: CET, 2016, SPTrans, 2017 e Geosampa. Org.: PALMA, M. I.

Verifica-se pelos exemplos da Figura 21, que as situações nas quais 50% ou mais das faces apresentam resultados acima dos 70 dB(A), se configuram como um problema ao administrador público ou as incorporadoras privadas, uma vez que os dormitórios deverão atingir o exposto na NBR 15.575:2013, podendo inviabilizar o aproveitamento dessas áreas para fins habitacionais. Ao todo, são 34 ZEIS que se encontram nesta situação.

Ao comparar as ZEIS ao longo da Marginal Tietê com todas as outras ZEIS do Arco Tietê, os resultados parecem semelhantes. O que diferencia a Marginal Tietê do restante é a máxima do ruído, muito superior que de qualquer outra via, com exceção das rodovias que cortam a cidade na qual circulam veículos em alta velocidade. Como demonstrado no item 3.1, o ruído noturno da Marginal é tão alto quanto o de dia, enquanto que nas demais vias ainda carecem de estudos.

Vale destacar que, estudos que considerem projeções do ruído em 3D (tridimensional) poderão demonstrar resultados mais efetivos para casos específicos, como residenciais verticais em bairros próximos a grandes rodovias ou vias expressas.

O que se propõe nesta pesquisa, não é tornar inviáveis as ZEIS, mas sim apontar medidas para que essas situações possam ser corrigidas, como o seu reordenamento, de forma que as frações de usos não residenciais permitidos nas ZEIS, se tornem uma barreira para ruído das grandes vias, nos casos em que o empreendedor irá promover uso misto. Nestes casos, os locais mais impactados poderão ser destinados

para outros usos permitidos pela LPUOS, ou mesmo quando possível, que se verifiquem as melhores opções para o posicionamento dos caixilhos nas edificações.

Além do mais, no Arco Tietê, sete ZEIS encontram-se circundadas por ZPIs e ZDEs, que têm como parâmetros de incomodidades 65 dB(A) de dia, 60 dB(A) ao entardecer e 55 dB(A) no período noturno. Isso demonstra que um melhor planejamento poderia solucionar o problema de conflito de parâmetros entre as zonas.

As zonas destinadas a habitações não deveriam confrontar com zonas cujas atividades ruidosas são mais permissíveis. Nestes casos, recomenda-se zonas de atividades de ruídos intermediários entre as ZPIs e ZDEs com as ZEIS.

Outras situações podem ser visualizadas na Figura 22, como ZEIS em locais subutilizados e ruidosos. Nestes casos, é possível observar que existem Zona Central (ZC) e Zona de Desenvolvimento Econômico (ZDE) subutilizadas e em locais menos ruidosos, cujos incentivos de usos residenciais e não residenciais poderiam ser invertidos.

Figura 22: Exemplos de demarcações de ZEIS, ZDE e ZC em locais subutilizados sobrepostos a um mapa de ruído dos automóveis.

Fonte: CET, 2016, SPTrans, 2017 e Geosampa. Org.: PALMA, M. I.

Os mapas de conflitos entre o legislado e a realidade encontrada (Figura 23), permitem uma reflexão sobre a atual situação do ruído na área de estudo. Medidas de ações na fonte de ruído, priorizando os locais mais propensos a instalação de receptores sensíveis, podem ser estimuladas, a exemplo do Plano Municipal de Redução de Ruído, da Agência Portuguesa do Ambiente, elaborado por Carvalho e Rocha (2008, p. 53).

O mapa de conflito demonstrado na Figura 23, também revela o quão é complicado para o técnico do licenciamento ambiental se balizar pelo Quadro 4B da LPUOS. É com base neste quadro que o técnico defere ou indefere as atividades ou

obras no licenciamento ambiental quanto aos níveis ruído, no entanto, quando não se possui um diagnóstico oficial da realidade encontrada, o técnico fica a mercê das interpretações apresentada pelos interventores nos estudos ambientais.

Figura 23: Mapa de conflito entre o legislado e a realidade

Fonte: CET, 2016, SPTrans, 2017, Geosampa e Quadro 4B da LPUOS. Org.: PALMA, M. I.

Das 1.988 zonas definidas no Arco Tietê, 1.523 têm valores acima de 10 dB(A) em relação ao que é determinado pelos parâmetros de incomodidade expressos na LPUOS.

Todas as quadras com as faces para Marginal Tietê estão nas mesmas condições, com exceção das Zonas de Ocupação Especial (ZOE), que não tem parâmetro definido pela LPUOS.

Se há conflito entre o legislado e realidade, os empreendedores, ou mesmo seus consultores, utilizam do artifício que as vias de automóveis já extrapolam o legislado, e portanto, o empreendimento ou a atividade proposta, não é significativa em termos de impacto na poluição sonora, como ocorreu no licenciamento ambiental da Nova Marginal Tietê (PMSP, 2012), com base no item 6.2.4. da NBR 10.151:2003, que permite alterações no Nível de Conforto Acústico (NCA), uma vez que o ruído de fundo extrapola o parâmetro de incomodidade.

Além do zoneamento em si, os mapas de conflitos também devem ser aplicados em locais cujo uso predominante seja de residências, escolas e hospitais. Portanto, a aplicação do mapa de ruído não se limita apenas para comparação do zoneamento, mas também para a situação atual dos usos.

Conforme demonstrado, existem diversas maneiras de se aplicar um mapa de ruído a uma região. Se aplicado como subsídio para o adensamento populacional como proposto para o Arco Tietê, resultará em um quadro urbanístico diferente do atual. Nos casos em que os projetos existentes já estão avançados, vale a aplicação da NBR 15.575:2013. Visando uma melhor adequação entre o legislado e o quadro real, entende-se necessário um mapa de ruído oficial, para ser aplicado nas ocasião da revisão do Plano Diretor no intuito de prever na legislação urbana, as condições ambientais que se encontrem superiores aos definidos no zoneamento.

3.3 Medidas mitigadoras do ruído

As simulações de diferença entre os cenários foram estendidas aos receptores sensíveis ao longo da Marginal Tietê e no Arco Tietê, com isto foram obtidos os resultados comparativos registrados na Tabela 19.

Tabela 19: Comparativo dos cenários 2, 3 e 4, para os receptores sensíveis ao longo da Marginal Tietê

Ponto	Local	Cenário 2 dB(A)	Cenário 3 dB(A)	Cenário 4 dB(A)	Observação
1	Escola	50,5	50,4	49,4	Sem alteração de velocidade na via da fachada
2	Escola	77,4	75,8	74,6	
3	Res. Hor.	77,6	76,1	74,8	
5	Escola	77,6	76,1	74,8	
6	Res. Vert.	73,7	71,9	70,2	
9	Res. Hor.	72,9	71,4	70,1	
10	Res. Hor.	77,3	75,3	73,9	
10	Escola	73,2	72,3	71,2	
12	ZEIS 3	76,2	75,2	74,0	
13	Escola	77,0	75,4	74,2	
15	Res. Hor.	74,7	73,2	72,0	
16	Res. Vert.	77,0	75,2	73,9	
17	Res. Vert e ZEIS 3	73,5	72,0	70,7	
18	Res. Vert.	76,4	75,0	73,7	
19	Res. Vert.	77,7	76,5	75,3	
20	Res. Vert.	76,0	74,7	73,5	
21	Res. Hor.	80,3	79,4	78,3	

Org.: PALMA, M. I.

Conforme Tabela 12, o cenário 2 refere-se à situação atual, o cenário 3 à redução da velocidade e o cenário 4 à redução da velocidade com pavimento silencioso.

No cenário 3, não foram observadas alterações significativas em termos de redução do ruído em comparação com o cenário 2. As predições do cenário 3,

para as escolas e as residências ao longo da Marginal Tietê, com a velocidade igual a implantada no período de julho de 2015 a janeiro de 2017, demonstraram uma diminuição em média de -1,36 dB(A) em suas fachadas prediais.

Na hipótese de uma situação mais favorável, com a implantação de pavimento silencioso associado à redução de velocidade (cenário 4), comparado a situação atual (cenário 2), obtém-se uma redução média de -2,61 dB(A). Observa-se que há viabilidade de implantação de pavimento silencioso, mesmo que este apresente melhores resultados em vias com velocidades mais altas.

