

Rafaella Brandão Estevão de Souza

O SOM NOSSO DE CADA DIA

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ACÚSTICA URBANA
A PARTIR DE MODIFICAÇÕES NA FORMA URBANA

Recife 2010



Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

Rafaella Brandão Estevão de Souza

O SOM NOSSO DE CADA DIA
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ACÚSTICA URBANA
A PARTIR DE MODIFICAÇÕES NA FORMA URBANA

Recife 2010

Rafaella Brandão Estevão de Souza

O SOM NOSSO DE CADA DIA

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA ACÚSTICA URBANA
A PARTIR DE MODIFICAÇÕES NA FORMA URBANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. José de Souza Brandão Neto.

Co-orientador: Prof. Dr. Ruskin Marinho Freitas.

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Trombetta Zannin.

Recife

2010

Souza, Rafaella Brandão Estevão de
O som nosso de cada dia: análise do comportamento da acústica urbana a partir de modificações na forma urbana / Rafaella Brandão Estevão de Souza. – Recife: O Autor, 2010.
141 folhas. : il., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CAC. Desenvolvimento Urbano, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Planejamento urbano. 2. Acústica. 3. Ruído urbano. I. Título.

711.4	CDU (2.ed.)	UFPE
711.4	CDD (22.ed.)	CAC2010-69



Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano
Universidade Federal de Pernambuco

Ata de Defesa de dissertação em Desenvolvimento Urbano da mestranda **RAFAELLA BRANDÃO ESTEVÃO DE SOUZA**.

Às 09.00 horas do dia 05 de março de 2010 reuniu-se na Sala de Aula do Programa, a Comissão Examinadora de dissertação, composta pelos seguintes professores: José de Souza Brandão Neto (orientador), Leonardo Salazar de Bittencourt (examinador externo), Virgínia Maria Dantas de Araújo (examinadora externa) para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: “O som nosso de cada dia – análise do comportamento da acústica urbana a partir de transformações cronológicas na forma urbana”, requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Urbano. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. José de Souza Brandão Neto, após dar conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Pelas indicações, a candidata foi considerada APROVADA. O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar eu Rebeca Júlia Melo Tavares, lavrei a presente ata, que será assinada por mim, pelos membros participantes da Comissão Examinadora e pela candidata. Recife, 05 de março de 2010.

- Indicação da Banca para publicação

Prof. José de Souza Brandão Neto
Orientador

Leonardo Salazar Bittencourt
Examinador Externo/UFAL

Virgínia Maria Dantas de Araújo
Examinadora Externa/UFPE

Rebeca Júlia Melo Tavares
Secretária do Programa

Rafaella Brandão Estevão de Souza
Candidata

A Vítor, meu alicerce, que com seu amor
infindável e incentivo constante, ensinou-me
como é fascinante o ato de pesquisar.

Aos meus pais, Alexandre e Zenaide,
que, antes de ensinarem-me a ouvir,
ensinaram-me a amar.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelo alimento à minha alma.

A **minha família**, por tudo, antes, agora e sempre.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES** por viabilizar financeiramente esta pesquisa.

A **Zeca Brandão** e **Ruskin Freitas**, pelos valiosos ensinamentos em nossas conversas; pelo estímulo e apoio constante ao longo do percurso, principalmente nos momentos de dúvida; e pela confiança depositada desde o início de minhas inquietações e questionamentos.

A **Paulo Zannin**, cuja dedicação e entusiasmo ao estudo da acústica foi condição *sine qua non* para a realização desta pesquisa; por sua bravura, apoio, incentivo e confiança absoluta depositada em uma também entusiasta da acústica, vinda de terras tão distantes;

A **David Queiroz**, por sua entrega, paciência e torcida ao lado do *Predictor* para que tudo desse certo; pelas estimadas contribuições nas discussões sobre as diversas possibilidades de estudar o meio urbano sob o olhar da acústica.

A **Paula Maciel**, a **José Jeferson**, **Roberto Rezende de Menezes** e ao **GTC – Gestão e Tecnologia da Construção UFPE**, pela ajuda imprescindível quanto ao aparelho de medição.

Aos **professores do MDU**, pelos inestimáveis ensinamentos, e, a **todos os amigos do MDU**, por compartilhar nossos anseios acadêmicos, em especial a **Ana Carolina**, **Lourival** e **Renata** pelos indefectíveis e inesquecíveis momentos juntos.

A **Fernando Bunn** e **Paulo Fiedler**, pela ajuda, torcida e *insights*, na exploração do *Predictor*.

A **Rebeca**, **Catarina**, **José** e **Jonas**, pelo apoio e paciência em responder todas minhas intermináveis perguntas e “aperreios”, mas sempre correspondendo as minhas brincadeiras.

Por fim, mas *nunca* por último, a **Anna Cristina**, e sua carinhosa família – **Paulo Henrique**, **Carolina**, **Vítor**, **Bia**, **Márcia**, **Cláudia**, **José**, **João** e **Gabriela** – pelo amparo, carinho, e amizade – inesquecíveis, a uma *gringa* que deixou o aconchego dos seus, para desbravar novos conhecimentos em um lugar tão diferente.

RESUMO

O excesso de ruídos atualmente encontrados nos centros urbanos está intimamente vinculado ao crescimento acelerado das cidades. Este crescimento suscitou o aumento e uma maior concentração da população urbana, acarretando em rápidas transformações no meio de propagação do ruído, além do aumento e concentração dos diversos tipos de fontes sonoras que o geram. Ocorre que, a forma urbana – considerada a partir de seus aspectos físicos ou materiais – onde este ruído é gerado, influencia, em certa medida, a trajetória de propagação da onda sonora: a interação entre os diversos elementos que compõem esta forma urbana contribuirá para a caracterização do comportamento desta trajetória. Assim, para cada forma urbana específica, existirá um comportamento acústico igualmente específico, exclusivo e vinculado a esta forma urbana. Deste modo, se para cada espaço urbano existe um comportamento próprio de propagação sonora, a presente pesquisa propôs-se a analisar o comportamento da acústica urbana de um mesmo espaço urbano a partir de modificações cronológicas em sua forma urbana. Esta análise foi realizada considerando a articulação de três variáveis - a fonte sonora, a forma urbana e a acústica urbana. Admitiu-se que a propagação de uma mesma fonte sonora, em um mesmo espaço urbano que tenha sofrido, ao longo de um processo cronológico, modificações em sua forma urbana, implicaria em diferentes comportamentos em sua acústica urbana, para as diferentes datas deste processo. Adotou-se como estudo de caso o loteamento 3º Jardim de Boa Viagem (Recife-PE), sendo estudadas as modificações em sua forma urbana ocorridas nos anos de 1971, 1981, 1997 e 2009, além da elaboração de uma situação hipotética futura (predição acústica). Foram realizadas pesquisas documentais e estudos de campo para coleta de dados referentes às características da forma urbana do 3º Jardim, e, para coleta de seus níveis de pressão sonora atuais. Com estes dados, foram calculados e gerados mapas acústicos do 3º Jardim utilizando o *software Predictor* para cada uma das datas pesquisadas, e para a situação hipotética futura. Estes mapas foram analisados comparando seus comportamentos acústicos entre si, buscando compreender esse comportamento diante das modificações cronológicas em sua própria forma urbana. Os resultados deste estudo indicaram que a modificação de um mesmo meio urbano possui potencial tanto para propiciar altos níveis de ruído, quanto para minimizá-los, influenciando definitivamente no comportamento acústico de determinado local. Estes resultados confirmaram a relevância em compreender a acústica urbana a partir de seu meio propagador, pois uma vez consolidado, raras são as intervenções possíveis na forma urbana para minimizar o ruído urbano por ela delineado.

Palavras-chave: planejamento urbano, acústica, ruído urbano.

ABSTRACT

The excessive noise currently found in urban centers is closely linked to the fast growth of the cities. This development led to increased growth and concentration of urban population, resulting in fast changes in the noise propagation path, and increasing the variety of sources that generate it. It turns out that the urban form - considered from their physical or material aspects - where this noise is produced, influences, in some extent, the trajectory of sound wave propagation: the interaction between the various elements that make up this urban form contributes to characterize this trajectory behavior. Thus, for each specific urban form, there will be an acoustic behavior also specific, exclusive and linked to this urban form. Therefore, if for each urban area there is a particular sound propagation behavior, this research proposed to analyze the urban acoustics behavior of the same urban space from chronological changes in its urban form. This analysis was performed considering the articulation of three variables - the sound source, the urban form and the urban acoustics. It was assumed that the propagation from the same source, in the same urban area which has experienced, over a chronological process, changes in its urban form, would imply different urban acoustics behaviors through years. It was adopted as a case study the land subdivision 3° Jardim de Boa Viagem (Recife-PE), being studied the changes in its urban form in the years of 1971, 1981, 1997 and 2009, besides the elaboration of a hypothetical future situation (acoustic prediction). It was carried out documentary research and field studies to collect data on the characteristics of the urban form of the 3° Jardim, and to collect their present sound pressure levels. With these data, were calculated and generated acoustics maps of the 3° Jardim for each of the years surveyed, and for the hypothetical future situation using the Predictor software. These maps were analyzed by comparing their acoustic behavior to each other, seeking to comprehend this behavior towards the chronological changes in its urban form. The results of this research indicated that the urban environment changes have the potential to provide high levels of noise as well as to minimize them, definitely influencing the acoustic behavior of a particular site. These results confirmed the relevance to understand the urban noise from its way of propagation, since, once consolidated, very few interventions are possible in the urban form to minimize the urban noise outlined by it.

Keywords: urban planning, acoustics, urban noise.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Diferentes aspectos quantitativos relacionados a diversificadas formas urbanas, p.23.

Figura 2.2 – Praça da Alagoa na cidade portuguesa de Tavira ilustra a dimensão setorial, p.23.

Figura 2.3 – O bairro/ a escala urbana exemplificada por meio da cidade portuguesa de Tavira, p.25.

Figura 2.4 – A cidade/o território/a dimensão territorial exemplificada por meio da cidade portuguesa de Tavira, p.25.

Figura 2.5 – Exemplos de diversificadas relações entre os edifícios, lotes, quarteirões e vias em diferentes bairros da cidade do Recife. Nesta imagem um recorte do bairro de Boa Viagem, p.26.

Figura 2.6 – Exemplos de diversificadas relações entre os edifícios, lotes, quarteirões e vias em diferentes bairros da cidade do Recife. Nesta imagem, um recorte do bairro de São José que remete às origens da cidade, entrecortado pela recente Avenida Dantas Barreto, p. 26.

Figura 2.7 – Exemplos de diversificadas concretizações entre os edifícios, lotes, quarteirões e vias em diferentes bairros da cidade do Recife. Nesta imagem, um recorte de um bairro constituído essencialmente por morros, o Alto do Mandu, p.26.

Figura 2.8 – Os três conjuntos formadores do tecido urbano segundo Panerai (2006), p. 28.

Figura 2.9 – O adensamento das ilhas do Bairro do Recife e de Santo Antônio (imagem) ocorreu tanto pelo preenchimento progressivo desde o início da ocupação da cidade, quanto por meio da demolição e substituição de edificações anteriores, p.30.

Figura 2.10 – Interfaces multidisciplinares do estudo do som, p. 32.

Figura 2.11 – Fonte sonora pontual e fonte sonora linear, p.32.

Figura 2.12 – Decaimento em campo livre para fonte sonora pontual de 6 dB para cada dobro da distância, p. 33.

Figura 2.13 – Decaimento em campo livre para fonte sonora linear de 3 dB para cada dobro da distância, p. 24.

Figura 2.14 – Relação entre o desenvolvimento industrial da sociedade, que possibilita o aumento e concentração de fontes sonoras, e seus impactos em relação ao ruído nas comunidades apontando três previsões futuras de acordo com diferentes ações possíveis de regulamentação contra do ruído, p. 37.

Figura 2.15 – Propagação sonora em Campo acústico aberto, p.39.

Figura 2.16 – Campo acústico aberto com perfil em “L”, p. 39.

Figura 2.17 – Propagação sonora em campo acústico fechado causando o fenômeno da reverberação urbana, p.39.

Figura 2.18 – Campo acústico fechado em perfil “U” também chamado de *canyons* urbanos, p. 40.

Figura 2.19 – Permeabilidade acústica - percursos da onda sonora gerados em meio urbano, p. 41.

Figura 2.20 – Esquema de implantação de edificações em uma quadra *permeável* ao ruído urbano gerado pela via de tráfego em sua margem, p. 41.

Figura 2.21 – Esquema de implantação de edificações conjugadas em uma quadra *pouco permeável* ao ruído urbano gerado pela via de tráfego em sua margem, p. 41.

Figura 2.22 – Barreira acústica entre a fonte e o receptor, p. 41.

Figura 2.23 – Difração da onda sonora a partir de uma barreira, gerando uma área de sombra acústica, p. 42.

Figura 2.24 – À esquerda barreira acústica curva em concreto e acrílico na Suíça. À direita barreira acústica metálica na estrada entre Pádua e Veneza na Itália, p. 42.

Figura 2.25 – À esquerda, barreira acústica metálica instalada próximo a Zurique. À direita barreira acústica em concreto e acrílico também na Suíça, p. 42.

Figura 2.26 – Barreiras instaladas ao longo de via expressa elevada em área residencial de Tóquio, Japão, p. 42.

Figura 2.27 – Barreira acústica da Rodovia Bandeirantes no estado de São Paulo, p. 42.

Figura 2.28 – Rua da Aurora, no Bairro da Boa Vista, na cidade do Recife, configuram barreiras acústicas espontâneas, ou não intencionais, além de conformarem um espaço acústico aberto com perfil em “L”, p. 43.

Figura 2.29 – Alguns trechos da Avenida Atlântica no Bairro de Copacabana na cidade do Rio de Janeiro, também configuram barreiras acústicas espontâneas, ou não intencionais, além de conformarem um espaço acústico aberto com perfil em “L”, p. 43.

Figura 3.1 – Relação das variáveis de pesquisa, p. 48.

Figura 3.2 - Localização geográfica do 3º Jardim de Boa Viagem, p. 50.

Figura 3.3 - Ocupação do 3º Jardim em 1971, com diversos lotes não ocupados e vias ainda não construídas, como a Av. Eng. Domingos ferreira, p. 50.

Figura 3.4 - Delimitação da área de estudo: em azul o 3º Jardim, p. 52.

Figura 3.5 - Mapa acústico da Universidade Estadual de Campinas com representação dos níveis sonoros por pontos em gradação de cores, p. 53.

Figura 3.6 - Mapa acústico com representação dos níveis sonoros por linhas da cidade de Göteborg, Suécia, p. 53.

Figura 3.7 - Mapa acústico utilizado na reurbanização do centro de Seoul, Korea, p. 53.

Figura 3.8 – Acima, localização de estações de monitoramento de ruído em Taiwan, abaixo distribuição de ruído em Taiwan no verão, nos turnos da manhã, tarde e noite, p. 54.

Figura 3.9 - Violações da legislação de ruído em Taiwan nos turnos da manhã, tarde e noite, p. 54.

Figura 3.10 - Delimitação da área, em azul, do estudo piloto no 3º Jardim de Boa Viagem, p. 57.

Figura 3.11 – Mapa acústico de parte do 3º Jardim de Boa Viagem da pesquisa piloto realizada em Maio de 2009 no LAAICA-UFPR, p. 57.

Figura 3.12 – Locação dos pontos de medição, em azul, e malha guia em amarelo, p. 59.

Figura 3.13 – Locação dos *grids* verticais, em azul, seccionando edificações e evitando espaços livres, p. 63.

Figura 4.1 – Avenida Boa Viagem, nas proximidades da Praça de Boa Viagem, no início de sua urbanização, p. 65.

Figura 4.2 – Avenida Boa Viagem no início de sua urbanização, p.65.

Figura 4.3 – Vista aérea do bairro de Boa Viagem nos anos 50, p. 65.

Figura 4.4 – Edifício Califórnia em 1959 construído no 2º Jardim de Boa Viagem, p. 67.

Figura 4.5 – Projeto para o loteamento do 1º, 2º e 3º Jardim de Boa Viagem, com a localização, em vermelho, dos espaços destinados ao uso comunitário, sendo previsto uma igreja e um mercado público, e em verde os espaços destinados às áreas verdes, p. 67.

Figura 4.6 – Cartão Postal Edicard do Bairro de Boa Viagem na década de 70. No alto, indica-se o Hotel Boa Viagem e a Praça de Boa Viagem, mais abaixo a Casa do Navio uma conhecida referência na Avenida Boa Viagem pelos recifenses , até sua demolição, p. 68.

Figura 4.7 – Cartão Postal Edicard da Praia e Avenida Boa Viagem na década de 70, p. 68.

Figura 4.8 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971, p. 69.

Figura 4.9 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971, p. 69.

Figura 4.10 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971, p. 69.

Figura 4.11 – Bairro de Boa Viagem na década de 70. Acima, indica-se o bairro do Pina e o Edifício Califórnia localizado no 2º Jardim de Boa Viagem. No meio, a Avenida Domingos Ferreira, ainda em terra batida, e não finalizada ao encontrar-se com o mangue circundante dos braços do Rio Pina. Abaixo, o Edifício Holiday, p. 70.

Figura 4.12 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981, p. 70.

Figura 4.13 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981, p. 70.

Figura 4.14 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981, p. 71.

Figura 4.15 – Demolição do Hotel Boa Viagem e, em seu lugar, está sendo erguido o Ed. Maria Ângela Lucena, uma edificação multifamiliar de gabarito alto, com amplo número de unidades habitacionais e de pavimentos, mais um exemplar dos “arranha céus” residenciais de Boa Viagem, p. 71.

Figura 4.16 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997, p. 73.

Figura 4.17 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997, p. 73.

Figura 4.18 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997, p. 73.

Figura 4.19 – Os pavimentos destinados às garagens dos edifícios residenciais multifamiliares são comumente chamados na construção civil de “bandejas”, enquanto as torres dos pavimentos tipos são nomeadas de “lâminas”, p. 74.

Figura 4.20 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009, p. 74.

Figura 4.21 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009, p. 74.

Figura 4.22 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009, p. 75.

Figura 5.1 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 1971 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3 – O mapa ilustra a propagação sonora no início da ocupação do 3º Jardim, p. 83.

Figura 5.2 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3, p. 84.

Figura 5.3 – Secção Vertical 1 - O mapa do início da ocupação urbana do 3º Jardim apresentando um comportamento acústico com características predominantes de propagação sonora em campo livre, sem a presença significantes de obstáculos que interfiram em seu percurso possibilitando um contínuo decaimento sonoro em relação à distância, como ilustram as setas indicativas em preto, p. 85.

Figura 5.4 – Secção Vertical 2 - O mapa do início da ocupação urbana do 3º Jardim mostrando outra secção vertical contendo o mesmo comportamento acústico com características predominantes de propagação sonora em campo livre, como ilustram as setas indicativas em preto, p. 85.

Figura 5.5 – Secção Vertical 3 – Por menor que seja sua presença, algumas edificações pontuais de gabarito médio atuam como barreiras acústicas espontâneas constituindo obstáculos que interferem na propagação sonora, como ilustram as setas indicativas em preto, p. 86.

Figura 5.6 – Secção Vertical 3 – As edificações que atuam como barreiras acústicas geram o fenômeno acústico da difração que propicia a criação de áreas de sombra acústica onde os níveis de pressão sonora equivalente são mais baixos, como ilustram as setas indicativas em preto, p. 86.

Figura 5.7 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 1981 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3 – Nesta data, houve o aumento no número de ilhas de sombra e diminuição do nível de pressão sonora equivalente em relação a 1971, p. 87.

Figura 5.8 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3, p. 88.

Figura 5.9 – Secção Vertical 1 – Redução da quantidade de campos acústicos abertos e aumento no número de edificações que atuam enquanto barreiras acústicas, favorecendo o aumento do número de ilhas de sombra e da diminuição do nível de pressão sonora equivalente em relação a 1971, como ilustram as setas indicativas em preto, p. 89.

Figura 5.10 – Secção Vertical 2 – Idem, p. 89.

Figura 5.11 – Secção Vertical 3 – Como ilustram as setas indicativas em preto, o princípio da verticalização no 3º Jardim pode ter contribuído, através de uma melhor atuação das novas edificações enquanto barreiras acústicas, para o aumento do número de ilhas de sombra e da diminuição do nível de pressão sonora equivalente em relação a 1971, p. 90.

Figura 5.12 – Secção Vertical 3 – Idem, p. 90.

Figura 5.13 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 1997 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3 – Em 1997, com um adensamento e verticalização ainda maior do que em 1981, houve o aumento tanto do número das ilhas de sombra, quanto nas suas áreas de abrangência, acarretando no melhor comportamento acústico observado até então entre os mapas elaborados, p. 95.

Figura 5.14 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3, p. 96.

Figura 5.15 – Secção Vertical 3 – As edificações propiciam múltiplas reflexões a partir de suas fachadas expostas às fontes sonoras, influenciando na propagação da onda sonora de modo distinto ao que seria essa propagação em campo livre, conforme indicado nos mapas acústicos, p.97.

Figura 5.16 – Secção Vertical 3 – Idem, p. 97.

Figura 5.17 – Secção Vertical 2 – Idem, p. 98.

Figura 5.18 – Secção Vertical 2 – Idem, p. 98.

Figura 5.19 – Secção Vertical 3 – As edificações só geram múltiplas reflexões a partir de suas fachadas expostas às fontes sonoras, transpondo estas fachadas, as edificações passam a atuar enquanto barreiras acústicas para a onda sonora, minimizando o ruído no interior das quadras, como indica-se no mapa acústico, p. 99.

Figura 5.20 – Secção Vertical 3 – Idem, p. 99.

Figura 5.21 – Secção Vertical 2 – Idem, p. 100.

Figura 5.22 – Secção Vertical 2 – Idem, p. 100.

Figura 5.23 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 2009 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3 – Em 2009 o adensamento das quadras diminuiu consideravelmente a presença de ilhas de sombra acústica, p.101.

Figura 5.24 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3, p. 102.

Figura 5.25 e 5.26 – Secção Vertical 1 – As ilhas de sombra em 1997 favoreciam as residências unifamiliares e multifamiliares de gabarito baixo existentes que se situavam em seus interiores. Em 2009 estas ilhas foram praticamente suprimidas pela presença de pavimentos destinados as garagens das novas edificações verticais de gabarito alto, como ilustram as setas em preto, p.103.

Figura 5.27 e 5.28 – Secção Vertical 1 – Idem, p. 103.

Figura 5.29 e 5.30 – Secção Vertical 1 – O contorno preto ilustra a modificação da propagação das ondas sonoras a partir da influência do aumento da densidade das quadras e verticalização das edificações. Em 1971, a característica predominante assemelha-se a propagação em campo livre. Já em 1981, percebem-se irregularidades no contorno devido a reflexões da onda sonora nas edificações, p. 104.

Figura 5.31 e 5.32 – Secção Vertical 1 – 1997 apresentou o melhor comportamento acústico entre os mapas elaborados. Nesta data as edificações atuaram mais enquanto barreiras acústicas do que como objetos reflexivos da onda sonora. Já em 2009, o aumento do adensamento e da verticalização possibilitou o excesso de múltiplas reflexões nas fachadas das edificações, como delinea o contorno extremamente irregular da propagação sonora ilustrado na imagem abaixo, p. 104.

Figura 5.33 – Secção Vertical 2 – Apesar de proporcionar um aumento no nível de pressão sonora equivalente em 2009, o adensamento e verticalização das edificações também trouxeram benefícios pontuais: na praça Walt Disney, como ilustram as imagens, as edificações atuaram como barreiras acústicas reduzindo, em relação a 1997, o nível de pressão sonora equivalente que atinge as edificações de seu entorno. Contudo..., p. 105.

Figura 5.34 – Secção Vertical 2 – ... as fachadas voltadas para esta redução de nível de pressão sonora equivalente são fachadas de serviço, pouco aproveitando esta redução, p. 105.

Figura 5.35– Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim na situação hipotética futura e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3 – A situação hipotética futura apresenta quadras muito mais adensadas do que nos anos anteriores, reduzindo ainda mais a presença de ilhas de sombra. O pavimento representado no mapa é o destinado às garagens, que ocupam praticamente todo o lote, p. 110.

Figura 5.36 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem na situação hipotética futura e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3, p. 111.

Figura 5.37 – Secção Vertical 1 – A transformação da forma urbana tanto na situação hipotética, como ilustram as imagens, quanto em 2009, quando esteve associada ao adensamento e a verticalização intensificou os fenômenos acústicos ocorridos no meio urbano do 3º Jardim de Boa Viagem, p. 112.

Figura 5.38 – Secção Vertical 2 – Idem, p. 112.

Figura 5.39 – Secção Vertical 3 – Idem, p. 113.

Figura 5.40 – Plantas Baixas – A situação hipotética futura, seguida de perto pelo mapa de 2009, apresentou o pior comportamento acústico do 3º Jardim, e o mapa de 1997 apresentou o melhor, entre os mapas elaborados nesta pesquisa conforme ilustra a síntese abaixo, p. 113.

Figura 5.41 – Gráfico da performance acústica considerando o ano x o nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) – O Gráfico apresenta as variações de níveis de pressão sonora de alguns pontos escolhidos aleatoriamente nos mapas acústicos elaborados (*Figura 5.41*). Em 1997, as quedas das curvas de variação do gráfico corroboram a tendência desta data ter apresentado o mapa acústico com o melhor comportamento acústico entre os mapas elaborados por esta pesquisa, p. 114.

Figura 5.42 – Locação dos pontos utilizados para elaboração do gráfico de performance acústica, p. 114.

Figura 5.43 – Gráfico comparativo de níveis de emissão sonora permitidos – O gráfico apresenta uma comparação entre os níveis de emissão sonora permitidos em alguns países, entre a WHO, ISO e ABNT, e, entre a Lei do silêncio e o código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife. O gráfico evidencia que a cidade do Recife e o estado de Pernambuco praticam níveis muito acima do recomendado por outras entidades normativas, p. 121.

Figura 5.44 – Planta Baixa – Mapa acústico simulando uma situação onde o fluxo de veículos seja o dobro do encontrado atualmente no 3º Jardim de Boa Viagem (2009), apresentando altos níveis de poluição sonora, p. 122.

Figura 5.45 a 5.48 – Secções Verticais 1, 2 e 3 – Idem, p. 122.

Figura 5.49 – Planta Baixa – Mapa acústico simulando uma situação onde seja implantado rodízio de veículos, com uma redução de 30% do valor total do fluxo de veículos atualmente encontrado no 3º Jardim de Boa Viagem (2009), p. 123.

Figura 5.50 a 5.53 – Secções Verticais 1, 2 e 3 – Idem, p. 123.

Figura 5.54 – Planta Baixa – Mapa acústico simulando uma situação onde seja implantado, além do rodízio de veículos com redução de 30% no fluxo atual de veículos, um corredor de transporte público na Av. Domingos Ferreira, e, restrição de tráfego de veículos pesados apenas nesta via, p. 124.

Figura 5.55 a 5.58 – Secções Verticais 1, 2 e 3 – Idem, p. 124.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Os níveis de pressão sonora e suas conseqüências fisiológicas no homem. Em alguns casos podem a intensidade das reações fisiológicas podem variar, dependendo do tempo de exposição à fonte sonora, p. 35.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. FORMA E ACÚSTICA URBANAS	22
2.1 A Forma Urbana e seus Elementos Componentes	22
2.2 A Acústica Urbana e suas Relações Conceituais	31
3. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS	46
3.1 3° Jardim de Boa Viagem enquanto Estudo de Caso	49
3.2 Mapeamento Acústico enquanto Instrumento de Pesquisa	52
3.3 Procedimentos Metodológicos	55
3.3.1 1° Etapa: Pesquisa Documental Primária e Secundária	55
3.3.2 2° Etapa: Pesquisa Piloto	56
3.3.3 3° Etapa: Estudo de Campo	59
3.3.4 4° Etapa: mapeamento acústico	60
4. TRANSFORMAÇÕES DO 3° JARDIM E SUA RELAÇÃO COM O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO BAIRRO DE BOA VIAGEM	65
5. COMPORTAMENTO ACÚSTICO DO 3° JARDIM DE BOA VIAGEM	80
5.1 Comportamento Acústico do 3° Jardim de Boa Viagem, a partir das Modificações Cronológicas em sua Forma Urbana	81
5.2 Comportamento Acústico do 3° Jardim de Boa Viagem em relação ao Código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife, à “Lei do Silêncio” e a outras Entidades Normativas	107
5.3 Ausência de Ações <i>versus</i> Presença de Ações: em Busca de um Melhor Comportamento Acústico para o 3° Jardim de Boa Viagem	115
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134

CAPÍTULO 1

A pesquisa é talvez a arte de se criar dificuldades fecundas e de criá-las para os outros. Nos lugares onde havia coisas simples, faz-se aparecer problemas.

Pierre Bourdieu

1. INTRODUÇÃO

Um grito estridente lançado em um meio urbano envolto nos “*mais modernos*” e descomuns arranha-céus desconfortavelmente ouvido nos mais remotos pavimentos de um deles foi à centelha motivadora para as idéias e discussões que permeiam esta pesquisa. Este grito, mal recebido pelo receptor, pode ser considerado uma das diversas formas da profusão de ruídos que, cada vez mais, se tornam elementos onipresentes da vida contemporânea.

Tal profusão de ruídos atualmente encontrados nos centros urbanos está intimamente vinculada ao crescimento acelerado das cidades que possibilitaram o aumento e uma maior concentração da população urbana, acarretando em rápidas transformações no meio de propagação do ruído urbano além do aumento e uma maior concentração dos diversos tipos de fontes sonoras que o geram.

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

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

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

Outro fator que evidencia o grande valor em compreender a acústica urbana a partir de seu *meio* de propagação é o potencial que o meio urbano possui em influenciar a trajetória da propagação sonora. Esta influência acontece através da *forma* que este meio apresenta, ou seja, a *forma urbana* através de seus elementos componentes e enquanto percurso de transmissão delinea, influencia e determina, em certa medida, a trajetória de propagação da onda sonora.

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

Esta interação, entre os elementos da forma urbana e a propagação sonora, ocorre a partir da diversidade e singularidade existente nos variados meios urbanos, igualmente proporcionando os mais particulares comportamentos acústicos. Isto é, para cada meio urbano existem características particulares inerentes à sua forma urbana, que geram um comportamento acústico igualmente específico, exclusivo e vinculado a esta forma urbana.

Apesar deste atrelamento entre a acústica urbana e a forma urbana, esta relação não é suficientemente pesquisada, e, quando é, são enfocadas prioritariamente situações presentes de comportamento acústico, e/ou, no máximo, hipóteses futuras, também chamadas de *predição acústica*. Além disso, não foram encontradas referências, até o presente momento, de investigações que priorizem a apreciação da acústica urbana e sua relação com as *modificações ao longo do tempo* da forma urbana.

Isto posto, considerando esta ausência de pesquisas, e, considerando que para *cada* espaço urbano existe um comportamento de propagação sonora específico, o presente estudo se propôs a investigar o comportamento acústico de um *mesmo* espaço urbano a partir do *processo cronológico de modificações* em sua forma urbana.

Para isso, admitiu-se que a propagação de uma *mesma fonte sonora*, em um *mesmo* espaço urbano que tenha sofrido, ao longo de um processo cronológico, modificações em sua *forma urbana*, implicaria em diferentes comportamentos em sua *acústica urbana* para as diferentes datas deste processo. Esta suposição possibilitou a análise do comportamento acústico através das

modificações cronológicas da forma urbana a partir da articulação de três variáveis - a *fonte sonora*, a *forma urbana* e a *acústica urbana*. Estas variáveis foram consideradas tendo o estudo de caso enquanto estratégia de pesquisa.

O caso escolhido para esta investigação foi o loteamento 3º Jardim de Boa Viagem, tanto por representar uma parcela bem delimitada das rápidas e recentes transformações ocorridas na forma urbana do bairro de Boa Viagem, quanto por permitir ilustrar o comportamento acústico em um encadeamento evolutivo do início de sua ocupação recente até os dias atuais.

Para compor tal encadeamento evolutivo, foram selecionados os anos de 1971, data escolhida por caracterizar o princípio da ocupação do 3º Jardim; 1981 e 1997, por representarem datas de registro de fotografias aéreas do bairro de Boa Viagem existentes na base de dados da CONDEPE-FIDEM Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco; 2009, por representar a realidade atualmente encontrada no 3º Jardim; e uma simulação de situação hipotética futura de modificação na forma urbana.

Isto posto, com o intuito de analisar o comportamento da acústica urbana do 3º Jardim de Boa Viagem a partir de modificações cronológicas em sua forma urbana, foram executados os seguintes objetivos específicos: (I) identificar as características, configurações e transformações da forma urbana ocorridas no 3º Jardim de Boa Viagem nos anos de 1971, 1981, 1997 e 2009 a partir de seu processo de ocupação; (II) elaborar mapas acústicos dos níveis atuais (2009) de pressão sonora equivalente do 3º Jardim; (III) elaborar mapas acústicos do 3º Jardim nos anos de 1971, 1981, 1997 e de situação hipotética futura a partir da consideração dos níveis atuais (2009) de pressão sonora equivalente do 3º Jardim.

Em busca de expor sistematicamente seu desenvolvimento, a presente investigação foi estruturada do seguinte modo:

O presente *capítulo 1* introduz e antecipa, brevemente, a discussão que será realizada ao longo desta pesquisa.

O *capítulo 2* aborda dois aspectos principais. O primeiro deles desenvolve o conceito de forma urbana e seus elementos componentes a partir dos autores José Lamas (2004), Philippe Panerai (2006) e Vicente Del Rio (1990). Busca elucidar que a apreensão da forma urbana é complexa e envolve diversificadas abordagens e enfoques sociais, econômicos históricos e culturais, para então indicar que a presente pesquisa lançará um olhar para a forma urbana essencialmente a

partir de seu aspecto físico e material, recorte necessário para a análise do comportamento acústico urbano.

O segundo aspecto abordado no capítulo 2 diz respeito à definição teórica do conceito da acústica urbana e de suas diversificadas implicações e interfaces quando o som é propagado em meio urbano. Busca evidenciar os fenômenos que ocorrem a partir da interação entre a forma urbana e a acústica urbana, indicando que a influência da forma urbana é determinante para o comportamento da acústica urbana.

O *capítulo 3* é dedicado ao percurso investigativo desta pesquisa, evidenciando sua metodologia e procedimentos metodológicos, apresentando o 3º Jardim enquanto estudo de caso, o mapeamento acústico enquanto instrumento de pesquisa e detalhando as etapas operacionais deste estudo. Este capítulo evidencia ainda o processo de elaboração dos modelos e mapas acústicos da forma urbana existente no 3º Jardim em cada uma das datas estudadas, além da situação hipotética futura, e discute o *software Predictor* utilizado para este mapeamento.

O *capítulo 4* diz respeito ao processo de ocupação do bairro de Boa Viagem e sua relação com as transformações urbanas ocorridas no 3º Jardim. Busca-se identificar as características, configurações e transformações ocorridas na forma urbana do 3º Jardim que possibilitem o entendimento cronológico destas modificações, dando suporte a elaboração e análise dos mapas acústicos.

O *capítulo 5* analisa o comportamento da acústica urbana, identificado nos mapas acústicos elaborados, do 3º Jardim a partir das modificações ocorridas em sua forma urbana nos anos de 1971, 1981, 1997 e 2009, além de uma situação hipotética futura (*predição acústica*). Neste capítulo discute-se ainda o comportamento do 3º Jardim em relação à legislação municipal que regula as emissões sonoras na cidade do Recife e no estado de Pernambuco, e sua relação com os níveis recomendados por outras entidades normativas, e, indica-se possíveis ações para melhoria no comportamento acústico do 3º Jardim, bem como as possíveis conseqüências acústicas da ausência de tais ações.

Por fim, no *capítulo 6*, são apresentadas as considerações finais acerca do comportamento acústico do 3º Jardim e são indicados novos rumos de pesquisa a respeito da acústica urbana.

CAPÍTULO 2

A arquitetura é uma música petrificada.

Arthur Schopenhauer

2. FORMA E ACÚSTICA URBANAS

Analisar o comportamento da acústica urbana, ainda que a partir das modificações da forma urbana, faz com que esta pesquisa trate essencialmente da acústica urbana. No entanto, este comportamento está sujeito aos diversificados modos de apreensão da forma urbana e de seus elementos componentes, bem como, ao modo como esta pesquisa os considerará.

Assim sendo, o primeiro item deste capítulo expõe o conceito de forma urbana, e de algumas de suas relações, discutido à luz de LAMAS (2004), de PANERAI (2006) e DEL RIO (1990), indicando em seguida o que esta pesquisa considerará como *forma urbana*.

Certamente, discussão em torno da produção de outros autores poderia ser elaborada. No entanto, o primeiro item deste capítulo *não* pretende representar uma revisão bibliográfica acerca do estudo da forma urbana e suas relações, pretende, *sim*, construir uma discussão em torno dos três autores selecionados que culmine no conceito de forma urbana que será considerado por esta pesquisa para possibilitar olhar para suas modificações cronológicas, a fim de compreender o comportamento da acústica urbana.

Após este delineamento, no segundo item deste capítulo, discute-se a acústica urbana e suas relações conceituais com os diversos elementos e implicações da propagação sonora em meio urbano, e como eles relacionam-se influenciando em seu comportamento.

2.1 A Forma Urbana e seus Elementos Componentes

Segundo LAMAS (2004), estudar a forma urbana compreende examinar as configurações e as estruturas exteriores de determinados objetos, de suas formas, interligando-as com os fenômenos que lhes deram origem. Assim sendo, a forma urbana pode ser definida como sendo o

[...] modo como se organizam os elementos morfológicos que constituem e definem o espaço urbano, relativamente à materialização dos aspectos de

organização funcional e quantitativa e dos aspectos qualitativos e figurativos (LAMAS, 2004, p. 44)¹.

Dentre estes aspectos, os quantitativos são àqueles da realidade urbana que podem ser quantificáveis, tais como densidades, superfícies, fluxos, coeficientes volumétricos, entre outros. (*Figura 2.1*); os de organização funcional são àqueles que se relacionam com as atividades humanas, tais como habitar e trabalhar, e àqueles relacionados ao modo de uso específico de uma área – residencial, comercial, industrial, entre outros; os qualitativos referem-se ao tratamento dos espaços, ao conforto e a comodidade do utilizador, tais como adaptação ao clima, acessibilidade, estado da pavimentação, entre outros; por fim, os aspectos figurativos dizem respeito a essencialmente a comunicação estética (LAMAS, 2004).

Pode-se considerar, que ao olhar para forma urbana, e em específico para suas modificações cronológicas, com o intuito de compreender o comportamento da acústica urbana, esta pesquisa relaciona-se tanto aos aspectos qualitativos, a partir do conforto acústico dos receptores das ondas sonoras em meio urbano, quanto aos aspectos quantitativos, uma vez que este comportamento acústico em meio urbano é quantificável em decibels (dB).

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

São essencialmente estas particularidades que impulsionam ou amortecem a transformação

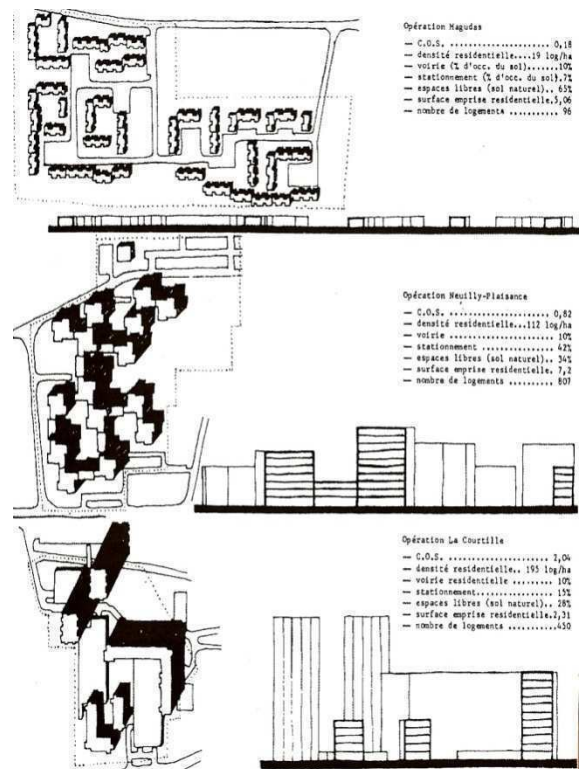


Figura 2.1 – Diferentes aspectos quantitativos relacionados a diversificadas formas urbanas. Fonte: LAMAS, 2004.

¹ Para todas as citações deste autor não serão consideradas adaptações na língua do país de origem - Portugal - permanecendo o texto original.

dos elementos que compõem a forma urbana – a adição de novos traçados a um já existente, ou sua superposição, seus conflitos; o parcelamento de parques e ocupação de espaços livres; a renovação da massa edificada, seu lento adensamento e verticalização segundo uma especulação despreziosa, ou sua substituição por vastos empreendimentos sob influência de uma especulação bem mais expressiva (PANERAI, 2006); isto é, faz parte da apreensão da forma urbana uma complexidade que envolve um processo de acumulação, de enfoques e observações sociais, econômicas, históricas e culturais que englobam muito mais do que apenas sua forma física.

Estas particularidades, especialmente as sociais, parecem um pouco mais delineadas nas considerações feitas por DEL RIO (1990), que considera o espaço urbano a partir da apropriação social que se faz dele, estabelecendo que, em relação ao estudo da forma urbana, a cidade pode ser compreendida a partir de três níveis organizacionais: o coletivo, o comunitário e o individual.

O *nível coletivo* é regido sob uma lógica estruturadora percebida inconscientemente e coletivamente, e é composto pelos elementos² do tecido que possuem uma permanência maior ao longo do tempo; o *nível comunitário* diz respeito aos elementos com significados especiais apenas para um pequeno grupo da população, como o bairro, por exemplo; já o *nível individual* expressa significados individuais, como a residência e seu espaço circundante, e por seu caráter individual é o que apresenta maior rapidez nas modificações (DEL RIO, 1990).

