DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA MAPEAMENTO SONORO DA CIDADE DE SÃO PAULO[1]

SALES, E. M., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, email: elisams@ipt.br; BRITO, A. C., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, email: adrianab@ipt.br; AQUILINO, M. M., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, email: aquilino@ipt.br; AKUTSU, M., Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, email: akutsuma@ipt.br

ABSTRACT

There were developed procedures for noise mapping in great Brazilian cities based on European Directive 2002/49/EC. This Directive was adapted to the characteristics of the Brazilian Cities. There is presented a case study for the city of São Paulo. There are presented images of noise maps, cross sections and 3D elevations.

Keywords*: Mapping. Noise. Acoustic performance.*

1 INTRODUÇÃO

A diretriz europeia 2002/49/EC estabelece parâmetros para a realização de mapas de ruído considerando as principais fontes de ruído como veículos em ruas e rodovias, ferrovias, aeroportos e equipamentos industriais. Obrigatório para cidades com mais de 100.000 habitantes (EUROPEAN COMMISSION, 2016), o mapa representa condições típicas do local para auxiliar o planejamento da cidade.

Fortaleza e Brasília já possuem mapas de ruído, desenvolvidos com base na diretriz europeia. Essa diretriz precisa ser adaptada para adequar-se às condições de cidades brasileiras, especialmente as de grande porte como São Paulo.

Nesse sentido, o Laboratório de Conforto Ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT desenvolveu um projeto de pesquisa, durante o período de janeiro de 2016 a agosto de 2017, cujo objetivo foi estabelecer um procedimento baseado na diretriz europeia para mapeamento sonoro de cidades como São Paulo (SALES et. al, 2017). O trabalho foi divulgado no sítio eletrônico http://www.ipt.br/noticia/1340-onde_estao_os_ruidos.htm. Neste artigo é apresentada uma síntese das diretrizes desenvolvidas.

2 MÉTODOS DE MAPEAMENTO SONORO

A diretriz europeia 2002/49/EC propõe que o mapeamento seja feito a partir de medições ou cálculos computacionais. Para grandes cidades é recomendável realizar medições em pontos estratégicos que são usadas para validar os cálculos computacionais.

[1] SALES, E. M, BRITO, A. C., AQUILINO, M.M., AKUTSU, M. Desenvolvimento de método para mapeamento sonoro da cidade de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Os níveis de ruído devem ser calculados em um plano horizontal afastado 4 m do piso. Em edifícios térreos próximos a vias de circulação de veículos, essa altura do mapeamento pode não representar uma situação típica. Por isso, a diretriz permite que outras alturas sejam utilizadas. O "Good Practice Guide for Noise Mapping" (EUROPEAN COMMISSION, 2006) recomenda que cada nação avalie a necessidade de apresentar os mapas em diferentes alturas de acordo com o uso e ocupação das regiões.

Para países não europeus, as alturas adotadas variam de 1,2 m a 1,7 m a partir do piso, considerando o nível de ruído ao qual os pedestres e ocupantes de pavimentos térreos estarão submetidos.

Os descritores utilizados na diretriz europeia são o L_{den}, que é uma média ponderada das 24 horas do dia e o L_n, que é o ruído médio no período noturno (das 23 h às 7 h). Com relação aos limites de ruído, cada país adota as próprias leis e normas. No Brasil, os limites de ruído sobre a comunidade estão definidos na NBR 10151 (ABNT, 2000).

3 PROPOSTA DE MÉTODO DE MAPEAMENTO

O método proposto para a cidade de São Paulo consiste em cálculos computacionais, utilizando-se medições para caracterizar as fontes sonoras e refinar o modelo.

3.1 Topografia

Sugere-se o uso de plataformas públicas como a GeoSampa, da prefeitura de São Paulo, em meio eletrônico, incluindo camadas com topografia, vias e edificações. O mapa pode ser divulgado como uma camada adicional da plataforma. Na ausência desses dados, é necessário contratar serviços para sua elaboração.