A Figura 24 apresenta um comparativo entre os cenários. Observa-se que em pontos mais distantes da Marginal Tietê, as diferenças entre os resultados são menos expressivas.

Figura 24: Gráfico comparativo entre os cenários 2, 3 e 4 em dB(A)

Org.: PALMA, M. I.

Portanto, tanto a redução da velocidade quanto a implantação de pavimento silencioso, são formas de mitigação do impacto ambiental causado pelos automóveis, mas, estas medidas por si só, não diminuem o ruído de acordo com o recomendado pela WHO.

Além do mais, a redução da velocidade proporciona aumento na segurança de motoristas⁴² e de pedestres.

⁴² Mortes nas marginais caíram 57% em 2016 (período em que foram adotadas reduções de velocidades nas vias rápidas), segundo dados da CET <<https://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/mortes-nas-marginais-cairam-57-em-2016-segundo-dados-da-cet.shtml>>, acessado em 28 de fevereiro de 2018.

Na situação em que se subtrai o cenário 2 do cenário 4, observa-se na Figura 25, como ocorreria a redução do ruído em trecho ao longo da Marginal Tietê, próximo à Ponte Júlio de Mesquita Neto, onde se encontra instalado um conjunto habitacional.

Figura 25: Predição da mitigação do ruído atribuído à redução da velocidade e implantação de pavimento silencioso

Fonte: CET, 2016, SPTrans, 2017 e Geosampa. Org.: PALMA, M. I.

A Figura 25 apresenta um cenário conservador quanto à diminuição do ruído, tendo em vista que foi considerada para efeito de cálculo uma situação 2D (bidimensional), podendo a melhora ser percebida por unidades habitacionais verticalizadas mais distantes da Marginal Tietê.

Com o pavimento poroso simulado, sem alterar a velocidade, em vias arteriais e coletoras, a redução de acordo com a *NMPB-Routes-96* é de apenas -1 dB(A) para todos os tipos de veículos em velocidades de até 60 km/h. Para velocidades entre 60 e 80 km/h a redução é de -2 dB(A), para velocidade acima de 80 km/h, a queda esperada é de -3 dB(A)⁴³. Portanto, os resultados associados à implantação de pavimento poroso são mais satisfatórios nas vias de trânsito rápido. Assim, pode-se afirmar que pavimentos porosos em vias arteriais e coletoras, trazem resultados menos eficientes, mas não devem ser subestimados em termos de mitigação da poluição sonora, uma vez que o dB é uma escala logarítmica, sendo assim, há uma acentuada baixa em termos de potência sonora, -1 dB(A) equivale a uma redução de cerca de 20% da

⁴³ Valores extraídos do código aberto Plugin OpeNoise.

quantidade de veículos trafegando na via, -2 dB(A) significaria cerca de 37% e -3 dB(A) cerca de 50%⁴⁴.

Com base nestas simulações, pode-se reforçar a afirmativa que se na época da adequação viária da Marginal Tietê tivesse sido implantado o pavimento silencioso conforme preconizava o Parecer do CADES e a Licença Ambiental de Instalação, teria havido reduções significativas de níveis de ruído.

Cabe lembrar que a Licença Ambiental de Instalação – LAI 01/SVMA-G/09, da Adequação Viária da Marginal Tietê, continha uma exigência ambiental, a saber:

“Adotar as medidas mitigadoras para atenuar a poluição sonora ao longo das áreas lindeiras da Marginal Tietê, propostas no Parecer Técnico nº 29/CADES/2009, a saber: implantação de barreiras acústicas integradas a barreiras vegetais e/ou emprego de pavimento silencioso. Estas medidas deverão ser implementadas especialmente em pontos como escolas, universidades, hospitais, casas de repouso, conjuntos habitacionais, de acordo com cada frente de obra enviando relatório a SVMA”.

No entanto, nos relatórios técnicos de acompanhamento das obras, o empreendedor afirmou que foi aplicado o asfalto convencional rugoso, metodologia adotada pelo DER/SP, que tem como base o trabalho *“Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume”*, voltada a situações com heterogeneidade no fluxo de veículos e sua capacidade de carga. A justificativa de não empregar o asfalto poroso com o polímero, foi de que a baixa velocidade da Nova Marginal não atenuaria a questão do ruído do trânsito (PMSP, 2012).

Isso demonstra as dificuldades de aplicação da AIA, considerando que o empreendimento Adequação Viária da Marginal Tietê, é uma intervenção pública licenciada em órgão público.

Em suma, tanto os técnicos do licenciamento ambiental, quanto os gestores das vias públicas, devem se ater as questões dos benefícios da implantação de pavimentos silenciosos e da redução de velocidades. Ao órgão ambiental compete exigir e fazer cumprir, tantos dos empreendedores públicos como dos privados, a adoção de pavimentos silenciosos. Quanto às medidas de redução de velocidade, compete ao órgão responsável pelo gerenciamento do trânsito.

⁴⁴ Segundo a calculadora “acústico 3.0”, disponibilizada pelo Departamento de Tecnologia (LABAUT) FAU/USP. Disponível em www.fau.usp.br/arquivos/cpq/labs/labaut/conforto/Acustico_3.0.xls, acessado dia 21 de março de 2018

3.4 Produto

MAPA DE RUÍDO DO TRÁFEGO DE AUTOMÓVEIS

DIURNO - HORÁRIO PICO (ESTIMADO)

MAPA DE RUÍDO DO TRÁFEGO DE AUTOMÓVEIS
TRÁFEGO ESTIMADO (HORA PICO MANHÃ)

MACRO ÁREA DE ESTRUTURAÇÃO URBANA
ARCO TIETÊ
MUNICÍPIO DE SÃO PAULO
PLANTA GEORREFERENCIADA
SISTEMA DE COORDENADAS UTM
DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000, FUSO 23K, SUL, EPSG: 31983
MERIDIANO CENTRAL -45º

DADOS DO PROJETO:

Fonte:
Companhia Engenharia de Tráfego - CET (2016 - editado)
São Paulo Transporte - SPTrans (2017 - editado)
Mapa Digital da Cidade de São Paulo - MDC (2004 - editado)

Org.: Maykon Ivan Palma

Softwares:
QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA)
Plugin: OpeNoise - Arpa Piemonte (developer Stefano Masera)*

Método: Nouvelle Méthode de Prévision de Bruit (NMPB-Routes-96)

LEGENDA:

- Edificação
 - Hidrografia
 - Quadra Viária
 - Distrito
- Níveis de Ruído - altura 4m
- <35 dB(A)
 - 40 dB(A)
 - 45 dB(A)
 - 50 dB(A)
 - 55 dB(A)
 - 60 dB(A)
 - 65 dB(A)
 - 70 dB(A)
 - 75 dB(A)
 - 80 dB(A)
 - >85 dB(A)

LOCALIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO:

SITUAÇÃO SEM ESCALA

Observações:

* O plugin permite calcular o nível de ruído gerado por fontes pontuais ou por fontes rodoviárias em pontos e edifícios receptores fixos.

Considerando as seguintes observações:
- modelo 2D;
- difrações laterais calculadas (sem difração vertical e reflexões);
- terreno plano.

Produto parte da pesquisa de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

PALMA, M. I. O Mapa de Ruído como instrumento de planejamento: o caso da poluição sonora causada pelos automóveis no município de São Paulo. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Data: 24 de abril de 2018

Escala 1:25000

CONSIDERAÇÕES

São Paulo, assim como outras grandes cidades brasileiras, está sujeita à poluição sonora oriunda de diversas fontes, principalmente dos automóveis.

Apesar de o ruído ser classificado como a segunda poluição ambiental que gera maior incômodo à população, ainda é baixa a percepção para os males que a poluição sonora causa sobre a saúde humana.

O perímetro urbano do município de São Paulo apresenta uma malha viária com características de vias rápidas, radiais e expressas como no caso da Via Marginal Tietê. A lei 16.050/2014 instituiu o denominado Arco do Tietê, classificado como Macroárea de Estruturação Metropolitana, prevendo transformações de ocupação urbanística para essa área, com mudanças do uso do solo ao longo da via da Marginal Tietê.

Visando obter melhores resultados ambientais, os gestores públicos têm-se utilizado de instrumentos e programas específicos para o planejamento urbano. Entre essas opções de instrumentos, encontra-se o mapa de ruído.