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

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

É fundamentalmente a dimensão física e morfológica da cidade que me preocupa [...] (LAMAS, 2004, p. 31).

2 Estes elementos serão discutidos em parágrafos mais adiante.

Na verdade, esta opção em observar a forma urbana considerando-a essencialmente a partir de seu aspecto físico e material, responde convenientemente ao objetivo primeiro da presente pesquisa, analisar o comportamento da acústica urbana a partir de modificações cronológicas na forma urbana, uma vez que esta análise do comportamento acústico implica em uma apropriação genuinamente física e material destas modificações.

Certamente, a busca pela apreensão da forma urbana envolve muito mais do que simplesmente sua forma física e material, como já aclarado. No entanto, para realização da análise proposta por este estudo, tal apreensão em totalidade não é fundamentalmente necessária, o que torna a apropriação da forma urbana quase um meio material, ou uma variável física, para atingir a finalidade derradeira de compreensão do comportamento acústico a partir de modificações nesta forma.

Ao entender a observação da forma urbana essencialmente em seu aspecto físico, LAMAS (2004) propôs uma classificação em escalas, ou dimensões:

- A *dimensão setorial* – a escala da rua refere-se à menor unidade ou porção do espaço urbano como, por exemplo, uma praça, ou uma rua, onde de um ponto o observador pode abarcar a

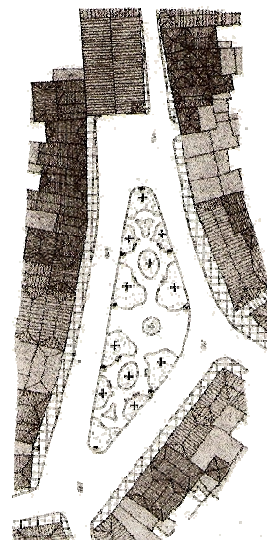


Figura 2.2 – Praça da Alagoa na cidade portuguesa de Tavira ilustra a dimensão setorial. Fonte: LAMAS, 2004.

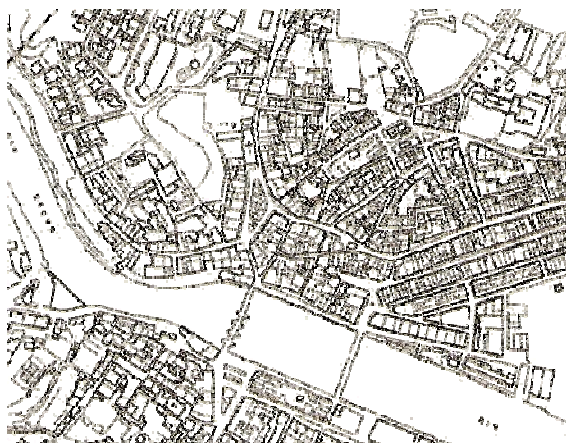


Figura 2.3 – O bairro/ a escala urbana exemplificada por meio da cidade portuguesa de Tavira. Fonte: LAMAS, 2004.

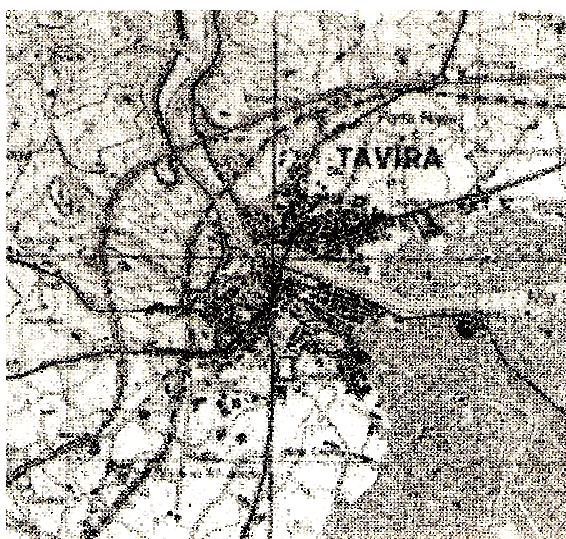


Figura 2.4 – A cidade/o território/a dimensão territorial exemplificada por meio da cidade portuguesa de Tavira. Fonte: LAMAS, 2004.

unidade espacial de seu conjunto (Figura 2.2).

- A *dimensão urbana – a escala do bairro* corresponde às partes homogêneas identificáveis, como os bairros, por exemplo, onde a observação dos elementos da forma urbana é realizada através do movimento e de vários percursos (Figura 2.3).
- E, por fim, a *dimensão territorial – a escala da cidade* diz respeito à articulação de diferentes formas urbanas, da articulação de bairros interligados entre si. Sua forma é definida pela distribuição de elementos estruturantes das cidades em conformidade com o suporte geográfico do sítio, tais como a articulação de ruas e vias de circulação entre os diferentes bairros, entre zonas habitacionais e comerciais, entre outras (Figura 2.4).

Dentre estas dimensões, a urbana – escala do bairro desperta particular interesse desta pesquisa uma vez que o entendimento dos limites de observação através de certo número de movimentos poderá abarcar uma amostra significativa de modificações cronológicas na forma urbana de determinado local a fim de compreender o comportamento de sua acústica urbana.



Figura 2.5 – Exemplos de diversificadas relações entre os edifícios, lotes, quarteirões e vias em diferentes bairros da cidade do Recife. Nesta imagem um recorte do bairro de Boa Viagem. Fonte: CONDEPE-FIDEM, 1981.



Figura 2.6 – Exemplos de diversificadas relações entre os edifícios, lotes, quarteirões e vias em diferentes bairros da cidade do Recife. Nesta imagem, um recorte do bairro de São José que remete às origens da cidade, entrecortado pela recente Avenida Dantas Barreto. Fonte: CONDEPE-FIDEM, 1981.



Figura 2.7 – Exemplos de diversificadas concretizações entre os edifícios, lotes, quarteirões e vias em diferentes bairros da cidade do Recife. Nesta imagem, um recorte de um bairro constituído essencialmente por morros, o Alto do Mandu. Fonte: CONDEPE-FIDEM, 1981.

No entanto, para apreender tal dimensão, devem-se conhecer, e estabelecer, quais elementos mínimos da forma urbana que se relaciona com esta a dimensão urbana e quais são estes elementos. LAMAS (2004) propôs onze elementos da forma urbana necessários para esta apreensão: o solo (I), o edifício (II), o lote (III), o logradouro (IV), o quarteirão (V), o traçado/a rua(VI), a praça (VII), a fachada (VIII), o monumento (IX), a vegetação (X) e o mobiliário urbano (XI). Dentre estes elementos, seis possuem uma estreita relação com esta pesquisa, e serão expostos de acordo com considerações observadas por LAMAS³ (2004) (*Figuras 2.5 a 2.7*)

O *edifício* representa o elemento mínimo identificável na observação da forma urbana, é através dele que se constitui o espaço urbano e se organizam diferentes elementos tais como ruas, praças, avenidas, entre outros. Os edifícios agrupam-se em diferentes tipos tanto em relação a suas formas, quanto a suas funções. Estes elementos podem influenciar o comportamento da acústica urbana atuando enquanto objetos reflexivos da onda sonora e como barreiras acústicas⁴.

O *lote* representa o princípio da relação do edifício com o terreno. A forma do lote é, muitas vezes, condicionante da forma do edifício, tornando-os vinculados por essência; o *logradouro* diz respeito ao espaço livres e não construídos no interior do lote, aos quintais e jardins; o *quarteirão*, ou quadra, pode ser considerado como o espaço resultante entre o cruzamento de três ou mais vias, podendo ser demarcado em vários lotes para a construção de edifícios. Juntos, estes três elementos, associados aos edifícios, podem propiciar uma maior ou menor permeabilidade acústica, e/ou uma maior ou menor presença de áreas de sombra no meio urbano.

O *traçado*, por meio das ruas ou vias, é facilmente identificável no meio urbano. Está muitas vezes condicionado ao sítio geográfico existente, regula a disposição dos edifícios e quarteirões e interliga os vários espaços componentes da cidade, e a cidade ao território. Normalmente, o traçado resiste às transformações na forma urbana por possuir um caráter de permanência não totalmente modificável. O traçado, engloba trajetórias e caminhos que não são necessariamente percorridos através de automóveis, apesar disso está em grande parte vinculado a uma das principais fontes geradoras de ruído urbano – o tráfego de veículos.

3 Os outros elementos também podem relacionar-se, de diferentes maneiras, com a acústica urbana, mas nem tanto com a presente pesquisa, e por isso não foram considerados.

4 Todas as definições e conceitos acústicos apresentados no presente item serão elucidados no item seguinte 2.2 *Acústica Urbana e suas Relações Conceituais*.

A *praça* é um espaço de geometria variada, intencionalmente inserido no meio urbano, cuja relação com o traçado e os edifícios também é intencional, evidenciada através do seu desenho, e não acidentais como alargamento e confluências do traçado. Além disso, a praça é um lugar de encontro, de permanência e de práticas sociais. Acusticamente, dependendo de suas proporções, a propagação sonora que envolve uma praça pode apresentar um comportamento que se assemelha a propagação sonora em campo livre.

Estes elementos constituintes da forma urbana conceituados por LAMAS (2004) podem ser identificados sob um diferente invólucro conceitual, mas com a mesma essência, no que PANERAI (2006) definiu como sendo conjuntos do tecido urbano:

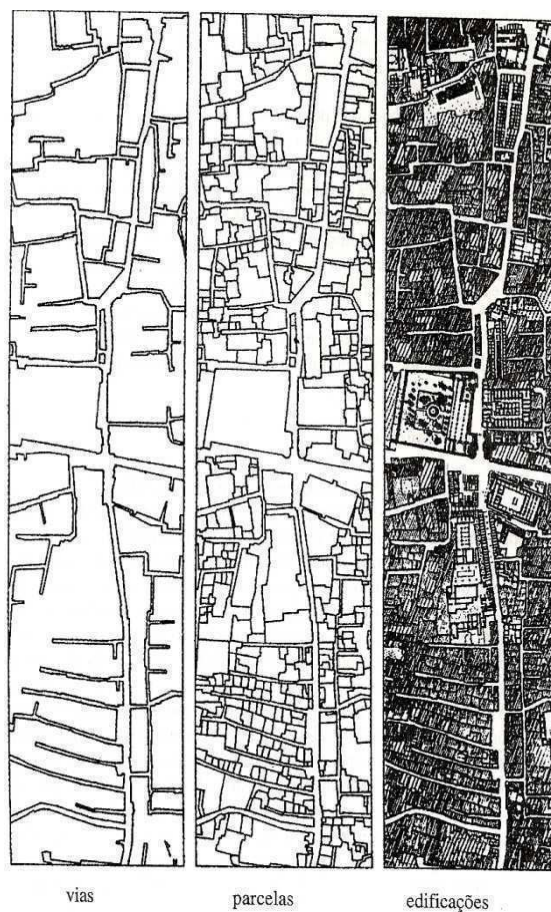


Figura 2.8 – Os três conjuntos formadores do tecido urbano segundo Panerai (2006). Fonte: PANERAI, 2006.

Aplicado à cidade, o termo “tecido” evoca a continuidade e a renovação, a permanência e a variação. Ele explica a constituição das cidades antigas e responde as questões levantadas pelo estudo das urbanizações recentes. Ele pressupõe uma atenção tanto ao banal quanto ao excepcional, tanto às ruas comuns e às edificações corriqueiras quanto às regulamentações e aos monumentos.

Dentre as múltiplas definições de tecido urbano, e sem desprezar suas qualidades, escolhemos a mais simples. O tecido urbano é constituído pela superposição ou imbricação de três conjuntos: **a rede de vias; os parcelamentos fundiários; e as edificações.**

Essa definição põe em evidência os elementos que permitem que as diferentes partes da cidade evoluam, ao mesmo tempo em que são mantidas a coesão de conjunto e a clareza de sua estrutura. (PANERAI, 2006, p. 77-78, grifo nosso) (*Figura 2.8*).

Ao contrário de LAMAS (2004), que considera a praça como um elemento da forma urbana por si só, PANERAI (2006) discute as *vias*, ou traçado, inseridas em uma relação em rede onde também são considerados como partes constituintes os largos, passeios, praças, esplanadas, cais, pontes, rios, canais, margens, praias, todos compondo o espaço público. É através desta rede,

contínua e hierarquizada, que acontecem as distribuições e circulações da cidade bem como sua organização local e territorial.

Já os *parcelamentos fundiários* constituem a representação negativa⁵ da rede de vias que evidencia o domínio construído. Este domínio não se limita aos edifícios, mas também envolve pátios, quintais, terrenos baldios (PANERAI, 2006). Embora PANERAI(2006) considere separadamente o exame das edificações, sugere-se, que este *domínio construído* envolve quatro dos elementos da forma urbana elencados por LAMAS (2004), o edifício, o lote, o logradouro e o quarteirão.

Para PANERAI (2006) as *edificações*, ou edifícios, são consideradas construções subordinadas ao espaço público, ou seja, a rede de vias, sendo por ele estruturada, e que acrescentam a dimensão vertical ao tecido urbano. Tal subordinação permite que haja uma dependência recíproca entre os edifícios, ainda que eles pertençam a épocas diferentes, fazendo com que sua renovação aconteça sem que haja grandes perdas na unidade do conjunto.

Ao estruturar sua concepção dos elementos componentes da forma urbana, DEL RIO (1990) é bem mais sintético e objetivo, mas assim como LAMAS (2000) e PANERAI (2006), seus elementos possuem similaridades, e até repetições, que praticamente reproduzem a mesma essência conceitual dos outros dois autores. Estes elementos, por serem estruturados tão objetivamente, serão apresentados em citação direta, são eles:

- **crescimento:** os modos, as intensidades e direções; elementos geradores e reguladores, limites e superação de limites, modificação de estruturas, pontos de cristalização, etc.;
- **traçado e parcelamento:** ordenadores do espaço, estrutura fundiária, relações, distâncias, circulação e acessibilidade, etc.;
- **tipologias dos elementos urbanos:** inventário e categorização de tipologias edilícias (residências, comércio, etc), de lotes e sua ocupação, de quarteirões e sua ocupação, de praças esquinas, etc.;
- **articulações:** relações entre elementos, hierarquias, domínios do público e privado, densidades, relações entre cheios e vazios, etc. (DEL RIO , 1990, p. 83, grifos do autor).

Dentre todos os elementos expostos, a partir dos três autores, existe um importante fenômeno relacionando-os em distintas intensidades e que merece ser considerado por influenciar definitivamente na modificação da forma urbana – o adensamento.

⁵ No sentido de uma fotografia, onde os claros e os escuros são representados no *negativo*, de modo contrário ao do objeto fotografado.

O adensamento ocorre a partir de dois modos essenciais de ocupação: o primeiro a partir do preenchimento progressivo do espaço urbano, e o segundo a partir da substituição completa, por meio de demolição, de edificações anteriores (PANERAI, 2006) (*Figura 2.9*).

A primeira forma de adensamento ocorre sem a expansão territorial por meio do preenchimento progressivo de todas as reservas fundiárias e espaços livres de determinado meio urbano. É um adensamento inserido em limites/barreiras pré-estabelecidos, naturais ou não, tais como uma via expressa, irregularidades geográficas



Figura 2.9 – O adensamento das ilhas do Bairro do Recife e de Santo Antônio (imagem) ocorreu tanto pelo preenchimento progressivo desde o início da ocupação da cidade, quanto por meio da demolição e substituição de edificações anteriores. Fonte: <http://pedrodealbuquerque.wordpress.com/category/pernambuco/>. Acesso em: 20.11.09.

do sítio, ou ainda, numa escala menor, a própria quadra pode ser um limite para saturação gradual em seu interior: desmembramento ou remembramento dos lotes para construção de novas edificações, verticalização, ocupação de antigos quintais e/ou jardins (PANERAI, 2006).

A segunda forma de adensamento acontece através da demolição e substituição de edificações anteriormente existentes por novas construções de maior porte, tanto em relação à ocupação do solo, por meio do remembramento de lotes, quanto em relação ao seu gabarito. Esta forma de adensamento permite a renovação do espaço urbano sem aumentar sua área de abrangência, sem sua expansão (PANERAI, 2006).

Ambas as formas de adensamento transformam essencialmente a forma urbana e o modo como se relacionam seus elementos componentes. A identificação desta transformação em determinado meio urbano gerada pelo adensamento é indispensável para análise do comportamento da acústica urbana a partir de modificações na forma urbana deste mesmo meio, uma vez que o adensamento pode influenciar na propagação sonora proporcionando uma maior quantidade de objetos reflexivos, de barreiras acústicas, e favorecendo a diminuição da permeabilidade acústica.

Por fim, a partir exposição de determinados elementos considerados por LAMAS (2004) – o edifício, o lote, o logradouro, o quarteirão, o traçado/a rua e a praça, dos conjuntos considerados por PANERAI (2006) – a rede de vias, os parcelamentos fundiários e as edificações, dos

elementos considerados por DEL RIO (1990) – crescimento, traçado e parcelamento, tipologias dos elementos urbanos e as articulações, e, em busca de atingir seu objetivo principal, esta pesquisa considerará a forma urbana inserida em um recorte que a considera essencialmente a partir de seu aspecto físico e material, e cujos elementos componentes considerados serão exclusivamente:

1. As parcelas fundiárias – consideradas por meio das quadras e lotes, incluindo sua relação de **modo de ocupação** das edificações, sua **densidade** e seus **espaços livres**;
2. As edificações – consideradas através de sua relação de **modo de ocupação** com os lotes, e do grau de **verticalização** (gabarito baixo, médio e alto);
3. As vias – consideradas como reguladoras da relação com as edificações e quarteirões, e principalmente, apreciadas como estreitamente vinculadas a uma das principais **fontes geradoras** de ruído urbano (o tráfego de veículos).

Estes, serão os elementos componentes da forma urbana que esta pesquisa se apropriará no decurso do caminho a fim de analisar o comportamento acústico a partir de modificações cronológicas em determinada forma urbana. Nos parágrafos seguintes discutem-se os conceitos e relações que permeiam a acústica urbana.

2.2 A Acústica Urbana e suas Relações Conceituais

A acústica é a ciência do som, incluindo sua geração, transmissão e recepção de energia sob a forma de ondas vibracionais na matéria (KINSLER *et al.*, 1982). Ela é uma ciência multidimensional e interligada a vários domínios científicos. Seu objeto de estudo fundamental, o som, delinea uma série de interfaces multidisciplinares com abordagens em diversificadas áreas do conhecimento (*Figura 2.10*).

Desse modo, quando a geração, transmissão e efeitos do som estão inseridos no meio urbano, seu desdobramento é estudado pela área de conhecimento da *acústica urbana*, muitas vezes também nomeada de *acústica ambiental*.

O objeto de estudo fundamental da acústica, o *som*, é a sensação produzida no ouvido por pequenas flutuações da pressão do ar (HANSEN, 2005), ou seja, é uma percepção sensorial e seu

complexo padrão de ondas sonoras é rotulado de ruído, música, fala, entre outros. (BERGLUND *et al.*, 1999).

Esta definição do som, tendo como referência a percepção do ouvido humano, é um conceito *psicofísico*. Fisicamente, o som é uma vibração mecânica que se propaga progressivamente através de um meio material gasoso, líquido ou sólido (SINGAL, 2005).

Esta vibração, quando transmitida ao meio que o rodeia, nem sempre é detectável pelo aparelho auditivo humano, cuja faixa de frequência⁶ audível encontra-se no intervalo de 20 a 20.000 Hz, para um jovem saudável (BRÜEL & KJÆR, 1984; KINSLER *et al.*, 1982). Frequências acima de 20.000 Hz, muito altas para respostas fisiológicas auditivas, são chamadas de *ultrasons*. Já as frequências abaixo de 20 Hz, são chamadas de *infrasons* e não são detectáveis pelo ouvido humano, contudo, são prejudiciais à sua saúde⁷ (KINSLER *et al.*, 1982; SOUSA, 2004).

Fisicamente, o som e o ruído constituem o mesmo fenômeno de variações de pressão ambiente, ambos se propagam em meio elástico (sólido, líquido ou gasoso) e ambos são capazes de serem detectados pelo ouvido humano (BERGLUND *et al.*, 1999; HANSEN, 1995). No entanto, enquanto o som é utilizado para descrever percepções sonoras agradáveis, o ruído descreve



Figura 2.10 – Interfaces multidisciplinares do estudo do som. Fonte: Elaborado pela autora a partir de BISTAFA, 2006.

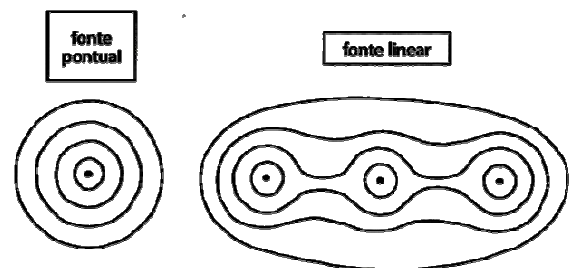


Figura 2.11 – Fonte sonora pontual e fonte sonora linear. Fonte: SOUZA, 2006.

6 A frequência é o número de ciclos que a onda sonora completa no tempo de um segundo, e é medida em Hertz (Hz) (HANSEN, 1995).

7 A exposição a baixas frequências pode gerar a doença Vibroacústica, que induz o espessamento das estruturas cardíacas, depressão, irritabilidade e perturba processos cognitivos (BRANCO e PEREIRA, 2004).

percepções sonoras desagradáveis, incorporando um aspecto de subjetividade à sua definição (BRÜEL & KJÆR, 1984; HANSEN, 2005; BRASIL, 2006; SINGAL, 2005).

Tal subjetividade acarreta diferentes e individuais percepções sonoras pelo ser humano e, portanto, em diferentes reações à exposição ao ruído. Em outras palavras, o que se estabelece como *som* para um indivíduo, pode representar *ruído* para outro:

[...] as respostas inerentes ao ruído são complexas, dependendo tanto dos fatores propriamente acústicos, quanto dos psicossociais, contextuais, simbólicos, emocionais, como daqueles de valor específico. Essas variáveis participam da singularidade da escuta e atuam como filtros que modificam a percepção do sinal físico sonoro. (SANTOS e MARTINS, 2005, p. 216).

Enquanto sua percepção envolve a subjetividade, as respostas *fisiológicas* à exposição ao ruído são mais objetivas, e seus danos são mais facilmente identificáveis. O ruído pode gerar complicações no sistema circulatório e hormonal, perda gradativa da audição, distúrbios de sono, estresse, irritabilidade, neuroses, desconforto e dificuldade de aprendizado entre outros danos (BERGLUND *et al.*, 1999; HANSEN, 2005; KINSLER *et al.*, 1982; MURGEL, 2007; NAGEM, 2004; NUNES, 2006; PAZ *et al.*, 2005; SINGAL, 2005; ZANNIN *et al.*, 2002).

O ruído pode se originar de variadas *fontes* presentes em diversificados ambientes, as mais comumente encontradas são as fontes sonoras *pontuais* e as *lineares* (Figura 2.11). A *fonte pontual* possui dimensões finitas e emite o mesmo nível de pressão sonora uniformemente para todas as direções, sendo seu decaimento, em campo livre, de 6 dB para cada dobro da distância (Figura 2.12) (HANSEN, 2005; SOUSA, 2004).

Já a *fonte linear* é formada por certo número de fontes pontuais dispostas linearmente cuja emissão sonora é contínua ao longo desta linha, sendo seu decaimento, em campo livre, de 3 dB para cada dobro da distância (Figura 2.13) (HANSEN 2005; PAZ, 2004).

Quando propagadas no meio urbano, a combinação de tais fontes sonoras associadas ao percurso de transmissão e ao receptor constitui o *ruído urbano* (*urban noise*), também

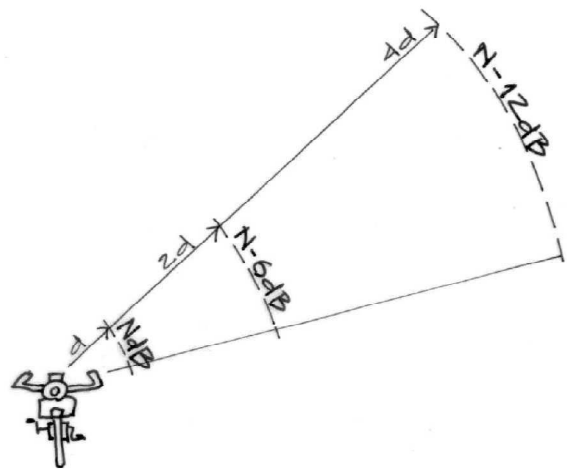


Figura 2.12 – Decaimento em campo livre para fonte sonora pontual de 6 dB para cada dobro da distância. Fonte: NIEMEYER, 2007.

chamado de ruído ambiental (*environmental noise*) ou ruído comunitário (*community noise*) (BERGLUND *et al.*,1999; GUEDES, 2005; SOUSA, 2004).

O ruído urbano pode ser gerado a partir do tráfego de veículos terrestres e aéreos, de obras de construção civil, de estabelecimentos industriais, de estabelecimentos comerciais e de serviços, de sistemas de propaganda volante ou permanente⁸, e ruídos de outras atividades cuja propagação sonora pode afetar o bem-estar e a saúde dos cidadãos (BARRON, 2003; BERGLUND *et al.*,1999; KINSLER *et al.*, 1982; NAGEM, 2004, NUNES, 2006; SINGAL, 2005).

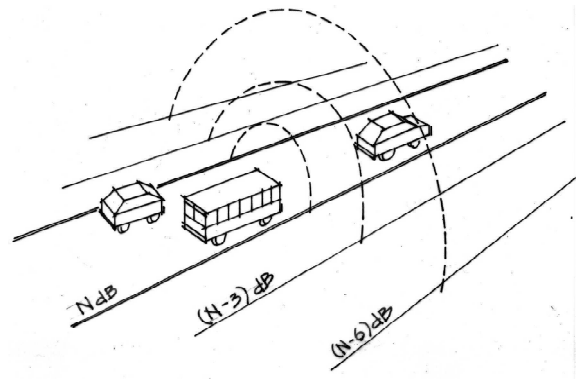


Figura 2.13 – Decaimento em campo livre para fonte sonora linear de 3 dB para cada dobro da distância. Fonte: NIEMEYER, 2007.

Apesar de esporádica, outra fonte de ruído gerada em meio urbano são os eventos públicos, tais como festas, *shows*, comícios, carnavais fora de época, entre outros. As fontes de ruído presentes nestes eventos atingem um alto nível de pressão sonora⁹ e abrangem uma grande quantidade populacional, logo, independente de ocorrer poucas vezes durante o ano, são eventos extremamente danosos a saúde, e, principalmente à audição: a partir de 80 dB(A) não importa se a sensação sonora é prazerosa ou não, ela é, necessariamente, prejudicial¹⁰ (Tabela 2.1) (NUNES, 2006).

Quando a intensidade dos ruídos urbanos torna-se excessivamente desagradável e/ou nociva, o ruído passa a ser considerado uma forma de poluição ambiental¹¹ - a poluição sonora. A necessidade de regulamentação da poluição sonora renuncia os aspectos de subjetividade existentes e inerentes ao conceito de ruído na tentativa de sintetizar e estabelecer limites, leis, normas, métodos e ações que representem um universo sonoro equivalente para toda a população, na tentativa de controlar e mitigar o ruído urbano.

8 Carros de som, bicicletas com som, rádios comunitárias, entre outros.

9 O nível de pressão sonora é a medida física preferencial para caracterizar a sensação subjetiva da intensidade dos sons, e, de acordo com a lei de Weber e Fechner, a sensação sonora é proporcional ao logaritmo da intensidade sonora: $NPS = 20 \log(p/p_0)$, onde p é a pressão sonora em Pascal e p_0 é a pressão sonora de referência ($2 \cdot 10^{-5}$ Pascal) (BISTAFA, 2006; NIEMEYER, 2007).

10 Outros níveis de ruído também podem ser prejudiciais em maior ou menor grau, dependendo do tempo de exposição à fonte sonora.

11 “Poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.” (BRASIL, 1981, p. 1 e 2).

Assim sendo, na esfera federal, a Constituição Federal (Art.255), o Código Civil Brasileiro (Lei n.º 10.406/02) a Lei das Contravenções Penais (Decreto-lei n.º 3.688/41), e a Lei dos Crimes Ambientais (Lei n.º 9.605/98) versam, a partir de diferentes abordagens e diferentes procedimentos legais, sobre a poluição sonora e suas respectivas perturbações (CARNEIRO, 2009).

NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA E SUAS CONSEQUÊNCIAS FISIOLÓGICAS		
Nível de Pressão sonora em dB(A)	Características FISIOLÓGICAS	Ambiente ou atividade
0 a 30	Nenhuma	Tremular de folhas de uma árvore, sussurros, área de mata selvagem.
30 a 50	Nenhuma	Cantar de pássaros, rua calma em área residencial durante noite.
50 a 70	Marca o início do estresse auditivo	Rua agitada, um restaurante barulhento.
70 a 90	Estressante e bastante excitante	Chegada de um trem na estação, carro a 100 Km/h, conversa a gritos.
90 a 110	Extremamente excitante provocando dependência	Caminhão pesado a 60 Km/h, alarme de viatura, passagem de trem numa estação ou cabine de um avião monomotor.
110 a 130	Desconfortavelmente alto atingindo o limiar da dor podendo causar surdez instantânea.	Trem passando em trilhos elevados, martelo pneumático, interior de uma boate, <i>show</i> de banda de <i>rock</i> .
130 a 140	Acima do limiar da dor causando surdez permanente	Decolagem de avião a jato a 5m de distância, disparos de artilharia

Tabela 2.1 – Os níveis de pressão sonora e suas consequências fisiológicas no homem. Em alguns casos podem a intensidade das reações fisiológicas podem variar, dependendo do tempo de exposição à fonte sonora. Fonte: elaborado pela autora a partir de KINSLER *et al.*, 1992; SINGAL, 2005; SOUZA, 2006.

Ainda no domínio federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou várias resoluções que estabelecem normas de preservação ao meio ambiente, incluindo o combate a poluição sonora¹². Nestas resoluções todas as atividades geradoras de ruído devem seguir diretrizes vinculadas à Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, e ao Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, no caso de ruído produzido por veículos automotores (NAGEM, 2004).

Tais resoluções, normas e diretrizes refletidas no domínio estadual e municipal, deram origem à Lei Estadual n.º 12.789, de 28 de Abril de 2005 (PERNAMBUCO,2005) conhecida como “Lei do

12 São elas: RESOLUÇÃO CONAMA n.º 1, de 8 de março de 1990; RESOLUÇÃO CONAMA n.º 2, de 8 de março de 1990; RESOLUÇÃO CONAMA n.º 1, de 11 de fevereiro de 1993; RESOLUÇÃO CONAMA n.º 2, de 11 de fevereiro de 1993; RESOLUÇÃO CONAMA n.º 272, de 14 de setembro de 2000.

Silêncio” e que dispõe sobre ruídos urbanos, poluição sonora e proteção do bem-estar e do sossego público; e à Lei nº 16.243 de 13 de setembro de 1996 – Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico do Recife (RECIFE, 1996a) que estabelece a política do meio ambiente da cidade do Recife, incluindo regulamentação de emissões sonoras, entre outras providências, tendo como suporte a Lei 16.176/96 de 9 de Abril de 1996 – Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife – LUOS (RECIFE, 1996b).

Apesar da existência desta grande quantidade de leis federais, estaduais e municipais; apesar da LUOS legislar sobre a etapa de aprovação de projetos para a construção de empreendimentos com *usos geradores de incômodo à vizinhança*, incluindo usos potencialmente geradores de ruídos, submetendo-os à análise técnica e/ou à análise especial, e, apesar do Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico do Recife estabelecer limites máximos permitidos de ruído, na prática, a ação contra a poluição sonora em Recife adquire caráter corretivo pelos órgãos reguladores à conduta do infrator, geralmente a partir de denúncias da população após a consolidação da fonte geradora de ruído no meio urbano (JORNAL DO COMÉRCIO, 2008; JC ONLINE, 2005)

Outro exemplo local de desatenção à poluição sonora é a inexistência, dentre vários outros tipos de degradação ambiental presentes, de qualquer referência a respeito da poluição sonora em documento produzido pela Prefeitura da Cidade do Recife no ano 2000, o Atlas Ambiental da Cidade do Recife (RECIFE, 2000).

Diante da aplicabilidade ineficaz da legislação vigente, em Novembro de 2009 foi lançado pelo Ministério Público de Pernambuco a cartilha *Poluição sonora: Silento e o barulho*¹³, que versa sobre as posturas e ações, direitos e deveres dos diversos agentes envolvidos na *produção e recepção* da poluição sonora, indicando como devem agir a vítima, o policial, o estado, o construtor poluidor, o proprietário de carro de som poluidor, entre outros. A cartilha também disponibiliza uma série de *formulários modelos*, de acordo com os diferentes tipos de poluição sonora. Estes formulários são exemplos para serem utilizados tanto pela vítima da poluição sonora, quanto pelo policial civil, militar, promotor de justiça, e, até mesmo pelo poluidor - o que poderá tornar esta cartilha um importante instrumento para aplicação das leis vigentes (CARNEIRO, 2009).

Embora negligenciada, e, em oposição a diversos outros problemas ambientais mundiais, a poluição sonora continua a crescer e é acompanhada pelo aumento no número de reclamações de

13 “Silento” é um personagem criado para narrar alguns trechos interativos da cartilha.

peças expostas ao ruído, a partir do aumento da consciência de seus direitos legais (BERGLUND *et al.*, 1999).

Para *World Health Organization* (WHO)¹⁴ a poluição sonora já é um dos problemas ambientais que atingem o maior número de pessoas no planeta, perdendo apenas para a poluição do ar e da água (KIHLMAN, 2004, 2005). Este crescimento contínuo da poluição sonora e, por conseguinte do ruído urbano, possui uma estreita relação com as rápidas transformações ocorridas no meio urbano nas últimas décadas. O desenvolvimento acelerado e a expansão das cidades implicaram em modificações em elementos da forma urbana, em alto índice de crescimento demográfico da população urbana, e em conseqüente aumento e concentração de diversos tipos de fontes geradoras de poluição sonora (BRASIL, 1990a, 1990b; GUEDES, 2005; PAZ, 2009; ZANNIN *et al.*, 2002) (Figura 2.14).

Entre estas fontes urbanas geradoras de poluição sonora, uma das que mais contribuem com o aumento do ruído urbano, além de ser considerada uma das fontes mais intrusivas e a mais percebida pela população das grandes cidades, é o *tráfego de veículos* (DINIZ, 2003; FRITSCH *et al.*, 2007; LACERDA *et al.*, 2005; PAZ, 2004; ZANNIN *et al.*, 2003).

O ruído do tráfego de veículos é gerado a partir do ruído veicular, que provém essencialmente do sistema de propulsão do motor, do atrito entre o veículo e o ar (ruído aerodinâmico) e do atrito entre o pneu e o piso (MURGEL, 2007; KINSLER *et al.*, 1982), e, da relação entre o veículo/conducutor e as configurações das vias em que ele está inserido: a aceleração e/ou desaceleração do motor de acordo com a caracterização das vias - a presença de cruzamentos, semáforos, faixas de pedestres, etc.; a intensidade do fluxo de veículos e a proporção entre veículos leves e os veículos pesados; a frequência de

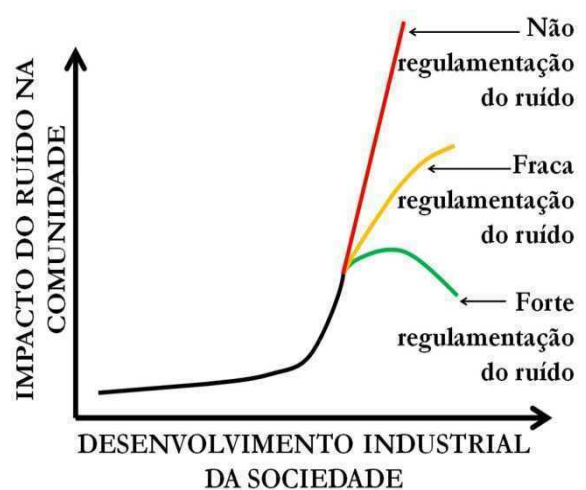


Figura 2.14 – Relação entre o desenvolvimento industrial da sociedade, que possibilita o aumento e concentração de fontes sonoras, e seus impactos em relação ao ruído nas comunidades apontando três previsões futuras de acordo com diferentes ações possíveis de regulamentação contra do ruído.

Fonte: elaborado pela autora a partir de BERGLUND, *et al.*, 1999.

14 Organização Mundial da Saúde – OMS.

acionamentos de buzinas; o tipo de acabamento da superfície das vias (concreto, asfalto, brita, terra batida), etc. (SINGAL, 2005).

Tais vias geradoras do ruído de tráfego, além de serem interceptadas por outras vias, são comumente ladeadas por configurações bastante variáveis desde edificações com formas, implantações e gabaritos diversificados, a lotes ainda não ocupados, caracterizando a propagação do ruído de tráfego urbano por múltiplas reflexões, responsáveis pelo espalhamento do ruído para vias adjacentes, pelo surgimento de campos sonoros reverberantes, pela difração do ruído e pelo surgimento de áreas de sombra (SINGAL, 2005; RANDRIANOELINA e SALOMONS, 2008). Ou seja, a propagação do ruído urbano gerado pelo tráfego de veículos possui uma interação singular com elementos da forma urbana.

Assim sendo, tanto por sua participação determinante na constituição do ruído urbano, quanto por sua particular relação com os elementos que compõem a forma urbana, o ruído de tráfego será a única fonte sonora considerada na presente pesquisa conforme será melhor elucidado no próximo capítulo *3 Considerações Metodológicas*.

A interação entre o ruído urbano e a forma urbana dependerá diretamente das configurações de certos elementos que compõem esta forma urbana: o traçado e perfis das vias; a maneira de implantação das edificações nos lotes, bem como seus gabaritos; as proporções, densidade e forma de ocupação das quadras; a presença ou ausência de espaços livres, tais como praças e largos (GUEDES, 2005; SANTOS e MARTINS, 2005). Estes elementos podem ser acusticamente caracterizados a partir do tipo de *espaço acústico* e da *permeabilidade acústica*.

O *espaço acústico*, também nomeado de *campo acústico*, é a porção de determinado espaço onde acontecem as vibrações sonoras, podendo ser caracterizado no meio urbano como espaço acústico *aberto* ou *fechado* (NIEMEYER, 2007).

O *espaço acústico aberto* aproxima-se da propagação em *campo livre* que é caracterizado pela ausência de obstáculos que modifiquem a propagação sonora entre a fonte e o receptor. Assim, no meio urbano, o espaço cuja propagação sonora envolva poucas, ou nenhuma reflexão, e poucos, ou nenhum obstáculo, pode ser considerado um espaço acústico aberto, como por exemplo, o espaço acústico com *perfil em "L"* tais como vias de tráfego com edificações em apenas uma de suas margens (*Figuras 2.15 e 2.16*) (NIEMEYER, 2007). No espaço acústico aberto o nível de pressão sonora decai 6 dB para cada dobro da distância entre a fonte sonora e o receptor (LANG

e BERANEK, 1992), isto é, o ruído percebido pelo receptor diminui em função da duplicação da distância da fonte sonora¹⁵.

Praças, parques e largos com grandes dimensões, vias de tráfego marginais a praias, vias de tráfego com edificações em apenas uma de suas margens, ou espaços livres urbanos de grandes dimensões, caracterizam alguns exemplos de espaços acústicos abertos.

No *espaço acústico fechado* as ondas sonoras sofrem múltiplas reflexões fazendo com que o seu nível sonoro decaia muito lentamente, sendo praticamente o mesmo em várias posições, até que esta onda sonora encontre uma saída para campo livre, caracterizando o fenômeno da reverberação urbana^{16 17}(Figura 2.17) (GUEDES, 2005; NIEMEYER, 2007).

Os espaços acústicos fechados podem ser *reverberantes*, quando a onda sonora tarda a encontrar o campo livre gerando um grande número de reflexões, ou *semi-reverberantes*, quando a onda sonora encontra o campo livre um pouco mais rapidamente do que no reverberante, gerando um número menor, mas ainda grande, de reflexões.

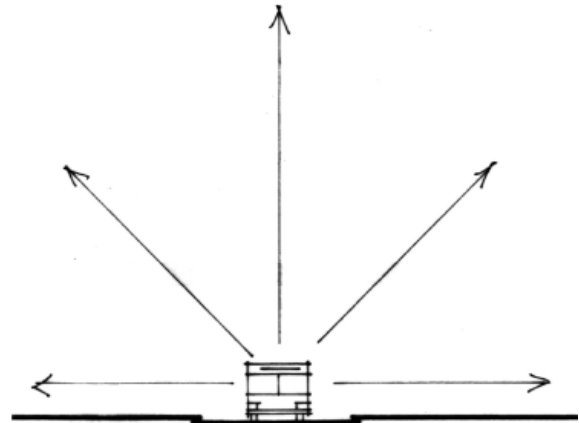


Figura 2.15 – Propagação sonora em Campo acústico aberto. Fonte: NIEMEYER e SANTOS, 2001.

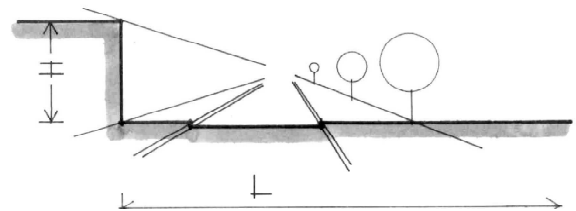


Figura 2.16 – Campo acústico aberto com perfil em “L”. Fonte: NIEMEYER, 2007.