3.2 Edificações

O "Good Practice Guide for Noise Mapping" (EUROPEAN COMMISSION, 2006) sugere a adoção de uma única altura para edificações de uma mesma quadra quando não houver informações. Para a cidade de São Paulo, recomenda-se que haja cinco grupos de alturas: edifícios de até 6 m; 6 m a 30 m; 30 a 45 m; 45 a 60 m e acima de 60 m. Com esses agrupamentos é possível obter resultados mais precisos.

3.3 Fontes de ruído

Em grandes cidades, a principal fonte de ruído é o tráfego de veículos, sejam aéreos, ferroviários e rodoviários. A modelagem deve considerar o número de veículos, suas velocidades e rotas.

Para vias com grande fluxo diário de veículos, recomenda-se a contagem dos veículos por hora ou em um dia. Para a cidade de São Paulo, esses dados podem ser obtidos nos "Relatórios de Mobilidade no Sistema Viário

Principal – Volume e Velocidade", de autoria da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 2016).

Para as vias de circulação de pequeno porte há possibilidade de não considera-las como emissoras de ruído se a diferença do nível de ruído nas vias principais e secundárias for maior do que 10 dB. Para cidades grandes esta alternativa pode não representar situação típica, tendo em vista que mesmo em regiões residenciais há tráfego significativo de automóveis. Pode ser necessário realizar contagem de veículos nessas ruas.

3.4 Medições e Simulações

As medições de nível sonoro, para caracterização das fontes sonoras foram feitas a 4 m a partir do piso, afastadas 2 m de obstáculos ou fachadas.

As simulações foram realizadas com o software SoundPLAN, versão 7.4. (BRAUNSTEIN, 2015) que permite a realização de mapeamento dos níveis de ruído a partir das características das fontes de ruído, topografia, características acústicas dos objetos e a localização de receptores. Utilizou-se a opção de algoritmos apresentados na norma ISO 9613-2 (ISO, 1996).

Foram consideradas três reflexões sonoras para o cálculo do nível de ruído, número já adotado em trabalhos anteriores dos autores, e que garante precisão adequada dos resultados, com malha de 5 em 5 m.

Visando garantir que a modelagem fosse representativa da situação analisada, foram feitas simulações para a determinação dos níveis de ruído nos mesmos pontos das medições.

4 APLICAÇÃO PILOTO

A região escolhida para aplicação piloto é indicada na Figura 1, incluindo bairros residenciais e prédios comerciais com mais de trinta pavimentos. Neste trecho há algumas das vias de maior tráfego de veículos do município.

Figura 1 – Área mapeada e vistas da região



Fonte: Autores



Fonte: Google Maps (acesso em 22/05/2017).

4.1 Procedimentos gerais

Para os cálculos computacionais foram utilizados arquivos topográficos, de edificações e vias da plataforma GeoSampa, inserindo-se as alturas das edificações individualmente, com base em aproximação visual de representações 3D a partir do sítio Google Maps.

Quanto ao número de veículos, para a Av. Paulista e Av. Nove de Julho foram feitas contagens de veículos no local. Para as demais vias adotaram-se informações da CET (CET, 2016) acrescidas de 10%, em decorrência da diferença dessa ordem encontrada entre os dados medidos no local e os fornecidos pela CET para as referidas vias.

Tabela 1 – Número de veículos durante período da manhã

Via de circulação	Nº de veículos leves/hora	Nº de veículos pesados/hora
Avenida Nove de Julho e outras avenidas de grande porte tais como Av. Brasil e Av. Rebouças	4344	270
Avenida Faria Lima	3731	377
Avenida Paulista	4656	150
Marginal Pinheiros via expressa, sentido bairro-centro	9166	228
Marginal Pinheiros via local, sentido bairro-centro	1992	823
Marginal Pinheiros via expressa, sentido centro-bairro	6069	190
Marginal Pinheiros via local, sentido centro-bairro	1933	82
Ruas de pequeno porte	526	0

Fonte: Autores e CET (CET, 2016)

4.2 Medições

Para caracterizar a fonte de ruído foram realizadas seis medições, com base na norma NBR 16425-1 (ABNT, 2016) como indicado no item 3.4 (Tabela 2). Foram utilizados analisadores sonoros Classe I.