O mapa de ruído como apresentado neste estudo, além de indicar a situação atual da poluição sonora no município, auxilia na busca de medidas mitigadoras, sendo também um aliado ao planejamento urbano e à tomada de decisões.

O município requer planejamento também sob o ponto de vista ambiental. O desconforto sonoro, como uma poluição ambiental, tem como consequência um problema de saúde ambiental, que pode ser representado por meio de um mapa de ruído, que auxilia na identificação de áreas cujos níveis sonoros prejudicam a saúde e áreas que devem ser preservadas à recreação, à habitação e ao bem estar da população.

Na ausência de um mapa de ruído na elaboração da LPUOS, a NBR 15.575:2013 preencheu a lacuna entre o legislado e a realidade. Neste caso, o uso do mapa de ruído serve para as incorporadoras planejarem seus empreendimentos habitacionais de acordo com o aconselhado pela WHO (1999 e 2009), uma vez que terão de garantir o conforto acústico nas habitações. Vale destacar que, a eliminação do desconforto sonoro não pode ser restrita aos empreendimentos de alto padrão, sendo que todos devem seguir as premissas quanto à diminuição do ruído nos dormitórios das unidades habitacionais, o que representa um avanço na regulamentação dos métodos construtivos e no conforto nas habitações.

As construtoras também poderão usufruir do mapa de ruído para planejarem a posição dos caixilhos das edificações, de modo a proporcionar maior conforto e evitar janelas e sacadas para o lado mais ruidoso.

Para áreas onde a população encontra-se instalada, em locais mais críticos, são aconselhadas medidas para diminuição do ruído, como a redução de velocidade e a aplicação de pavimento silencioso. Conforme demonstrado no Capítulo 3, a disseminação da implantação de pavimento silencioso e a redução de velocidade são ações necessárias nas grandes vias que atravessam as cidades. Outras formas de controle do tráfego são: a implantação de rodízio e pedágio urbano. Em 2010 foi apresentado na Câmara Municipal de São Paulo o Projeto de Lei nº 316/2010, que propunha a implantação do pedágio, no entanto, o projeto foi arquivado em 2013. Se fosse aprovado, haveria outros efeitos, mas certamente um deles seria a redução do ruído promovida pelos veículos.

Para estas áreas supracitadas, medidas de gestão do tráfego, como restrição de veículos pesados em horários noturnos, auxiliam na diminuição do ruído no período de descanso. Atualmente, o trânsito de veículos pesados na Marginal Tietê, no período noturno, está liberado. Trata-se de uma medida unilateral, cujo foco é melhorar o fluxo de veículos. Neste aspecto, os gestores devem demonstrar uma maior preocupação na relação entre a redução do ruído com o bem-estar da população, em especial nos horários de descanso.

Medidas mesmo que pontuais, utilizando mapas de ruído mais precisos, devem ser tomadas em locais com receptores sensíveis, como o remanejamento de ponto e rotas de ônibus, instalação de barreiras acústicas e janelas antirruídos, a exemplo de países como Portugal, em que a legislação regulamenta a responsabilidade pela aplicação dessas medidas.

Ainda, o uso da arborização urbana se apresenta como uma forma de medida mitigadora com capacidade de diminuir a sensação do barulho, tendo em vista a melhora da paisagem sonora e seu efeito psicológico positivo.

Todos os bairros das cidades devem possuir áreas de restauração e descanso, como proposto na Cidade Autônoma de Buenos Aires, em que serão delimitadas áreas de silêncio a serem preservadas. Como visto, o corpo humano é capaz de se recuperar do estresse do ruído se houver pausas de exposição. As áreas de restauração aqui propostas, não significam apenas áreas menos ruidosas, mas também áreas com sons agradáveis, como os sons da natureza e os das interações dos seres humanos.

Neste momento a NBR 10.151:2003 encontra-se em processo de revisão, sendo necessárias correções e novas definições quanto ao item 6.2.4. Este item permite o aumento no parâmetro mínimo do Nível de Conforto Acústico (NCA) em virtude do ambiente já degradado, utilizado muitas vezes como justificativa pelos empreendedores e consultores para não adoção de medidas mitigadoras quando da instalação de novos empreendimentos ruidosos.

Incentivos adequados ao transporte público, às caminhadas e ao uso de bicicletas encorajadas pela implantação de ciclovias, são formas de diminuir a

intensidade sonora nas ruas das cidades. Este tipo de conscientização chega a 17% das tomadas de ações na redução do ruído na União Europeia, em virtude da Diretiva 2002/49/CE. Portanto, estes incentivos não devem ser descartados nas grandes cidades.

A própria evolução tecnológica da frota de veículos bem como a melhora na qualidade dos pavimentos trazem resultados positivos ao longo do tempo. Com o passar dos anos, a cidade de São Paulo teve uma leve diminuição do ruído. Portanto, a tecnologia é uma variável a ser considerada, a exemplo de veículos menos ruidosos que são constantemente incorporados à frota. Os resultados são gradativos, no entanto, ainda é necessária uma regulação mais eficaz na indústria de pneumáticos, que pouco evoluiu no quesito ruído ao longo das décadas, regulação essa, que poderia ser atribuída ao Conama, uma vez que a poluição sonora é uma poluição ambiental.

Como se sabe, o tráfego de veículos é a principal fonte de ruído urbano, portanto, medidas de controle e fiscalização de emissões dos veículos, devem ser incrementadas, pois já são regulamentados os padrões de ruído tanto para veículos usados como para os novos. Na Cidade de São Paulo, a partir de 2008, foi implantado um programa de inspeção veicular voltado ao controle de emissões de gases e de ruído, mas extinto em 2013.

Observa-se pouca consciência de quanto o ruído urbano é prejudicial ao bem-estar e à saúde humana. O mapa de ruído também possui seu papel informativo para uma maior conscientização da população. Além disso, campanhas educativas, que elucidam os males à saúde provocados pela poluição sonora, ajudam a população a se proteger deste tipo de poluição, promovendo mudanças para hábitos mais saudáveis.

O Planejamento Urbano é utilizado como a principal ação de controle da poluição sonora pela Comunidade Europeia, a exemplo de Portugal, que responsabiliza as Câmaras Municipais quando estas permitem o adensamento urbano próximo de fontes ruidosas. Em São Paulo, se o planejamento do município, por meio da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS), tivesse sido elaborado sob um mapa de ruído, como quis o legislador, implicariam na redução de ocorrências das chamadas zonas de conflitos, em especial para os zoneamentos que incentivam a habitação, ou para as áreas onde se pretende propor adensamento populacional, como no Arco Tietê.

No caso onde são incentivadas habitações populares, como as ZEIS, fica evidenciado nesta pesquisa que o legislador não se atentou à qualidade ambiental nas suas demarcações. São 53% das ZEIS do Arco Tietê em áreas onde o ruído atinge mais de 70 dB(A) devido ao trânsito de veículos. Apesar da legislação determinar 55 dB(A) para essas áreas, a realidade encontrada supera esse limite em quase sua totalidade. Observa-se, portanto que, caso não haja medidas eficazes nos métodos construtivos e demais ações de controle, uma parcela significativa da população que ocupará essas zonas ruidosas, estará sujeita a mais uma injustiça de caráter espacial.

Destaca-se que, todas as 12 ZEIS com faces na Marginal Tietê apresentaram ao menos em ¼ de suas faces ruídos acima de 70 dB(A), atingindo níveis de ruído acima de 80 dB(A).

Com base nos dados levantados, as zonas que incentivam os usos residenciais não deveriam confrontar com zonas cujas atividades são mais ruidosas. Nestes casos, recomenda-se zonas de atividades de ruídos intermediários entre elas.

Para a próxima revisão do Plano Diretor, que deverá ocorrer em seis anos, espera-se que a demarcação de zonas de usos e ocupação do solo utilize um mapa de ruído como instrumento para o planejamento e gestão das atividades ruidosas a fim minimizar os efeitos negativos da poluição sonora.

Nesse sentido, a Lei nº 16.499/2016 torna obrigatória a elaboração do mapa de ruído, e seus efeitos positivos deverão ser estudados no futuro, a fim de evidenciar como ocorrerá sua aplicação no planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. *Justiça ambiental e construção social do risco*. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais: Ouro Preto, Minas Gerais 2002. Disponível em <<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/1159/1123>> acessado em 13 de fevereiro de 2017.