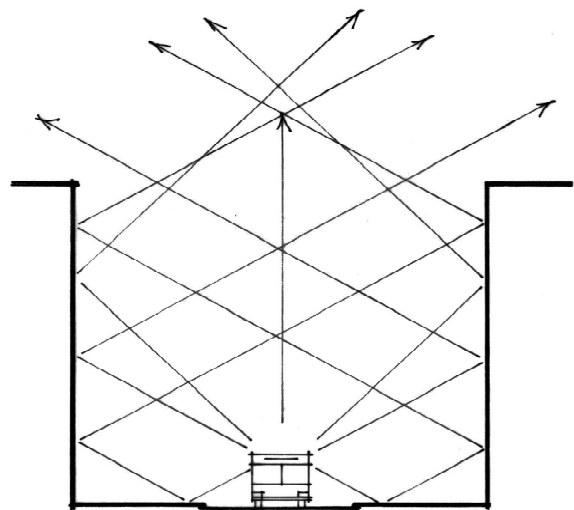


Figura 2.17 – Propagação sonora em campo acústico fechado causando o fenômeno da reverberação urbana. Fonte: NIEMEYER, e SANTOS, 2001.

15 Este decaimento é para fontes pontuais, para fontes lineares o decaimento é de 3 dB para cada dobro da distância entre a fonte sonora e o receptor (GERGES, 2000).

16 A *reverberação* é a persistência de um som depois de ter sido extinta a sua emissão por uma fonte e ocorre como resultado de reflexões em ambientes total ou parcialmente fechados (GONZALEZ e LOPES, 1993).

17 Alguns espaços acústicos fechados também podem amplificar o nível de pressão sonora, mas este fenômeno ocorre em determinados espaços acústicos fechados *reverberantes*.

No meio urbano o espaço acústico fechado reverberante possui comumente um *perfil em “U”* (Figura 2.18), também chamados de *canyons* urbanos, que podem amplificar consideravelmente a propagação sonora das vias de tráfego através de reflexões múltiplas geradas pelas fachadas paralelas das edificações que circundam estas vias (ANDERSON e KURZE, 1992). Assim, neste tipo de espaço acústico, a propagação sonora não depende exclusivamente da distância entre a fonte e o receptor, como no espaço acústico aberto, depende ainda da configuração dos elementos que compõem a forma urbana e dos coeficientes de absorção dos materiais que revestem as superfícies refletoras¹⁸ (NIEMEYER, 2007).

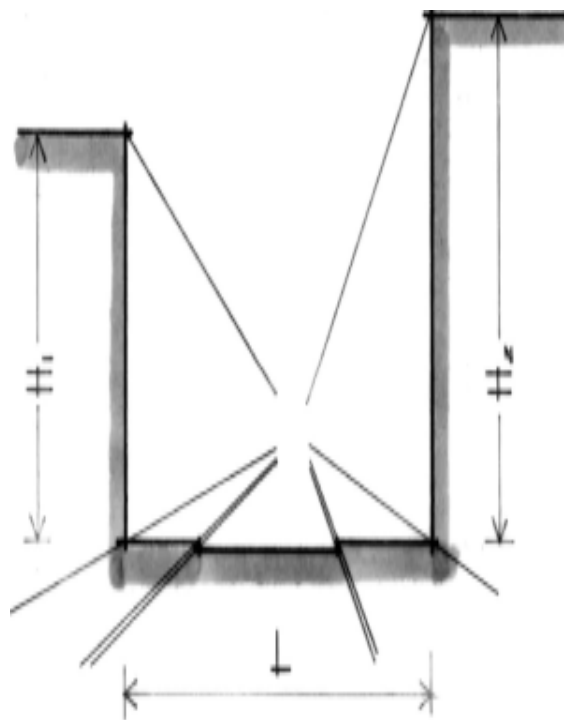


Figura 2.18 – Campo acústico fechado em perfil “U” também chamado de *canyons* urbanos. Fonte: NIEMEYER, 2007.

Praças, parques e largos com pequenas dimensões e cercados por edificações conjugadas, vias de tráfego com edificações (conjugadas ou com pequenos recuos entre elas) em ambos os lados, túneis, passagens subterrâneas e espaços livres abaixo de viadutos caracterizam alguns exemplos de espaços acústicos fechados.

A caracterização de um espaço acústico como sendo aberto ou fechado delineará como a onda sonora irá espalhar-se no meio urbano, cujas configurações dos elementos que o compõem podem facilitar ou dificultar a trajetória desta onda sonora para além do local de sua emissão, tornando o meio urbano mais ou menos *permeável* a sua propagação.

¹⁸ No meio urbano as superfícies refletoras são predominantemente formadas por fachadas e muros de edificações, que possuem certa uniformidade na utilização de materiais altamente reflexivos, e com baixos coeficientes de absorção, tais como granito, mármore, cerâmica esmaltada, vidro. Assim, o coeficiente de absorção de uma edificação para outra será praticamente o mesmo, sofrendo mínimas variações, permitindo sua não consideração.

Assim sendo, a *permeabilidade acústica* refere-se aos percursos da onda sonora gerados no meio urbano (Figura 2.19) (GUEDES, 2005; NIEMEYER, 2007). A intensidade da permeabilidade acústica - mais ou menos permeável - dependerá da capacidade de certos elementos urbanos de promover ou conter a propagação da onda sonora, tais como o traçado e perfis das vias; a maneira de implantação das edificações nos lotes, bem como seus gabaritos; as proporções, densidade e forma de ocupação das quadras; a presença ou ausência de espaços livres (Figuras 2.20 e 2.21).

A permeabilidade acústica relaciona-se ainda com as *barreiras acústicas*. Isoladamente, o conceito de barreiras acústicas refere-se a qualquer objeto que possa ser considerado um obstáculo à ligação direta e sem interferências entre a fonte e o receptor (Figura 2.22) (ANDERSON e KURZE, 1992; GERGES, 2000). Ao bloquear o percurso direto entre a fonte e o receptor a onda sonora poderá ser absorvida e/ou refletida pela superfície da barreira, transmitida através da barreira ou difratada a partir do topo da barreira (BARRON, 2003; SINGAL, 2005).

A difração é um fenômeno que permite que as ondas sonoras sejam capazes de contornar determinados obstáculos, gerando uma área de *sombra acústica*, que possui limites espaciais variáveis de acordo com a posição da fonte

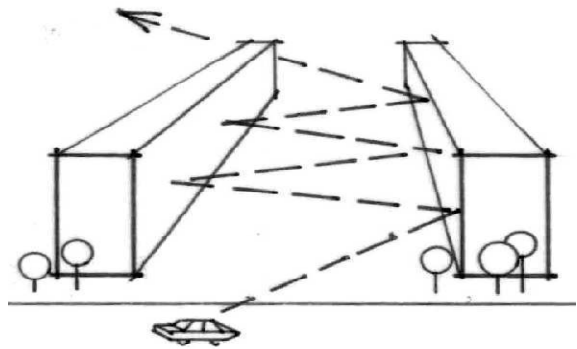


Figura 2.19 – Permeabilidade acústica - percursos da onda sonora gerados em meio urbano. Fonte: NIEMEYER, 2007.

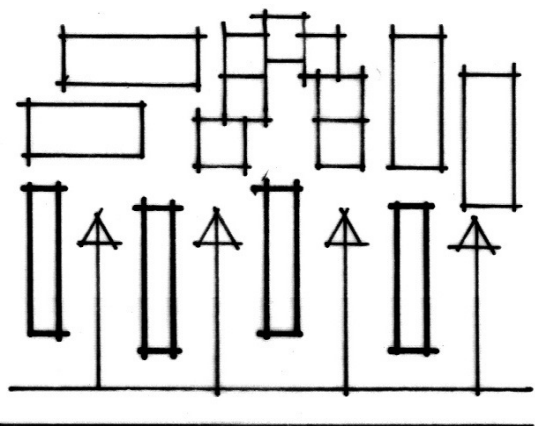


Figura 2.20 – Esquema de implantação de edificações em uma quadra permeável ao ruído urbano gerado pela via de tráfego em sua margem. Fonte: NIEMEYER, 2007.

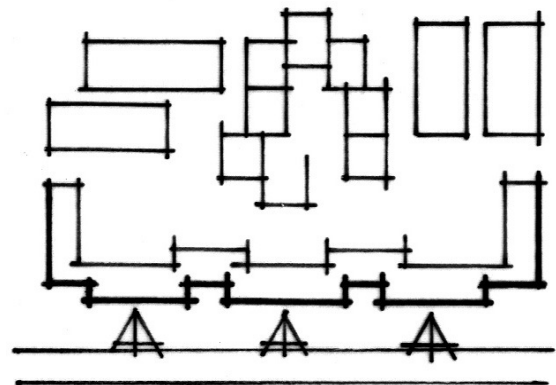


Figura 2.21 – Esquema de implantação de edificações conjugadas em uma quadra pouco permeável ao ruído urbano gerado pela via de tráfego em sua margem. Fonte: NIEMEYER, 2007.



Figura 2.22 – Barreira acústica entre a fonte e o receptor. Fonte: ANDERSON e KURZE, 1992.

sonora e de sua localização em relação ao receptor que, por sua vez, recebe a energia sonora difratada pelas bordas da barreira com um decaimento maior do que se estivesse em campo livre (Figura 2.23) (NEPOMUCENO, 1968; NIEMEYER, 2007; PAZ, 2004).

O uso de barreiras acústicas é comum nos EUA, Japão, Austrália e na Europa para redução da propagação do ruído produzido pelo tráfego rodoviário para seus arredores (Figuras 2.24 a 2.26) (SINGAL, 2005). No Brasil, esta prática ainda é incipiente,

restringindo-se a poucos exemplos, como é o caso da barreira acústica no eixo rodoviário *Linha Amarela* na cidade do Rio de Janeiro, e na Rodovia Bandeirantes conectando a cidade de São Paulo a Campinas, no estado de São Paulo (Figura 2.27) (MURGEL, 2007; SOUSA, 2004).

Embora a implantação de barreiras acústicas esteja vinculada à redução do ruído de tráfego rodoviário, outros elementos inseridos no meio urbano situados entre a fonte e o receptor atuam espontaneamente como barreiras à propagação sonora, tais como um terreno com topografia irregular, taludes, muros, edificações, entre outros. As edificações conjugadas da Rua da Aurora, na cidade do Recife, ou ainda, as edificações conjugadas em alguns trechos da Avenida Atlântica, no Rio de Janeiro, por exemplo,

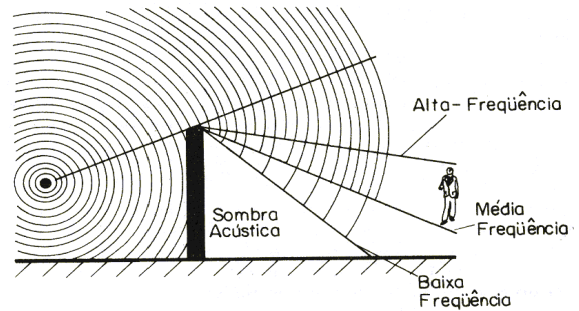


Figura 2.23 – Difração da onda sonora a partir de uma barreira, gerando uma área de sombra acústica. Fonte: GERGES, 2000.



Figura 2.24 – À esquerda barreira acústica curva em concreto e acrílico na Suíça. À direita barreira acústica metálica na estrada entre Pádua e Veneza na Itália. Fonte: CICHINELLI, 2007.



Figura 2.25 – À esquerda, barreira acústica metálica instalada próximo a Zurique. À direita barreira acústica em concreto e acrílico também na Suíça. Fonte: CICHINELLI, 2007.



Figura 2.26 – Barreiras instaladas ao longo de via expressa elevada em área residencial de Tóquio, Japão. Fonte: CICHINELLI, 2007.

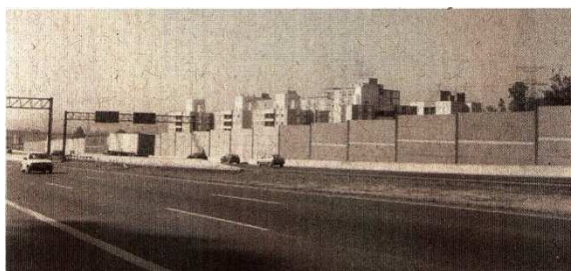


Figura 2.27 – Barreira acústica da Rodovia Bandeirantes no estado de São Paulo. Fonte: MURGEL, 2007.

além de funcionarem como barreiras acústicas espontâneas, ou não intencionais, também conformam um espaço acústico aberto em “L” e pouco permeável ao ruído (Figura 2.28 e 2.29).

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

Isto posto, se o ruído urbano é considerado um sistema composto essencialmente pela *fonte sonora*, pelo *meio de propagação* e pelo *receptor* (LANG e BERANEK, 1992; ANDERSON e KURZE, 1992) a *forma urbana*, considerada a partir dos elementos que a compõem, enquanto percurso de transmissão, delinea, influencia, e determina, em certa medida, a trajetória de propagação da onda sonora¹⁹. Ou seja, a forma urbana, por meio das características singulares apresentadas pelos seus elementos componentes, irá influenciar o comportamento da propagação da onda sonora no meio urbano.



Figura 2.28 – Rua da Aurora, no Bairro da Boa Vista, na cidade do Recife, configuram barreiras acústicas espontâneas, ou não intencionais, além de conformarem um espaço acústico aberto com perfil em “L”. Fonte: http://maiovinteeseis.blogspot.com/2007_11_01_archive.html. Acesso em: 08.04.09



Figura 2.29 – Alguns trechos da Avenida Atlântica no Bairro de Copacabana na cidade do Rio de Janeiro, também configuram barreiras acústicas espontâneas, ou não intencionais, além de conformarem um espaço acústico aberto com perfil em “L”. Fonte: <http://www.travelpod.com/travel-photo/orlan/worldtrip2007/1171589400/avenida-atlantica-along-copacabana-beach.jpg/tpod.html>. Acesso em: 08.04.09

¹⁹ “Em certa medida”, pois existem outros fatores que também influenciam a propagação sonora no meio urbano, mas a discussão sobre a consideração, ou não, destes outros fatores será melhor construída no próximo capítulo 3 *Considerações Metodológicas*.

Uma via urbana caracterizada por edificações de gabarito alto, por elevada densidade de ocupação das quadras e por vias estreitas, por exemplo, tende, em tese, a ser menos permeável ao ruído, dificultando a propagação sonora para outras áreas. Tende ainda a criar espaços reverberantes ou semi-reverberantes, com o nível de pressão sonora elevado em praticamente todos os pontos de reflexão, com perdas mínimas, até a onda sonora alcançar o topo das edificações e direcionar-se a campo livre. Por conseguinte, este comportamento tende a propiciar, dependendo ainda da relação com a fonte sonora, um nível de ruído urbano indesejável e insalubre aos receptores existentes nas edificações daquela via.

Já uma via urbana caracterizada por edificações de gabarito baixo, por baixa densidade de ocupação das quadras e por vias largas tende teoricamente a ser mais permeável ao ruído, facilitando sua propagação. Por outro lado, não gera espaços acústicos propícios a múltiplas reflexões fazendo com que a onda sonora encontre mais rapidamente o campo livre, facilitando sua dissipação, e propiciando, dependendo ainda da fonte sonora, um nível de ruído urbano desejável aos seus receptores.

Deste modo, a existência de diferenças e particularidades dos elementos que compõem as distintas formas urbanas, proporciona os mais diversificados comportamentos acústicos de propagação sonora nos mais diferentes meios urbanos. Ou seja, do mesmo modo que cidades, bairros e ruas não são iguais entre si, tampouco reproduzíveis em sua essência, o comportamento acústico também não será, ao contrário, constituirá um atributo exclusivo de cada espaço urbano. Mas se para *cada* espaço urbano existe um comportamento acústico específico, como deverá se comportar a propagação sonora de um *mesmo* espaço urbano a partir do processo cronológico de modificações em elementos de sua forma urbana? Em outras palavras, *como se comportará a acústica urbana de um determinado local a partir do processo cronológico de modificações em sua forma urbana?*

Nos capítulo que se segue, *Considerações Metodológicas*, serão apresentadas os percursos investigativos que foram postos em prática em busca de responder a este questionamento

CAPÍTULO 3

***Você não pode provar uma definição.
O que você pode fazer é mostrar que ela faz sentido***

Albert Einstein

3. CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Considerando a metodologia como sendo a consideração do conjunto das atividades sistemáticas e racionais que permite alcançar os objetivos primeiros desta pesquisa (MARCONI e LAKATOS, 2007), este capítulo versará sobre tais atividades, elucidando os percursos investigativos desta pesquisa, a escolha do estudo de caso e a consideração do mapeamento acústico enquanto instrumento de pesquisa.

Retomando a discussão apresentada no capítulo de *Introdução* e fundamentada nos capítulos seguintes, a forma urbana constitui-se em um dos fatores influenciadores da propagação sonora de determinado meio urbano. Assim, a constituição singular e específica de *cada* meio urbano possibilita a existência de um comportamento acústico igualmente específico. A partir destas considerações, a presente pesquisa se propôs a investigar o comportamento acústico de um *mesmo* espaço urbano a partir do processo cronológico de modificações em sua forma urbana.

A essência deste questionamento conduziu a pesquisa a admitir a consideração de três variáveis – a (I) *forma urbana*, (II) a *acústica urbana* (III) a *fonte sonora* – que articulam-se pressupondo que a propagação de uma *mesma fonte sonora*, em um *mesmo* espaço urbano que tenha sofrido, ao longo de um processo cronológico, modificações em sua *forma urbana*, implicaria em diferentes comportamentos em sua *acústica urbana* para as diferentes datas deste processo.

A *forma urbana* (I) constitui uma variável *independente*, que influencia, determina ou afeta outra variável de maneira decisiva para condição ou causa de determinados resultados. A variável independente pode ser considerada o

[...] fator manipulado (geralmente) pelo investigador, na sua tentativa de assegurar a relação do fator com um fenômeno observado ou a ser descoberto, para ver que influência exerce sobre determinado resultado (MARCONI e LAKATOS, 2007, p. 140).

A “manipulação” da forma urbana, enquanto variável, ocorrerá por meio da modificação em determinados elementos que compõem a configuração do *mesmo* espaço urbano selecionado para

ser investigado¹ - as quadras (densidade e modo de ocupação); os espaços livres (presença ou ausência); as edificações (maneira de implantação nos lotes, seus gabaritos e proporções); e as vias – ao longo de um determinado período de tempo².

A *acústica urbana* (II), enquanto variável, é considerada como o efeito do som, ao ser gerado, propagado e recebido em meio urbano, constituindo-se como uma variável *dependente*, onde os fenômenos a serem explicados ou descobertos, são influenciados, determinados ou afetados pela variável independente, neste caso a forma urbana. A variável dependente

[...] é o fator que aparece, desaparece ou varia à medida que o investigador introduz, tira ou modifica a variável independente; a propriedade ou fator que é efeito, resultado, conseqüência ou resposta a algo que foi manipulado (MARCONI e LAKATOS, 2007, p. 140).

Finalmente, a *fonte sonora* (III) constitui uma variável *de controle*, um fenômeno que o investigador neutraliza ou anula, intencionalmente, com a finalidade de impedir que interfira na análise da relação entre as variáveis independente e dependente.

A importância da variável de controle aparece na investigação de situações complexas, quando se sabe que um efeito não tem apenas uma causa, mas pode sofrer influência de vários fatores. Não interessando ao investigador, ou não sendo possível analisá-los todos em determinado experimento, torna-se necessário neutralizá-los para que não interfiram ou não exerçam influência sobre o fenômeno estudado (MARCONI e LAKATOS, 2007, p. 147).

Nesta pesquisa, a fonte sonora é considerada como proveniente do ruído de tráfego de veículos. Esta escolha adveio de sua contribuição predominante, e determinante, na constituição do ruído gerado em meio urbano conforme aclarado no capítulo 2 *Forma e Acústica Urbanas*. Contudo, o ruído de tráfego de veículos também sofre transformações ao longo do tempo devido a causas diversificadas, desde mudanças tecnológicas a mudanças sociais, econômicas e culturais. Hoje, o ruído produzido por tráfego veicular nas grandes cidades não é mais o mesmo produzido nas décadas passadas. Entre outras diferenças, os motores dos veículos produziam maiores níveis de pressão sonora, por outro lado, o fluxo de veículos era menos intenso, pois havia uma menor quantidade de veículos circulando. Ou seja, o ruído urbano, assim como a forma urbana, também é suscetível a transformações cronológicas. Deste modo, sem a fixação da fonte sonora, ou seja,

1 A escolha do espaço urbano para ser analisado pela presente pesquisa será aclarada no item 3.1 *O 3º Jardim de Boa Viagem enquanto Estudo de Caso* deste capítulo.

2 O período de tempo escolhido para ser analisado por esta pesquisa também será elucidado no item 3.1 *O 3º Jardim de Boa Viagem enquanto Estudo de Caso* deste capítulo.

sem torná-la uma variável *de controle*, não seria possível estudar o comportamento real da acústica urbana a partir de modificações na forma urbana, pois a fonte sonora, por si só, constituiria uma segunda variável independente.

No processo de construção desta pesquisa, outros fatores que também influenciam, em diferentes intensidades, a propagação sonora no meio urbano poderiam ter sido considerados, tais como a pressão atmosférica, a temperatura, a umidade e a ventilação. No entanto, além de existirem recomendações para que alguns deles sejam, ou desconsiderados, ou prevenidos, ou minimizados como, por exemplo, a ventilação (ABNT, 2000; BARRON, 2003; BRÜEL & KJÆR, 1984; HANSEN, 2005; SINGAL, 2005), a consideração destes fatores os tornariam novas variáveis a serem averiguadas. Em outras palavras, a apreciação de tais fatores determinaria a análise de novas variáveis de pesquisa, suscitando um novo rumo à investigação, delineando uma nova relação teórico-conceitual e empírica, e, muito provavelmente, se distanciando do objetivo primeiro deste estudo.

Portanto, com o objetivo de analisar o comportamento da acústica urbana a partir das modificações cronológicas da forma urbana, serão empregadas as três variáveis já aclaradas: forma urbana, acústica urbana e fonte sonora.

Em síntese, a modificação da *forma urbana*, variável independente, a partir da utilização de uma mesma *fonte sonora* para todos os anos pesquisados, variável de controle, irá gerar na *acústica urbana*, variável dependente, diferentes comportamentos acústicos (Figura 3.1).

Para a aplicação destas variáveis discutidas, adotou-se o estudo de caso enquanto estratégia de pesquisa. Esta escolha advém do pressuposto que, a partir da exploração intensa de um caso, pode-se adquirir conhecimento do fenômeno estudado (GOLDENBERG, 2007). Ou seja, o estudo de caso pode ser empregado

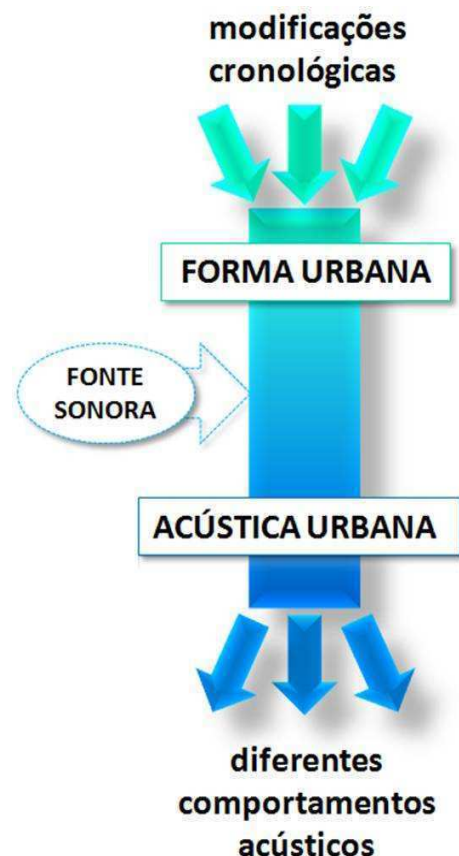


Figura 3.1 – Relação das variáveis de pesquisa. Fonte: Elaborado pela autora.

quando a pesquisa pretende lidar com certas condições contextuais, acreditando que tais condições podem ser altamente pertinentes ao seu fenômeno de estudo (YIN, 2005). Deste modo,

O caso é tomado como unidade significativa do todo e, por isso suficiente tanto para fundamentar um julgamento fidedigno quanto propor uma intervenção (CHIZZOTTI, 1998, p. 102).

Uma vez revelada a estratégia de pesquisa, outras considerações sobre a caracterização deste estudo deverão ser construídas. Assim, quanto à sua constituição, esta investigação caracteriza-se como sendo qualitativa devido às detalhadas exposições de situações com o objetivo de compreender os fenômenos estudados (GOLDENBERG, 2007), e, quantitativa por gerar uma relação mensurável entre variáveis (CHIZZOTTI, 1998), uma vez que o comportamento acústico em meio urbano é quantificável em decibels (dB).

Quanto aos fins, além de descrever, esta pesquisa realiza análises interpretativas e possibilita a formulação de conclusões acerca dos fenômenos estudados, caracterizando-a como analítico-descritiva (CHIZZOTTI, 1998). E, quanto às técnicas de pesquisa, esta pesquisa caracteriza-se como sendo documental primária e secundária, realizando ainda, pesquisa de campo para coletar os dados necessários para realização do mapeamento acústico enquanto instrumento de pesquisa. como será identificado nos itens *3.2 Mapeamento Acústico enquanto Instrumento de Pesquisa* e *3.3 Procedimentos Metodológicos*.

No próximo item, será discutida a escolha do 3º Jardim de Boa Viagem para composição da unidade de análise do estudo de caso.

3.1 3º Jardim de Boa Viagem enquanto Estudo de Caso

O 1º, 2º e 3º Jardim constituem um loteamento projetado na década de 40 no bairro de Boa Viagem, zona sul da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, localizado na região nordeste do Brasil (*Figura 3.2*).

Na época de seu loteamento, a gleba hoje ocupada pelo 1º, 2º e 3º Jardim, conformava um dos últimos grandes espaços livres do bairro localizado próximo à Avenida Boa Viagem, todo o seu entorno já se encontrava urbanizado e ocupado por residências unifamiliares (HERRERA, 1992).

Enquanto os Jardins iniciavam o seu processo de divisão de terras e construção das primeiras vias no final dos 40, e início dos 50, outras partes do bairro de Boa Viagem desenvolviam outro padrão de urbanização, bem mais avançado, mas igualmente recente a sua ocupação efetiva do bairro havia iniciado a partir de 1926 com a inauguração da Avenida Beira-Mar, hoje Avenida Boa Viagem, até então, Boa Viagem era uma praia praticamente desabitada (MOREIRA, 1994).

Este padrão de desenvolvimento tardio dos Jardins em relação ao bairro de Boa Viagem foi reproduzido ao longo de décadas. Nos anos 70, por exemplo, enquanto a aceleração das construções modifica a paisagem do bairro em direção à verticalização e ao adensamento, o loteamento ainda se encontrava composto predominantemente por residências unifamiliares de gabarito³ baixo e com diversos lotes não ocupados (Figura 3.3).

Somente no final da década de 90 e início do século XXI esta configuração é modificada, e se inicia a correspondência entre o padrão de ocupação dos Jardins e o padrão de ocupação predominante do bairro de Boa Viagem. É também nos anos 90 que o bairro de Boa Viagem já se destaca como o bairro mais

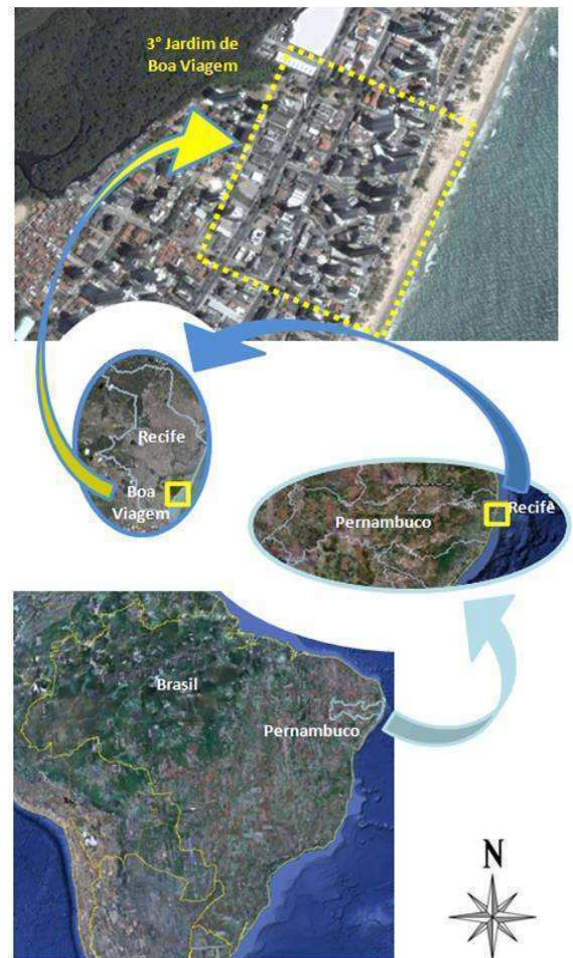


Figura 3.2 - Localização geográfica do 3º Jardim de Boa Viagem. Fonte: Elaborado pela autora a partir de GOOGLE EARTH, 2007.

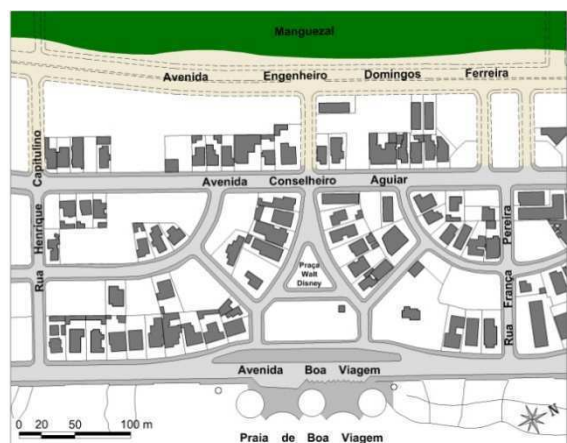


Figura 3.3 - Ocupação do 3º Jardim em 1971, com diversos lotes não ocupados e vias ainda não construídas, como a Av. Eng. Domingos Ferreira. Fonte: Elaborado pela autora a partir de COMPESA, 1971 e CONDEPE-FIDEM, 1981b.

³ Nesta pesquisa a palavra gabarito e suas expressões sempre estarão se referindo à altura total de uma edificação. Gabarito baixo refere-se a edificações de até 3 pavimentos, gabarito médio refere-se a edificações de 4 a 8 pavimentos e gabarito alto a edificações a partir de nove pavimentos.

populoso da cidade do Recife⁴, e, o segundo mais adensado da cidade junto com o Pina, perdendo apenas para o conjunto Graças, Aflitos, Espinheiro e Derby (PCR/EMPREL CADASTRO IMOBILIÁRIO, 1995 apud SANTANA, 1998).

Relacionando o 1º, 2º e 3º Jardim entre si, identifica-se que o processo de urbanização entre eles também não foi uniforme. O 3º desenvolveu-se acompanhando mais rapidamente o crescimento do bairro, do que o 1º e o 2º Jardim, que, atualmente, ainda se encontram predominantemente ocupados por edificações de gabarito baixo, destacando-se as de dois pavimentos, antigas residências unifamiliares, agora utilizadas para fins diversos.

O processo de ocupação diferenciado entre o 1º, 2º e 3º Jardim, pode estar vinculado a proximidade destes dois primeiros ao bairro do Pina, que por suas condições de localização apresentavam imóveis com menor valor de mercado, diminuindo os investimentos do setor imobiliário. Pode também estar vinculado a proximidade do loteamento à Radio Pina, cuja presença limitava o gabarito máximo para novas construções, impedindo a verticalização. Esta limitação permaneceu até sua desativação no final da década de 90.

A partir destas observações, o 3º Jardim de Boa Viagem foi selecionado como unidade de análise do estudo de caso da presente pesquisa, tanto por melhor representar o processo de desenvolvimento urbano entre os três Jardins, quanto por representar uma amostra bem delimitada das rápidas e recentes modificações da forma urbana ocorridas no bairro de Boa Viagem.

Para caracterizar cronologicamente estas transformações e entender sua relação com a acústica urbana, foram escolhidos os anos de 1971, 1981, 1997 e 2009, além da execução de uma simulação de situação hipotética futura. A primeira data pesquisada foi selecionada por caracterizar o princípio da ocupação do 3º Jardim no início da década de 70, quando ainda existiam poucas edificações e diversos lotes não ocupados.

Em seqüência, nos anos de 1981 e 1997, a antiga Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife – FIDEM, hoje Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco – CONDEPE-FIDEM, registrou por meio de fotografias aéreas o território do Recife, e conseqüentemente, o 3º Jardim de Boa Viagem. Tais registros conformam uma base de

4 Dados do censo de 1991.

dados de importância fundamental para visualização e compreensão do processo de transformação do 3º Jardim, justificando sua escolha como datas pesquisadas.

Por fim, 2009, ano de execução da pesquisa, compõe a realidade presente, e juntamente com a simulação hipotética futura para o 3º Jardim de Boa Viagem, encerram o processo cronológico de estudo, passado – presente – futuro, do comportamento da acústica urbana a partir de transformações em sua forma urbana.

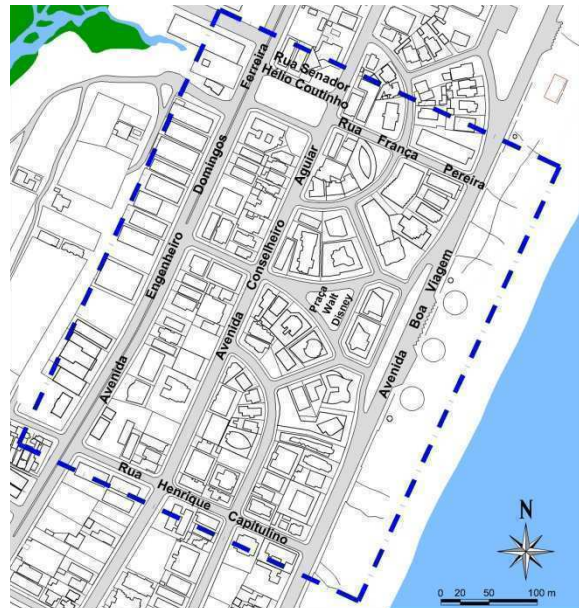


Figura 3.4 - Delimitação da área de estudo: no interior do retângulo tracejado, o 3º Jardim. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b.

Especialmente, o 3º Jardim é delimitado pela Avenida Boa Viagem a sudeste, pela Rua Henrique Capitulino a sudoeste, pela Avenida Engenheiro Domingos Ferreira a noroeste, e pelas Ruas França Pereira e Senador Hélió Coutinho a nordeste. Esta pesquisa excedeu tais delimitações, moderadamente, a fim de melhor caracterizar a área para análise do comportamento da acústica urbana a partir das modificações em sua forma (*Figura 3.4*).

Uma vez delimitada a unidade de análise do estudo de caso, o mapeamento acústico será discutido nos parágrafos que se seguem, tanto para introduzir seu conceito, quanto para elucidar sua importância enquanto instrumento de pesquisa.

3.2 Mapeamento Acústico enquanto Instrumento de Pesquisa

O mapeamento acústico vem sendo desenvolvido há algumas décadas, tendo os países europeus como as referências mais avançadas neste campo de pesquisa (TSAI *et al.*, 2008). Também chamado de mapa acústico ou mapa de ruído, o mapeamento acústico é uma representação visual do nível sonoro de uma determinada área.

Nestes mapas, a diversidade de níveis sonoros pode ser representada por pontos em gradação de cores (*Figura 3.5*), por linhas, de modo similar às curvas topográficas de mapas convencionais (*Figura 3.6*), ou por faixas em gradação de cores (*Figura 3.7*).

Há duas categorias de mapas acústicos onde a representação dos níveis sonoros é feita por faixas em gradação de cores. A primeira delas é bastante utilizada como ferramenta de gestão ambiental e urbana em cidades europeias, americanas e algumas cidades asiáticas. Neste tipo de mapeamento a coleta de dados é realizada através de estações de monitoramento sonoro instaladas ao longo de grandes extensões geográficas, desde cidades a países, e os dados recolhidos são submetidos à análise de *softwares* que utilizem como base o *Geographic Information Systems* (GIS) ⁵.

Além da facilidade de visualização e interpretação dos dados, a utilização do GIS permite ainda o cruzamento dos níveis de ruído coletados com outras informações, como, por exemplo, a quantidade populacional submetida ao ruído de uma determinada área, ou o zoneamento legal desta área em relação aos níveis sonoros existentes (*Figuras 3.8 e 3.9*) (TSAI, *et al.*, 2008).

A segunda categoria, assim como a primeira, também é bastante utilizada como ferramenta de gestão ambiental e urbana, e, também permite a fácil visualização e interpretação dos dados sonoros. Porém, ao contrário da primeira, nesta categoria os *softwares* utilizados calculam os níveis sonoros em função de sua propagação desde a fonte geradora até uma

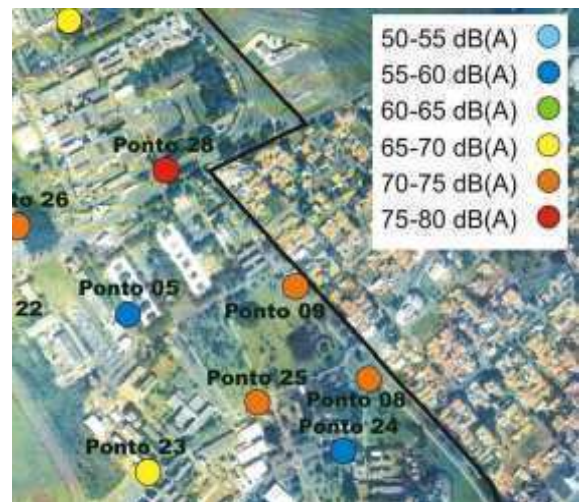


Figura 3.5 - Mapa acústico da Universidade Estadual de Campinas com representação dos níveis sonoros por pontos em gradação de cores. Fonte: Nagem, 2004.

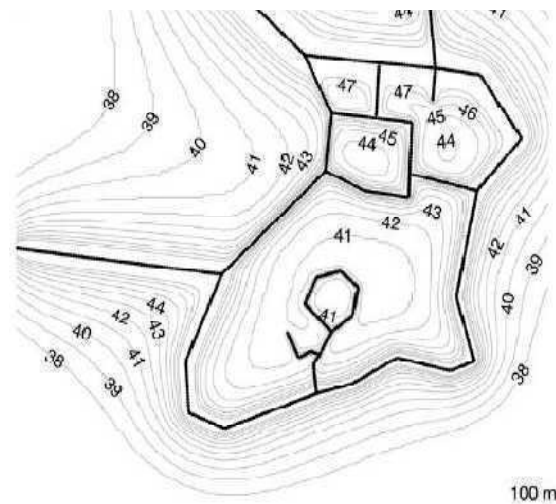


Figura 3.6 - Mapa acústico com representação dos níveis sonoros por linhas da cidade de Göteborg, Suécia. Fonte: THORSSON *et al.*, 2004 *apud* GUEDES, 2005.

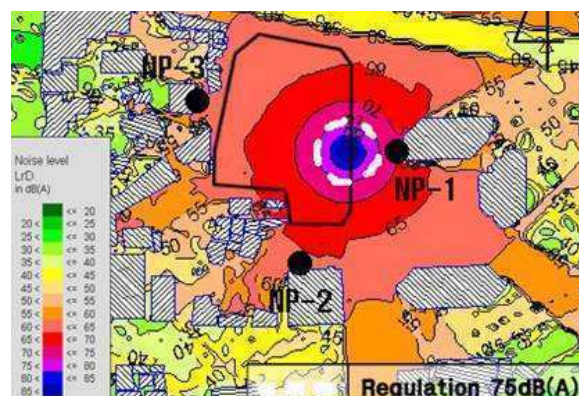


Figura 3.7 - Mapa acústico utilizado na reurbanização do centro de Seul, Korea. Fonte: LEE *et al.*, 2008.

⁵ Sistema de Informação Geográfica – SIG.

distância pré-determinada, considerando os obstáculos, como por exemplo, edificações e relevo, e suas interferências na propagação sonora (PAZ, 2004).

Para isso, além dos níveis sonoros coletados *in loco*, são coletados e inseridos nestes *softwares*⁶ dados referentes ao tráfego (fluxo, tipo de veículos e velocidade média), dados quanto aos elementos da forma urbana (alturas das edificações, muros, larguras de ruas e avenidas, passeios, canteiros centrais, etc.), e dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa e velocidade e direção dos ventos). Estas variáveis permitem manipulação para realização de simulações de predição acústica, como também permitem a reconstrução de mapas acústicos em datas remotas, tornando o mapeamento acústico não só uma reprodução visual do nível sonoro, mas um primoroso instrumento metodológico de pesquisa (GUEDES, 2005).

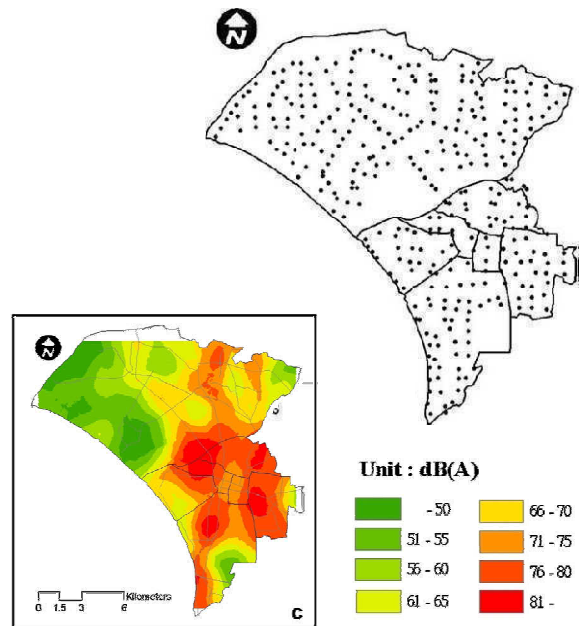


Figura 3.8 – Acima, localização de estações de monitoramento de ruído em Taiwan, abaixo distribuição de ruído em Taiwan no verão, nos turnos da manhã, tarde e noite. Fonte: TSAI *et al.*, 2008.