Tabela 2 – Pontos de medição

Ponto	Descrição
P1	Avenida 9 de julho, próximo ao nº 3018, lado par
P2	Avenida 9 de julho, próximo ao nº 3018, canteiro central
P3	Avenida 9 de julho, próximo ao nº 3013, lado ímpar
P4	Avenida Paulista, próximo ao nº 1756, lado par
P5	Avenida Paulista, próximo ao nº 1756, canteiro central
P6	Avenida Paulista, próximo ao nº 1793, lado ímpar

Fonte: Autores

4.3 Simulações

As simulações foram realizadas para o período da manhã, no qual foram realizadas as medições.

Foram feitas as seguintes simulações:

- Mapas de ruído, na altura de 1,7 m e em uma região menor, ao redor do parque Trianon, nas alturas de 1,2 m, 1,5 m e 1,7 m para verificar a influência da altura de cálculo no mapa de ruído;
- Corte na região da Avenida Paulista, para se estudar a propagação sonora vertical;
- Cálculos em receptores específicos, onde foram feitas as medições, para validar as simulações;
- Representações em 3D e Propagação do Ruído nas fachadas. Estes dados podem ser utilizados para complementar o mapa, como a determinação de Classes de ruído citadas na NBR 15575 (ABNT, 2013);

5 RESULTADOS

5.1 Níveis de ruído

Para cinco dos quatro pontos avaliados, a diferença entre o valor medido e simulado é menor que 2 dB (Tabela 3). Há uma boa correlação com os valores medidos nos pontos de referência, com exceção do ponto P5. O modelo adotado representa bem o fluxo de veículos e a propagação sonora.

Tabela 2 – Níveis de ruído simulados e medidos

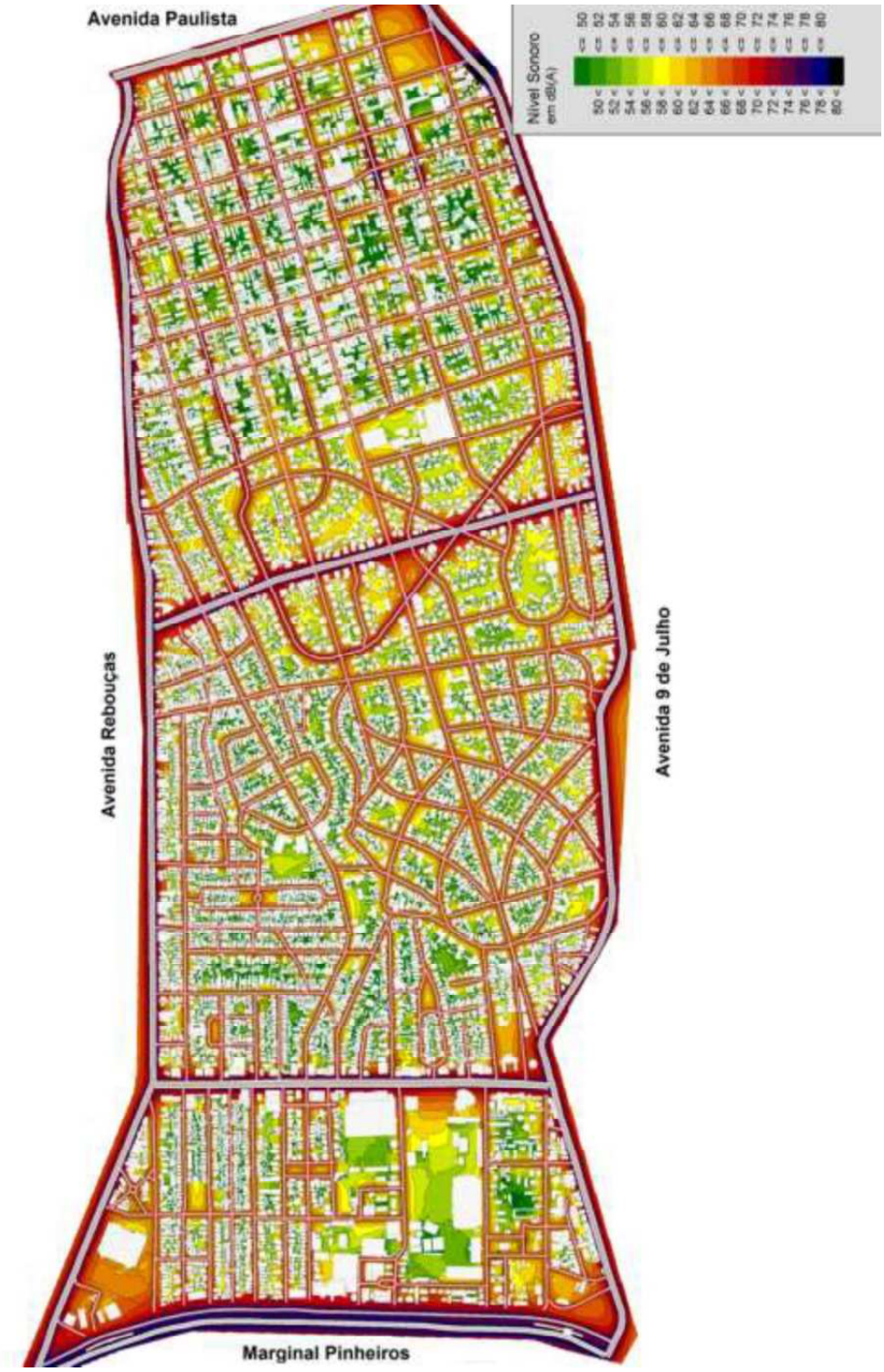
Pontos de recepção	L_{Aeq} (dB (A))		
	Simulados	**Medidos**	**|Δ|**
P1	75,3	75,2	1,1
P2	79,3	77,9	1,4
P3	75,2	73,5	1,7
P4	72,0	71,1	0,9
P5	77,3	73,0	4,3
P6	71,2	70,3	0,9