ALEXANDRE, A. F. *A dinâmica da sociedade de risco segundo Antony Giddens e Ulrich Beck*. Geosul, Florianópolis, v.15, 0.30, p 150-167, jul/dez. 2000. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/viewFile/14312/13154>> acessado dia 12 de fevereiro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. *NBR 10.151: Acústica – Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. *NBR 15.575: Desempenho de edificações habitacionais – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

AUSTRIA. *Austria's National Environmental Plan, Vienna*, 1997, disponível em <<http://www.cedar.at/data/nup>> acessado dia 20 de junho de 2011.

AXELSSON, Ö.; NILSSON, M. E.; BERGLUND, B. *A principal components model of soundscape perception*. Article in The Journal of the Acoustical Society of America · November 2010. Disponível em <<https://www.researchgate.net/profile/Mats_Nilsson2/publication/49638569_A_principal_components_model_of_soundscape_perception/links/0046353abcba722ff6000000/A-principal-components-model-of-soundscape-perception.pdf>>, acessado dia 26 de março de 2018.

BABISCH, W. *Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis*. Department of Environmental Hygiene, Federal Environment Agency, Corrensplatz 1, 14195 Berlin, Germany, V. 16, Issue: 68 p. 1-9, 2014. Disponível em <<http://www.noiseandhealth.org/>> acessado em 11 de maio de 2016.

BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade / Tradução de Sebastião Nascimento*. São Paulo: Ed. 34, 2010.

BORGES, C. A. M. *O conceito de Desempenho de Edificações e a sua Importância para o Setor da Construção Civil no Brasil*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Desempenho de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/515. São Paulo: UPUSP, 2008. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25092008-094741/pt-br.php>> acessado dia 28 de novembro de 2017.

BORGES FILHO, O. B. *Conscientização acerca da poluição sonora: relato de caso em uma escola de educação de jovens e adultos*. 79 f. Dissertação (Mestrado em Linguagem e audição: modelos fonoaudiológicos) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba: 2016.

BOTTELDOOREN, D.; LAVANDIER C.; PREIS, A.; DUBOIS, D.; ASPURU, I.; GUASTAVINO, C.; BROWN, L.; NILSSON, M.; ANDRINGA, T. C. *Understanding urban and natural soundscapes*. Forum Acusticum, June - 1. July, Aalborg 2011. Disponível em <<https://biblio.ugent.be/publication/2041806/file/2041808>>, acessado dia 26 de março de 2018.

BOUFLEUR, V. *Desempenho acústico de edificações habitacionais: desafios para implementação da Norma de Desempenho*. Trabalho de Diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96344/000914950.pdf?sequence=1>> acessado dia 28 de novembro de 2017.

BRASIL. *Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho*. Disponível em <http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGaos/MTE/Portaria/P3214_78.html> acessado dia 9 de maio de 2016.

_____. *Lei nº 6.938, de 31 agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências*. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm> acessado dia 26 de setembro de 2015

_____. *Constituição Federal, 1988*. Disponível em <<http://www.senado.gov.br/>> , acessado dia 24 de abril de 2016.

_____. *CONAMA nº 001, 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*. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 1990^a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=98>> acessado dia 26 de setembro de 2015.

_____. *CONAMA n° 002, de 11 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados.* Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=124>> acessado dia 04 de março de 2018.

_____. *CONAMA n° 008, de 31 de agosto de 1993.* Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0893.html>> acessado dia 04 de março de 2018.

_____. *Lei n° 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro.* Disponível em <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L9503.htm> acessado dia 04 de março de 2018

_____. *Portaria n° 134, de 18 de dezembro de 1998.* Ministério do Estado do Planejamento e Orçamento. Disponível em <http://pbqp-h.cidades.gov.br/download_doc.php> acessado dia 16 de março de 2018.

_____. *CONAMA n° 272, de 14 de agosto de 2000.* Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27200.html>> acessado dia 04 de março de 2018.

_____. *Lei n° 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.* Disponível em <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm> acessado dia 04 de março de 2018

_____. *Portaria n.º 544, de 25 de outubro de 2012 (INMETRO).* Ministério Do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional De Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, 2012. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001918.pdf>>, acessado dia 3 de abril de 2018.

_____. *Portaria n.º 365, de 22 de julho de 2015 (INMETRO).* Ministério Do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, 2015. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002293.pdf>>, acessado dia 3 de abril de 2018.

BRUNDTLAND, G. H. *Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento.* 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CABRAL, M. F. F.; ALBUQUERQUE, F. S.; FREITAS, O. ALBUQUERQUE; T. M. A. *Estudo dos mecanismos de geração de ruído de tráfego na interface pneu-pavimento*. (ISSN: 2237-1346) TRANSPORTES, v. 22, n. 1 (2014), p. 1-20. Publicação da ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Disponível em <www.anpet.org.br> acessado em 10 de maio de 2016

CBIC. *Dúvidas sobre a norma de desempenho: especialistas respondem às principais dúvidas e elencam requisitos de suportes para elaboração de projetos* /coordenadores: José Carlos Martins, Dionyzio Klavdianos, José Maria Soares, Raquel Riberio; autores Adriana Camargo de Brito... et al. – Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, 2015.

CARVALHO, A. P. O. de.; ROCHA, C. *Manual técnico para elaboração de Planos Municipais de Redução de Ruído*. Edição: Agência Portuguesa do Ambiente. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, abril de 2008. ISBN: 978-972-8577-42-1. Disponível em <https://www.apambiente.pt/_zdata/DAR/Ruido/NotasTecnicas_EstudiosReferencia/PM_RR.pdf> acessado dia 26 de setembro de 2015.

CEZAR, L. A. *Abordagem estratégica para mitigação de ruídos em rodovias: o caso do residencial tamboré, no rodoanel metropolitano*. Dissertação de Mestrado apresenta ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo 2008. Disponível em <http://www.ipt.br/pos_graduacao_ipt/solucoes/dissertacoes/670-abordagem_estrategica_para_a_mitigacao_de_ruidos_em_rodovias_o_caso_do_residencial_tambore_no_rodoanel_metropolitano.htm>, acessado em 6 de fevereiro de 2018.

CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES. Ley nº 1.540/04 - Control de la Contaminación Acústica en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Buenos Aires, 02 de diciembre de 2004. Disponível em <http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/> acessado dia 20 de janeiro de 2018.

_____. Decreto nº 740/GCABA/07 - Visto la Ley Nº 1.540 (B.O. Nº 2111 de fecha 18/1/05), el Expediente nº 54.054/06. Buenos Aires, 23 de mayo de 2007. Disponível em <http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/> acessado dia 20 de janeiro de 2018.

CORDOVIL, L. A. B. L. *Estudo da ABNT NBR 15.575 - “Edificações habitacionais – Desempenho” e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006528.pdf>> acessado dia 20 de janeiro de 2018.

D’HONDT, E.; STEVENS, M.; JACOBS, A. *Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring*. Preprint submitted to Pervasive and Mobile Computing. Belgium, 2011. Disponível em <<http://www.ademloos.be/sites/default/files/partnoisemaps.pdf>> acessado dia 24 de novembro de 2016.

DESARNAULDS, V.; MONAY, G.; CARVALHO, A. *Noise Reduction by Urban Traffic Management*. In: Proc. ICA, Kyoto, Japan, 2004. Disponível em <<https://paginas.fe.up.pt/~carvalho/ica04.pdf>>, acessado dia 03 de abril de 2018.

DI GIULIO, G. M.; FIGUEIREDO, B. R.; FERREIRA, L. C. ANJOS, J. A. S. A. *Comunicação e governança do risco: a experiência brasileira em áreas contaminadas por chumbo*. Ambiente & Sociedade. Campinas V.XIII, n. 2, p; 283-2897, jul.-dez. 2010.

DI GIULIO, G. M.; VASCONCELLOS, M. da P.; GÜNTHER, W. R.; RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. *Percepção de risco: um campo de interesse para interface ambiente, saúde e sustentabilidade*. Saúde Soc. São Paulo, v. 24, n. 4, p. 1217-1231, 2015.