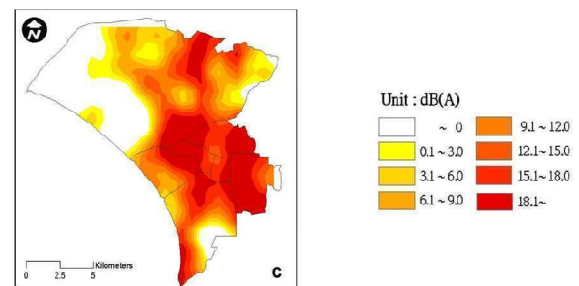


Figura 3.9 - Violações da legislação de ruído em Taiwan nos turnos da manhã, tarde e noite. Fonte: TSAI *et al.*, 2008.

Um mapa acústico é mais do que a representação *presente* dos níveis sonoros, um mapa acústico também poderá simular situações *futuras* do ruído urbano. [...] É uma ferramenta para a análise científica dos complexos fenômenos acústicos e uma ferramenta eficiente para visualização do impacto sonoro em cores. (LEE *et al.*, 2008, p. 704, tradução e grifos nossos).

Assim sendo, os mapas acústicos são utilizados para diversos fins: como referência e instrumento para decisões de gestão e planejamento urbano facilitando o desenvolvimento de políticas para prevenção, controle e monitoramento do ruído urbano (TSAI, *et al.*, 2008; KLÆBOE, *et al.* 2006); pode ser utilizado para quantificar as principais fontes sonoras urbanas acompanhando e

⁶ São exemplos destes *softwares* o *Predictor* e *Lima* produzidos pela *Brüel & Kjaer*, *Mithra* produzido pela *01 dB* e o *SoundPLAN* produzido pela *Braunstein + Berndt GmbH*.

apontando tendências da evolução do ruído; pode funcionar como uma plataforma para estudar os efeitos do ruído no ser humano, e por fim, possibilita investigações empíricas para análise e revisão da teoria estudada pela acústica urbana (TSAI, *et al.*, 2008).

A categoria de mapeamento acústico desenvolvida por esta pesquisa será detalhada na 4º etapa dos procedimentos metodológicos discutidos nos parágrafos seguintes.

3.3 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa científica requer flexibilidade, capacidade de observação e de interação com os pesquisados. Seus instrumentos devem ser corrigidos e adaptados durante todo o processo de trabalho, visando aos objetivos da pesquisa, no entanto, não se pode iniciar uma pesquisa sem se prever os passos que deverão ser dados (GOLDENBERG, 2007, p.79).

Deste modo, os procedimentos metodológicos desta pesquisa foram estruturados em quatro etapas operacionais de investigação: 1º etapa, a pesquisa documental primária e secundária; 2º etapa, a pesquisa piloto; 3º etapa, a pesquisa de campo; 4º etapa, o mapeamento acústico.

3.3.1 1º Etapa: Pesquisa Documental Primária e Secundária

A pesquisa documental primária teve por finalidade a identificação de características e configurações da forma urbana do 3º Jardim de Boa Viagem nos anos de 1971, 1981, 1997 e 2009, para viabilizar a realização do mapeamento acústico. Com esta finalidade, foram utilizados como fontes primárias os seguintes documentos:

- 1971: Planta cadastral da cidade do Recife e adjacências (Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, 1971) e carta geográfica digitalizada (UNIBASE) do bairro de Boa Viagem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco CONDEPE-FIDEM, 1981);
- 1981: Fotografias aéreas e carta geográfica digitalizada (UNIBASE) do bairro de Boa Viagem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco CONDEPE-FIDEM, 1981);
- 1997: Fotografias aéreas de Boa Viagem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco CONDEPE-FIDEM, 1997) e carta geográfica digitalizada (UNIBASE) do bairro de Boa Viagem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco CONDEPE-FIDEM, 1981);

- 2009: Fotografias de satélite de Boa Viagem (GOOGLE EARTH, 2007) e carta geográfica digitalizada (UNIBASE) do bairro de Boa Viagem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco CONDEPE-FIDEM, 1981);

Com o intuito de confirmar e arrematar certos dados constantes nas fotografias aéreas, na planta cadastral, e na carta geográfica digitalizada foram realizadas, ainda, levantamento *in loco* para o ano de 2009, e, pesquisas documentais complementares na 6ª Regional da Diretoria de Controle Urbano - DIRCON, tendo como referência plantas arquivadas de aprovação de projetos, reformas e demolições em determinadas edificações do 3º Jardim de Boa Viagem, para os anos remotos.

Já a pesquisa documental secundária teve por finalidade a contextualização do processo histórico de ocupação do Bairro de Boa Viagem e da formação do loteamento onde está inserido o 3º Jardim de Boa Viagem, bem como, a fundamentação teórica da presente pesquisa em relação ao estudo da acústica urbana e da forma urbana, utilizando variadas fontes citadas ao longo da pesquisa e expostas nas referências bibliográficas.

Tais procedimentos metodológicos, sobretudo a pesquisa documental secundária, apesar de descritos sistematicamente, foram processos não-lineares e recorrentes, sendo retomados sempre que necessário ao longo da execução da pesquisa.

3.3.2 2ª Etapa: Pesquisa Piloto

A pesquisa piloto auxilia o aprimoramento dos planos para a coleta de dados, tanto em relação ao conteúdo dos dados quanto aos procedimentos que devem ser seguidos (YIN, 2005).

Permite ainda discriminar o número de variáveis, clarificar os objetivos da pesquisa, prever as autorizações necessárias, o tempo e o pessoal disponíveis, além de programar o cronograma e o custo da pesquisa (CHIZZOTTI, 1998, p. 52).

Assim, a pesquisa piloto foi realizada para verificar *in loco* a pertinência dos dados procurados em relação ao problema de pesquisa, para adequar os instrumentos quanto aos objetivos do estudo, e para ajustar os procedimentos previstos de coleta de dados.

Por não haver necessidade de ser concentrada na delimitação total da unidade de análise, a pesquisa piloto foi aplicada em uma porção limitada, no entanto representativa, do 3º Jardim de

Boa Viagem, especificamente, no eixo central da área de estudo, na Praça Walt Disney e seus arredores (Figura 3.10).

A definição dos pontos de coleta de dados priorizou o envolvimento do eixo central do 3º Jardim, onde foram recolhidos dados referentes à configuração urbana existente, forma, gabarito e implantação nos lotes das edificações; dados quanto ao fluxo de veículos, tipo de veículos (pesados, leves, motocicletas) e suas respectivas velocidades médias; e dados referentes ao nível de pressão sonora, levantados através de medições acústicas.

As medições acústicas foram realizadas no dia 20 de maio de 2009 em condições meteorológicas ideais (sem chuva e sem ventos fortes), no período diurno, das 10h00min às 14h30min, com duração de 5 minutos para cada ponto medido, a uma distância de 1,20m do solo e 2m de quaisquer superfícies verticais refletoras (muros, paredes, etc.) que pudessem interferir nos dados coletados. O medidor de pressão sonora utilizado para o estudo piloto foi o modelo MSL-1350 fabricado pela Minipa Indústria Eletrônica Ltda.

Os dados coletados foram utilizados na modelagem da configuração urbana do eixo central do 3º Jardim para a realização do mapeamento acústico da área (Figura 3.11) através do *software SoundPlan 6.0* no Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA, do Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal do Paraná.

A partir do processo de execução da pesquisa piloto e dos resultados obtidos, determinados ajustes nos procedimentos e instrumentos previstos para o estudo de campo e para o mapeamento acústico foram realizados:

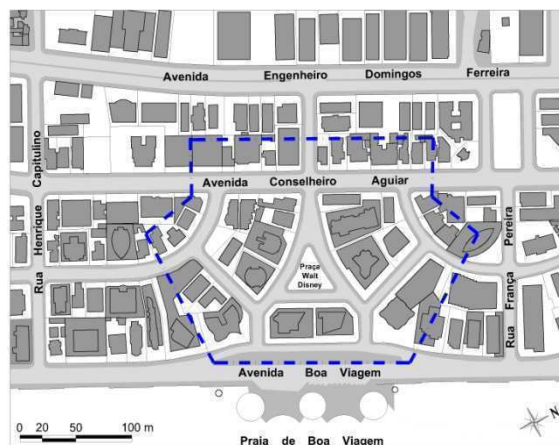


Figura 3.10 - Delimitação da área, em tracejado, do estudo piloto no 3º Jardim de Boa Viagem. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b.

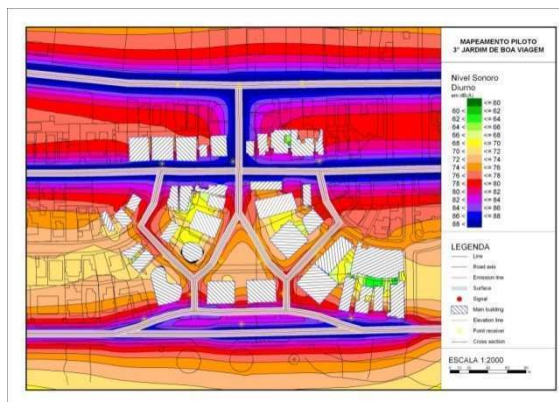


Figura 3.11 – Mapa acústico de parte do 3º Jardim de Boa Viagem da pesquisa piloto realizada em Maio de 2009 no LAAICA-UFPR. Fonte: Elaborado pela autora utilizando o *software SoundPlan 6.0*.

- I. O medidor utilizado para o estudo piloto, modelo MSL-1350 da Minipa, não registrou os níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq})⁷, apenas os níveis de pressão sonora instantânea (NPS), gerando distorções nos resultados registrados no mapa acústico da pesquisa piloto, portanto, constatou-se que as medições do estudo de campo devem ser efetuadas com um aparelho que registre efetivamente os níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e atendam, satisfatoriamente, as recomendações para procedimentos de medição da NBR 10151 (ABNT, 2000).
- II. Na pesquisa piloto, a locação dos pontos de medição foi estabelecida priorizando os cruzamentos entre vias e praças, o que provocou, em certos pontos de medição, a sobreposição de fluxos de veículos e conseqüente interferência na captação de medições acústicas representativas. A partir desta constatação, estabeleceu-se que a locação dos pontos de medição atenderia, predominantemente, uma malha ortogonal de aproximadamente 100 x 100m, podendo ser acrescentados pontos fora desta malha que se julgue necessário para melhor representar a pressão sonora do local, sendo estes pontos afastados de esquinas e cruzamentos de vias, evitando assim a sobreposição de fluxos de veículos e a interferência nas medições acústicas.
- III. As medições acústicas executadas no piloto por apenas uma pessoa mostrou-se ineficaz quanto à otimização do tempo e ao registro simultâneo dos dados necessários, a partir desta observação, estabeleceu-se que o estudo de campo seria efetuado por uma equipe de 2 a 3 pesquisadores;

Finalizada a pesquisa piloto e registrados os ajustes necessários aos procedimentos e instrumentos previstos para o estudo de campo e para o mapeamento acústico, a 1º etapa dos procedimentos metodológicos, a pesquisa documental primária e secundária, foi retomada a fim de complementar a 3º etapa dos procedimentos, o estudo de campo, apresentado nos parágrafos seguintes.

⁷ O nível de pressão sonora equivalente corresponde ao valor médio quadrático da pressão sonora, com ponderação na escala A, referente a todo intervalo da medição (ABNT, 2000). Este valor é calculado automaticamente pelo medidor de acordo com um período de medição pré-estabelecido. Segundo recomendações, para a coleta deste tipo de dados em meio urbano, a pressão sonora deve ser sempre a equivalente (ABNT, 2000; BARRON, 2003; BRÜEL & KJÆR, 1984; HANSEN, 2005; SINGAL, 2005). Assim sendo, ao referir-se a *pressão sonora* e a *nível de pressão sonora*, este estudo está referindo-se ao *nível de pressão sonora equivalente*, também representado por L_{Aeq} ou L_{eq} (quando especificar a escala ponderada utilizada).

3.3.3 3ª Etapa: Estudo de Campo

O estudo de campo teve por finalidade coletar dados necessários para executar o mapeamento da distribuição atual (2009)⁸ dos níveis de pressão sonora equivalente no 3º Jardim de Boa Viagem. Foram observados, recolhidos e registrados dados *in loco* referentes às formas, gabaritos e implantação das edificações que conformam o espaço urbano do 3º Jardim, ratificados e arrematados pelas pesquisas documentais, dados em relação ao fluxo de veículos e dados referentes ao nível de pressão sonora equivalente.

Quanto ao nível de pressão sonora equivalente, os pontos de medição foram estabelecidos a partir de uma malha ortogonal de aproximadamente 100 x 100m, com deslocamento e acréscimo, quando necessário, de determinados pontos para adaptação à malha viária existente, evitando cruzamentos de vias, para que não houvesse sobreposição de fluxos de veículos, e, evitando obstáculos que alterassem a velocidade média dos veículos, tais como semáforos, redutores de velocidade, faixas de pedestres, etc. (Figura 3.12).

Definidos os locais dos pontos de coleta, todas as medições acústicas foram realizadas no período *diurno* (07h00min às 18h00min), buscando preferencialmente, os horários de grande tráfego veicular, em diferentes horários e dias úteis da semana, com a finalidade de representar o mais fielmente possível o nível de pressão sonora equivalente do 3º Jardim. Após a coleta, foram calculadas as médias aritméticas das pressões sonoras para cada ponto medido.

As medições foram executadas na quinta-feira (23 de julho de 2009) das 15h30min às 17h00min, sexta-feira (24 de julho) das 08h30min às 11h30min, segunda-feira (27 de julho) das 12h30min às 15h00min e na terça-feira (28 de julho) das 12h00min às 13h30min, em condições meteorológicas ideais, ou seja, sem interferências audíveis ocasionadas pela natureza, como chuvas e ventos fortes (ABNT, 2000; BARRON, 2003; BRÜEL &

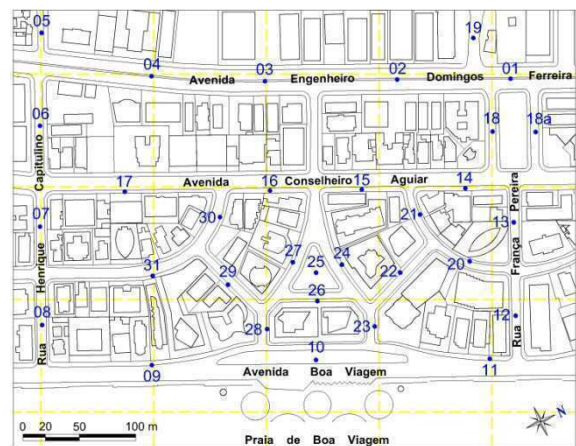


Figura 3.12 – Localização dos pontos de medição, em azul, e malha viária em amarelo. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b.

⁸ Será a partir deste modelo atual de distribuição de pressão sonora que serão realizados os mapeamentos acústicos dos anos de 1971, 1981, 1997, e da situação hipotética futura (predição acústica), como será discutido na 4ª etapa dos procedimentos metodológicos.

KJÆR, 1984; HANSEN, 2005; SINGAL, 2005).

Estas medições acústicas foram realizadas com o medidor de pressão sonora modelo DEC-5010, tipo 2, com protetor de vento modelo SB-01, fabricados pela *Instrutherm* Instrumentos de Medição Ltda., e, calibrado utilizando-se o calibrador modelo CAL-3000 também da *Instrutherm*. Durante a medição, o aparelho foi fixado a suporte de alumínio distando 1,20m do solo e 2m dos limites dos lotes e/ou de quaisquer superfícies verticais refletoras, como muros e paredes, que pudessem interferir nos dados coletados, de acordo com as recomendações da NBR 10151 (ABNT, 2000).

De modo a permitir a caracterização do nível de pressão sonora equivalente sem possíveis interferências, como por exemplo, a ausência de fluxo de veículos por intervalos semafóricos de parada, o tempo de medição estabelecido para cada ponto foi de 5 minutos, em modo de resposta lenta (*slow*), em uma faixa dinâmica de medição com intervalo de 30 dB(A) a 130 dB(A).

Simultaneamente às medições em cada um dos pontos, e no mesmo intervalo de tempo, realizou-se o registro das velocidades médias⁹ e a contagem manual de fluxo de veículos leves (automóveis e caminhonetes de pequeno porte), veículos pesados (caminhões, ônibus e caminhonetes de grande porte) e motocicletas.

Uma vez recolhidas as características do nível de pressão sonora equivalente, do fluxo de veículos e da forma urbana do 3º Jardim de Boa Viagem, os dados coletados foram utilizados para a realização dos mapeamentos acústicos, executados no Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico – LAAICA do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, e discutidos a seguir.

3.3.4 4º Etapa: mapeamento acústico

Antes de gerar o mapeamento acústico propriamente dito, foi necessária a construção de *modelos* do 3º Jardim de Boa Viagem. Um modelo pode ser considerado a representação simplificada e abstrata de um fenômeno ou de uma situação concreta, servindo de referência para observação, estudo ou análise (FERREIRA, 2004).

⁹ Este registro foi realizado através do velocímetro de um veículo leve inserido no fluxo de tráfego. Este veículo percorreu os locais dos pontos de medição a partir do início da medição do primeiro ponto medido do dia.

Assim sendo, foram construídos cinco modelos para o 3º jardim: um para cada data estudada, (I) 1971, (II) 1981, (III) 1997, (IV) 2009 e um modelo (V) para situação hipotética futura ou *predição acústica*¹⁰. Entre estes, o modelo atual (2009) apresentou importância fundamental para a pesquisa e foi construído buscando a maior aproximação possível com a realidade do local, a partir dos dados coletados, *in loco*, pela pesquisa de campo, ratificados e arrematados pelas pesquisas documentais e pela calibração sonora¹¹.

Tal importância se deu pelo fato de que o modelo atual foi o *modelo base* para a produção dos modelos nas datas remotas e na hipótese futura. Deste modo, uma vez bem executada e representada a realidade atual, aumenta-se a probabilidade de resultados mais precisos e de maior confiabilidade nos mapas obtidos, não só para datas remotas, como também para a predição acústica.

Os modelos foram produzidos considerando as variáveis, elucidadas no início deste capítulo, *forma urbana, fonte sonora e acústica urbana*. Na produção destes modelos, a manipulação da forma urbana, ocorreu através da modificação em seus elementos componentes ao longo do tempo: foram alterados os gabaritos, formas e locação das edificações do 3º Jardim de acordo com tais características para cada ano estudado, 1971, 1981, 1997, 2009, além de uma situação hipotética futura (predição acústica).

A forma urbana representada nos modelos dos anos de 1971, 1981, 1997 e 2009 foi construída a partir do estudo de campo e de pesquisas documentais. Já construção da forma urbana do modelo hipotético futuro, baseou-se no adensamento e verticalização a partir da demolição e substituição das edificações de *gabarito baixo*, identificadas em 2009, utilizando ao máximo o potencial construtivo permitido pela legislação municipal vigente¹². Nestes modelos, as edificações de gabarito médio a alto permaneceram inalteradas por serem mais improváveis, economicamente, de serem demolidas a curto e médio prazo¹³.

Nos modelos construídos, a fonte sonora utilizada é composta exclusivamente por tráfego veicular, tendo sido coletada no estudo de campo para construção do modelo atual, e

10 No mapeamento acústico, a simulação de uma situações hipotética futura é também chamada de predição acústica.

11 Aqui, a calibração sonora significa a verificação da correspondência entre os valores de pressão sonora coletados, *in loco*, e os valores dos cálculos finais realizados pelo programa utilizado para gerar o mapeamento acústico.

12 Lei 16.176/96 de 9 de Abril de 1996 – Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife – LUOS (RECIFE, 1996b) e a Lei 16.292 de 29 de Janeiro de 1997 – Edificações e Instalações na Cidade do Recife (RECIFE, 1997).

13 Ratificando, nesta pesquisa gabarito baixo refere-se a edificações de até 3 pavimentos, gabarito médio refere-se a edificações de 4 a 8 pavimentos e gabarito alto a edificações a partir de nove pavimentos.

reproduzida para utilização nos modelos dos anos de 1971, 1981, 1997 e da hipótese futura, com o intuito de estudar a influência exclusiva, sem a interferência de outras variáveis, das modificações urbanas no comportamento da acústica urbana, de acordo com o discutido no início deste capítulo.

A construção destes modelos, e conseqüentemente a execução do mapeamento acústico, foi realizada utilizando o *software Predictor*, tipo 7810, versão 6.0, produzido pela *Briel & Kjaer*.

Apesar de ter sido empregado no mapeamento acústico da pesquisa piloto o *software* o *SoundPlan 6.0*, e, embora o módulo operacional deste programa existente no LAAICA apresentar condições mais do que necessárias para a produção do mapeamento acústico do 3º Jardim de Boa Viagem, a presente pesquisa optou em executar, também no LAAICA, o mapeamento acústico através do programa *Predictor*.

Esta escolha adveio dos benefícios à pesquisa que o programa poderia proporcionar: o *Predictor* permite uma interface de aprendizagem e manipulação entre plataforma e usuário mais simples e objetiva do que o *SoundPlan*, reduzindo o tempo destinado a execução da pesquisa e, conseqüentemente, seus custos. O *Predictor* permite ainda, a visualização tridimensional dos mapas acústicos, facilitando a apreciação dos resultados e contribuindo para a compreensão do comportamento da acústica urbana do 3º Jardim de Boa Viagem a partir de modificações em sua forma urbana.

Os modelos calculados pelo *Predictor* atenderam a *International Organization for Standardization* (ISO) 9613 - *Acoustics: Attenuation of sound during propagation outdoors*, que é composta por duas partes: ISO 9613.1 (1993) *Calculation of the absorption of sound by the atmosphere* e ISO 9613.2 (1996) *General method of calculation*.

Matematicamente, ao inserir no *software* os dados coletados no estudo de campo, o *Predictor* calcula os níveis sonoros em função de sua propagação, realizando intersecções dos percursos do som tanto para a propagação direta, quanto para as propagações a partir de reflexões geradas por quaisquer obstáculos inseridos no modelo (como por exemplo, edificações ou relevo) desde a fonte geradora até uma distância determinada por um *grid* pré-estabelecido (BRÜEL & KJÆR, 2007).

Um *grid* consiste em uma malha ortogonal formada por um número variável de pontos receptores da propagação sonora que são interpolados entre si para conformar o mapa acústico (BRÜEL & KJÆR, 2007). Os *grids* podem ser *horizontais*¹⁴, gerando os mapas acústicos, cuja representação do nível sonoro é feita por faixas em gradação de cores, ou *verticais* gerando imagens do mapeamento acústico com representação tridimensional do modelo em estudo, com o nível sonoro também representado por faixas em gradação de cores.

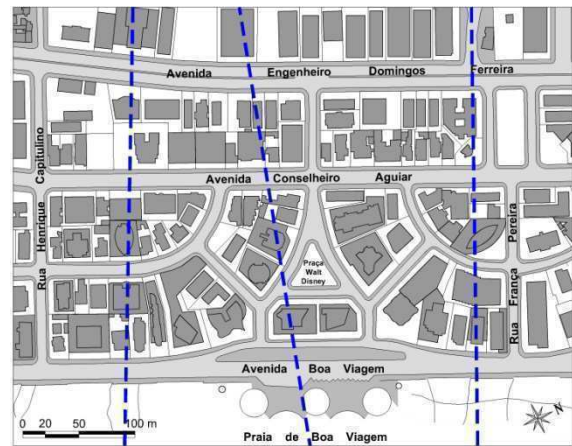


Figura 3.13 – Localização dos *grids* verticais, em azul, seccionando edificações e evitando espaços livres.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b.

Nesta pesquisa o espaçamento estabelecido para os *grids* foi de 5 x 5m, um intervalo curto a fim de permitir uma maior precisão na caracterização da propagação sonora no 3º Jardim de Boa Viagem. Foram calculados 1 *grid* horizontal e 3 *grids* verticais, cuja localização no modelo atual buscou seccionar as edificações, evitando espaços livres, para melhor análise da propagação sonora em relação aos obstáculos por ela encontrados, neste caso, as edificações (Figura 3.13). Uma vez posicionados no modelo atual, a localização dos *grids* verticais foi reproduzida nos modelos para os anos de 1971, 1981, 1997 e para a predição acústica, para então serem calculados.

Após os cálculos realizados pelo *Predictor*, foram gerados os mapas acústicos que serão analisados e discutidos no capítulo 5 *Comportamento Acústico do 3º Jardim de Boa Viagem*.

No capítulo que se segue, discute-se o processo de ocupação do bairro de Boa Viagem e sua relação com as transformações urbanas ocorridas no 3º Jardim, a fim de identificar as modificações ocorridas na forma urbana do 3º Jardim que possibilitem o entendimento cronológico, destas modificações, dando suporte à análise dos modelos para o mapeamento acústico.

¹⁴ São estes *grids* horizontais que se moldam a geografia específica de cada área estudada, quando necessário. Nesta pesquisa, foram encontradas, em pontos isolados, mínimas variações na topografia, permitindo a consideração do 3º Jardim como sendo uma área plana e inserida no mesmo nível topográfico.

CAPÍTULO 4

*Não importa quantos edifícios de alto nível se construam,
não há como esconder o enorme problema que jaz no coração
da profissão de arquiteto: a dificuldade de construir uma boa rua.*

Alain de Botton

4. TRANSFORMAÇÕES DO 3º JARDIM E SUA RELAÇÃO COM O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO BAIRRO DE BOA VIAGEM

O bairro de Boa Viagem possui um processo histórico de ocupação urbana relativamente recente, iniciada a partir de 1926 com a inauguração da Avenida Beira-Mar, hoje Avenida Boa Viagem, amparada pela construção da Ponte do Pina, em 1923. Até então, Boa Viagem era uma praia praticamente desabitada formada por um vasto coqueiral e grandes alagados que se estendiam por toda a costa, existindo apenas pequenas povoações de pescadores e uma pequena povoação nos arredores da capela de Nossa Senhora da Boa Viagem (MOREIRA, 1994; HERRERA, 1992) (Figuras 4.1 e 4.2).

Na época de sua realização, o projeto da Avenida Boa Viagem foi duramente criticado: percebido pelos recifenses como uma obra dispendiosa, cara e desnecessária diante de outras carências na cidade, além da distância a ser coberta para se atingir um sítio completamente desconectado da mancha urbana. Diante desta situação, o Governo de Sérgio Loreto investiu maciçamente em justificativas, via imprensa, defendendo a necessidade de expansão da área habitável em direção ao sul, ao longo da orla oceânica, um propiciador natural de amenidades para a então congestionada cidade do Recife. A



Figura 4.1 – Avenida Boa Viagem, nas proximidades da Praça de Boa Viagem, no início de sua urbanização.

Fonte: http://www.meurecife.com.br/frames/frame_fotos.htm

Autor: não informado. Acesso em: 30.06.08.



Figura 4.2 – Avenida Boa Viagem no início de sua urbanização.

Fonte: http://www.memorialpernambuco.com.br/memorial/paginas/fotos_antigas/boaviagem14.htm. Autor: não informado. Acesso em: 24.04.09.



Figura 4.3 – Vista aérea do bairro de Boa Viagem nos anos 50.

Fonte: http://www.meurecife.com.br/frames/frame_fotos.htm.

Autor: não informado. Acesso em: 30.06.08.

defesa da abertura da Avenida Boa Viagem contou ainda com o discurso da necessária *modernização da cidade* e do *progresso* em detrimento da cidade tradicional portuguesa, com seu amontoado de casas insalubres distribuídas em vielas sujas e estreitas (MOREIRA, 1994).

A Avenida Beira-Mar é um exemplo bem claro de como as elites procuravam a todo custo modernizar a cidade. Por um lado, estava uma perspectiva bastante pragmática de obter lucros, seja através dos efeitos de uma maior racionalidade da cidade, o que seria bom para seus negócios ou pela participação direta na intervenção, como operador direto, ou como investidor no mercado imobiliário. Porém, por outro lado, aventuramos a hipótese de que esta elite, ou pelo menos parte dela, também estava seduzida pela modernidade em si, ou seja, pelo espetáculo da modernidade. [...] A partir deste momento, na cidade do Recife, o mar é associado definitivamente como um signo da modernidade (MOREIRA, 1994, p. 131).

A modernidade e o progresso, trazidos pela Avenida, beneficiaram os ricos proprietários das glebas costeiras, que após terem cedido as faixas de terra necessárias para a abertura da avenida – sem qualquer ônus para o Estado – podiam construir seus palacetes de veraneio que

[...] chamavam atenção pelos estilos pitorescos de bangalôs e vilas, que caracterizaria a Avenida durante os primeiros vinte anos desde sua inauguração (HERRERA, 1992, p. 55).

Um novo impulso de ocupação do Bairro de Boa Viagem ocorreu a partir do final da década de 40 e início dos anos 50, quando as então casas de veraneios foram transformadas em residências permanentes (*Figura 4.3*). Nesta década, o bairro de Boa Viagem desenvolveu-se para oferecer infra-estrutura adequada para receber definitivamente, e não mais sazonalmente, a elite recifense. Consolidava-se o símbolo espacial de *status* e sucesso social das elites, e conseqüentemente, consolidava-se a valorização fundiária e imobiliária no bairro de Boa Viagem.

Além da ocupação definitiva das casas de veraneio pela elite recifense, uma nova classe passou a ocupar o bairro de Boa Viagem - a classe média, a mais nova consumidora de bens duráveis, como elucida Herrera:

O acesso das camadas médias atreladas à expansão do trabalho terciário nas principais cidades brasileiras viria a modificar a ocupação social do espaço. Na avenida, as classes médias, com uma renda alta capaz de consumir os bens de consumo duráveis que o novo modelo, baseado nas corporações multinacionais produzia, como os automóveis, eletrodomésticos, vão comprando espaços para suas moradias (HERRERA, 1992, p.66).

A classe média capitalizada impulsionou uma nova demanda ao mercado, contribuindo para o surgimento das primeiras edificações residenciais verticais¹ do bairro, como o Edifício Califórnia (Figura 4.4), o Acaiaca e o Holiday, e, novos loteamentos urbanos: foi no final década de 40, e início dos anos 50, que foi aprovado o maior número de propostas para loteamentos no bairro, incluindo o loteamento para o 1º, 2º e 3º Jardim de Boa Viagem (DUARTE, 1979). Além disso, neste período, foram realizadas novas obras de infra-estrutura, como a reforma da Ponte do Pina, em 1953, rebatizada Ponte Agamenon Magalhães.



Figura 4.4 – Edifício Califórnia em 1959 construído no 2º Jardim de Boa Viagem.

Fonte: <http://www.ademi-pe.com.br/noticias/ademinews/mai04/news01.html>. Autor: não informado. Acesso em: 30.06.08.

Na época de sua criação, a gleba, hoje ocupada pelo 1º, 2º e 3º Jardim, era um dos últimos grandes espaços livres do bairro limeiro à Avenida Boa Viagem, todo o seu entorno já se encontrava urbanizado e ocupado principalmente por residências unifamiliares. Este sítio remanescente pertencia ao Estado e estava reservado à Marinha, antes de ser comercializado (HERRERA, 1992).

Quando foi projetado no final da década de 40, uma das exigências legais para loteá-lo era destinar uma parte de sua área para uso em atividades comunitárias e para espaços verdes (HERRERA, 1992). Foram destinadas duas quadras entre a Avenida Conselheiro Aguiar e a Avenida Domingos Ferreira para a inserção dos espaços comunitários, onde seriam instaladas uma igreja e um mercado público, e em verde os espaços destinados às áreas verdes.

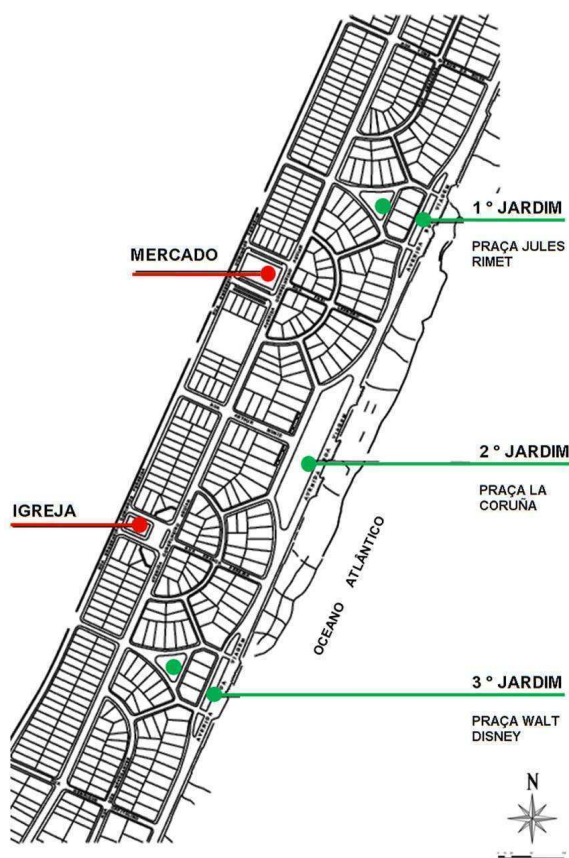


Figura 4.5 – Projeto para o loteamento do 1º, 2º e 3º Jardim de Boa Viagem, com a localização, em vermelho, dos espaços destinados ao uso comunitário, sendo previsto uma igreja e um mercado público, e em verde os espaços destinados às áreas verdes. Fonte: Elaborado pela autora a partir de MELO, 2002.

1 A primeira edificação vertical do bairro foi o Hotel Boa Viagem, construído em 1945.

que na prática, nunca foram construídos. Já os espaços verdes foram inclusos no projeto do loteamento através da implantação de pequenas praças ao longo da Avenida Boa Viagem, e entre o encontro de determinadas vias que possuíam um singular traçado em semicírculo, contrastando intensamente do traçado predominante do restante do bairro, essencialmente reticular (*Figura 4.5*)

Esse traçado em semicírculo, assim como o nome designado ao loteamento como 1º, 2º e 3º Jardim, se assemelham aos “bairros-jardins” ou “subúrbios-jardins” em voga na mesma época do projeto do loteamento, reflexo dos primeiros ecos² no Brasil das idéias, já subvertidas, de Ebenezer Howard para as Cidades-Jardins³. No entanto, tanto estes bairros e subúrbios, quanto o loteamento do bairro de Boa Viagem, pouco possuíam dos princípios e concepções howardianas, e esta semelhança, pode ser considerada muito mais como uma relação imagética do que necessariamente uma transposição verdadeira.

Em Boa Viagem, enquanto uma respeitável parcela do bairro já se encontrava ocupada por residências unifamiliares, e outra parcela verticalizava-se muito lentamente desde o início dos anos 50, o loteamento Jardins



Figura 4.6 – Cartão Postal Edicard do Bairro de Boa Viagem na década de 70. No alto, indica-se o Hotel Boa Viagem e a Praça de Boa Viagem, mais abaixo a Casa do Navio uma conhecida referência na Avenida Boa Viagem pelos ricifenses, até sua demolição.

Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=595286>. Autor: não informado. Acesso em: 24.04.09.



Figura 4.7 – Cartão Postal Edicard da Praia e Avenida Boa Viagem na década de 70.

Fonte: <http://www.forumfuscabrazil.com/index.php?topic=380.540>. Autor: não informado. Acesso em: 24.04.09.

² Como por exemplo, os bairros Jardim América e Jardim Europa da cidade de São Paulo, a cidade de Goiânia-GO e de Maringá-PR (DE PAULA, 2004)

³ As idéias e princípios para a Cidade-Jardim foram primeiramente publicados em 1898 sob o título *Tomorrow: A Peaceful Path to Real Reform*, em 1902 o livro é reeditado, revisado e relançado sob o título *Garden Cities of Tomorrow*.

iniciava a divisão de terras, as construções das primeiras vias e das primeiras residências, tornando seu processo de ocupação mais tardio, e também mais demorado, em relação ao padrão predominante de urbanização de outras partes do bairro.

Em Boa Viagem, somente na década de 70 que a aceleração das construções modificou a constituição predominante do bairro – até então, formada fundamentalmente por edificações de residências unifamiliares e por edificações multifamiliares de gabarito baixo⁴ – em direção à verticalização e ao adensamento (Figuras 4.6 e 4.7). Apesar de ainda existir certa quantidade de lotes livres, iniciaram-se, discretamente, as primeiras demolições de residências unifamiliares cedendo lugar a edifícios multifamiliares de pequeno e médio porte.

O 3º Jardim não acompanhou este desenvolvimento: no início desta década, ainda era composto essencialmente por lotes não ocupados, por edificações constituídas predominantemente por residências unifamiliares de até dois pavimentos e por raras edificações multifamiliares de gabarito baixo e médio, e, por vias sem pavimentação nem calçadas, formadas por argila batida, tais como a Avenida Domingos Ferreira e suas

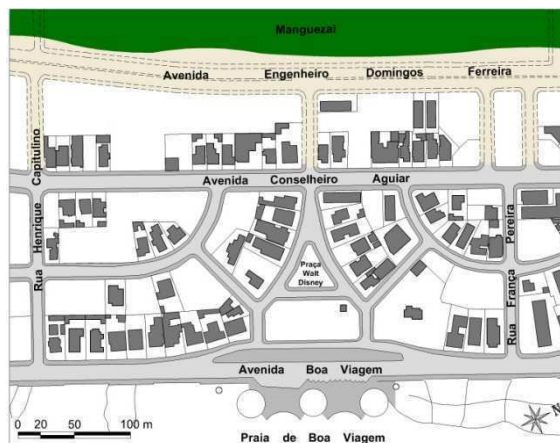


Figura 4.8 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971. Fonte: Elaborado pela autora a partir de COMPESA, 1971; CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.



Figura 4.9 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971. Fonte: Elaborado pela autora a partir de COMPESA, 1971; CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.



Figura 4.10 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971. Fonte: Elaborado pela autora a partir de COMPESA, 1971; CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.

4 Nesta pesquisa a palavra *gabarrito* e suas expressões sempre estarão se referindo à altura total de uma edificação. *Gabarrito baixo* refere-se a edificações de até 3 pavimentos, *gabarrito médio* refere-se a edificações de 4 a 8 pavimentos e *gabarrito alto* a edificações a partir de nove pavimentos.

ruas transversais (Figuras 4.8 a 4.10).

Um dos fatores para esta demora no desenvolvimento do 3º Jardim em relação ao restante do bairro pode estar vinculada, ainda que não exclusivamente, a sua proximidade ao bairro do Pina, que por suas condições de localização e por ser formado essencialmente por habitações de baixa renda, apresentavam imóveis com menor valor de mercado, diminuindo os investimentos do setor imobiliário (Figura 4.11).

Na primeira metade nos anos 70, os setores médios e altos da classe média obtiveram cinco vezes mais unidades residenciais financiadas do que as classes populares entre os anos de 1970 a 1974 (HERRERA, 1992). Além disso, o bairro recebeu investimentos em vários projetos de infra-estrutura urbana, entre eles o “Projeto Cura” de 1976, impulsionando novos potenciais turísticos, de lazer e serviços (HERRERA, 1992).

Tais investimentos estimularam a ocupação do 3º Jardim ao longo da década de 70 e várias edificações multifamiliares de gabarito médio, foram construídas delineando os primeiros impulsos do 3º Jardim rumo à verticalização.

Com este contínuo desenvolvimento ocorrido na década de 70, no início dos anos 80 o 3º Jardim de Boa Viagem já apresentava a maior parte de seus lotes ocupados. As edificações residenciais multifamiliares de gabarito médio



Figura 4.11 – Bairro de Boa Viagem na década de 70. Acima, indica-se o bairro do Pina e o Edifício Califórnia localizado no 2º Jardim de Boa Viagem. No meio, a Avenida Domingos Ferreira, ainda em terra batida, e não finalizada ao encontrar-se com o mangue circundante dos braços do Rio Pina. Abaixo, o Edifício Holiday. Fonte: <http://www.flickr.com/search/?q=boa+viagem%2C+recife>. Autor: não informado. Acesso em: 22.04.08.

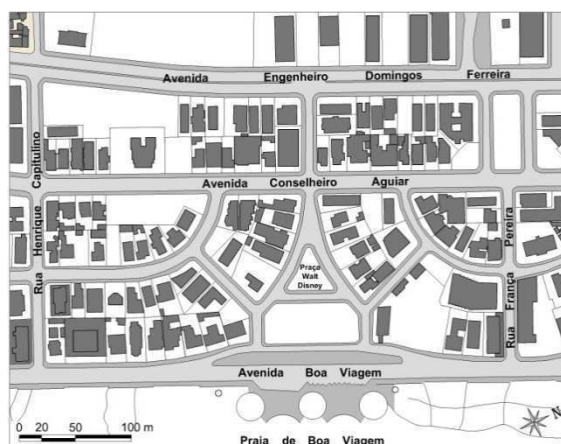


Figura 4.12 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.



Figura 4.13 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.

prosseguiram sendo as mais construídas. Com o aterro e loteamento de parte do mangue lindeiro ao Rio Pina, nesta época também foram erguidas novas edificações de gabarito baixo para uso comercial ao longo da Av. Domingos Ferreira, que recebeu infraestrutura e pavimentação, juntamente com suas ruas transversais. Esta substituição do tipo de revestimento, de terra batida para asfalto, do traçado já existente da Av. Domingos Ferreira e as vias próximas a ela, foi, antecipando a análise das décadas seguintes, a única alteração sofrida por este traçado desde a criação e parcelamento do solo do loteamento 3º Jardim de Boa Viagem até os dias atuais. (Figuras 4.12 a 4.14).

Na década de 80 a elevada renda média *per capita* dos moradores e a infra-estrutura existente no bairro de Boa Viagem foram decisivos para a escolha da localização do primeiro *shopping center* de grande porte do estado, o Shopping Center Recife, inaugurado em 1980, aumentando ainda mais os investimentos financeiros na área e conseqüentemente elevando a procura pelo bairro e pelo *status* e prestígio que ele conferia. Também nos anos 80, Boa Viagem consolidou-se como um dos principais sub-centros comerciais e de serviços do Recife e da região metropolitana (SANTANA, 1998).