Fonte: Autores

5.2 Representação gráfica

Os níveis indicados nos mapas (Figuras 2 e 3) são para a altura de 1,7 m a partir do piso. Os edifícios altos, combinados à topografia em aclive, atuam como barreiras acústicas nas regiões adjacentes, embora haja regiões com níveis da ordem de 80 dB(A).

Figura 2 – Mapa de ruído em altura de 1,7 m do piso



Fonte: Autores

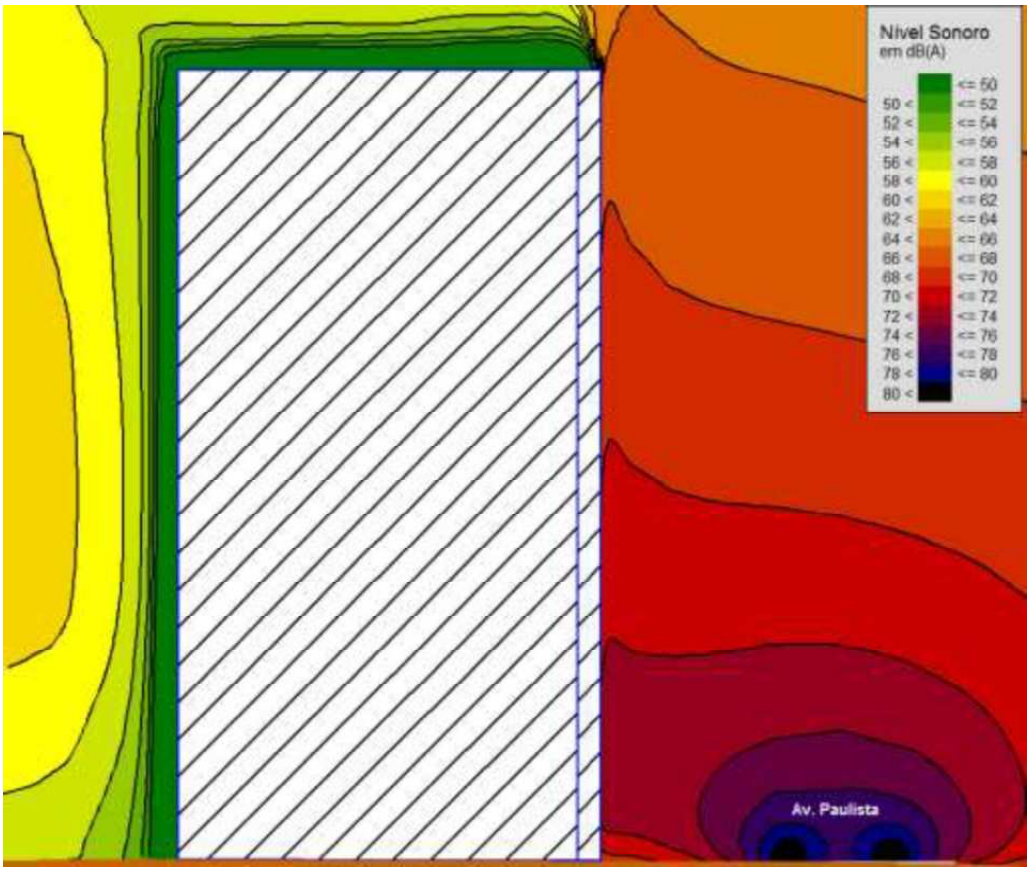
Figura 3 – Mapa de ruído parcial, ampliado, em altura de 1,7 m do piso