DIDAC, D. T. *Servicio de levantamiento de información de la contaminación sonora en áreas específicas a través de la elaboración de mapas sonoros estratégicos y el análisis subjetivo en el distrito de San Isidro de la ciudad de Lima (Perú)*. Trabajo Final de Grado. Universitat Politècnica de València Escola Politècnica Superior de Gandia, Lima, 2016. Disponível em <<https://riunet.upv.es/handle/10251/71235>> Acessado dia 04 de fevereiro de 2018.

EUROPEAN UNION. *Directive 2001/43/CE de 27 de Junho de 2001 que altera a Directiva 92/23/CEE do Conselho relativa aos pneumáticos dos veículos a motor e seus rebocos bem como à respectiva instalação nesses veículos*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias; 2001. No. L 211/25.

_____. *Directive 2002/49/EC relating to the Assessment and Management of Environmental Noise*. Official Journal of the European Communities; 2002. No. L 189.

_____. *Noise in Europe 2014*: European Environmental Agency. European Union, 2014. Disponível em <<https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>> acessado dia 13 de março de 2018.

_____. *Annual Indicator Report Series (AIRS): Environmental Noise*. European Environmental Agency. European Union, 2017. Disponível em <<https://www.eea.europa.eu/downloads/5404e35d8f064ccdad5830c80a3bb5fb/1513688644/environmental-noise.pdf>> acessado dia 29 de janeiro de 2018.

FRANCO, M. A. S. *Pedagogia da pesquisa-ação*. Educação e Pesquisa, São Paulo, v.31, n.3, p.483-502, set./dez. 2005.

FUNTOWICZ, S. e RAVETZ, J.: *Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais*. História, Ciências, Saúde — Manguinhos, IV(2): 219-230 jul.-out. 1997.

GIDDENS, Anthony. *As consequências da Modernidade*. São Paulo: Ed. Unesp, 1991

HABERMANN, M. *Métodos de avaliação da exposição ambiental aos poluentes atmosféricos gerados por tráfego veicular*. São Paulo, 2012. Tese (doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Programa de Medicina Preventiva. Orientador: Nelson Gouveia.

HABERMANN, M.; SOUZA, M.; GOUVEIA, N. *Socioeconomic inequalities and exposure to traffic-related air pollution in the city of São Paulo, Brazil*. *Cad. Saúde Pública* vol.30 no.1 Rio de Janeiro Jan. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2014000100119>, acessado em 6 de fevereiro de 2016.

HACKING, T., GUTHRIE, P. *A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, Integrated, and Sustainability Assessment*. *Environmental Impact Assessment Review*, 24 (2008) 73 - 89, 2008. Disponível em <www.elsevier.com/locate/eiar>, acessado em 6 de dezembro de 2016

HANNIGAN, J. A. *Environmental sociology – a social construction perspective*. Routledge, London, 1995..

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico: Recenseamento geral do Brasil*. Rio de Janeiro, 2010.

HOLTZ, M. C. de B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo*. Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, 2012. Disponível em <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02072012.../dissertacao_marcos.pdf>, acessado em 26 de março de 2018.

IKEDA, C. Y K.; AQUILINO, M. M.; BARRY, P. J. *Environmental noise management in the city of São Paulo, Brazil*. Inter.noise 2010. Lisbon, Portugal, 2010.

ISING, H.; BRAUN, C. *Acute and chronic endocrine effects of noise : Review of the research conducted at the Institute for water, soil and air hygiene*. *Noise Health* [serial online] 2000; 2:7-24. Disponível em: <<http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2000/2/7/31745>>, acessado dia 15 de março de 2018.

JACOBI, P. R.; GRANJA, S. I. B.; FRANCO, M. I. *Aprendizagem social: práticas educativas e participação da sociedade civil como estratégias de aprimoramento para a gestão compartilhada em bacia hidrográficas*. *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 2, p. 5-18, abr./jun. 2006.

KUMAR, B.; OBEROI, S. V.; GOENKA, A. *Workshop on Environmental Pollution: Perspectives and Practices*. Organized by Institute of Engineering and Technology, Lucknow, India, April 30, 2004, pp. 53-65. Disponível em

<<http://home.uchicago.edu/~mstaisch/Sharad/papers/Legislative%20Aspects%20of%20Noise%20Pollution.pdf>> Acessado em 14 de fevereiro de 2017.

LACERDA, A. B. M de; MAGNI, C.; MORATA, T. C.; MARQUES; J. M.; ZANNIN, P. H. T. *Ambiente urbano e percepção da poluição sonora*. Ambient. soc. [online]. 2005, vol.8, n.2, pp.85-98. ISSN 1414-753X. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2005000200005>.

LÉLÉ, S. *Sustainable development: a critical review*. World Development. London: Pergamon Press, v. 19, n. 6, 1991.

MENEZES, T. C.; MACHADO, D. C. *Mobilidade urbana e alternativas sustentáveis: um estudo sobre o projeto de ciclovias de Niterói*. Trabalho de Conclusão de Curso de Economia da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2016. Disponível em <http://www.proac.uff.br/cede/sites/default/files/Monografia_TD.1.pdf>, acessado dia 17 de fevereiro de 2018.

MURGEL, Eduardo. Fundamentos de Acústica Ambiental. São Paulo: Editora Senac, 2007.

PARANÁ, Estado do. *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. (1992: Rio de Janeiro). Agenda 21. – Curitiba: IPARDES, 2001. 206p.

PIMENTEL-SOUZA F. *Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - ênfase urbana*. Revista Brasileira de Acústica e Vibrações, 10: 12-22. 1992. Disponível em <<http://labs.icb.ufmg.br/lpf/pfhumanaexp.html#1>>, acessado dia 05 de abril de 2018.

PIDGEON, N.; KASPERSON, R. E.; SLOVIC, P. *The Social Amplification of Risk*. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

PORTUGAL. *Decreto-Lei n° 9/2007 de 17 de janeiro*. Gabinete de Estudos e Planeamento/DN, 2007. Disponível em <http://www.psp.pt/Legislacao/DecLei_9-2007.pdf>, acessado dia 20 de março de 2018

PROACÚSTICA. *Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15.575:2013 Edificações habitacionais – Desempenho*. Autores Eng. Juan Frias Pierrard e Eng. Davi Akkerman. Revisão técnica Davi Akkerman Realização ProAcústica - Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. Diretoria Biênio 2011-2013. 1a Edição, Impresso Nov/2013.

RAIMUNDO, C.; RAPOSO, V.; VALENTIM, P. *Ruído de Tráfego Rodoviário: Relação entre o LAeq, Parâmetros Estatísticos (L_{10} , L_{50} e L_{90}), L_{den} e L_{night} . Sua importância na Avaliação da Incomodidade*. Disponível em <<http://www.sea-acustica.es/Guimaraes04/ID158.pdf>>. Acessado em 24 de outubro de 2010.

RENN, O. *Risk governance: coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan, London, 2008.

RIBEIRO, W. C. *Justiça espacial e justiça socioambiental: uma primeira aproximação*. Estud. av., São Paulo, v. 31, n. 89, p. 147-165, Apr. 2017. Disponível em <<http://www.scielo.br/>> . Acessado em 03 de fevereiro de 2018.

RIBEIRO, Helena. *Saúde Pública e meio ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos*. Saúde soc., São Paulo, v. 13, n. 1, p. 70-80, Apr. 2004 . Disponível em <<http://www.scielo.br/>>, acessado dia 01 de abril de 2018.

SALVADOR, N. B. S. *Análise crítica das práticas de avaliação de impactos ambientais no Brasil*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil21/vi-018.pdf>> acessado em 17 de fevereiro de 2017.

SANTANA, P. S. *Legislação e qualidade urbanística aplicadas à Habitação de Interesse Social – HIS na cidade de São Paulo*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo, 2016. Disponível em <http://cassiopea.ipt.br/teses/2016_HAB_Felipe_Pastore.pdf> acessado dia 17 de fevereiro de 2017.

SÃO PAULO, Estado. *Adequação Viária da Marginal Tietê - Estudo de Impacto Ambiental – EIA*. DERSA, São Paulo, 2008, 2 volumes.

SÃO PAULO, Município de. *Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo*. Disponível em <<http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/>> acessado dia 26 de setembro de 2015.