Neste período, a alta procura pelo bairro e seu crescente adensamento provocou a saturação dos sistemas infra-estruturais, principalmente viários e sanitários, subdimensionados para a densidade construtiva atingida na segunda metade dos anos 80, contribuindo para o processo de deflação dos preços por metro quadrado de área construída (SANTANA, 1998).



Figura 4.14 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.



Figura 4.15 – Demolição do Hotel Boa Viagem e, em seu lugar, está sendo erguido o Ed. Maria Ângela Lucena, uma edificação multifamiliar de gabarito alto, com amplo número de unidades habitacionais e de pavimentos, mais um exemplar dos “arranha céus” residenciais de Boa Viagem.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de AMORIM, 2007 (fotografias do Hotel Boa Viagem, autor não informado) e <http://www.queirozgalvao.net/index.php?i=imovel&cod=20> (imagem do Ed. Maria Ângela Lucena).

Ainda na segunda metade a década de 80, a extinção do Banco Nacional de Habitação - BNH gerou alterações na disponibilidade de crédito imobiliário e a negociação de compra do lote passou a acontecer por meio da troca por área construída (SANTANA, 1998). Dito de outra forma, um percentual da futura área edificada no lote a ser vendido passou a ter valor de troca e a funcionar como moeda de negociação. Desde então, esta se tornou uma prática comum no mercado imobiliário, e as demolições de residências unifamiliares para a construção de edifícios multifamiliares ganharam impulso.

Na década de 90 o bairro de Boa Viagem já se destacava como o bairro mais populoso da cidade do Recife⁵, e o segundo mais adensado da cidade junto com o Pina, perdendo apenas para o conjunto Graças, Aflitos, Espinheiro e Derby (PCR/EMPREL CADASTRO IMOBILIÁRIO, 1995 *apud* SANTANA, 1998).

Nesta década, as transformações de configuração espacial iniciadas lentamente desde os anos 70 foram consolidadas - adensamento e verticalização distribuídos em todo o bairro: a elite abastada ocupava essencialmente as edificações de gabarito alto implantadas nas quadras lindeiras ao mar - símbolo máximo de *status* e sucesso social no bairro, enquanto a classe média e a população de baixa renda ocupavam edificações com gabaritos baixos a médios que se distribuíam heterogeneamente no restante do bairro.

No final da década de 90 e início século XXI, os proprietários de lotes livres, já escassos, praticavam valores altíssimos de mercado – justificados pela demanda. Portanto, desde o final da década de 90 até os dias atuais, para garantir uma boa localização e rentabilidade de seus imóveis, os promotores imobiliários optaram por reforçar a prática de demolições de residências unifamiliares que ganharam impulso na década de 80, e iniciaram as demolições de edificações de gabarito médio para a construção de edifícios de gabarito alto, com amplo número de unidades habitacionais e de pavimentos – são os “arranha-céus” residenciais de Boa Viagem (*Figura 4.15*).

O 3º Jardim, no final da década de 90, acompanhou discretamente este desenvolvimento predominante do bairro, com a construção de poucas edificações residenciais multifamiliares de gabarito alto próximas a Avenida Boa Viagem, mas que foram suficientes para alterar sensivelmente sua configuração espacial: construídas a partir do remembramento de lotes e da demolição de antigas residências unifamiliares que não ultrapassavam 3 pavimentos, e, cujas

5 Dados do censo de 1991(*apud* Santana, 1998).

edificações do entorno imediato não ultrapassavam 8 pavimentos, as novas edificações apresentavam entre 16 a 35 pavimentos, gabarito muito superior ao, até então, predominante na área (Figuras 4.16 a 4.18).

Além disso, enquanto as antigas residências unifamiliares ocupavam apenas parte do lote possibilitando espaços livres em seu interior comumente destinados a jardins e quintais, os novos edifícios destinavam grande parte do lote para construção de compartimentos fechados de garagem, que podem atingir até 7,5 m de altura, medida aproximada a de uma residência unifamiliar com dois pavimentos. Esta configuração dos pavimentos destinados à garagem é comumente chamada na construção civil de “bandeja”, enquanto as torres dos pavimentos tipos são nomeadas de “lâmina”. (Figura 4.19).

Esta verticalização tardia do 3º Jardim de Boa Viagem em relação ao restante do bairro está, em parte, vinculada à proximidade do loteamento a Radio Pina, cuja presença limitava, até sua desativação em meados dos anos 90, o gabarito máximo para novas construções. No entanto, sua presença não limitava edificações de gabarito médio, que poderiam ser livremente construídas, e ainda assim, não foram, confirmando uma tendência natural, desde sua criação, a uma transformação mais tardia do 3º Jardim em relação ao restante do bairro de Boa Viagem.

A partir de então, o 3º Jardim segue, até hoje, este padrão de construções de gabarito alto a partir da demolição de antigas edificações e do remembramento, com alta taxa de ocupação, de seus

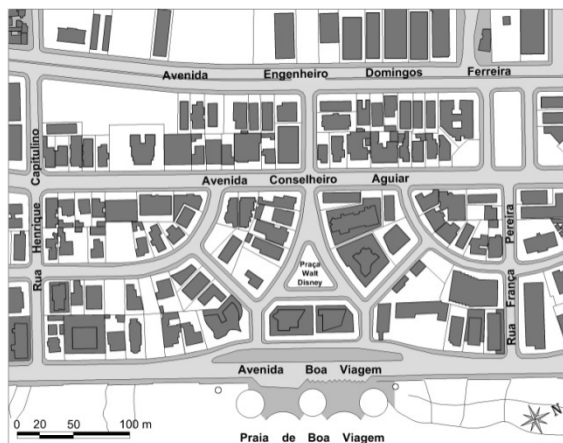


Figura 4.16 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1997; CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.



Figura 4.17 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1997; CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.



Figura 4.18 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1997; CONDEPE-FIDEM, 1981b e de levantamento *in loco*.

lotes. No entanto, esta verticalização aconteceu apenas nas quadras mais próximas da Avenida Boa Viagem e, por conseguinte, da praia, caracterizada por edificações residenciais multifamiliares onde predominam gabaritos altos. Ao avançar costa adentro, nos lotes lindeiros à Avenida Conselheiro Aguiar e à Avenida Domingos Ferreira, os usos predominantes deixam de ser residenciais, prevalecendo o uso comercial em edificações de gabaritos baixos, com casos pontuais de gabaritos médios (Figuras 4.20 a 4.22).

Atualmente, Boa Viagem é o bairro de maior ocupação verticalizada, além de uma elevada densidade construtiva (RECIFE, 2002) e o bairro mais populoso da cidade do Recife, com 100.388 habitantes⁶ (RECIFE, 2009). Dito em outras palavras, em menos de 85 anos, desde sua ocupação efetiva com a construção da Avenida Boa Viagem em 1926, o bairro passou de um vasto coqueiral a um dos bairros mais cobiçados pela população recifense para fins tanto residenciais quanto comerciais, gerando uma incomparável verticalização em relação a outras localidades da cidade. Hoje o bairro apresenta inúmeros transtornos suscitados por sua alta procura - engarrafamentos, poluição – inclusive sonora - violência, escassas áreas verdes, etc. No entanto, independentemente dos transtornos o que importa para grande

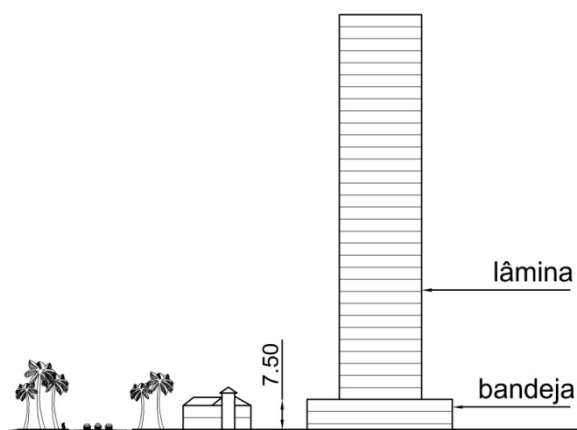


Figura 4.19 – Os pavimentos destinados às garagens dos edifícios residenciais multifamiliares são comumente chamados na construção civil de “bandejas”, enquanto as torres dos pavimentos tipos são nomeadas de “lâminas”. Fonte: Elaborado pela autora.

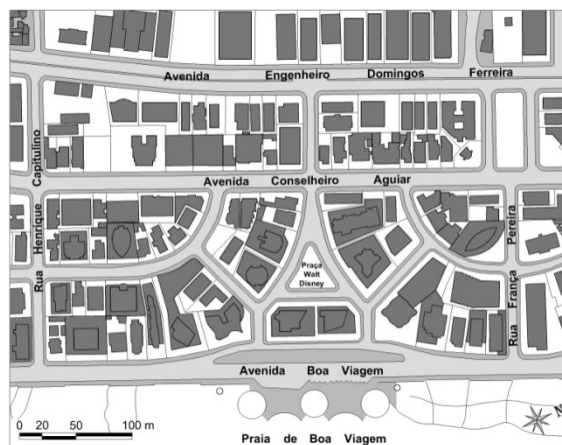


Figura 4.20 – Planta baixa do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b; GOOGLE EARTH, 2007 e de levantamento *in loco*.



Figura 4.21 – Perspectiva esquemática do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b; GOOGLE EARTH, 2007 e de levantamento *in loco*.

6 O segundo bairro mais populoso do Recife é a COHAB (que nesta cidade, além de representar conjuntos habitacionais, é também o nome de um bairro) com 69.134 habitantes e o terceiro a Várzea com 64.512 habitantes, ambos predominantemente de classe média e baixa renda (RECIFE, 2009).

parte de seus habitantes e usuários é fazer parte da *imagem* de um grupo social seletivo, consumista, moderno e bem sucedido, ainda que muitas vezes esta *imagem* não represente a realidade.

Enfim, o Bairro de Boa Viagem e, por conseguinte e mais tardiamente, o 3º Jardim,

[...] vem assistindo à sua contínua renovação em nome do adensamento, motivado pelo alto valor imobiliário do endereço. São gerações destruídas: as caiçaras dos pescadores deram lugar às casas de veraneio, depois transformadas em residências permanentes, as quais cederam espaço aos condomínios de três a quatro pavimentos, suplantados por edifícios de estatura mediana solto nas divisas, finalmente substituídos por altas torres que sombreiam terra e mar. (AMORIM, 2007, p. 78).

Por fim, as transformações na forma urbana do 3º Jardim de Boa Viagem, discutidas ao longo deste capítulo, são sintetizadas cronologicamente por meio de fotografias aéreas, plantas baixas e perspectivas esquemáticas em tabela no final do capítulo.


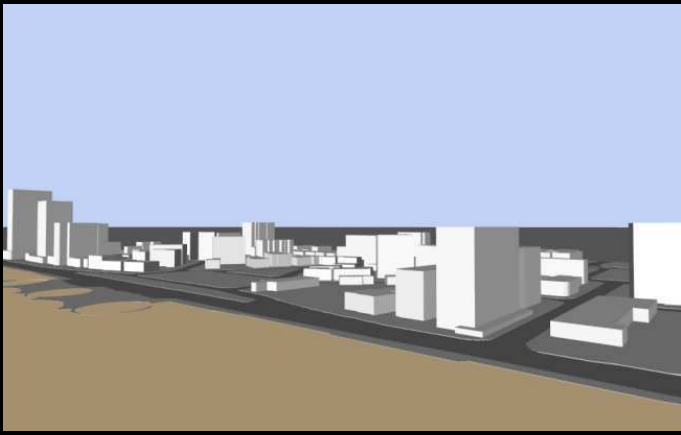
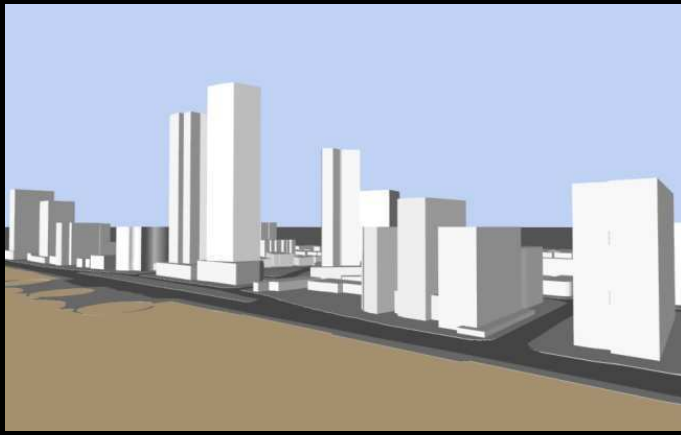

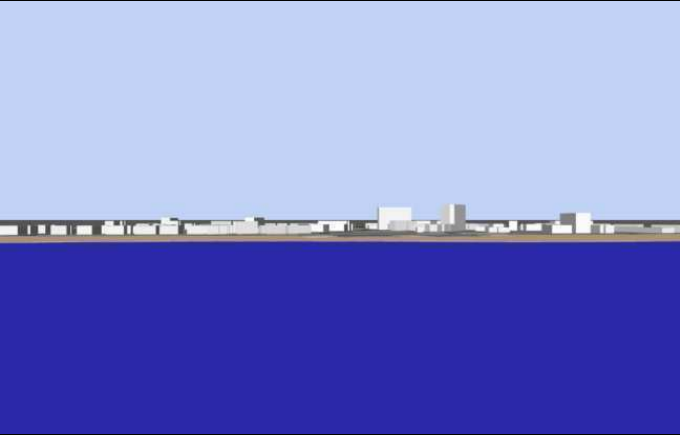
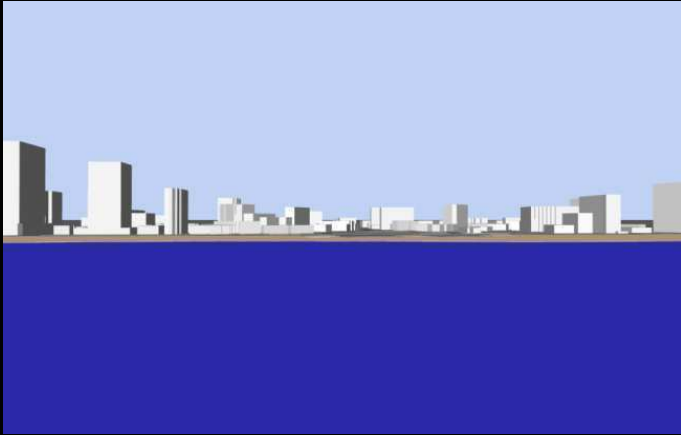
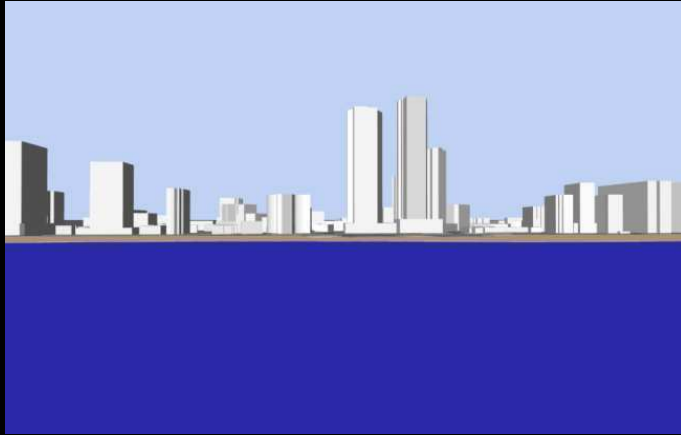
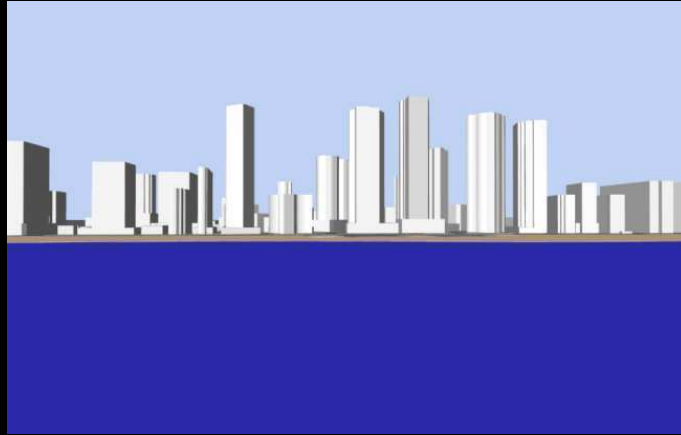
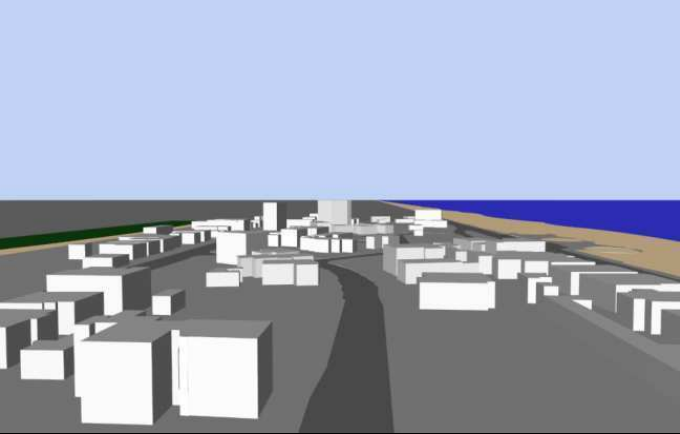
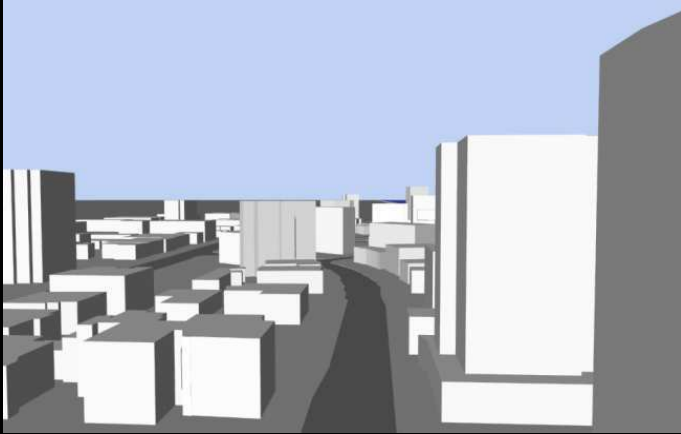
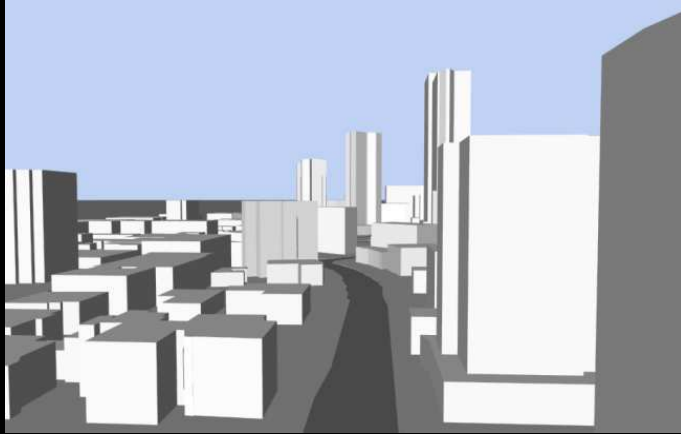
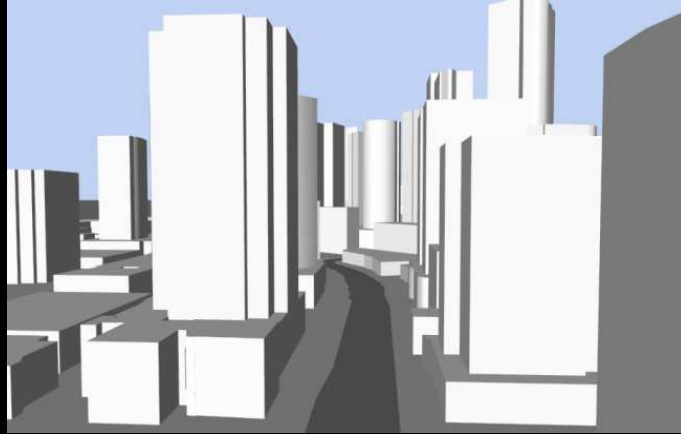
No próximo capítulo, será discutido o comportamento acústico do 3º Jardim perante estas modificações ocorridas em sua forma urbana.

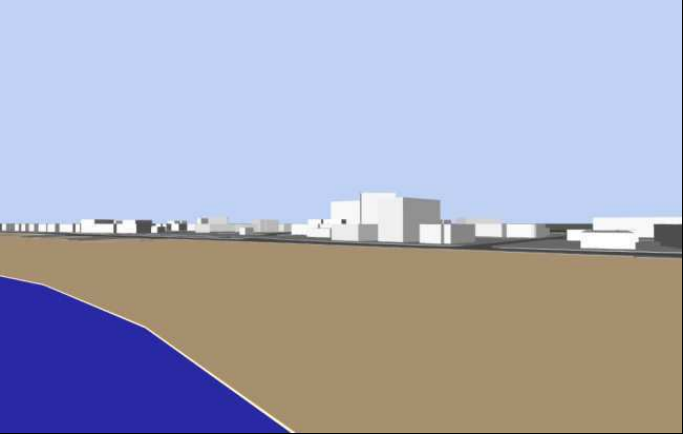
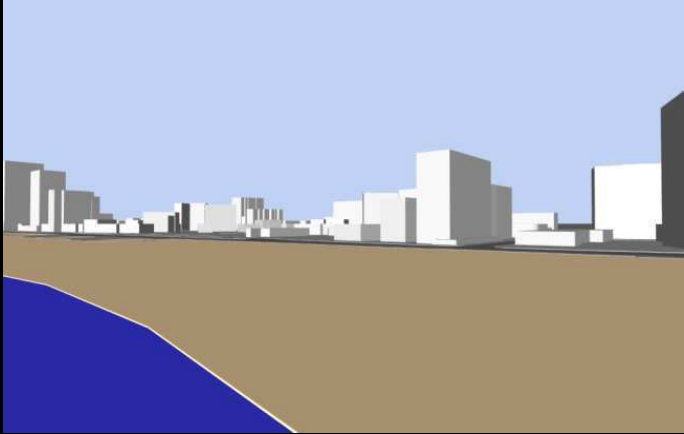
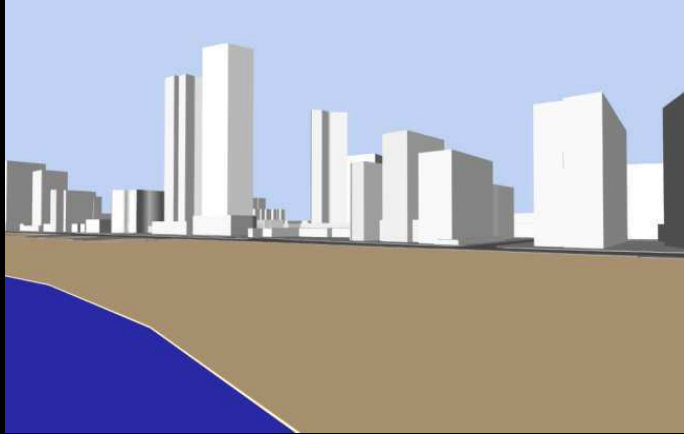
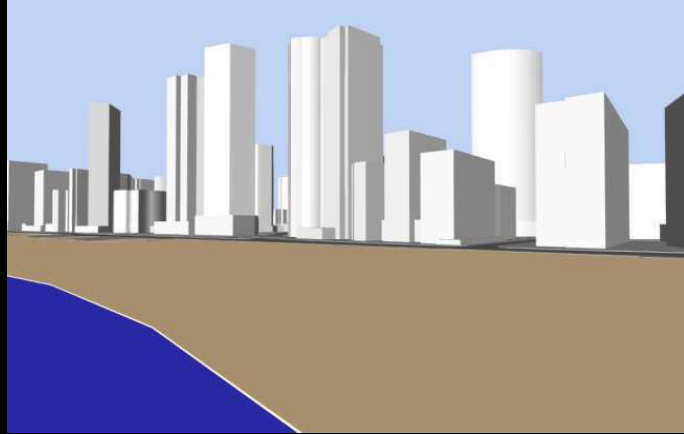
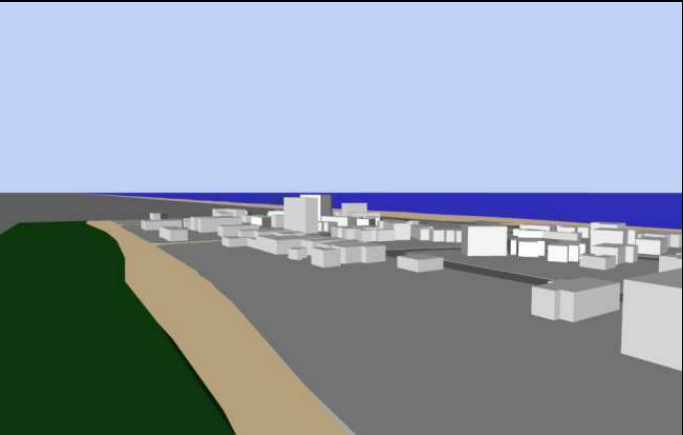
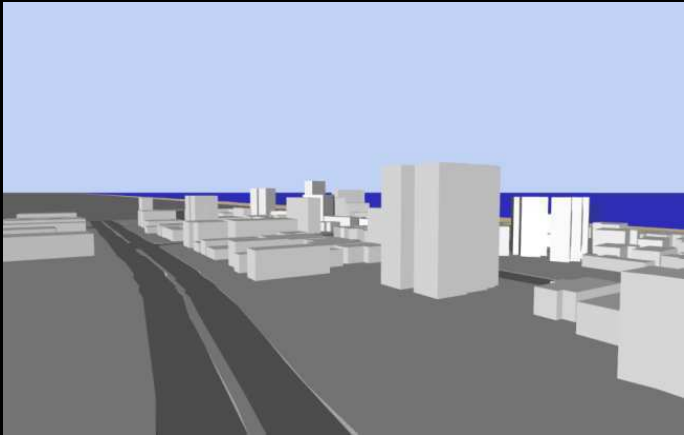
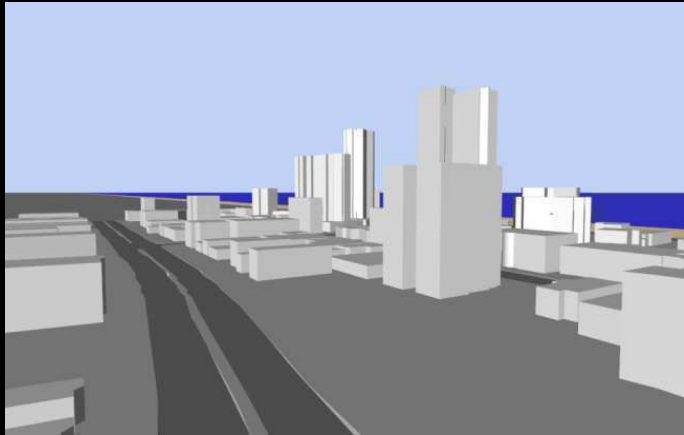




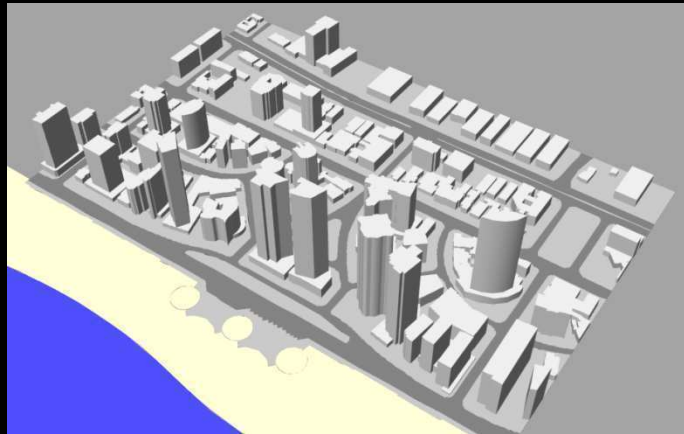


Figura 4.22 – Perspectiva esquemática a partir da praia do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009. Fonte: Elaborado pela autora a partir de CONDEPE-FIDEM, 1981b; GOOGLE EARTH, 2007 e de levantamento *in loco*.

SÍNTESE CRONOLÓGICA DE IMAGENS DAS TRANSFORMAÇÕES NA FORMA URBANA DO 3º JARDIM DE BOA VIAGEM

ANO	1971	1981	1997	2009
MAPA E FOTOGRAFIAS AÉREAS				
PLANTAS BAIXAS				
PERSPECTIVAS Vista Superior				

SÍNTESE CRONOLÓGICA DE IMAGENS DAS TRANSFORMAÇÕES NA FORMA URBANA DO 3º JARDIM DE BOA VIAGEM				
ANO	1971	1981	1997	2009
PERSPECTIVAS Vista a partir da praia de Boa Viagem				
PERSPECTIVAS Skyline visto a partir do Oceano Atlântico				
PERSPECTIVAS Vista da Rua dos Navegantes a partir da Rua Henrique Capitulino				

SÍNTESE CRONOLÓGICA DE IMAGENS DAS TRANSFORMAÇÕES NA FORMA URBANA DO 3º JARDIM DE BOA VIAGEM				
ANO	1971	1981	1997	2009
PERSPECTIVAS Vista a partir da praia de Boa Viagem				
PERSPECTIVAS Vista a partir da Avenida Domingos Ferreira				
PERSPECTIVAS Vista Superior				

CAPÍTULO 5

O som é, antes de tudo, invisível [...].

Mas o que é invisível, raramente recebe o crédito (ou a culpa) que merece.

Thom Randy

5. COMPORTAMENTO ACÚSTICO DO 3º JARDIM DE BOA VIAGEM

A partir da constatação teórica¹ que a forma urbana influencia no comportamento acústico de determinado meio urbano, e a partir da verificação² que o 3º Jardim de Boa Viagem possui um singular processo de transformação em sua forma urbana, o primeiro item do presente capítulo analisa o *comportamento da acústica urbana* do 3º Jardim a partir destas transformações ocorridas em sua forma urbana tendo como referência cronológica os anos de 1971, 1981, 1997 e 2009, além de uma situação hipotética futura (*predição acústica*).

Para analisar o comportamento acústico do 3º Jardim a partir das modificações ocorridas em sua forma urbana, foram gerados *mapas acústicos*³ da área de investigação a partir da construção de seis modelos, um para cada data pesquisada. O modelo atual (2009) foi o primeiro modelo a ser construído, sendo utilizado como referência para a execução dos modelos de 1971, 1981, 1997 e da situação hipotética futura. Este modelo atual, também foi a referência para a fixação da fonte sonora que é reproduzida nos modelos das datas remotas e da hipótese futura, possibilitando a investigação da influência exclusiva, e sem interferências de outras variáveis, da modificação da forma urbana no comportamento acústico do 3º Jardim de Boa Viagem durante o período diurno, conforme discutido no capítulo 3 *Considerações Metodológicas*.

Entretanto, apesar das construções dos modelos terem sido iniciadas a partir de 2009, a seqüência de discussão do comportamento acústico do 3º Jardim apresentada neste item será cronológica. Além disso, os mapas elaborados serão analisados comparando seus comportamentos acústicos entre si, sendo observado o *aumento/piora* e *diminuição/melhora*, dos níveis de pressão sonora equivalente⁴ de uma data em relação à outra. Esta escolha adveio do fato que o aumento da pressão sonora implica em maiores níveis de ruído, e em conseqüente aumento da poluição sonora, bem como, sua diminuição implica em diminuição dos níveis de ruído. Assim sendo, se for identificado que houve um aumento do nível de ruído, e da poluição sonora, de uma data em

1 Discutida no capítulo 2 *Forma e Acústica Urbanas*.

2 Discutida no capítulo 4 *Transformações do 3º Jardim e sua Relação com o Processo de Ocupação do Bairro de Boa Viagem*.

3 Com a utilização do software *Predictor*, estes mapas perdem a escala gráfica ao serem criados, assim sendo, serão apresentados como ilustrações.

4 Conforme aclarado no capítulo 3 *Considerações Metodológicas*, ao referir-se a *pressão sonora* e ao *nível de pressão sonora*, este estudo está referindo-se ao *nível de pressão sonora equivalente*, também representado por L_{Aeq} (quando ponderada na escala A) ou L_{eq} .

relação à outra, pode-se afirmar que houve uma *piora* no nível de ruído desta mesma data em relação à outra, sendo o contrário também verdadeiro – diminuição/melhora.

Estas escolhas pretendem evidenciar como as transformações ocorridas em sua forma urbana influenciaram na modificação de sua acústica urbana em um encadeamento evolutivo do início de sua ocupação até os dias atuais.

Após esta análise, discute-se no segundo item o comportamento acústico do 3º Jardim de Boa Viagem encontrado nos mapas acústicos elaborados por esta investigação, à luz da legislação municipal que regula os níveis sonoros na cidade do Recife – Código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife – e sua relação com os níveis recomendados por outras entidades normativas – ABNT, WHO e ISO – para então no terceiro item, por fim, discorrer sobre as possíveis ações para melhoria no comportamento acústico do 3º Jardim, bem como as possíveis consequências acústicas da ausência de tais ações.

5.1 Comportamento Acústico do 3º Jardim de Boa Viagem, a partir das Modificações Cronológicas em sua Forma Urbana

Em 1971, o 3º Jardim encontrava-se no início de sua ocupação urbana, constituído por quadras pouco adensadas e por diversos lotes não ocupados, proporcionando uma grande quantidade de espaços livres; por edificações predominantemente residenciais de até dois pavimentos e por raras edificações multifamiliares de gabarito baixo a médio, ambas prevalecendo a implantação solta no lote gerando espaços livres destinados a jardins e quintais.

Esta constituição essencial da forma urbana está diretamente relacionada ao comportamento acústico do 3º Jardim de então: no entorno da Avenida Domingos Ferreira, a grande permeabilidade das quadras, a presença abundante de espaços livres e de raras edificações gerando perfis de vias característicos de campos acústicos abertos propiciam a livre propagação da onda sonora, sem a presença significativa de obstáculos e/ou barreiras que interfiram em seu percurso, característica essencial da propagação em campo livre (*Figuras 5.1 a 5.4*). Isto é, uma parcela do 3º Jardim, em 1971, apresentava um comportamento acústico onde predominam características de propagação em campo livre, havendo um contínuo decaimento sonoro com a distância (HANSEN, 2005).

Já a ocupação das quadras entre a Avenida Conselheiro Aguiar e a Avenida Boa Viagem é pouco mais adensada apresentando, em relação às quadras do entorno da Avenida Domingos Ferreira, uma menor permeabilidade acústica proveniente da presença de edificações de baixo gabarito e algumas edificações pontuais de médio gabarito que atuam como barreiras acústicas espontâneas, constituindo obstáculos que interferem na propagação sonora (*Figura 5.5*). (ANDERSON e KURZE, 1992).

No topo destas edificações que atuam como barreiras acústicas, parte da onda sonora é *difratada* gerando uma área de sombra acústica onde o decaimento sonoro é maior do que se a onda estivesse em campo livre (*Figura 5.6*) (NEPOMUCENO, 1968; NIEMEYER, 2007; PAZ, 2004).

Isto posto, observa-se que em 1971, apesar do 3º Jardim encontrar-se no início de sua ocupação, com quadras de densidade rarefeita e mínima verticalização, a forma urbana já delineia exemplos de sua influência na propagação sonora, gerando no interior de algumas quadras o que a presente pesquisa nomeou de “*ilhas de sombra*” advindas tanto dos efeitos sonoros da difração e das sombras acústicas quanto pelo decaimento sonoro em relação à distância (*Figura 5.1*).

Estas denominadas ilhas de sombra são espaços de *sombras acústicas* representadas pelas faixas em gradação de cores que apresentam os menores níveis de pressão sonora dos mapas acústicos entre os níveis analisados, as de cor verde. A localização destas faixas nos mapas assemelha-se a ilhas em um oceano, daí a denominação “ilha de sombra”. Estas ilhas conformam os espaços urbanos que por apresentarem um considerável decaimento no nível de pressão sonora, mais se aproximam da ausência de ruídos urbanos, propiciando espaços de quietude e sossego no 3º Jardim.

Em **1981**, o 3º Jardim já apresentava a maior parte dos lotes ocupados, causando uma redução nos espaços livres, tornando as quadras mais densas do que em 1971. As edificações permaneceram predominantemente residenciais com implantação solta no lote, contudo, as antigas residências unifamiliares de até dois pavimentos passaram a compartilhar sua predominância com edificações multifamiliares de gabarito médio e com novas edificações comerciais de gabarito baixo ao longo da Avenida Domingos Ferreira.

Esta modificação na forma urbana identificada no 3º Jardim de Boa Viagem intensificou os fenômenos acústicos encontrados em 1971. A permeabilidade acústica das quadras tornou-se ainda menor, aumentando o *número* de ilhas de sombra e diminuindo o nível de pressão sonora

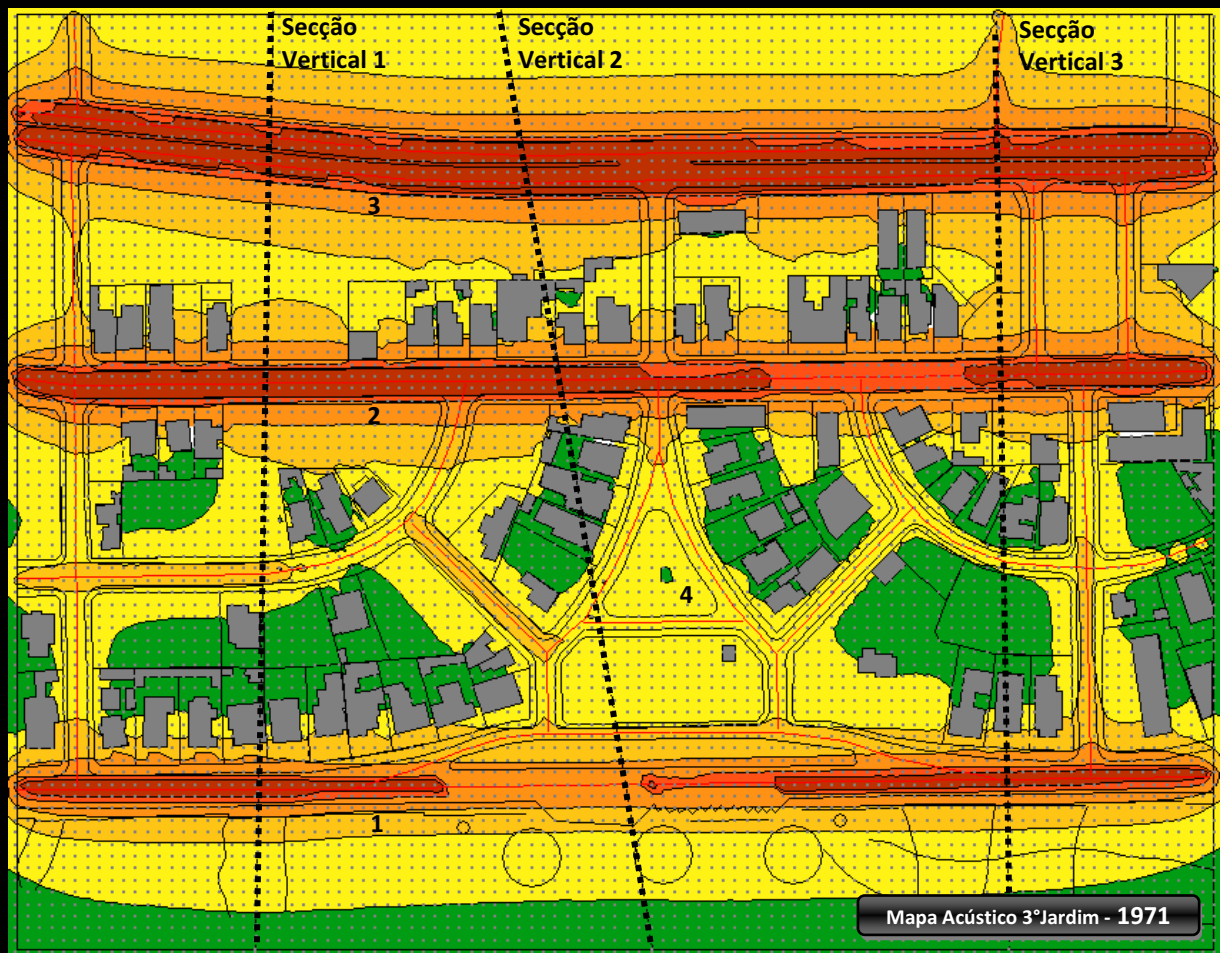


Figura 5.1 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 1971 e a locação das Seções Verticais 1, 2 e 3 – O mapa ilustra a propagação sonora no início da ocupação do 3º Jardim. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →							
	L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney				

Sobre todas as faixas em graduação de cores das Legendas: O software *Predictor* aceita um número limitado de faixas – 07 – ficando a critério do usuário a escolha de abrangência da representação dos níveis de pressão sonora de cada uma delas. Esta escolha não interfere nos valores calculados pelo software dos níveis de pressão sonora, sendo apenas uma escolha de representação destes níveis sonoros de acordo com o objetivo pretendido para estes mapas acústicos. Assim sendo, após alguns testes para ajuste destas faixas, as que melhor ilustraram, ou representaram, a transição de níveis de pressão sonora em associação com as modificações com a forma urbana, foi a apresentada pelas legendas. Por este motivo, sua distribuição de valores não é cadenciada, nem uniforme.