Fonte: Autores

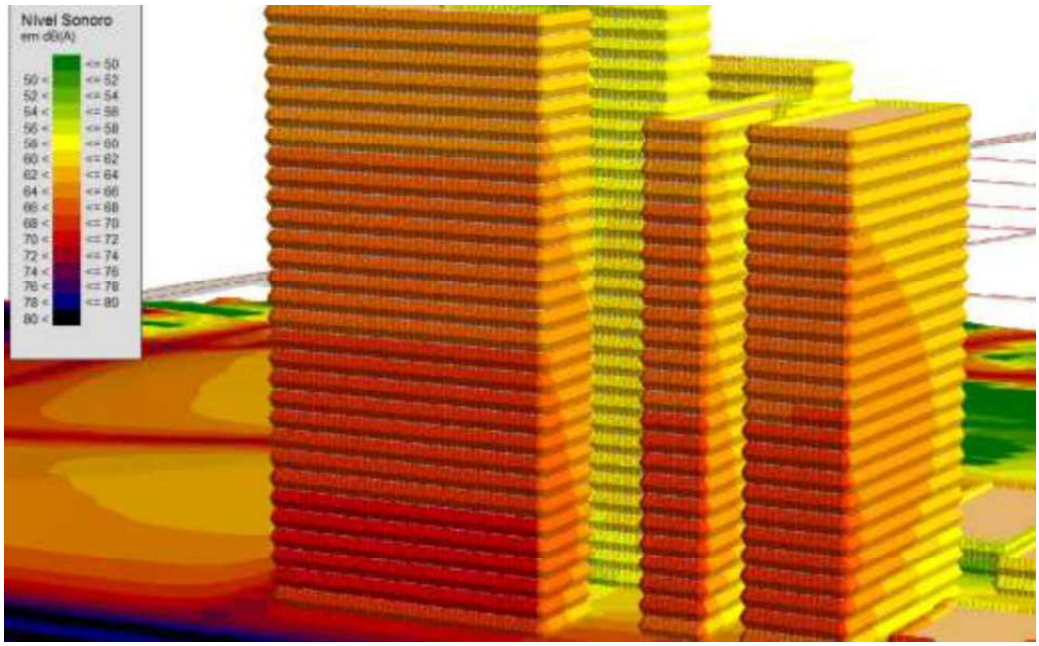
No corte (Figura 4) é indicada a propagação sonora do ruído gerado pela Avenida Paulista. O prédio tem 80 m de altura, com a fachada voltada a avenida exposta a níveis de ruído que variam de 64 dB(A) a 74 dB(A). O nível na face oposta não ultrapassa 50 dB(A). Na Figura 5 há uma vista em 3D do ruído incidente nas fachadas, o que pode ajudar projetistas a escolherem a isolação sonora necessária dos componentes.

Figura 4 – Corte transversal da propagação de ruído gerado na Avenida Paulista.



Fonte: Autores

Figura 5 – Representação do mapa de ruído, com edificações, em 3D e propagação de ruído nas fachadas.