_____. *Decreto Municipal 50.232 de 17 de novembro de 2008. Dispõe sobre o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M-SP, instituído pela Lei nº 11.733, de 27 de março de 1995, alterada pelas Leis nº 12.157, de 9 de agosto de 1996, e nº 14.717, de 17 de abril de 2008; revoga o Decreto nº 49.463, de 30 de abril de 2008; estabelece o valor do reembolso, para o exercício de 2009, do preço público pago à concessionária*. Disponível em <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integr_a.asp?alt=18112008D%20502320000> acessado dia 04 de março de 2018.

_____. *Relatório Técnico nº 003/DECONT-2/GTAI/2012 - Monitoramento Sonoro e Avaliação dos Níveis de Ruído do empreendimento denominado Adequação Viária da Marginal Tietê*. Processo Administrativo nº 2009-0.134.534-2. São Paulo, 2012.

_____. *Chamamento Público No. 1/2013/SMDU*. São Paulo, 2013. Disponível em <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/arco_tiete/sumarios/ArcoTiete_Sumario_CamargoCorrea.pdf> acessado dia 28 de fevereiro de 2018.

_____. *Lei 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico*. Diário Oficial Ano 59, nº 140, de 1 de agosto de 2014.

_____. *Lei 16.402, de 22 de março de 2016 - Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE)*. Diário Oficial Ano 61, nº 54, de 23 de março de 2016.

_____. *Lei 16.499, de 20 de julho de 2016 - Dispõe sobre a elaboração do Mapa do Ruído Urbano da Cidade de São Paulo e dá outras providências*. Diário Oficial Ano 61, nº 135, de 21 de julho de 2016.

SAYAGO, D.; PINTO, M. O. *Plano diretor: instrumento de política urbana e gestão Ambiental*. VI Encontro Nacional da ECOECO - Brasília (DF) – 2005. Disponível em <<http://www.ecoeco.org.br/publicacoes/encontros/110-vi-encontro-nacional-da-ecoeco-brasil-ia-df-2005>> Acessado em 13 de fevereiro de 2017

SILVA, *Estudo de rodagem estrutural através da análise dos caminhos de transferência de energia – TPA*. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Área de Concentração Dinâmica das Máquinas e Sistemas) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em <www.teses.usp.br> acessado dia 21 de abril de 2018.

SOUZA, M. L. de. *A prisão e a agora: reflexões em torno da democratização do planejamento e da gestão das cidades*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006

US. EPA. *Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with na adequate margin of safety*. Washington, 1974. Disponível em <[https://www.nonoise.org/library/levels74/levels74.htm#environmental noise exposure](https://www.nonoise.org/library/levels74/levels74.htm#environmental_noise_exposure)> acessado dia 15 de fevereiro de 2018.

_____. EPA. *Noise: A Health Problem*. Washington, 1978. Disponível em <<https://www.nonoise.org/library/epahlth/epahlth.htm>> acessado dia 15 de fevereiro de 2018.

VIANNA, K. M. P. *Poluição sonora no município de São Paulo: avaliação do ruído e o impacto da exposição na saúde da População*. Tese (Doutorado em Saúde Pública), Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014. Disponível em <<http://dedalus.usp.br/>>, acessado em 5 de abril de 2016.

WHO, World Health Organization. *Guideline For Community Noise*. United Kingdom, 1999. Disponível em <www.who.int/docstore>, acessado em 26 de setembro de 2015.

_____. *Environmental Health Indicators for Europe – A Pilot Indicator-Based Report*. Denmark: WHO Regional Office for Europe; 2004. Disponível em <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/107565/1/E82938.pdf>>, acessado em 11 de fevereiro de 2017.

_____. *Constitution of the World Health Organization*. Basic Documents, Forty-fifth edition, Supplement, October 2006. Disponível em <http://www.who.int/governance/eb/who_constitution_en.pdf>, acessado em 18 de fevereiro de 2018.

_____. *Night Noise Guidelines for Europe*. Copenhagen, 2009. Disponível em <<http://www.euro.who.int/pubrequest>>, acessado em 12 de novembro de 2015.

_____. *Burden of disease from environmental noise-quantification of healthy live years lost in Europe*. Copenhagen: The WHO European Center for Environment and Health. Bonn Office. WHO Regional Office for Europe; 2011. Disponível em <http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf> acessado em 4 de maio de 2016.

ZAJARKIEWICCH, D. F. B.. *Poluição Sonora urbana: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos*. Dissertação (Mestrado em Direito), Pontifícia. São Paulo, 2010. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br/>>, acessado em 24 de abril de 2016.

ZANIRATO, S. H.; RAMIRES, J. Z. S.; AMICCI, A. G. N.; ZULIMAR, M. R.; RIBEIRO, W. C.. *Sentidos do risco: interpretações teóricas*. Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol. XIII, nº 785, 25 de mayo de 2008. <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-785.htm>>. [ISSN 1138-9796].

ANEXO A

RESULTADO DAS MEDIÇÕES DE RUÍDO EM CAMPO

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 1

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	Mestrado
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 324390E 7398746N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 1: Rua Caiapós, 148 (EMEI Sarita Camargo)

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 11:04:22
Measurement stop	06/12/2017 11:20:50
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 09:10:44
Pre Calibration factor	0.60 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 11:04:22
		Duration	00:16:28.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		81.3
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		49.1
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		62.5
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	65.1
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	51.5

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 2

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	Mestrado
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 324883E 7399027N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 2: Av. Raimundo Pereira de Magalhães, 1201 (EE Alexandre Von Humbolt)

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 11:36:46
Measurement stop	06/12/2017 11:52:26
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 09:10:44
Pre Calibration factor	0.60 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 11:36:46
		Duration	00:15:40.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		81.0
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		58.4
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		66.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	68.9
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	61.2

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 3

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	Mestrado
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 326111E 7399058N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 3: Marginal Tietê x Rua Ricardo Cavatton (Residencial Horizontal)

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 12:16:38
Measurement stop	06/12/2017 12:31:58
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 09:10:44
Pre Calibration factor	0.60 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 12:16:38
		Duration	00:15:20.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		87.8
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		72.2
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		78.0
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	79.9
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	75.2

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 4

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	Mestrado
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 330964E 7397270N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 4: Rua do Bosque, 855

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 13:20:52
Measurement stop	06/12/2017 13:36:03
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 13:20:52
		Duration	00:15:11.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		84.2
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		52.3
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		68.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	71.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	59.0

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 5

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	Mestrado
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 331506E 7398152N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto5: Av. Pres. Castelo Branco x Rua Neves de Carvalho (Escola)

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 13:53:50
Measurement stop	06/12/2017 14:08:57
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 13:53:50
		Duration	00:15:07.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		102.5
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		71.6
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		81.6
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	82.9
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	74.4

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 6

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	Mestrado
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 332479E 7397795N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 6: Av. Presidente Castelo Branco, 5314

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 14:19:32
Measurement stop	06/12/2017 14:34:37
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 14:19:32
		Duration	00:15:05.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		88.5
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		51.5
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		72.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	75.7
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	64.8

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 7

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 333755E 7396494N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 7: Rua João Teodoro, 458

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 15:03:34
Measurement stop	06/12/2017 15:18:41
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 15:03:34
		Duration	00:15:07.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		86.8
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		54.8
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		69.1
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	71.5
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	59.7

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 8

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k 334122E 7396479N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 8: Av. do Estado x Rua Caninde

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 15:39:16
Measurement stop	06/12/2017 15:54:32
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 15:39:16
		Duration	00:15:16.000
		Integration period 8 h	
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		93.7
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		57.3
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		77.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	80.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	65.7

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 9

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 335011E 7397849N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 9: Rua Monsenhor Maximiano Leite, 180

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 16:19:46
Measurement stop	06/12/2017 16:34:53
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 16:19:46
		Duration	00:15:07.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		82.8
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		55.1
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		61.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	63.7
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	57.3

Registros Fotográficos

Measurement Report – Ponto 10

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	Fuso 23k Sul 336544E 7397373N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 10: Rua Catumbi 1400

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 17:25:48
Measurement stop	06/12/2017 17:40:56
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 17:25:48
		Duration	00:15:08.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		93.0
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		62.4
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		72.4
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	73.1
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	65.3