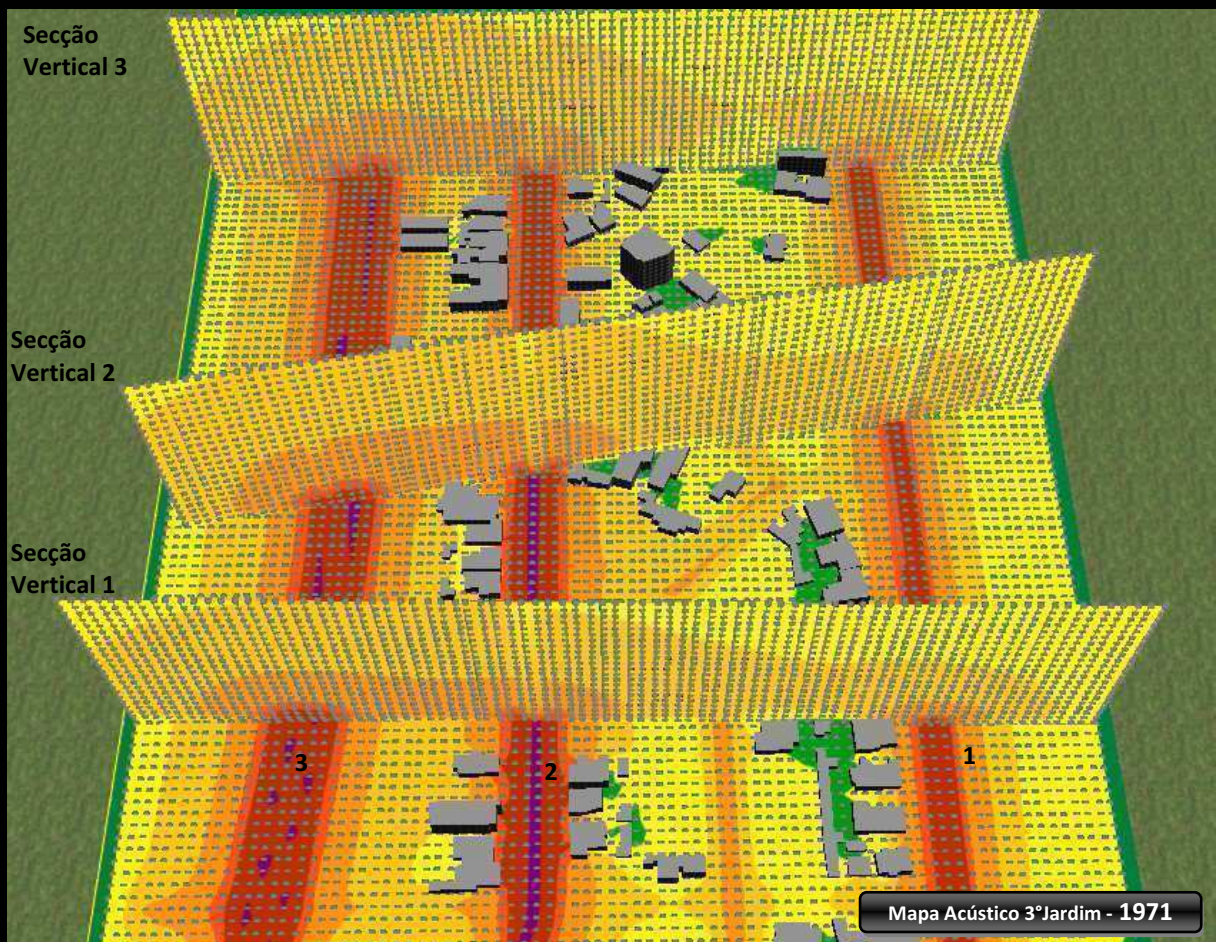


Figura 5.2 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 1971 e a localização das Seções Verticais 1, 2 e 3. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →						
	L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Observação: Em alguns mapas acústicos, no eixo das vias, são apresentadas falhas na continuidade da gradação de cores dos níveis de pressão sonora, em forma de “V”. Estas falhas não são efeitos da propagação sonora neste meio urbano, são falhas do processamento digital do software no momento de produção da imagem, ou seja, são falhas de *renderização* da imagem.

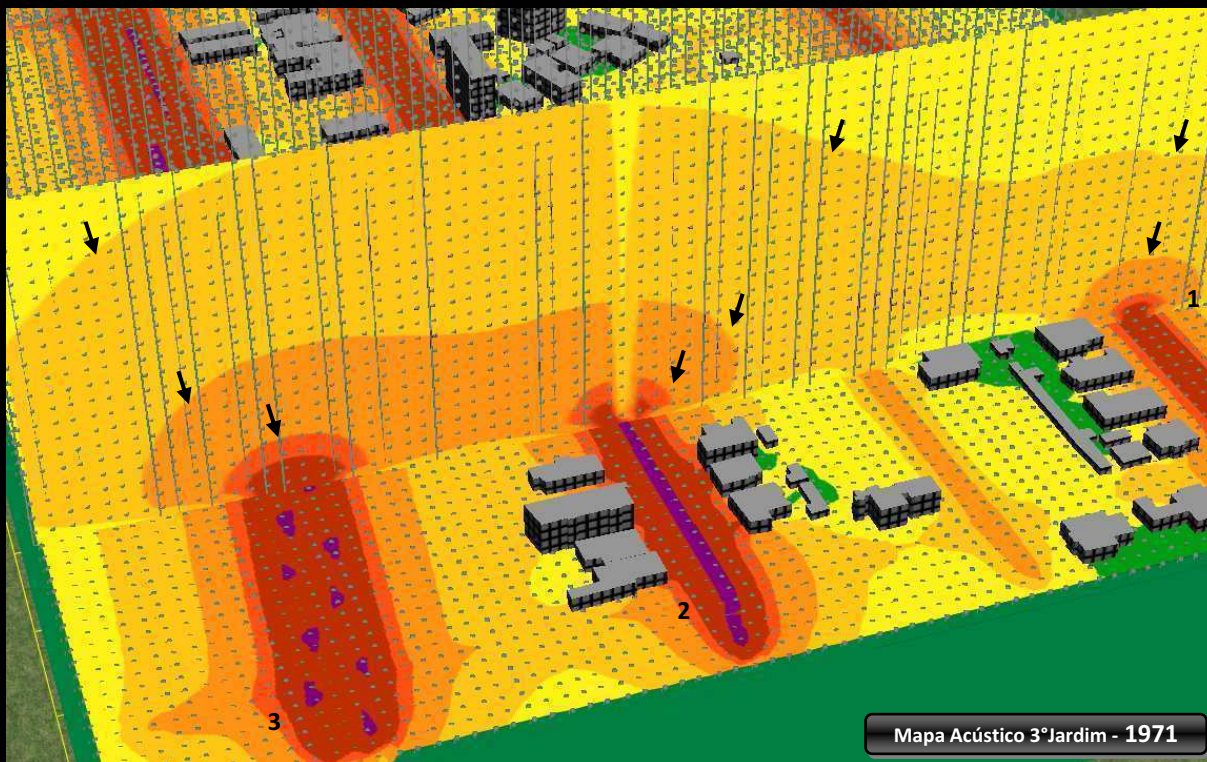


Figura 5.3 – Seção Vertical 1 - O mapa do início da ocupação urbana do 3º Jardim apresentando um comportamento acústico com características predominantes de propagação sonora em campo livre, sem a presença significativas de obstáculos que interfiram em seu percurso possibilitando um contínuo decaimento sonoro em relação à distância, como ilustram as setas indicativas em preto.
Fonte: elaborado pela autora

Legendas

Faixas L_{eq} →	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.4 – Seção Vertical 2 - O mapa do início da ocupação urbana do 3º Jardim mostrando outra seção vertical contendo o mesmo comportamento acústico com características predominantes de propagação sonora em campo livre, como ilustram as setas indicativas em preto. Fonte: elaborado pela autora.

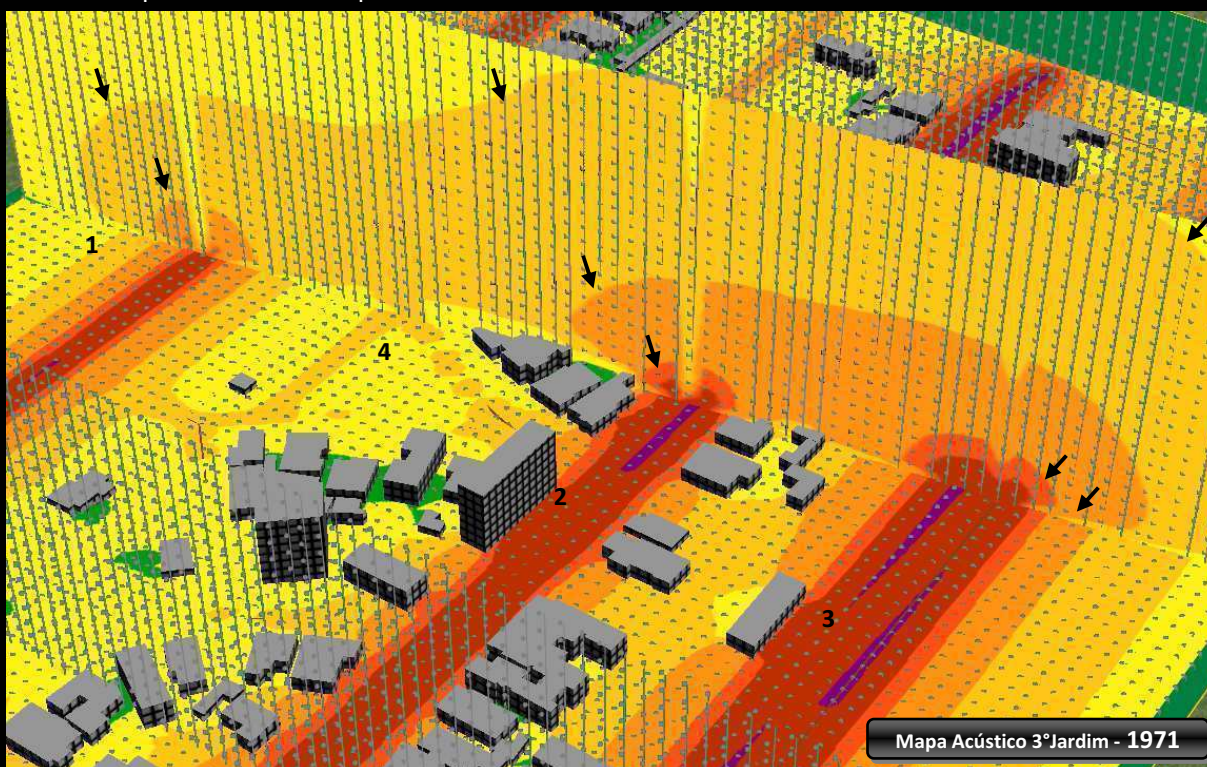


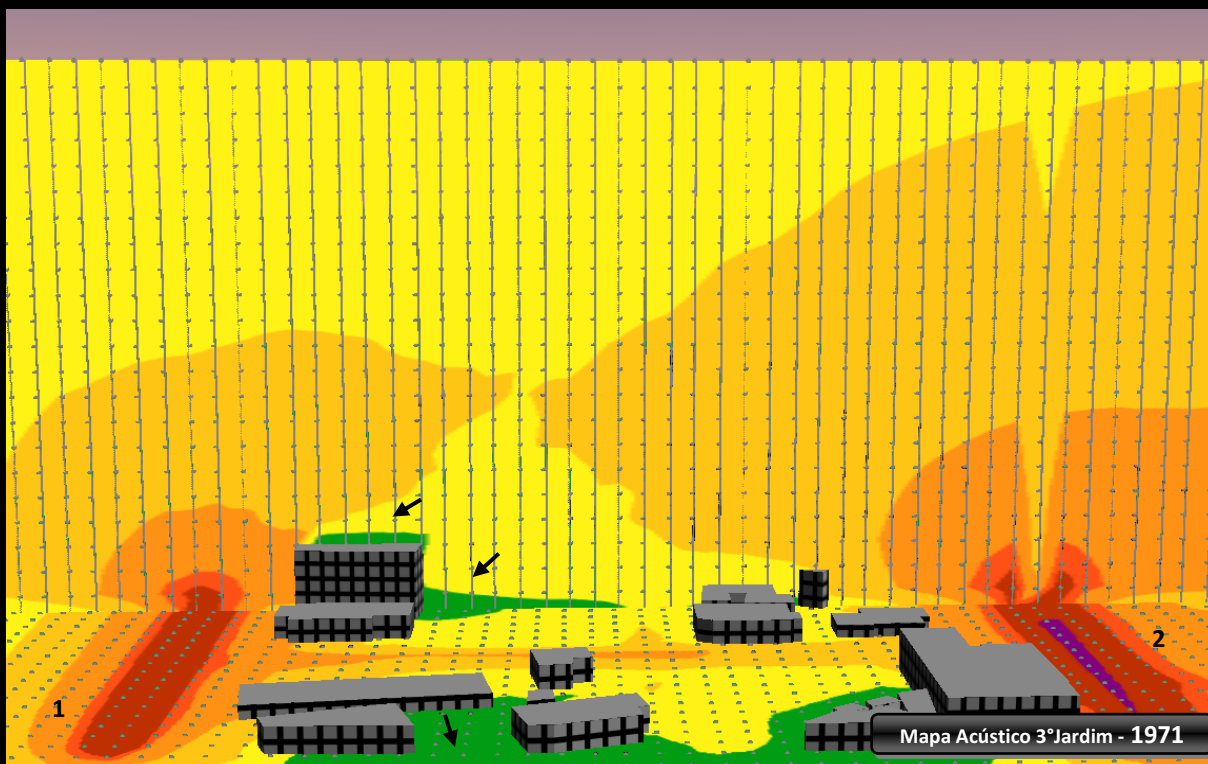


Figura 5.5 – Secção Vertical 3 – Por menor que seja sua presença, algumas edificações pontuais de gabarito médio atuam como barreiras acústicas espontâneas constituindo obstáculos que interferem na propagação sonora, como ilustram as setas indicativas em preto. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas

Faixas L_{eq}	→	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias	→	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.6 – Secção Vertical 3 – As edificações que atuam como barreiras acústicas geram o fenômeno acústico da difração que propicia a criação de áreas de sombra acústica onde os níveis de pressão sonora equivalente são mais baixos, como ilustram as setas indicativas em preto. Fonte: elaborado pela autora.



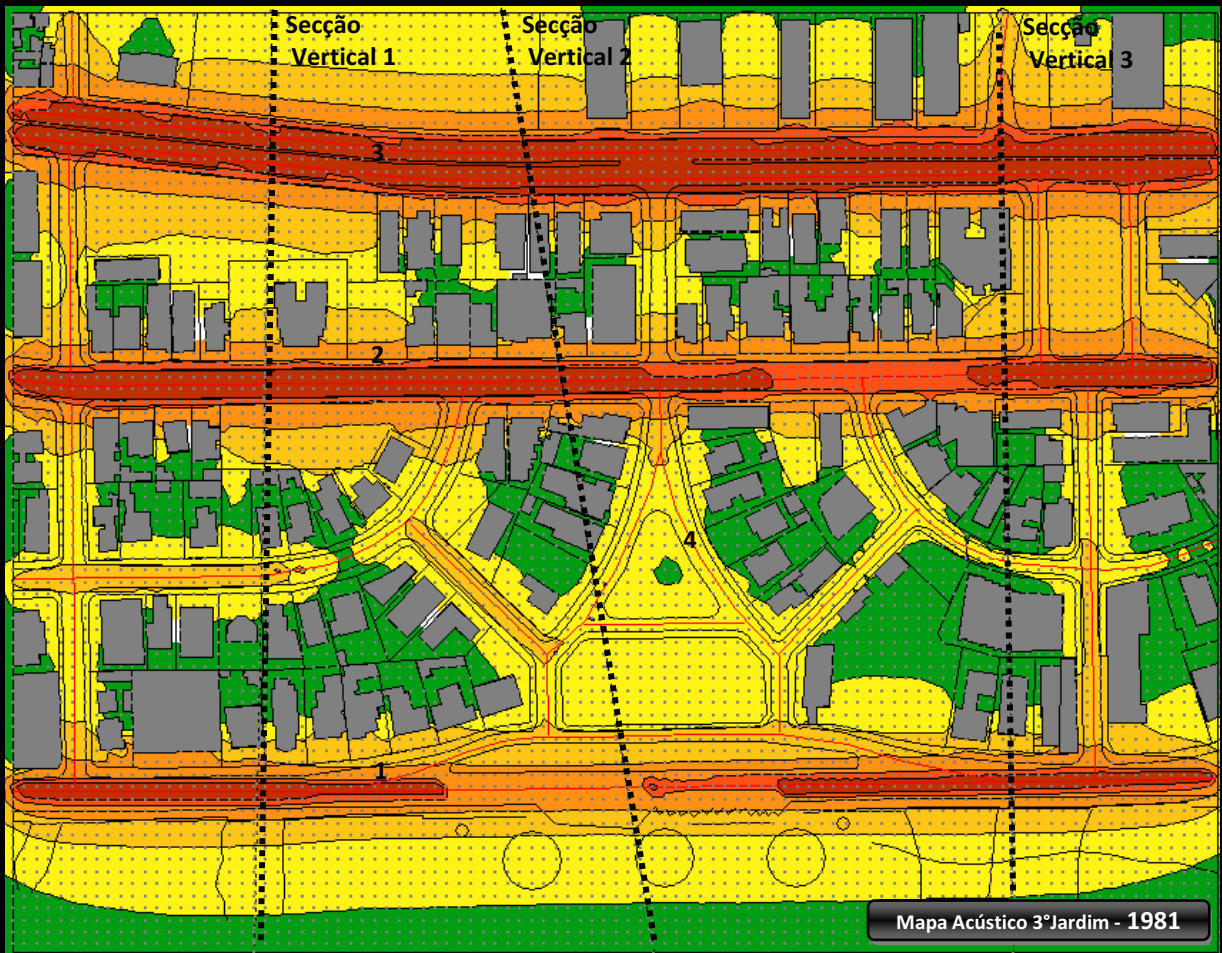


Figura 5.7 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 1981 e a locação das Seções Verticais 1, 2 e 3 – Nesta data, houve o aumento no número de ilhas de sombra e diminuição do nível de pressão sonora equivalente em relação a 1971. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →	0 a 62 dB(A) 62 a 68 dB(A) 68 a 72 dB(A) 72 a 76 dB(A) 76 a 78 dB(A) 78 a 84 dB(A) 84 a 100 dB(A)					
	L_{eq}						
	Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney		

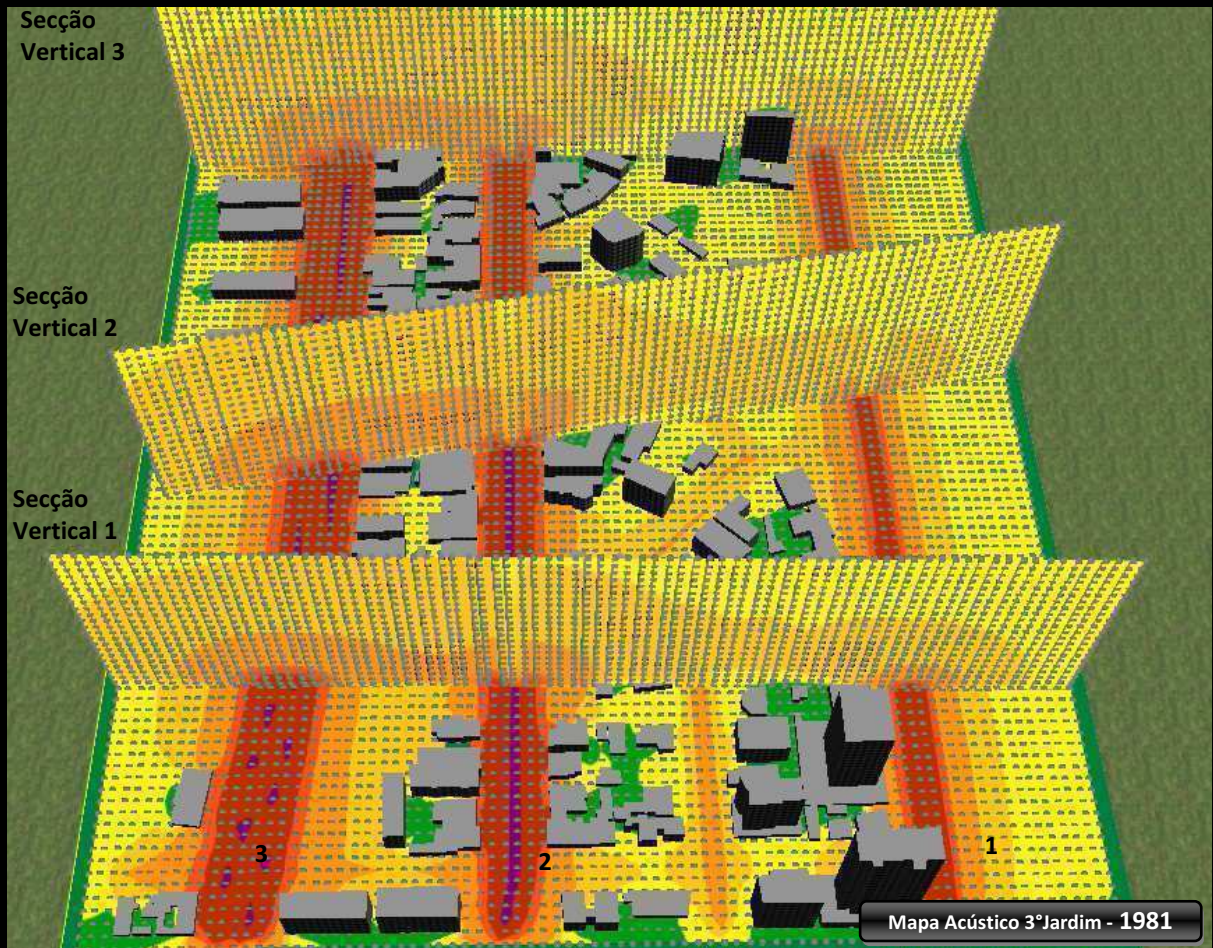


Figura 5.8 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 1981 e a localização das Seções Verticais 1, 2 e 3. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →	0 a 62 dB(A) 62 a 68 dB(A) 68 a 72 dB(A) 72 a 76 dB(A) 76 a 78 dB(A) 78 a 84 dB(A) 84 a 100 dB(A)					
		L_{eq}					
	Vias →	1 - Av. Boa Viagem		2 - Av. Conselheiro Aguiar		3 - Av. Domingos Ferreira 4 - Praça Walt Disney	

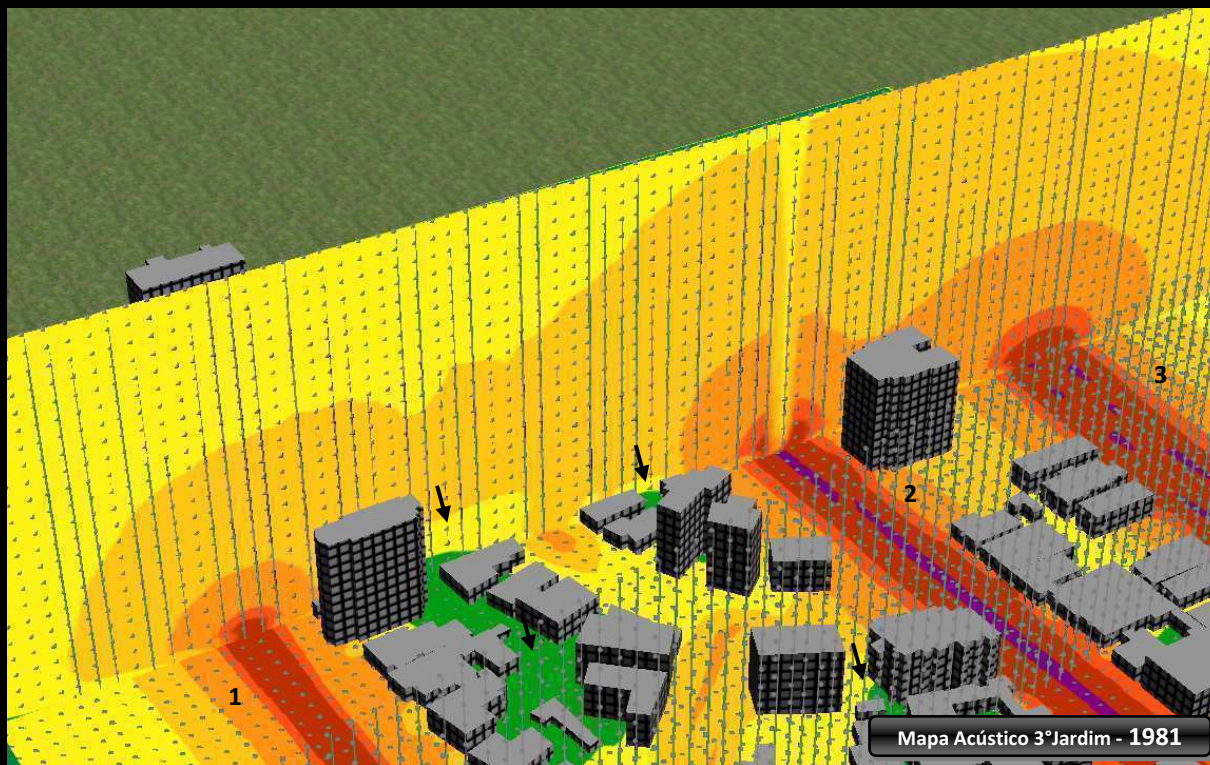
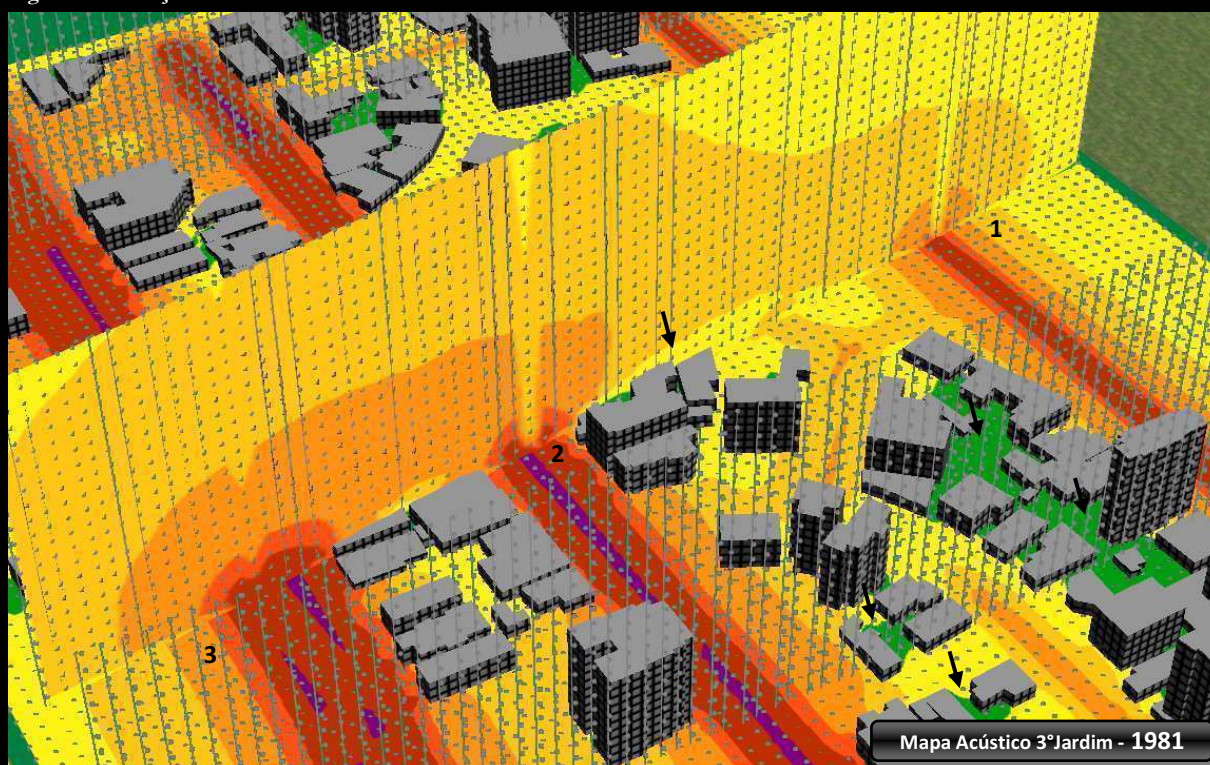


Figura 5.9 – Seção Vertical 1 – Redução da quantidade de campos acústicos abertos e aumento no número de edificações que atuam enquanto barreiras acústicas, favorecendo o aumento do número de ilhas de sombra e da diminuição do nível de pressão sonora equivalente em relação a 1971, como ilustram as setas indicativas em preto. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
	Vias	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.10 – Seção Vertical 2 – Idem.



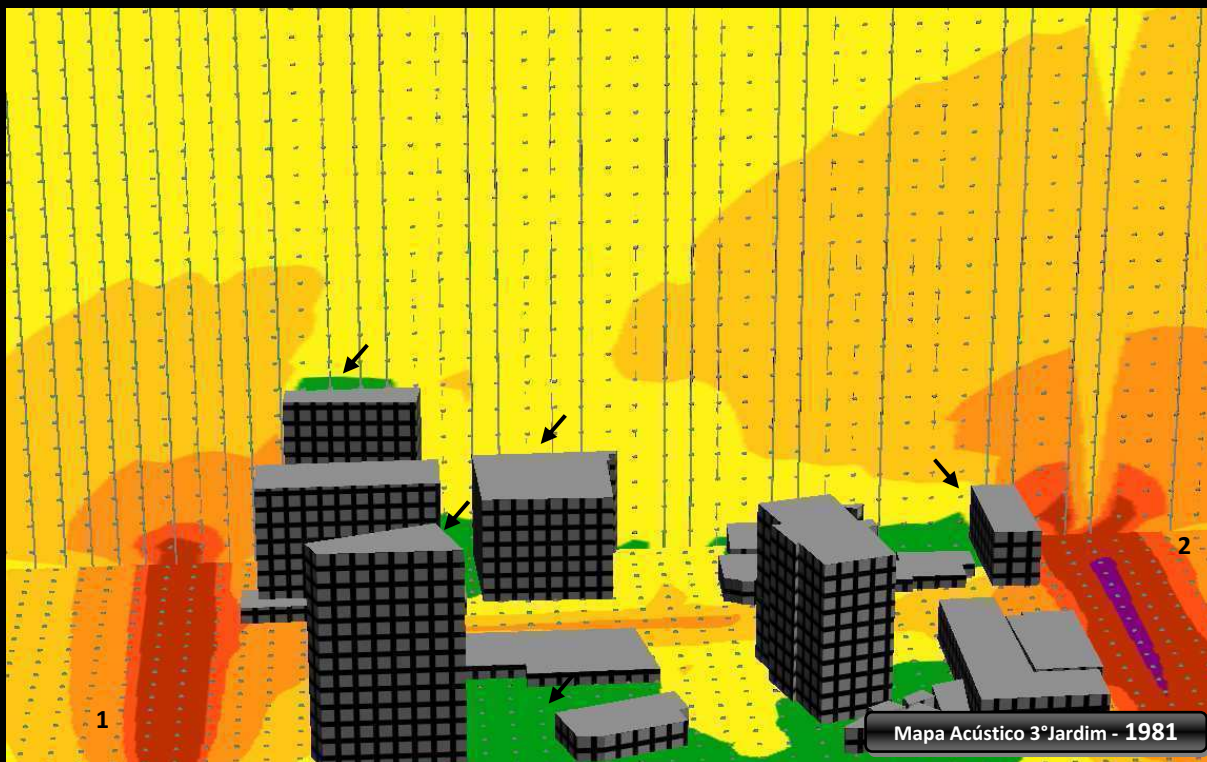
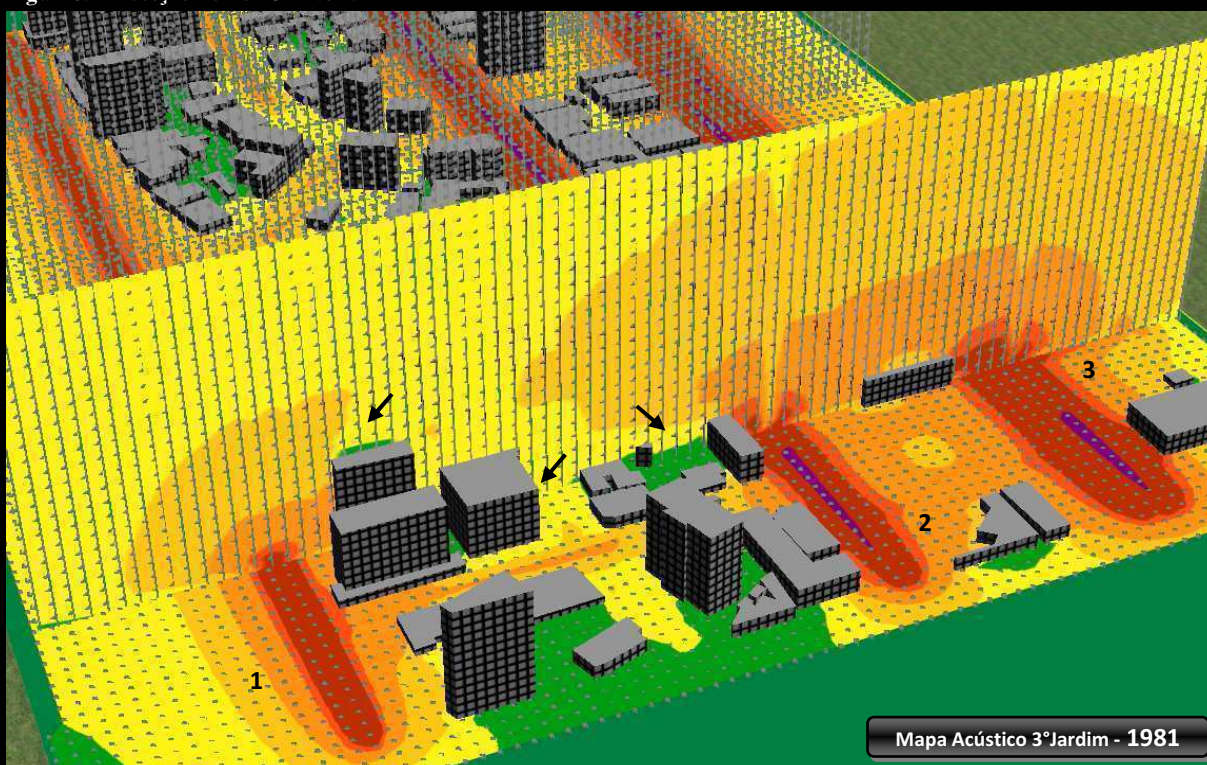


Figura 5.11 – Seção Vertical 3 – Como ilustram as setas indicativas em preto, o princípio da verticalização no 3º Jardim pode ter contribuído, através de uma melhor atuação das novas edificações enquanto barreiras acústicas, para o aumento do número de ilhas de sombra e da diminuição do nível de pressão sonora equivalente em relação a 1971. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
	Vias	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.12 – Seção Vertical 3 – Idem.



nestas áreas, melhorando em certa medida o comportamento acústico do 3º Jardim de 1981 em relação ao ano de 1971 (*Figura 5.7*).

No entanto, ao contrário do ano de 1971, a presença destas ilhas parece estar mais interligada ao fenômeno da difração sonora e das sombras acústicas do que ao decaimento sonoro em função da distância, já que houve aumento do número de barreiras - as edificações, e redução do número de campos acústicos abertos para a livre propagação sonora - o interior das quadras onde anteriormente haviam lotes não ocupados (*Figuras 5.9 e 5.10*). Além disso, a identificação de um número maior de ilhas de sombra também está associada ao aumento do número de pavimentos das novas edificações que atuam como barreiras acústicas, ou seja, está vinculada ao princípio da verticalização do 3º Jardim de Boa Viagem (*Figuras 5.11 e 5.12*).

Em **1997**, o 3º Jardim apresentava lotes livres escassos e as quadras encontravam-se ainda mais densas do que em 1981, contudo, ainda identificava-se a presença de áreas livres destinadas a quintais e jardins no interior dos lotes. Até então, a forma de implantação das edificações no lote permaneceu, predominantemente, soltas das divisas frontal, laterais e de fundo. Contudo, neste ano, o 3º Jardim apresentou as primeiras modificações desta característica: amparada pela legislação municipal vigente, as novas edificações ocupavam a maior parte do lote com compartimentos destinados a garagem de edifícios multifamiliares de gabarito alto, são os primeiros “arranha céus” identificados no 3º Jardim.

Tais modificações na forma urbana do 3º Jardim acarretaram no melhor comportamento acústico observado até então, sendo identificado tanto o aumento na área de abrangência das ilhas de sombra, quanto um aumento em sua quantidade (*Figura 5.13*). Novamente, este fenômeno pode estar vinculado à modificação do modo de implantação nos lotes, e, ao impulso de verticalização de edificações com gabaritos altos.

Ora, como a verticalização proporcionou o aumento de ilhas de sombra se, em tese, ela deveria aumentar o número de reflexões da onda sonora fazendo com que seu nível sonoro decaísse muito lentamente até que encontrasse uma saída para campo livre? (GUEDES, 2005; NIEMEYER, 2007).

De fato, a verticalização das edificações do 3º Jardim, constatada inicialmente em 1981, aumentou o número de reflexões e retardou o decaimento e escape a campo livre da onda sonora, como demonstra os mapas acústicos verticais dos anos de 1981, de 1997 e 2009 (*Figuras*

5.15 a 5.18). No entanto, este fenômeno só ocorreu nas fachadas diretamente expostas à fonte sonora. Transpondo estas fachadas, as edificações atuaram como grandes barreiras acústicas para a onda sonora, minimizando sua propagação no interior das quadras, resguardando-as de ruídos indesejados (*Figuras 5.19 a 5.22*).

Assim sendo, ainda que poucas edificações de gabarito alto com implantação ocupando a maior parte do lote tenham sido erguidas⁵, sua presença, por mínima que seja, influenciou, beneficemente, o comportamento da acústica urbana do 3º Jardim no ano de 1997 em relação aos anos de 1981 e 1971, aumentando o número de ilhas de sombra em determinadas áreas, e, conseqüentemente, diminuindo seus níveis de pressão sonora (*Figura 5.13*). Ou seja, houve uma melhora, em relação aos outros anos até então estudados, no comportamento acústico do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997, a partir da modificação em sua forma urbana.

Atualmente, em **2009**, verifica-se um excessivo aumento do adensamento e verticalização em relação a 1997. Entre a Avenida Conselheiro Aguiar e a Avenida Engenheiro Domingos Ferreira a predominância permanece de edificações de gabarito baixo com casos pontuais de gabaritos médios. São nas quadras mais próximas da Praia de Boa Viagem, entre a Avenida Conselheiro Aguiar e a Avenida Boa Viagem que este aumento do adensamento e verticalização são mais expressivos. Nesta faixa, os pavimentos destinados às garagens das edificações residenciais ocupam a maior parte do lote, reduzindo significativamente as áreas livres anteriormente destinadas a quintais e jardins.

Esta modificação na forma urbana do 3º Jardim, praticamente suprimiu a predominância de ilhas de sombra no interior de suas quadras (*Figura 5.23*). Até então, o decaimento no nível de pressão sonora proporcionado por estas ilhas favoreciam as residências unifamiliares e multifamiliares de gabarito baixo existentes, que em grande parte dos casos, se situavam no interior destas ilhas. Atualmente, tais residências foram substituídas pelos pavimentos de garagem das edificações verticais de gabarito alto, reduzindo drasticamente a presença destas ilhas de sombra e diminuindo ainda mais a permeabilidade acústica das quadras do 3º Jardim (*Figuras 5.25 a 5.28*).

Tal diminuição da permeabilidade pode estar associada à verticalização de edificações que atuam como barreiras acústicas e que, até então – conforme identificado em 1971, 1981 e 1997 -

5 Apenas quatro edificações neste padrão foram erguidas de 1981 a 1997.

proporcionava efeitos mais benéficos, do que prejudiciais, ao comportamento acústico do 3º Jardim.

No entanto, os resultados encontrados nos mapas acústicos de 2009 apresentam indícios de que estes efeitos não continuaram beneficiando o comportamento acústico do 3º Jardim. Em 2009, ao sofrer reflexão nas diversas edificações de gabarito alto a onda sonora retorna em diferentes direções para o meio de propagação com um decaimento mínimo do nível de pressão sonora, até encontrar um escape para campo livre, comportamento semelhante ao encontrado nos *canyons urbanos*, que podem ainda amplificar a propagação sonora de acordo com a implantação destas edificações em relação à fonte sonora (ANDERSON e JURZE, 1992).

Ocorre que quando a relação entre a quantidade e o gabarito das edificações não era excessiva proporcionando uma interação aparentemente equilibrada, como nos mapas acústicos de 1997, a propagação sonora suscitava um número bem menor de reflexões nas fachadas das edificações. No entanto, atualmente, a concentração de edificações de gabarito alto possibilitou um grande aumento nas múltiplas reflexões, fazendo com que a onda sonora apresente um decaimento mais lento de seu nível de pressão sonora, ou até seu aumento, piorando o atual comportamento acústico do 3º Jardim de Boa Viagem em relação às outras datas investigadas (*Figuras 5.29 a 5.32*).

Mas estas mesmas edificações ao serem consideradas como barreiras acústicas trouxeram benefícios pontuais em certas regiões da área de estudo. Isto é, o entendimento destas edificações de gabarito alto enquanto objetos reflexivos⁶ ou enquanto barreiras acústicas dependerá dos fins pretendidos ao se apreciá-las.

Nas edificações lindeiras à Praça Walt Disney, por exemplo, de 1997 para 2009 houve redução no nível de pressão sonora que atinge os pavimentos situados no meio das torres dos edifícios mais altos. Esta redução no nível de pressão sonora está intimamente relacionada à presença de novas edificações que atuam como barreiras acústicas no local.