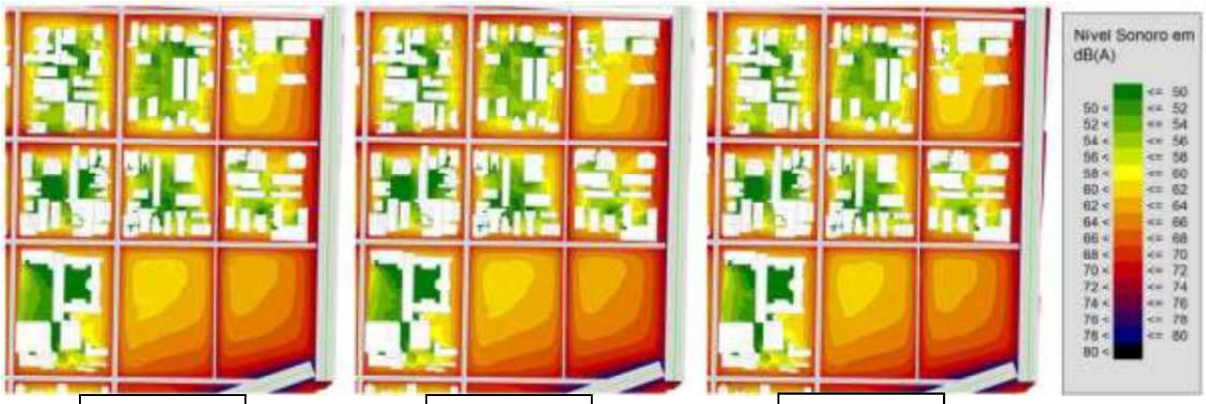


Fonte: Autores

5.3 Comparação do Cálculo em Diferentes Alturas

Os mapas de ruído na região ao redor do Parque Trianon para as alturas de 1,2 m, 1,5 m e 1,7 m podem ser vistos na Figura 6. Não há diferenças significativas.

Figura 6 – Mapas de ruído na região do Parque Trianon (h = 1,2 m; 1,5 m e 1,7 m)



Fonte: Autores

6 CONCLUSÕES

Os procedimentos mostraram-se adequados, com diferença de até 2 dB entre aos valores medidos e simulados. Esta diferença não é perceptível para o ouvido humano. Nota-se que a variação de altura de cálculo do mapa em até 0,5 m não afeta os valores obtidos.

Vale a pena ressaltar que a análise considera apenas o período da manhã. Para um mapeamento detalhado, é necessária a distribuição de veículos nas vias ao longo do dia, no período diurno e noturno. Esses dados poderão ser cedidos pela CET para uma análise mais detalhada ou normalizada em horários "típicos". Além disso, nesse estudo inicial foi considerado apenas o ruído proveniente do fluxo de veículos. Caso seja conhecida uma fonte de ruído proeminente, essas fontes devem ser consideradas para um estudo detalhado da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT pelo financiamento do projeto de pesquisa do qual esta publicação faz parte.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16425-1** Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora provenientes de sistemas de transportes - - Parte 1: Aspectos gerais. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRAUNSTEIN BERNDT. **User's Manual Sound Plan 7.4**. Backnang, Germany: BRAUNSTEIN BERNDT, 2015. 600p.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (CET). **Mobilidade no Sistema Viário Principal – Volume e Velocidade**. São Paulo: CET, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Evaluation of Directive 2002/49/EC Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise**, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. Working group assessment of exposure to noise. **Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure**, 2006.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9613-2** Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation. Geneva,1996.

SALES, E. M., BRITO, A. C., IKEDA, C. Y. K., AQUILINO, M. M., AKUTSU, M. VITTORINO, F. **Desenvolvimento de Método Para Mapeamento Sonoro Da Cidade De São Paulo.** Relatório Técnico: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2017.

Sítios eletrônicos:

http://www.geosampa.prefeitura.sp.gov.br, acesso em 22/05/2017.

http://www.google.com.br/maps, acesso em 22/05/2017.

http://www.ipt.br/noticia/1340-onde_estao_os_ruidos.htm, acesso em 27/06/2018.