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 11

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 336375E 7396649N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 11: Rua Marcos Arruda, 640

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 17:58:54
Measurement stop	06/12/2017 18:14:16
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 17:58:54
		Duration	00:15:22.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		105.4
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		54.4
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		76.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	77.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	63.1

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 12

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 338060E 7396940N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 12: Av. Salim Farah Maluf x Marginal Tiete

Instrument configuration

Measurement start	06/12/2017 18:40:28
Measurement stop	06/12/2017 18:55:35
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	06/12/2017 12:57:20
Pre Calibration factor	0.77 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	06/12/2017 18:40:28
		Duration	00:15:07.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		89.4
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		60.8
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		75.6
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	79.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	65.1

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 13

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 338521E 7397314N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 13: Av. Salim Farah Maluf x Marginal Tiete

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 08:49:04
Measurement stop	07/12/2017 09:04:18
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 08:49:04
		Duration	00:15:14.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		90.1
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		67.8
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		76.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	79.1
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	72.0

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 14

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 334764E 7399124N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 14: Av. Zachi Narki

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 09:27:06
Measurement stop	07/12/2017 09:42:21
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 09:27:06
		Duration	00:15:15.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		97.4
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		51.9
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		74.1
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	76.1
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	62.0

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 15

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 330535E 7398519N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 15: Rua Iapo, 334

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 09:59:54
Measurement stop	07/12/2017 10:15:02
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 09:59:54
		Duration	00:15:08.000
		Integration period 8 h	
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		83.7
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		62.4
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		68.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	69.5
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	64.6

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 16

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 328763E 7398702N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 16: Condomínio junto a alça de acesso à Ponte Júlio de Mesquita Neto

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 11:00:14
Measurement stop	07/12/2017 11:16:04
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 11:00:14
		Duration	00:15:50.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		89.5
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		72.8
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		78.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	80.3
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	75.1

Registros Fotográficos

Measurement Report – Ponto 17

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 328699E 7398798N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 17: SEHAB Lote 14 – Lidiane/Sampaio Correa – Condomínio em construção junto à alça de acesso à Ponte Júlio de Mesquita Neto

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 11:21:22
Measurement stop	07/12/2017 11:36:26
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 11:21:22
		Duration	00:15:04.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		86.1
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		58.9
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		70.8
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	73.9
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	63.9

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 18

DATE: 9/12/2018 12:11:32 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 327908E 7399158N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 18: Rua Carlos Porto Carreiro, 32

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 12:02:54
Measurement stop	07/12/2017 12:18:20
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 12:02:54
		Duration	00:15:26.000
		Integration period 8 h	
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		94.7
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		66.3
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		72.6
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	73.9
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	68.9

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 19

DATE: 9/12/2018 12:11:33 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 327268E 7399269N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 19: Av. Otaviano Alves de Lima, 3600

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 12:26:48
Measurement stop	07/12/2017 12:42:18
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 12:26:48
		Duration	00:15:30.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		90.9
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		66.7
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		75.3
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	77.6
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	71.1

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 20

DATE: 9/12/2018 12:11:33 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 325054E 7399280N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 20: Rua Pedro Colaço, 10

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 12:58:04
Measurement stop	07/12/2017 13:13:17
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 12:58:04
		Duration	00:15:13.000
		Integration period 8 h	
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		92.0
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		67.2
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		75.6
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	77.3
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	72.1

Registros Fotográficos

INSTRUMENTATION FOR SOUND & VIBRATION
MEASUREMENTS

Measurement Report – Ponto 21

DATE: 9/12/2018 12:11:33 PM

Project name	MESTRADO
Author name	PALMA, M. I.
Location	UTM Fuso 23k Sul 324190E 7398969N WGS84
User name	-
Task	-
Comment	Ponto 21: Rua Gen. Alencastro Guimarães, 91

Instrument configuration

Measurement start	07/12/2017 13:29:56
Measurement stop	07/12/2017 13:45:04
Unit type	SVAN 971
Unit S/N	60002
Software version	1.11
Integration period	8 h
Logger step	1 s
Leq/RMS integration	Linear
Pre Calibration type	By measurement
Pre Calibration date time	07/12/2017 08:44:50
Pre Calibration factor	0.89 dB
Post Calibration type	By measurement

Logger results

Logger 1/1 Octave

Total results

		No.	1
		Start date & time	07/12/2017 13:29:56
		Duration	00:15:08.000
			Integration period 8 h
P1 (A, Fast)	LAFmax (SR) [dB]		103.0
P1 (A, Fast)	LAFmin (SR) [dB]		72.1
P1 (A, Lin)	LAeq (SR) [dB]		81.9
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L10	84.2
P1 (A, Lin)	LAeq Histogram (SR) [dB]	L90	76.7

Registros Fotográficos

ANEXO B

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

LABORATÓRIO

Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
Fone: 55 11 3488-9300
Site: <http://www.almont.com.br>
CNPJ: 01.236.739/0001-60

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

1811-2017

Solicitante do Serviço:

Nome: RTX Ambiental
Endereço: Av. Lins de Vasconcelos, 1609
Bairro: Cambuci
Cidade: São Paulo
CEP: 01.537-001

UF: SP

Identificação do Item:

Item: Medidor de Nivel de Pressão Sonora
Fabricante: Svanetek
Modelo: 971 Tipo: 1
N.º de Série: 60002
Identificação: Não Informado B.P.: Não Informado

Dados da calibração:

Data da Calibração: 12-abr-17
N.º do Processo: 694 Item: 1
Procedimento de Calibração: PC-02 REV. 10
Normas de Referência: IEC 60651:1979 e IEC 60804:2000

Condições Ambientais:

Temperatura: 24,5 °C
Umidade Relativa: 54,5 %
Pressão Atmosférica: 926,37 mbar

Método de Medição:

Os resultados foram obtidos através de aplicação de sinais elétricos substituindo o microfone por impedância equivalente de modo a verificar as características como ponderação em frequência, linearidade, detector r.m.s., ponderação temporal e média temporal. O microfone que acompanha o medidor não foi calibrado.

Padrões e Instrumentação Utilizados:

Padrão	Código	Certificado nº	Emitente	Validade
Gerador de funções	P-005	DIMCI 1359/2016	INMETRO	outubro-18
Barometro Digital	P-024	PS-02-003/16	RBC-0165	fevereiro-18
Termo-Higrometro	P-053	LT-168658	RBC-0281	fevereiro-18
Cronômetro	P-007	LV03377-16-R0	RBC-0127	fevereiro-18

LABORATÓRIO

almont
BRASIL

 Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
 CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
 Fone: 55 11 3488-9300
 Site: <http://www.almont.com.br>
 CNPJ: 01.236.739/0001-60

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

1811-2017

Teste de ponderação em frequência: Ponderação A

Frequência nominal (Hz)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
20	0,3	0,13	2,00	± 3
25	0,1	0,13	2,00	± 2
31,5	0,0	0,13	2,00	$\pm 1,5$
40	0,2	0,13	2,00	$\pm 1,5$
50	0,0	0,13	2,00	$\pm 1,5$
63	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
80	0,2	0,13	2,00	$\pm 1,5$
100	0,0	0,13	2,00	± 1
125	-0,1	0,13	2,00	± 1
160	0,2	0,13	2,00	± 1
200	0,0	0,13	2,00	± 1
250	-0,1	0,13	2,00	± 1
315	0,0	0,13	2,00	± 1
400	0,0	0,13	2,00	± 1
500	-0,1	0,13	2,00	± 1
630	0,0	0,13	2,00	± 1
800	0,0	0,13	2,00	± 1
1000	0,0	0,13	2,00	± 1
1250	0,0	0,13	2,00	± 1
1600	0,0	0,13	2,00	± 1
2000	0,0	0,13	2,00	± 1
2500	0,0	0,13	2,00	± 1
3150	0,0	0,13	2,00	± 1
4000	0,0	0,13	2,00	± 1
5000	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
6300	0,1	0,13	2,00	1,5
8000	0,1	0,13	2,00	1,5
10000	0,1	0,13	2,00	1,5
12500	0,1	0,13	2,00	3
16000	-0,3	0,13	2,00	+3; - ∞
20000	0,0	0,13	2,00	+3; - ∞

Ponderação A

 Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre, de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o número 407
 Imp. 022 Rev. 02 (08-2019)