No entanto, as fachadas principais destas torres estão direcionadas para a Avenida Boa Viagem, e, são estas as fachadas que possuem o maior número de aberturas para o exterior, assim sendo, mais suscetíveis aos níveis de pressão sonora produzidos na Avenida Boa Viagem. Enquanto isso,

⁶ No meio urbano, as edificações podem ainda atuar como objetos absorventes da onda sonora, no entanto, devido a suas superfícies serem compostas predominantemente por materiais altamente reflexivos e minimamente absorventes - granito, mármore, porcelanato, vidro, cerâmica esmaltada, etc. - cujo coeficiente de absorção é mínimo, por isso, este caráter absorvente não foi considerado nesta pesquisa.

as fachadas voltadas para a Praça Walt Disney são ocupadas por caixas de escada, elevadores e áreas de serviço, propiciando pouco aproveitamento aos receptores residentes nestas edificações desta diminuição no nível de pressão sonora (*Figuras 5.33 e 5.34*).

Esta característica, onde o maior número de aberturas das edificações está voltado para as vias de tráfego de veículos principais, é comumente encontrada no 3º Jardim, e, são estas vias principais, tais como a Avenida Boa Viagem, Avenida Domingos Ferreira e a Avenida Conselheiro Aguiar, cujo tráfego de veículos emite os maiores níveis de pressão sonora. Assim sendo, ainda que as edificações de gabarito alto atuem como barreiras a redução do nível de pressão sonora, esta característica do 3º Jardim sugere ser pouco provável que grande parte destas edificações se beneficie deste decaimento, uma vez que seus modos de implantação no lote as expõem direta e constantemente ao ruído gerado nas vias de tráfego.

Esta verificação não pretende ser generalista, ao contrário, são as edificações que representam exceções a esta verificação que permite compreender que no meio urbano, além de atuarem como objetos reflexivos da onda sonora, as edificações tanto podem ser entendidas como proteções ao ruído urbano, quanto sujeitas a ele.

Neste sentido, diante das transformações ocorridas na forma urbana do 3º Jardim, e ponderando sobre tantas outras que estão por vir, uma edificação considerada como uma barreira na atualidade pode atuar como amplificadora do nível de pressão sonora em um futuro próximo, ou tanto como barreira quanto como objeto reflexivo, como ocorreu com as edificações do 3º Jardim de 1997 para 2009.

Para isso, basta que a relação *fonte sonora – meio de propagação – receptor* seja modificada. Todos os mapas acústicos do estudo apresentam os mesmos dados de entrada para a fonte sonora sendo a forma urbana a *única* variável modificada de acordo com sua transformação cronológica⁷. Ocorre que a transformação da forma urbana modificou os níveis de pressão sonora do 3º Jardim, ou seja, a transformação da forma urbana modificou o *meio* de propagação da onda sonora, interferindo na relação *fonte – meio – receptor* e, conseqüentemente, modificando os resultados encontrados, ainda que para uma mesma fonte sonora, indicando que o comportamento da acústica urbana do 3º Jardim de Boa Viagem está diretamente relacionado às modificações ocorridas em sua forma urbana.

7 Esta opção metodológica foi aclarada no capítulo 3 *Considerações Metodológicas*.

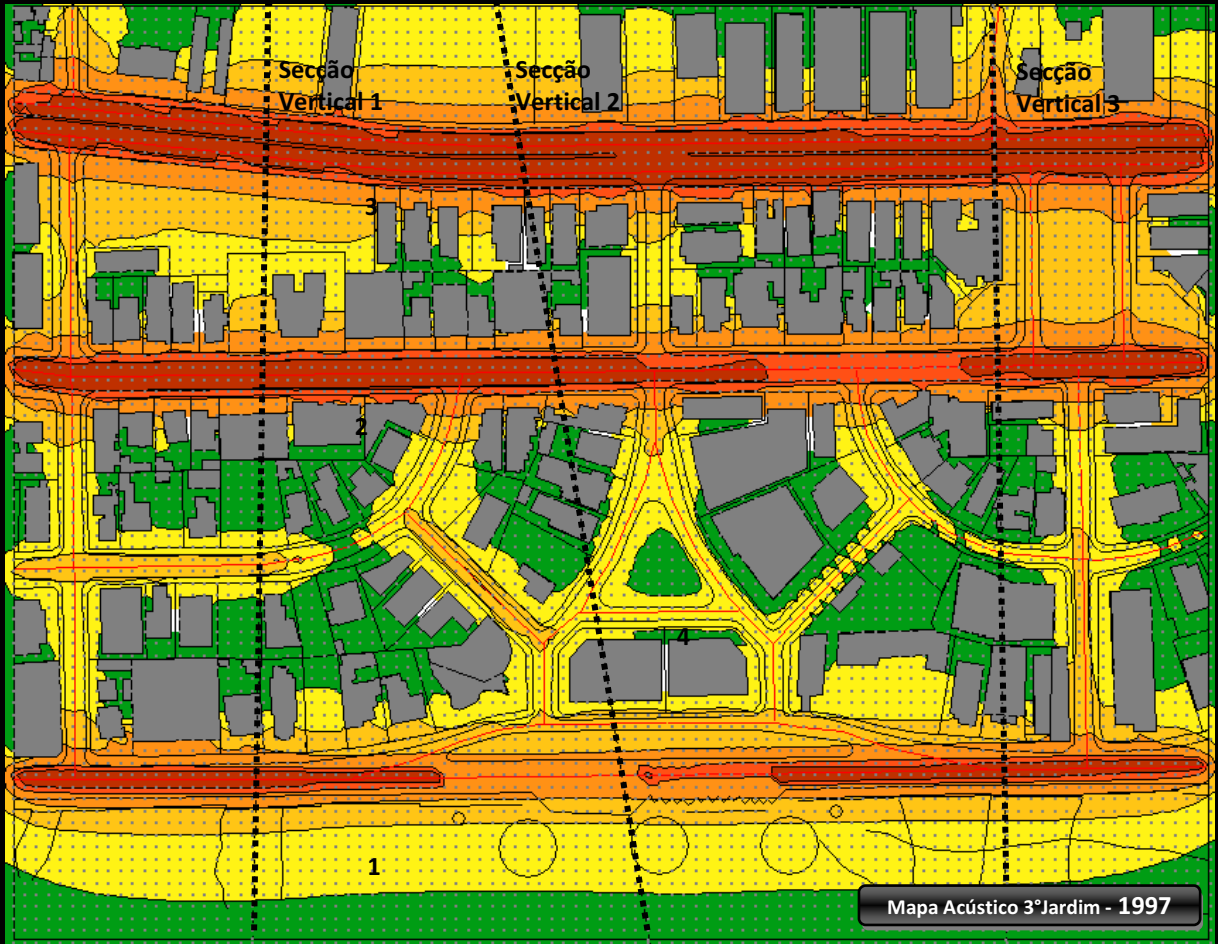


Figura 5.13 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 1997 e a locação das Secções Verticais 1, 2 e 3 – Em 1997, com um adensamento e verticalização ainda maior do que em 1981, houve o aumento tanto do número das ilhas de sombra, quanto nas sua áreas de abrangência, acarretando no melhor comportamento acústico observado até então entre os mapas elaborados. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas

Faixas \rightarrow							
L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias \rightarrow	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

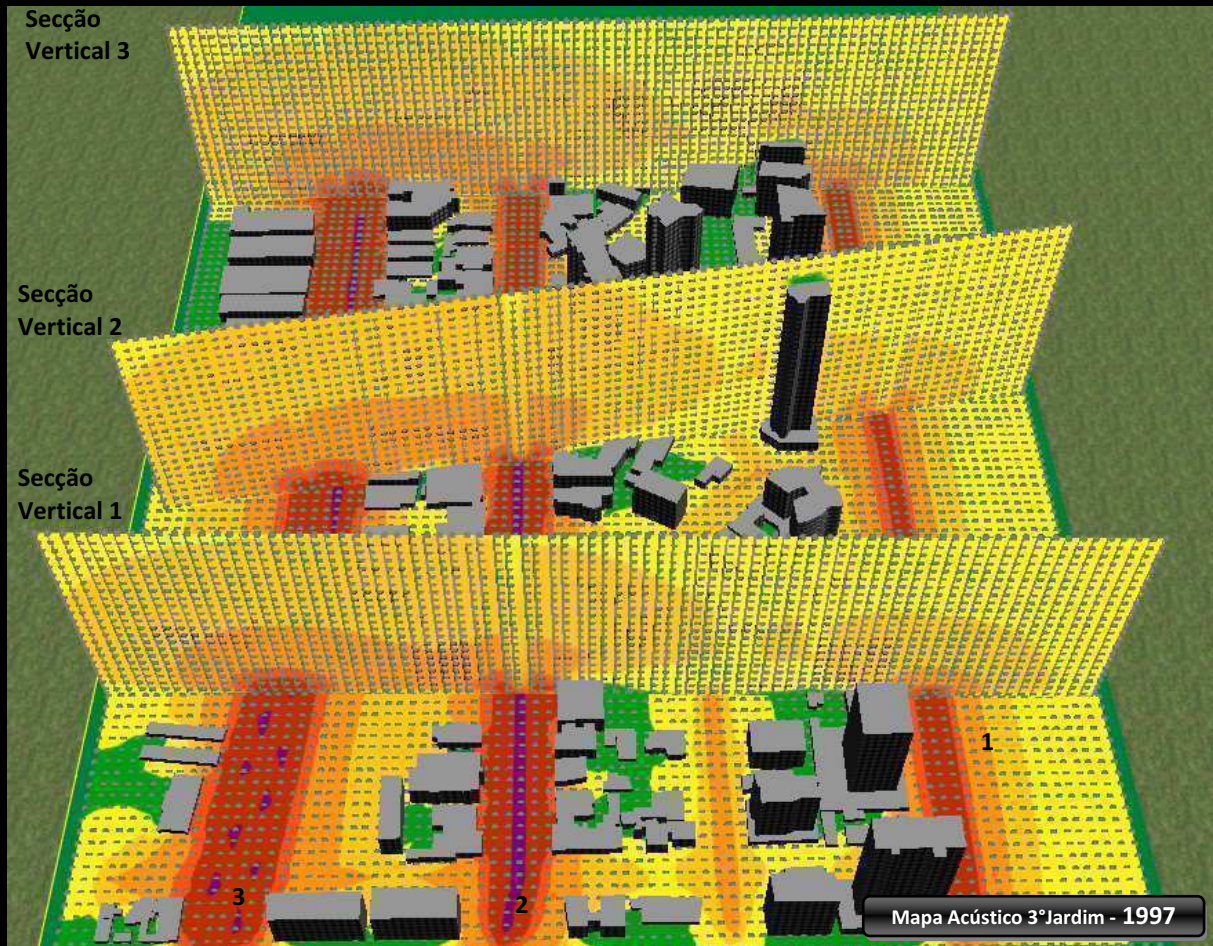


Figura 5.14 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 1997 e a localização das Seções Verticais 1, 2 e 3. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas L_{eq} →	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
	Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

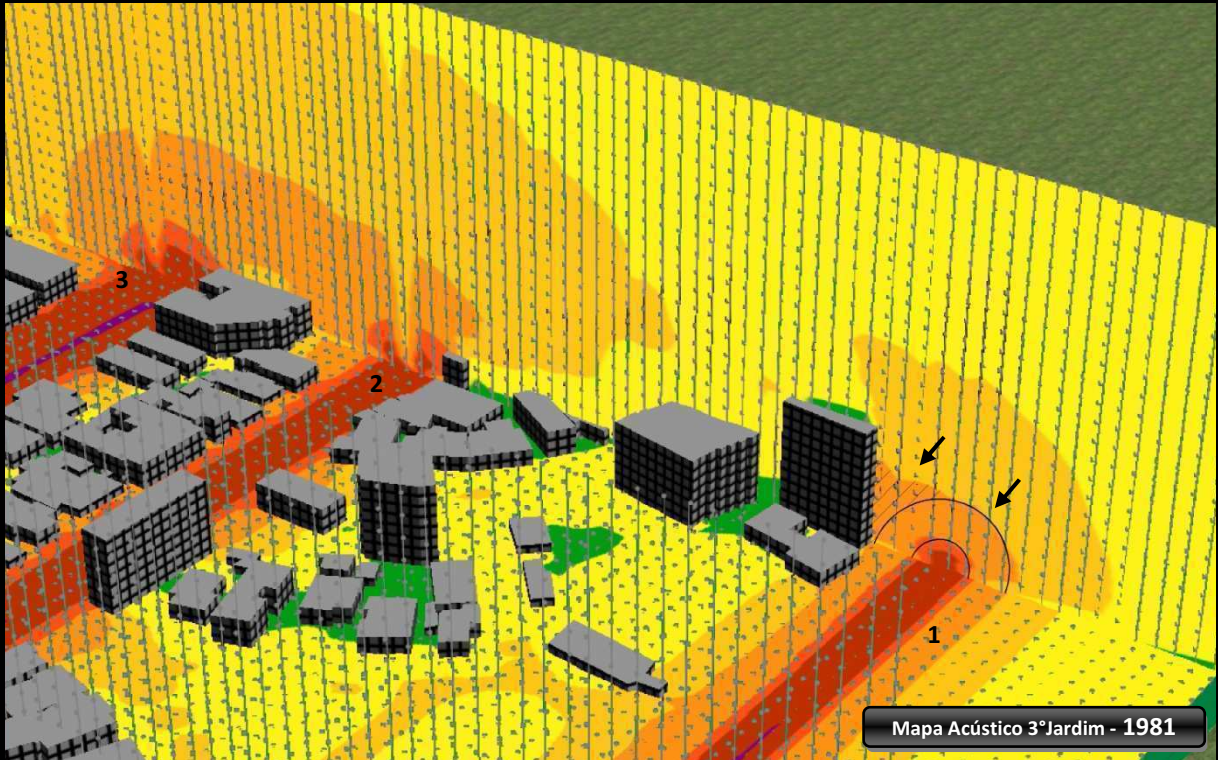
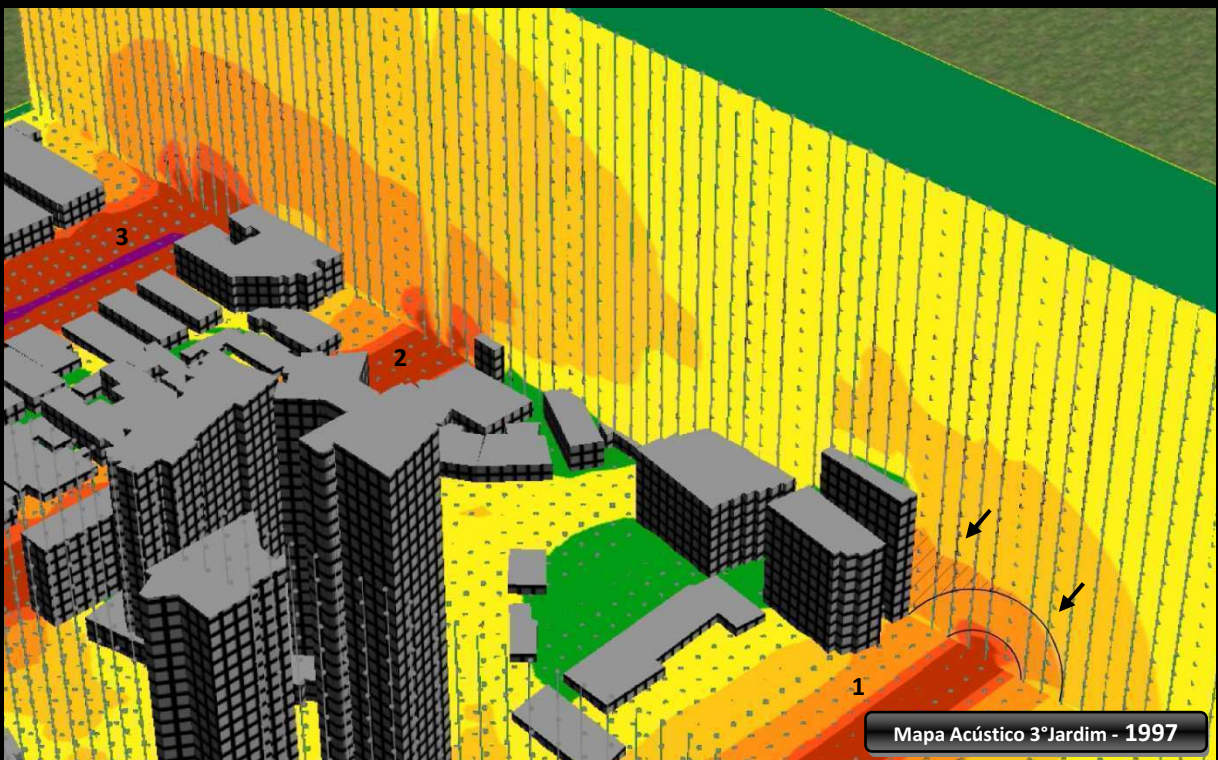


Figura 5.15 – Secção Vertical 3 – A edificações propiciam múltiplas reflexões a partir de suas fachadas expostas às fontes sonoras, influenciando na propagação da onda sonora de modo distinto ao que seria essa propagação em campo livre, conforme indicado nos mapas acústicos. Fonte: elaborado pela autora.



Figura 5.16 – Secção Vertical 3 – Idem.



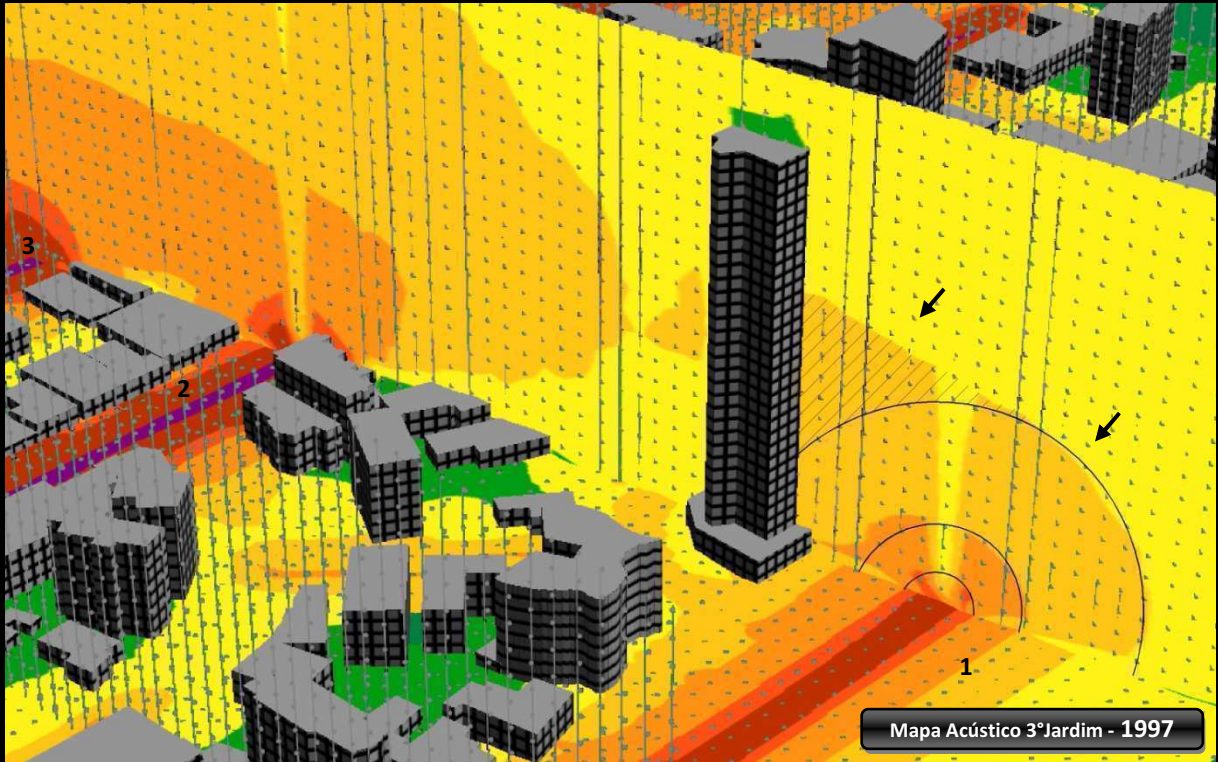
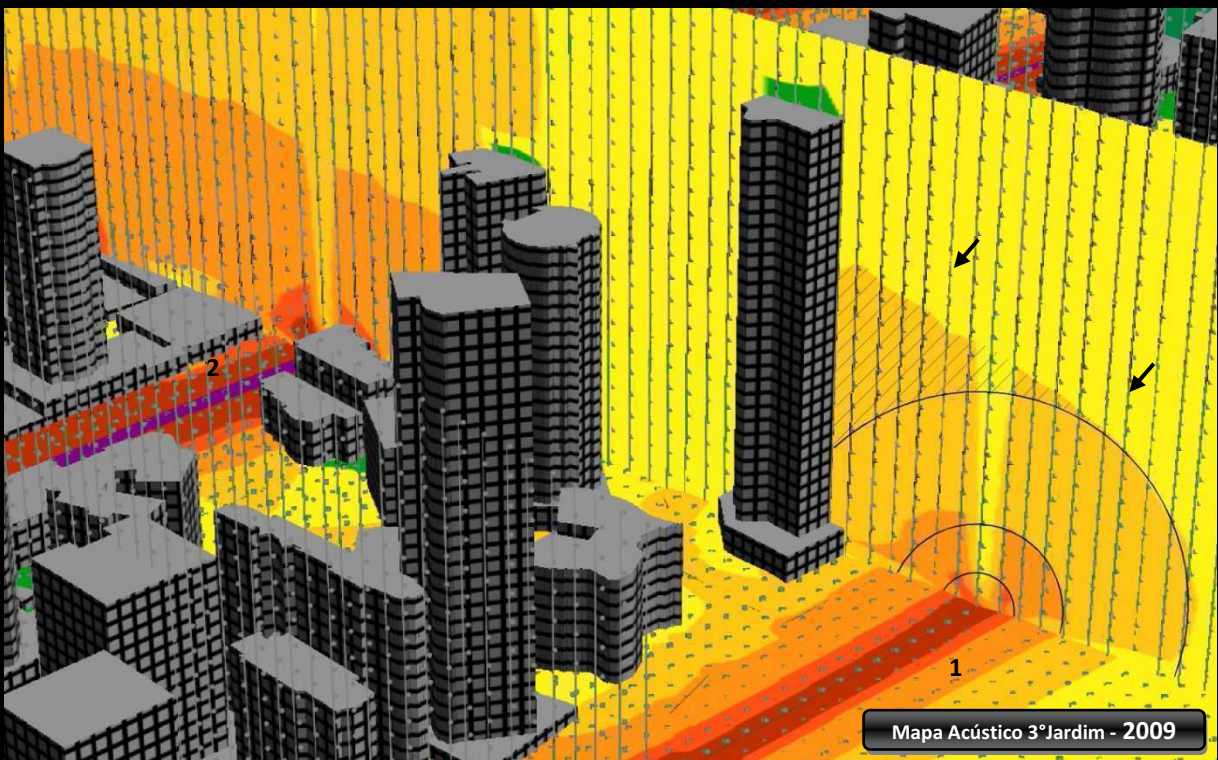


Figura 5.17 – Secção Vertical 2 – Idem.

Legendas

Faixas L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.18 – Secção Vertical 2 – Idem.



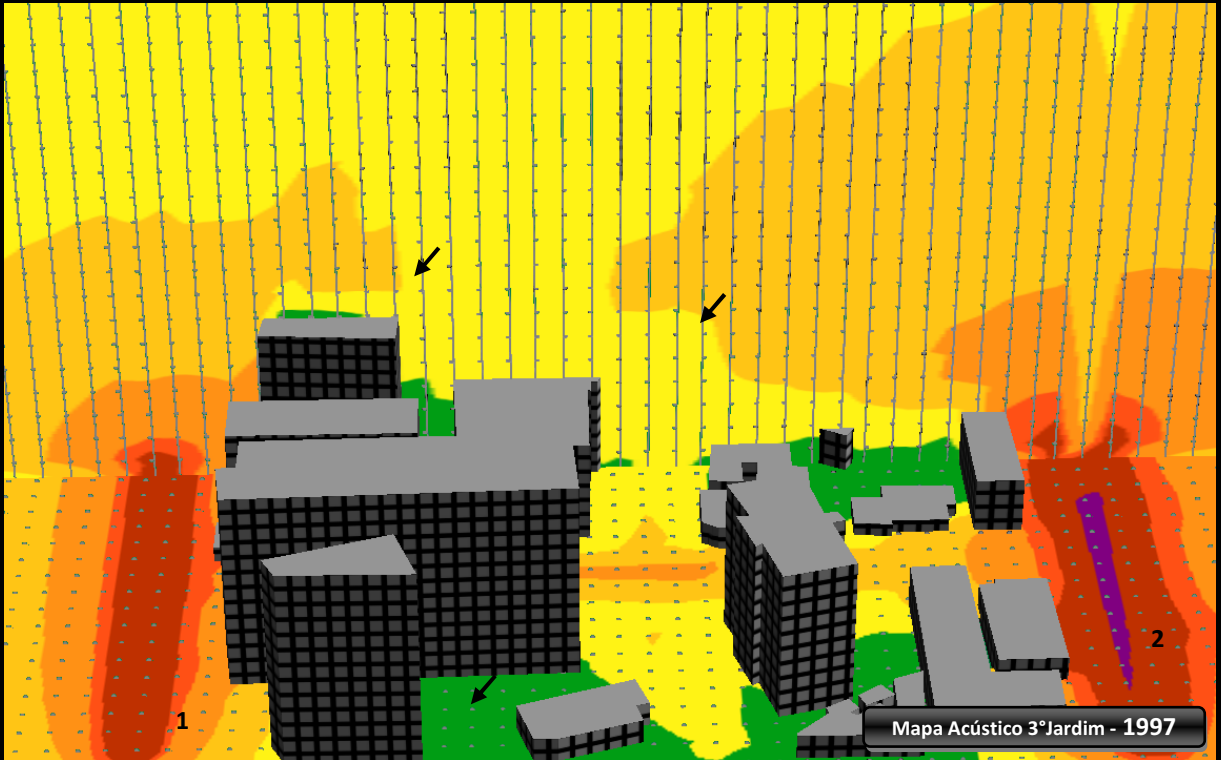
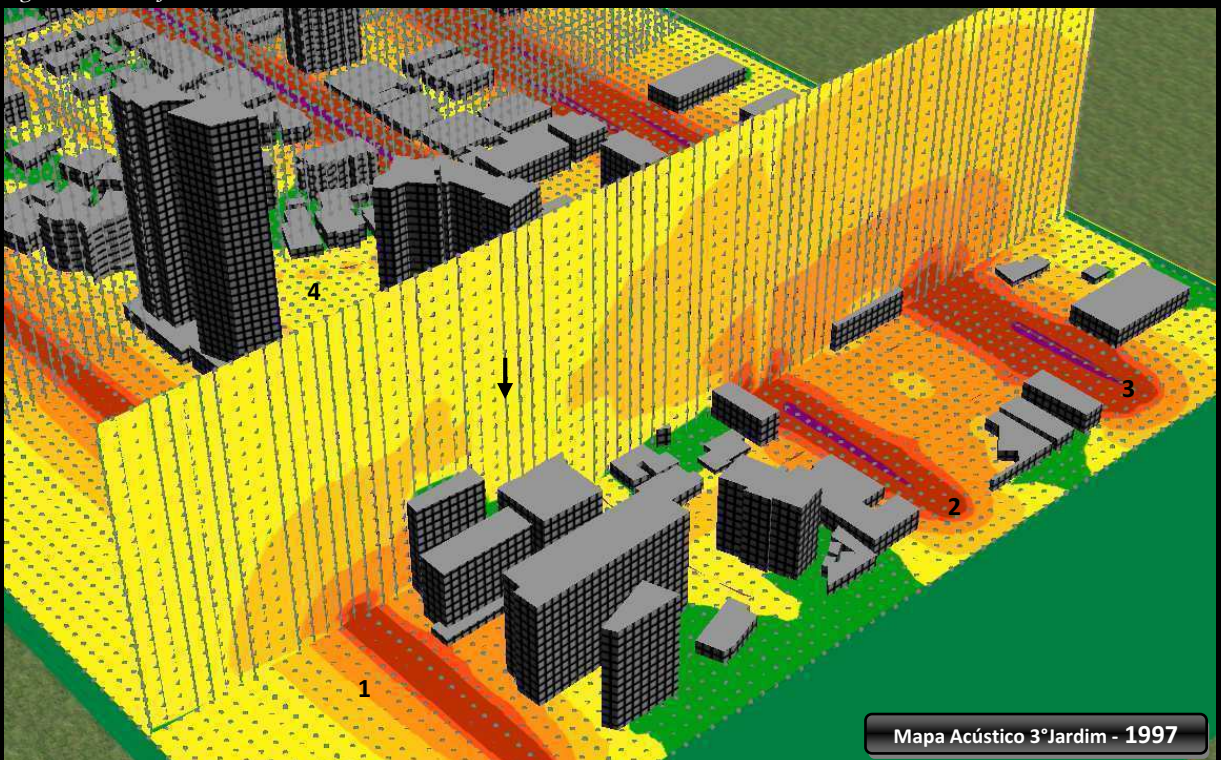


Figura 5.19 – Seção Vertical 3 – As edificações só geram múltiplas reflexões a partir de suas fachadas expostas às fontes sonoras, transpondo estas fachadas, as edificações passam a atuar enquanto barreiras acústicas para a onda sonora, minimizando o ruído no interior das quadras, como indica-se no mapa acústico. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas

Faixas →	[Color gradient bar]						
L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.20 – Seção Vertical 3 – Idem.



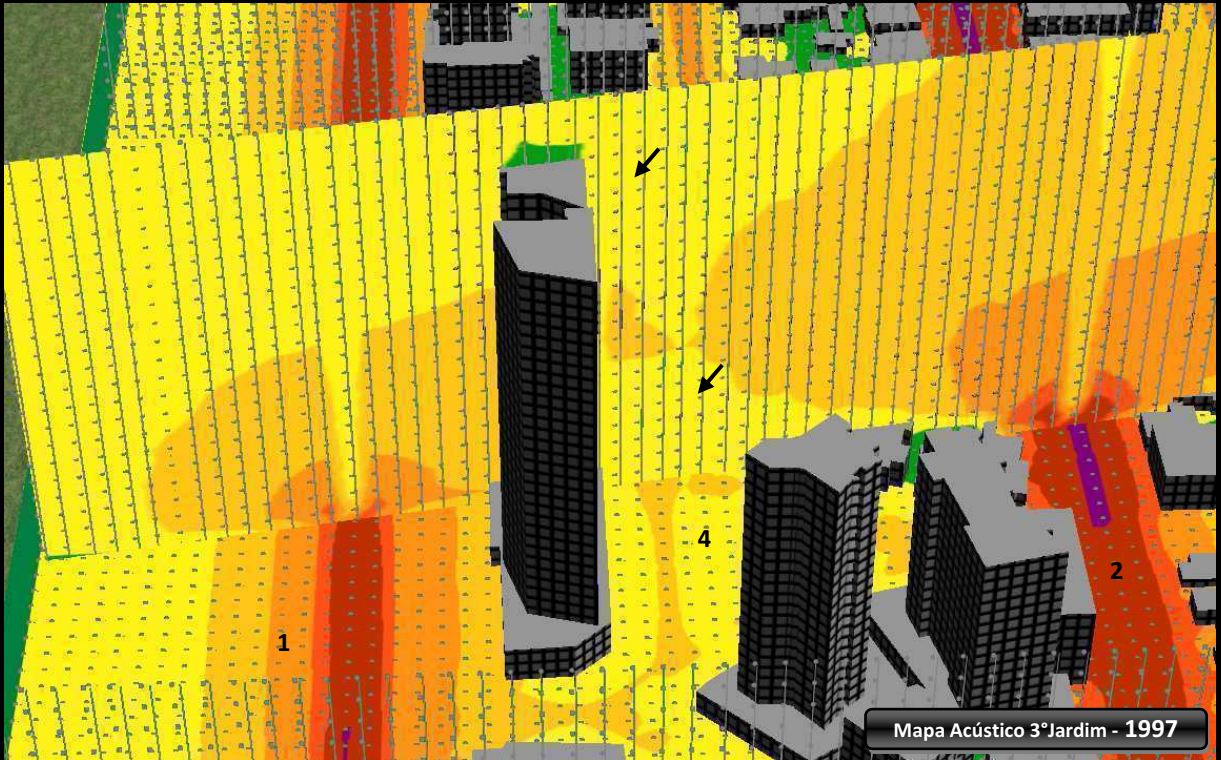
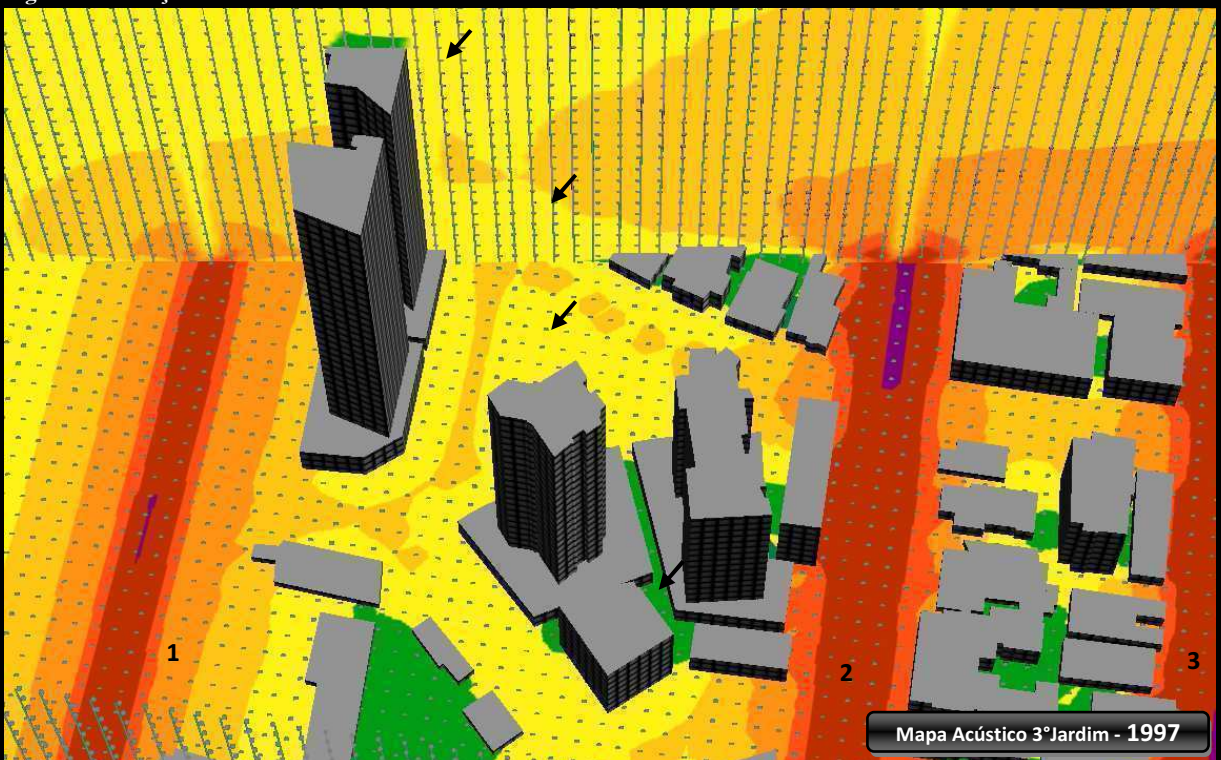


Figura 5.21 – Secção Vertical 2 – Idem.

Legendas

Faixas →	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.22 – Secção Vertical 2 – Idem.



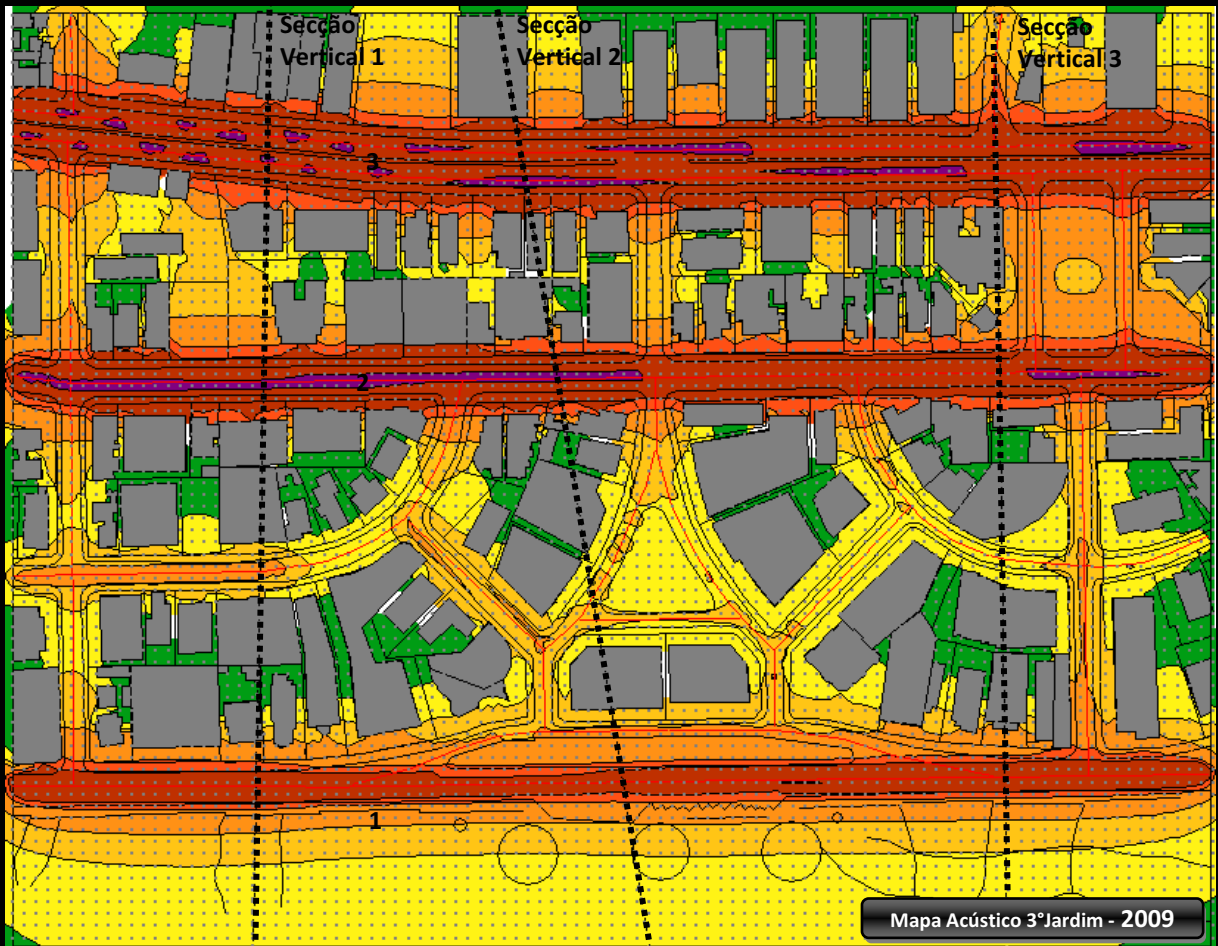


Figura 5.23 – Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim em 2009 e a locação das Seções Verticais 1, 2 e 3 – Em 2009 o adensamento das quadras diminuiu consideravelmente a presença de ilhas de sombra acústica. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →	0 a 62 dB(A) 62 a 68 dB(A) 68 a 72 dB(A) 72 a 76 dB(A) 76 a 78 dB(A) 78 a 84 dB(A) 84 a 100 dB(A)					
	L_{eq}						
	Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney		

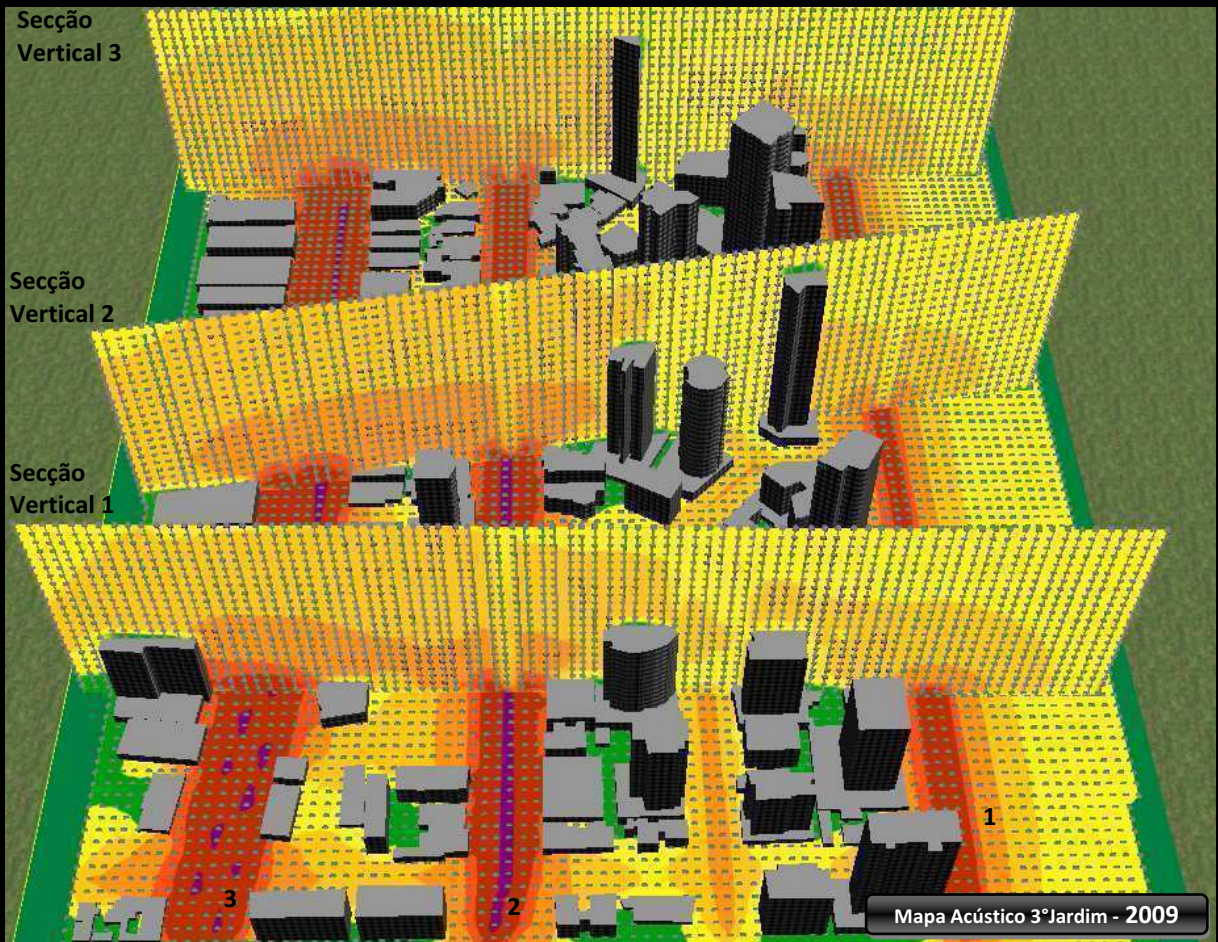


Figura 5.24 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem em 2009 e a localização das Seções Verticais 1, 2 e 3. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas \rightarrow						
	L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)
	Vias \rightarrow	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney		

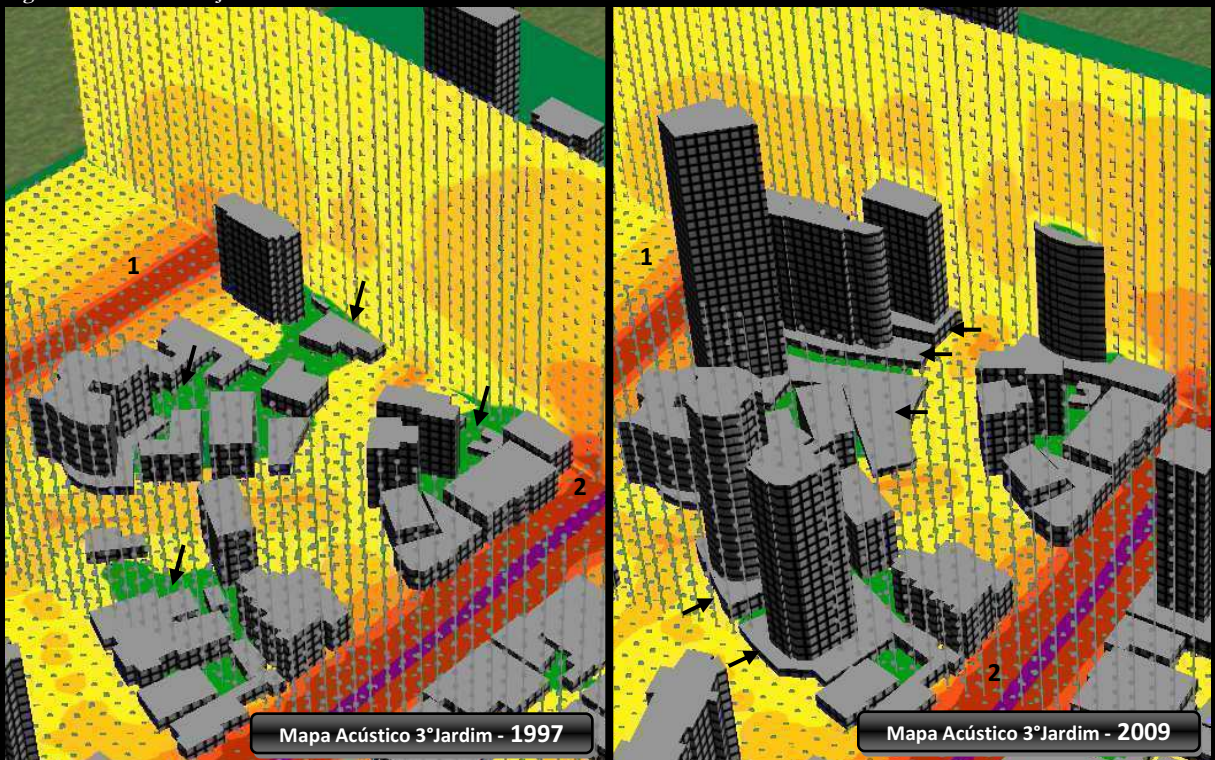


Figura 5.25 e 5.26 – Seção Vertical 1 – As ilhas de sombra em 1997 favoreciam as residências unifamiliares e multifamiliares de gabarito baixo existentes que se situavam em seus interiores. Em 2009 estas ilhas foram praticamente suprimidas pela presença de pavimentos destinados as garagens das novas edificações verticais de gabarito alto, como ilustram as setas em preto. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas

Faixas L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.27 e 5.28 – Seção Vertical 1 – Idem.