2/7

LABORATÓRIO

Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
Fone: 55 11 3488-9300
Site: <http://www.almont.com.br>
CNPJ: 01.236.739/0001-60

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

1811-2017

Teste de ponderação em frequência: Ponderação C

Frequência nominal (Hz)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
20	0,2	0,13	2,00	± 3
25	0,1	0,13	2,00	± 2
31,5	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
40	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
50	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
63	0,0	0,13	2,00	$\pm 1,5$
80	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
100	0,0	0,13	2,00	± 1
125	0,0	0,13	2,00	± 1
160	0,0	0,13	2,00	± 1
200	0,0	0,13	2,00	± 1
250	0,0	0,13	2,00	± 1
315	0,0	0,13	2,00	± 1
400	0,0	0,13	2,00	± 1
500	0,0	0,13	2,00	± 1
630	0,0	0,13	2,00	± 1
800	0,0	0,13	2,00	± 1
1000	0,0	0,13	2,00	± 1
1250	0,0	0,13	2,00	± 1
1600	0,1	0,13	2,00	± 1
2000	0,0	0,13	2,00	± 1
2500	0,0	0,13	2,00	± 1
3150	0,0	0,13	2,00	± 1
4000	0,0	0,13	2,00	± 1
5000	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
6300	0,1	0,13	2,00	1,5
8000	0,1	0,13	2,00	1,5
10000	0,1	0,13	2,00	1,5
12500	0,1	0,13	2,00	3
16000	-0,4	0,13	2,00	+3; $-\infty$
20000	0,0	0,13	2,00	+3; $-\infty$

Ponderação C

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre, de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o número 407
Imp. 022 Rev. 02 (08-2019)

3/7

LABORATÓRIO

Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
Fone: 55 11 3488-9300
Site: <http://www.almont.com.br>
CNPJ: 01.236.739/0001-60

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

1811-2017

Teste de ponderação em frequência: Ponderação Linear (Z)

Frequência nominal (Hz)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
20	0,2	0,13	2,00	± 3
25	0,1	0,13	2,00	± 2
31,5	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
40	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
50	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
63	0,0	0,13	2,00	$\pm 1,5$
80	0,1	0,13	2,00	$\pm 1,5$
100	0,0	0,13	2,00	± 1
125	0,0	0,13	2,00	± 1
160	0,0	0,13	2,00	± 1
200	0,0	0,13	2,00	± 1
250	0,0	0,13	2,00	± 1
315	0,0	0,13	2,00	± 1
400	0,0	0,13	2,00	± 1
500	0,0	0,13	2,00	± 1
630	0,0	0,13	2,00	± 1
800	0,0	0,13	2,00	± 1
1000	0,0	0,13	2,00	± 1
1250	0,0	0,13	2,00	± 1
1600	0,0	0,13	2,00	± 1
2000	0,0	0,13	2,00	± 1
2500	0,0	0,13	2,00	± 1
3150	0,0	0,13	2,00	± 1
4000	0,0	0,13	2,00	± 1
5000	0,0	0,13	2,00	$\pm 1,5$
6300	0,0	0,13	2,00	1,5
8000	0,0	0,13	2,00	1,5
10000	0,0	0,13	2,00	1,5
12500	0,1	0,13	2,00	3
16000	0,0	0,13	2,00	+3; - ∞
20000	0,0	0,13	2,00	+3; - ∞

Ponderação Linear (Z)

LABORATÓRIO

Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
Fone: 55 11 3488-9300
Site: <http://www.almont.com.br>
CNPJ: 01.236.739/0001-60

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

1811-2017

Teste de Linearidade: **Nível de referência: 114,0 dB**

Nível Esperado (dB)	Faixa de indicação (dB)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator de Abrangência k	Tolerância (dB)
130	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	$\pm 1,0$
129	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
128	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
127	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
126	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
125	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
124	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
114	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
104	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
94	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
84	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
74	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
64	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
54	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
44	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
43	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
42	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
41	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	
40	33,7-135,7	0,0	0,2	2,00	

Teste do Detector r.m.s.:

Nível de referência:
128,0 dB (2000 Hz)

Sinal de Teste (Fator de Crista)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
Seno 3	0,1	0,1	2,00	$\pm 0,5$
Seno 5	-0,2	0,7	4,53	± 1
Seno 10	-0,3	0,5	4,53	$\pm 1,5$
Quadrado 3	0,1	0,4	4,53	$\pm 0,5$
Quadrado -3	0,3	0,4	4,53	$\pm 0,5$
Quadrado 5	0,3	0,2	2,52	± 1
Quadrado -5	0,4	0,2	2,52	± 1
Quadrado 10	0,2	0,1	2,00	$\pm 1,5$
Quadrado -10	0,2	0,1	2,00	$\pm 1,5$

LABORATÓRIO

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

almont
BRASIL

 Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
 CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
 Fone: 55 11 3488-9300
 Site: <http://www.almont.com.br>
 CNPJ: 01.236.739/0001-60

1811-2017

Teste de Ponderação Temporal
 Ponderação Utilizada: Curva A
 Frequência do sinal de teste: 2000 Hz
 Limite superior da Linearidade (LS): 130,0 dB
Slow (500 ms)

Nível de teste (dB)	Faixa de Indicação (dB)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
LS - 4	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	± 1
LS - 14	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 24	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 34	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 44	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 54	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	

Fast (200 ms)

Nível de teste (dB)	Faixa de Indicação (dB)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
LS - 4	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	± 1
LS - 14	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 24	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 34	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 44	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	
LS - 54	33,7-135,7	0,1	0,1	2,00	

Impulse (20 ms)

Nível de teste (dB)	Faixa de Indicação (dB)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
LS	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	$\pm 1,5$
LS -10	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -20	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -30	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -40	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -50	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	

Impulse (5 ms)

Nível de teste (dB)	Faixa de Indicação (dB)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
LS	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	± 2
LS -10	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -20	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -30	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -40	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	
LS -50	33,7-135,7	0,0	0,1	2,00	

 Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre, de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o número 407
 Imp. 022 Rev. 02 (08-2019)

6/7

LABORATÓRIO

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
Fone: 55 11 3488-9300
Site: <http://www.almont.com.br>
CNPJ: 01.236.739/0001-60

1811-2017

Impulse (2 ms)

Nível de teste (dB)	Faixa de Indicação (dB)	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
LS	33,7-135,7	-0,1	0,1	2,00	± 2
LS -10	33,7-135,7	-0,1	0,1	2,00	
LS -20	33,7-135,7	-0,1	0,1	2,00	
LS -30	33,7-135,7	-0,1	0,1	2,00	
LS -40	33,7-135,7	-0,1	0,1	2,00	
LS -50	33,7-135,7	-0,1	0,1	2,00	

Teste de Média Temporal (LEQ)

Limite inferior da linearidade: 40 dB

Fator de Pulso	Duração do pulso / tempo de integração	Desvio (dB)	Incerteza $\pm U$ (dB)	Fator K	Tolerância (dB)
10 ⁻¹	10 ms / 10 s	0,0	0,1	2,00	$\pm 0,5$
10 ⁻¹	10 ms / 6 min	0,0	0,2	2,52	$\pm 0,5$
10 ⁻²	10 ms / 6 min	0,0	0,1	2,00	$\pm 0,5$
10 ⁻³	10 ms / 6 min	0,1	0,2	2,52	± 1
10 ⁻⁴	1 ms / 6 min	-0,1	0,2	2,52	± 1

Observações:

- Este certificado de calibração é válido somente para o instrumento especificado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares.
- Não é autorizada a reprodução parcial deste documento sem autorização da ALMONT DO BRASIL.
- A incerteza expandida estimada relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada, multiplicada por um fator de abrangência k, para um nível de confiança de 95%.
- Os testes são realizados três vezes consecutivas onde a média é o resultado final.
- Este certificado de calibração atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do Laboratório.

Técnico Executor:

Anderson Fusari de Andrade
Técnico Instrumentista

Signatário Autorizado:

Ailson Ricardo Vichino
Gerente Técnico

Fim do certificado de Calibração

Laboratório de calibração acreditado pela Cgcre, de acordo com a NBR ISO/IEC 17025 sob o número 407
Imp. 022 Rev. 02 (08-2019)

7/7