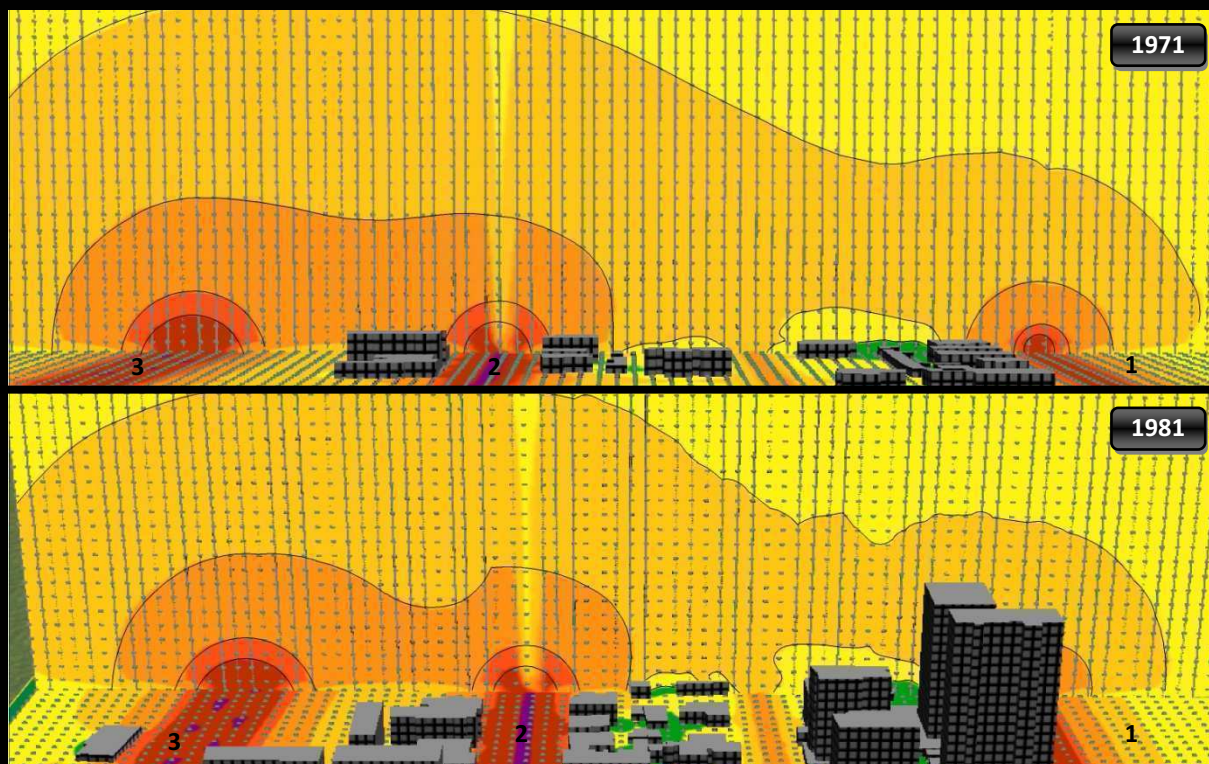
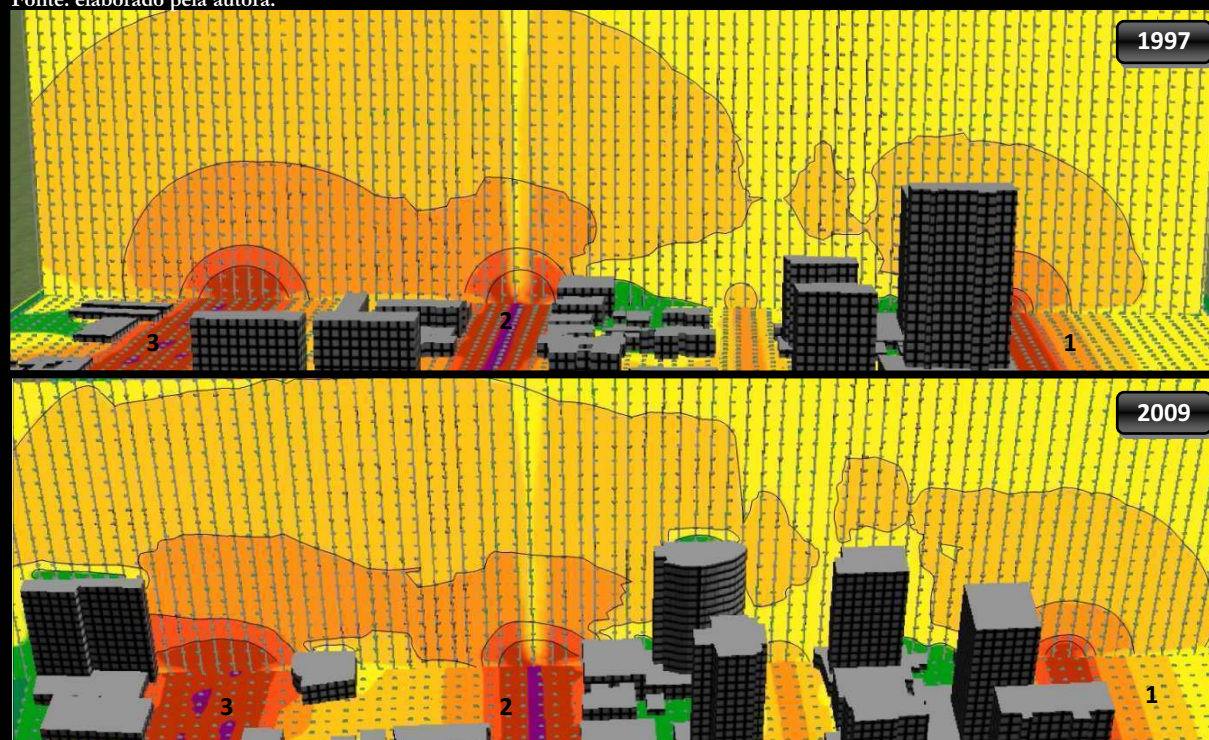


Figura 5.29 e 5.30 – Seção Vertical 1 – O contorno preto ilustra a modificação da propagação das ondas sonoras a partir da influência do aumento da densidade das quadras e verticalização das edificações. Em 1971, a característica predominante assemelha-se a propagação em campo livre. Já em 1981, percebem-se irregularidades no contorno devido a reflexões da onda sonora nas edificações. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas

Faixas L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
Vias	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.31 e 5.32 – Seção Vertical 1 – 1997 apresentou o melhor comportamento acústico entre os mapas elaborados, ou seja, com os menores níveis de pressão sonora. Nesta data as edificações atuaram mais enquanto barreiras acústicas do que como objetos reflexivos da onda sonora. Já em 2009, o aumento do adensamento e da verticalização possibilitou o excesso de múltiplas reflexões nas fachadas das edificações, como delinea o contorno extremamente irregular da propagação sonora ilustrado na imagem abaixo. Fonte: elaborado pela autora.



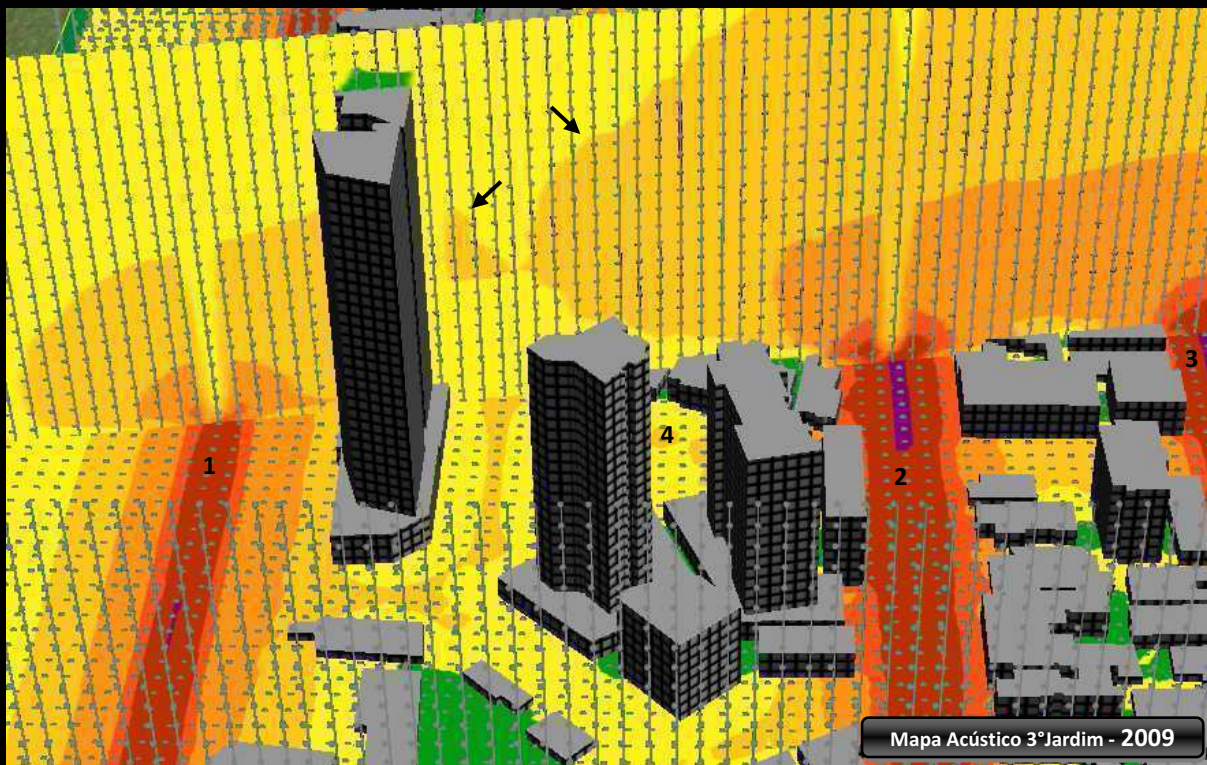
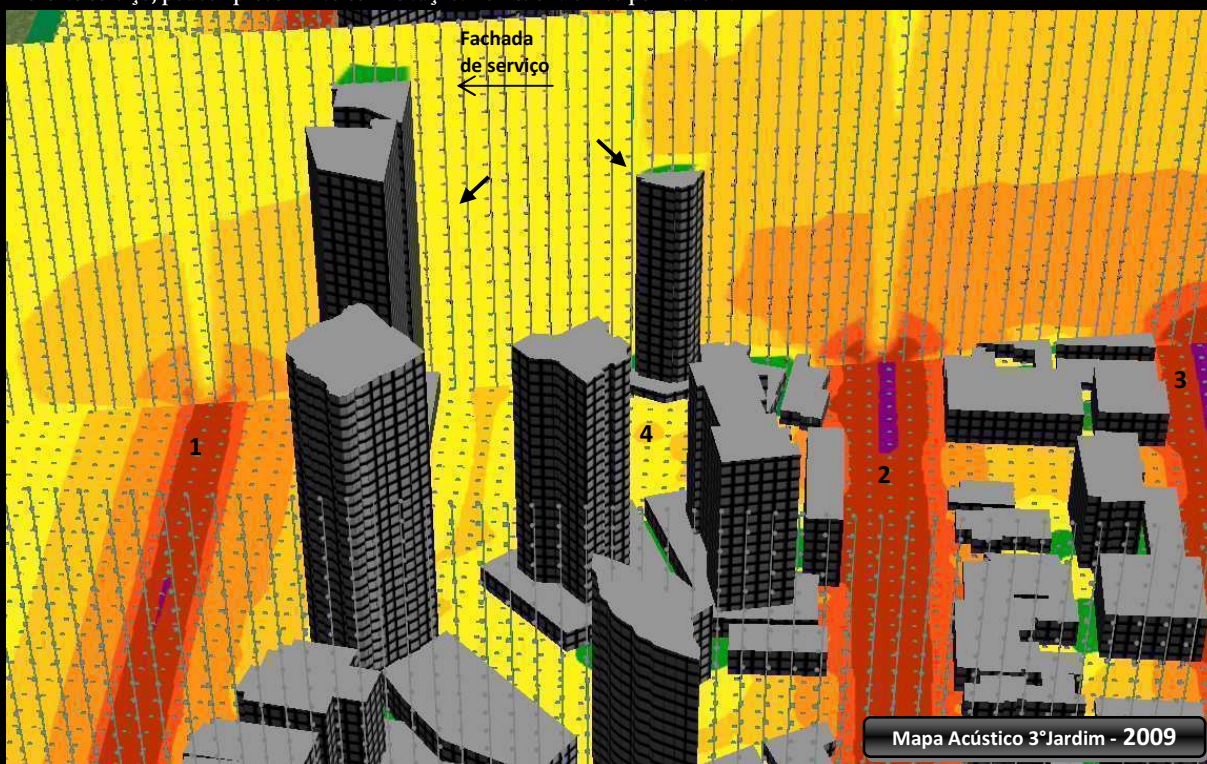


Figura 5.33 – Seção Vertical 2 – Apesar de proporcionar um aumento no nível de pressão sonora equivalente em 2009, o adensamento e verticalização das edificações também trouxeram benefícios pontuais: na praça Walt Disney, como ilustram as imagens, as edificações atuaram como barreiras acústicas reduzindo, em relação a 1997, o nível de pressão sonora equivalente que atinge as edificações de seu entorno. Contudo...



Figura 5.34 – Seção Vertical 2 – ... as fachadas voltadas para esta redução de nível de pressão sonora equivalente são fachadas das áreas de serviço, pouco aproveitando esta redução. Fonte: elaborado pela autora.



Esta verificação é apoiada pelos resultados apresentados nos mapas acústicos da **situação hipotética futura** para a configuração da forma urbana do 3º Jardim. Nos mapas desta simulação as edificações de gabarito médio a alto identificadas em 2009 permaneceram inalteradas, enquanto as de gabarito baixo foram substituídas por edificações hipotéticas que utilizem ao máximo o potencial construtivo permitido pela legislação municipal vigente⁸.

Esta situação hipotética da forma urbana gerou quadras extremamente adensadas e pouco permeáveis à propagação sonora. A concentração de edificações de gabarito alto, bem mais excessiva do que em 2009, intensificou as reflexões da onda sonora, aumentando o nível de pressão sonora apresentado pelo 3º Jardim, piorando o comportamento acústico da situação hipotética futura do 3º Jardim de Boa Viagem tanto em relação ao seu comportamento atual, quanto em relação às outras datas pesquisadas (*Figura 5.34*).

Tal piora no comportamento acústico da situação hipotética futura arremata outro indício identificado também no mapa acústico de 2009: o adensamento das quadras, tanto pela quantidade de edificações, quanto pelo modo de implantação, gerou uma diminuição da permeabilidade acústica, e, a crescente verticalização das edificações, gerou aumento do número de reflexões, por conseguinte, aumento no nível de pressão sonora do 3º Jardim. Assim, conclui-se que a mudança ocorrida na forma urbana, quando esteve associada ao adensamento e a verticalização nos anos de 2009 e na situação hipotética futura, intensificou os fenômenos acústicos ocorridos no meio urbano do 3º Jardim de Boa Viagem (*Figuras 5.36 a 5.38*).

Neste sentido, a situação hipotética futura apresentou o pior comportamento acústico entre os mapas elaborados, sendo seguido de perto pelo mapa acústico atual (2009), enquanto o melhor comportamento acústico a partir das mudanças cronológicas da forma urbana foi apresentado pelo mapa de 1997. Este comportamento pode ser identificado tanto analisando as faixas em graduação de cores apresentados pelo conjunto de mapas acústicos investigados (*Figura 5.39*), quanto analisando a performance de alguns pontos específicos dos mapas acústicos produzidos. (*Figuras 5.40 e 5.41*).

Assim, considerando os mapas elaborados, foi em 1997 que a configuração da forma urbana do 3º Jardim parece ter atingido o equilíbrio entre a densidade das quadras, incluindo sua relação

⁸ Lei 16.176/96 de 9 de Abril de 1996 – Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife – LUOS (RECIFE, 1996b) e a Lei 16.292 de 29 de Janeiro de 1997 – Edificações e Instalações na Cidade do Recife (RECIFE, 1997).

com os espaços livres destinados a quintais e jardins no interior dos lotes, e a verticalização das edificações. Ou seja, em 1997 a interação entre o adensamento e a verticalização da forma urbana atuou no *meio* de propagação da onda sonora de modo a beneficiar o comportamento acústico do 3º Jardim⁹. Já em 2009, este equilíbrio identificado evanesceu e o adensamento e a verticalização passaram a atuar de maneira prejudicial ao seu comportamento acústico, através de múltiplas reflexões e do aumento do nível de pressão sonora¹⁰.

O resultado encontrado sugere que nem sempre o adensamento e a verticalização devem ser entendidos como prejudiciais ao comportamento da acústica urbana de um determinado local. Ao contrário, devem ser entendidos dentro de um contexto urbano específico, levando em consideração suas características singulares, e compreendendo que estas particularidades podem tanto ser benéficas quanto prejudiciais ao comportamento acústico.

Finalmente, em torno da discussão decorrida ao longo deste item, os mapas acústicos elaborados pela presente pesquisa nos anos de 1971, 1981, 1997 e 2009, além da situação hipotética futura, apresentaram evidências substanciais de que o comportamento da acústica urbana do 3º Jardim de Boa Viagem está intimamente relacionado às modificações ocorridas em sua forma urbana enquanto meio de propagação sonora.

5.2 Comportamento Acústico do 3º Jardim de Boa Viagem em relação ao Código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife, à “Lei do Silêncio” e a outras Entidades Normativas

Versar sobre o comportamento acústico significou, até o momento, analisar os mapas acústicos elaborados comparando seus comportamentos entre si, tendo em vista a compreensão deste comportamento a partir das modificações cronológicas ocorridas na forma urbana do 3º Jardim de Boa Viagem.

Isto posto, neste item, ao invés de comparar os mapas entre si, será feita uma comparação dos níveis de pressão sonora identificados nos mapas elaborados em relação aos níveis máximos de pressão sonora permitidos pela legislação municipal vigente e por outras entidades normativas.

9 Conforme discutido anteriormente ainda neste capítulo.

10 Idem.

Vale ressaltar que o único modelo que representa a realidade existente do sistema *fonte – meio – receptor* no 3º Jardim, é o mapa acústico atual (2009), enquanto os mapas das datas remotas foram elaborados considerando a mesma fonte sonora atual a fim de verificar o comportamento acústico a partir da modificação cronológica da forma urbana, não representando a realidade acústica daquelas datas, apenas a realidade de suas formas urbanas.

Apesar disso, uma vez que os resultados encontrados por esta investigação sugerem que o comportamento da acústica urbana do 3º Jardim de Boa Viagem está intimamente relacionado às modificações ocorridas em sua forma, a comparação destes mapas em datas remotas com a legislação municipal recifense é pertinente por permitir analisar se alguma daquelas determinadas configurações da forma urbana das datas remotas tornariam o comportamento acústico do 3º Jardim aceitáveis ou inaceitáveis em relação aos padrões legais da cidade do Recife, e ainda, em relação a outras entidades normativas.

Assim sendo, alguns comentários quanto à legislação municipal vigente que regula e administra os níveis de pressão sonora no 3º Jardim de Boa Viagem, a Lei nº 16.243 de 13 de setembro de 1996 – Código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife, merecem ser discutidos.

Sobre os limites máximos de pressão sonora o Código estabelece:

Art. 51 - Ficam estabelecidos os seguintes limites máximos permissíveis de ruídos:

10 dB - A (dez decibéis na curva “A”) medidos dentro dos limites da propriedade onde se dá o incômodo, acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego;

70 dB - A (setenta decibéis na curva “A”) **durante o dia**, das seis às dezoito horas, e 60 dB - A (sessenta decibéis na curva “A”) durante a noite, das dezoito às seis horas da manhã, medidos dentro dos limites da propriedade onde se dá o incômodo, independentemente do ruído de fundo;

55 dB - A (cinquenta e cinco decibéis na curva “A”) **durante o dia**, das seis às dezoito horas, e 45 dB - A (quarenta e cinco decibéis na curva “A”) durante a noite, das dezoito às seis horas da manhã, medidos dentro dos limites da propriedade onde se dá o incômodo, independentemente do ruído de fundo, quando o incômodo atingir **escola, creche, biblioteca pública, cemitério, hospital, ambulatório, casa de saúde ou similar**. (RECIFE, 1996a, p. 23, grifo da autora).

De acordo com este artigo, grande parte do 3º Jardim de Boa Viagem, tanto na atualidade (2009) quanto na situação hipotética futura, está inserida em áreas com níveis de pressão sonora muito

acima do permitido para período diurno - até 70 dB(A) - sobretudo as Avenidas Boa Viagem, a Avenida Conselheiro Aguiar e da Avenida Domingos Ferreira e seu entorno imediato.

Já os mapas de 1971, 1981 e 1997 apresentam um melhor comportamento em relação aos limites estabelecidos pela legislação recifense com grande parte do 3º Jardim inserido em áreas com níveis de pressão sonora predominantemente igual ou abaixo do permitido, sendo o mapa acústico de 1997 o de melhor comportamento. A Avenida Boa Viagem, a Avenida Conselheiro Aguiar e a Avenida Domingos Ferreira continuaram apresentando níveis acima do permitido, o que era esperado, já que as fontes sonoras destas vias são as mesmas para todos os mapas elaborados¹¹.

Embora o mapa acústico com melhor comportamento entre os mapas elaborados por esta investigação - o de 1997 - apresentar predominantemente níveis sonoros recomendados pela legislação recifense, o mesmo comportamento não ocorreu ao compará-lo a outras referências de recomendação para níveis de pressão sonora de outras entidades normativas, tais como a ABNT (ABNT, 2000), a ISO R 1996 (SINGAL, 2005) e as recomendações da WHO (BERGLUND *et al.*, 1999).

Isto ocorre devido aos limites de pressão sonora permitidos pela legislação recifense que estão de 15 a 20 dB(A) acima do recomendado pela ABNT, pela WHO e pela ISO, tornando o comportamento acústico da maior parte dos mapas elaborados insatisfatório ao serem analisados sob os parâmetros destas recomendações (*Figura 5.42*).

Além de apresentar um nível permitido de pressão sonora muito acima do recomendado, o Código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife estabelece de modo generalista os limites máximos permitidos, considerando apenas a interferência nas atividades realizadas nas edificações próximas ao incômodo gerado pelo ruído - como creches, escolas, hospitais, etc - sem considerar as peculiaridades de ocupação predominante da área urbana onde este ruído é gerado, ou seja, se é predominantemente residencial, comercial, industrial, mista ou diversificada, etc.

Isto posto, o Código admite a interpretação de que, se no período diurno, o nível de pressão sonora de determinada fonte não atingir uma edificação contendo uma destas atividades

11 Conforme discutido no capítulo 3 *Considerações Metodológicas*.

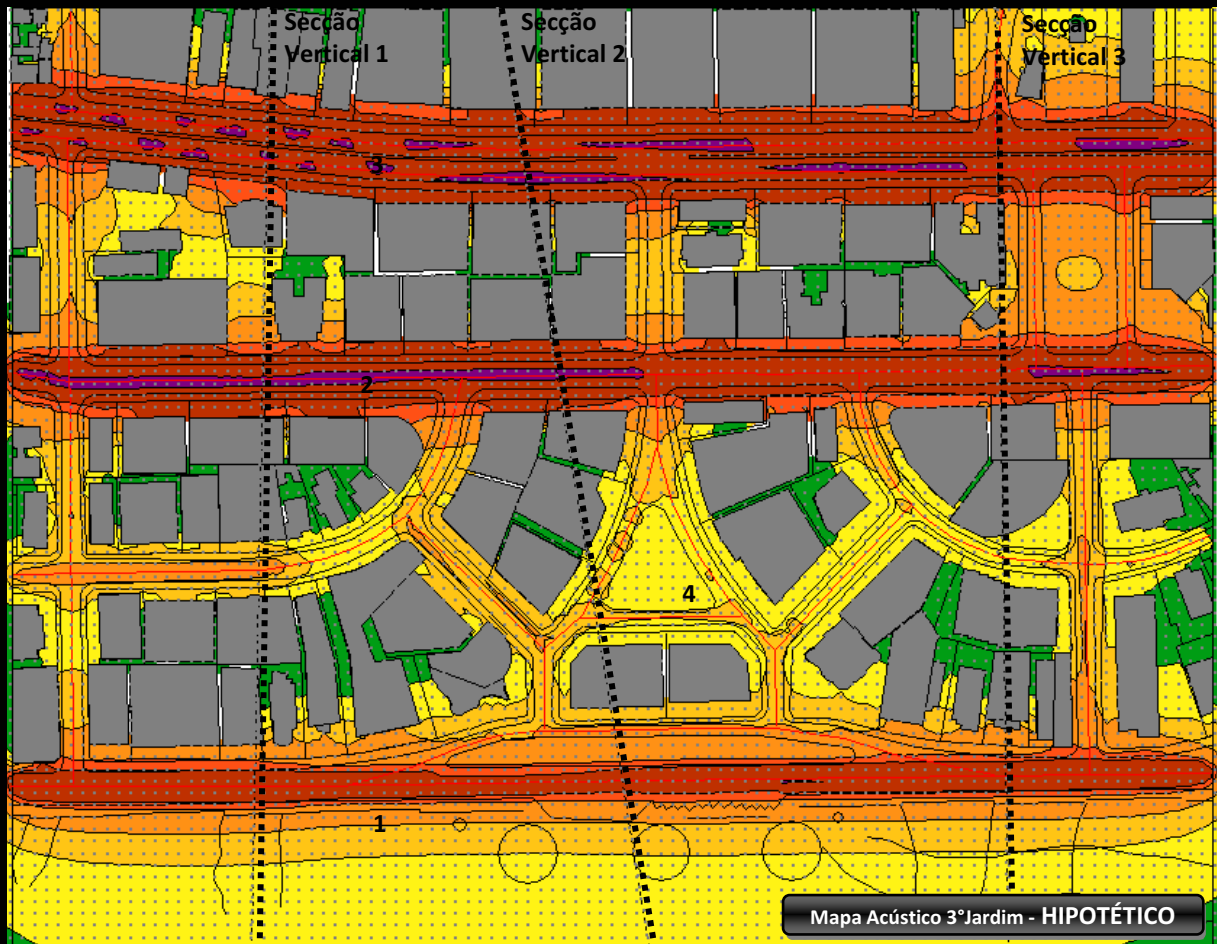


Figura 5.35– Planta Baixa – Comportamento acústico geral do 3º Jardim na situação hipotética futura e a localização das Seções Verticais 1, 2 e 3 – A situação hipotética futura apresenta quadras muito mais adensadas do que nos anos anteriores, reduzindo ainda mais a presença de ilhas de sombra. O pavimento representado no mapa é o destinado às garagens, que ocupam praticamente todo o lote. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →						
	L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

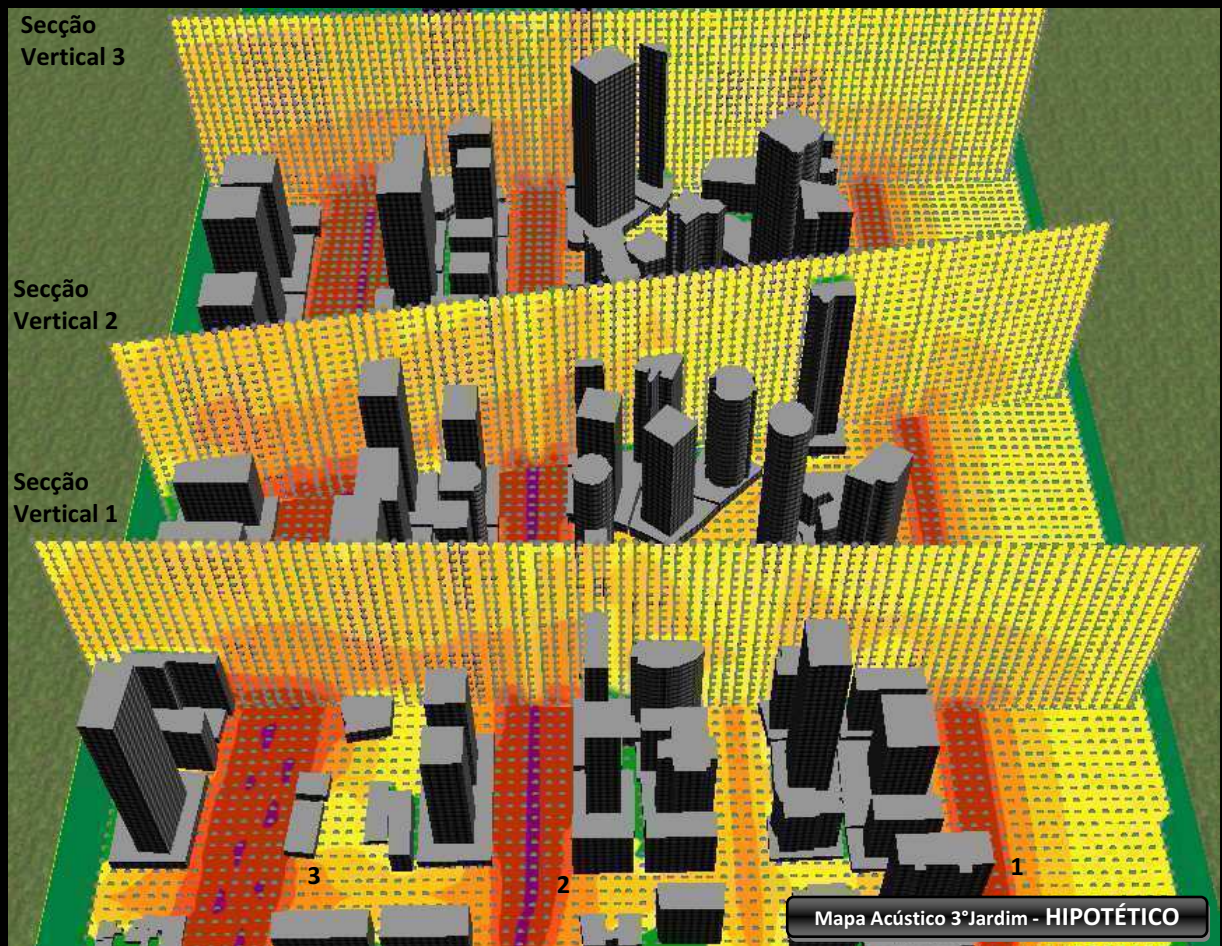


Figura 5.36 – Mapa acústico geral do 3º Jardim de Boa Viagem na situação hipotética futura e a localização das Seções Verticais 1, 2 e 3. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas →	0 a 62 dB(A) 62 a 68 dB(A) 68 a 72 dB(A) 72 a 76 dB(A) 76 a 78 dB(A) 78 a 84 dB(A) 84 a 100 dB(A)						
	L_{eq}							
	Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

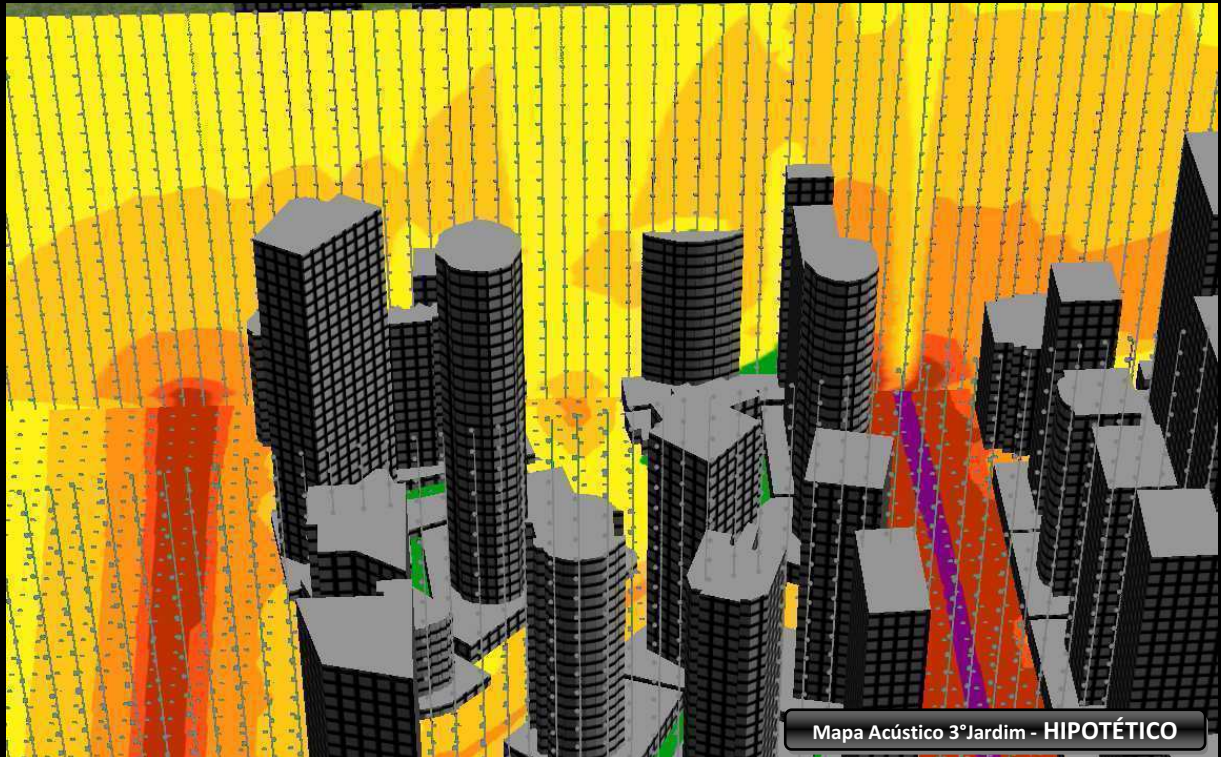
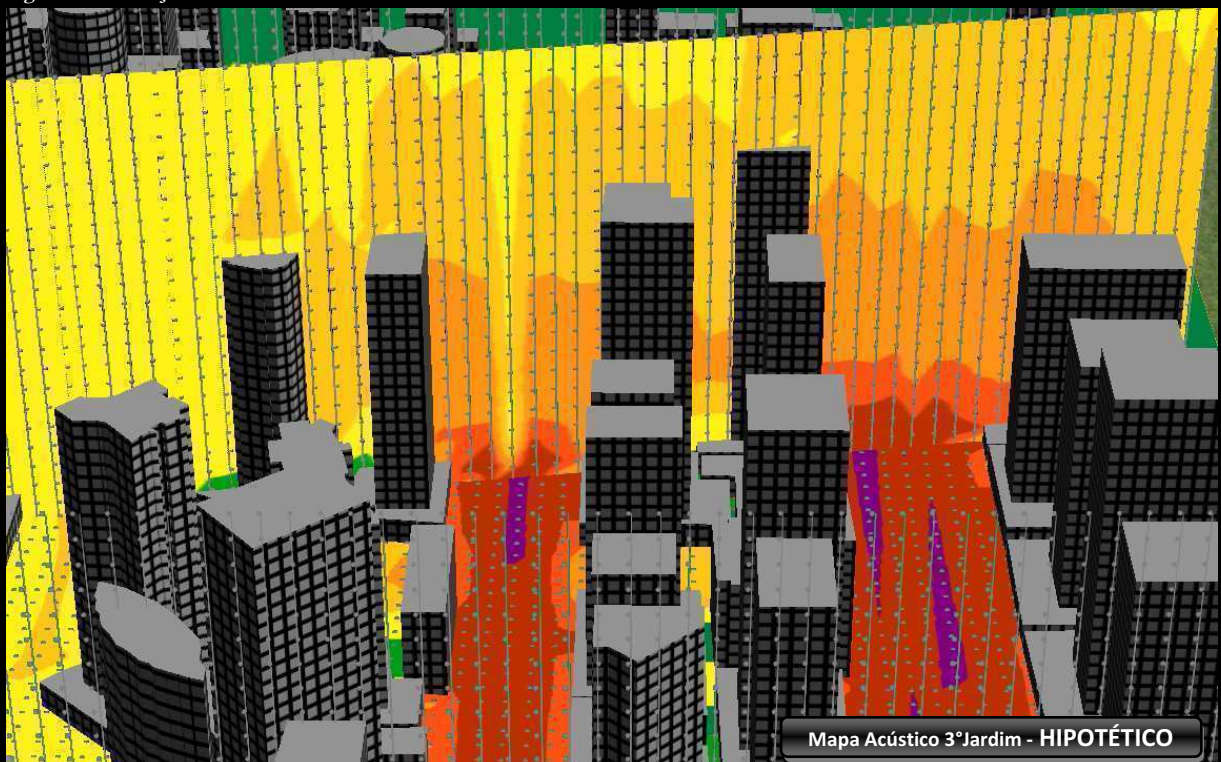


Figura 5.37 – Secção Vertical 1 – A transformação da forma urbana tanto na situação hipotética, como ilustram as imagens, quanto em 2009, quando esteve associada ao adensamento e a verticalização intensificou os fenômenos acústicos ocorridos no meio urbano do 3º Jardim de Boa Viagem. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas L_{eq} →	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
	Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.38 – Secção Vertical 2 – Idem.



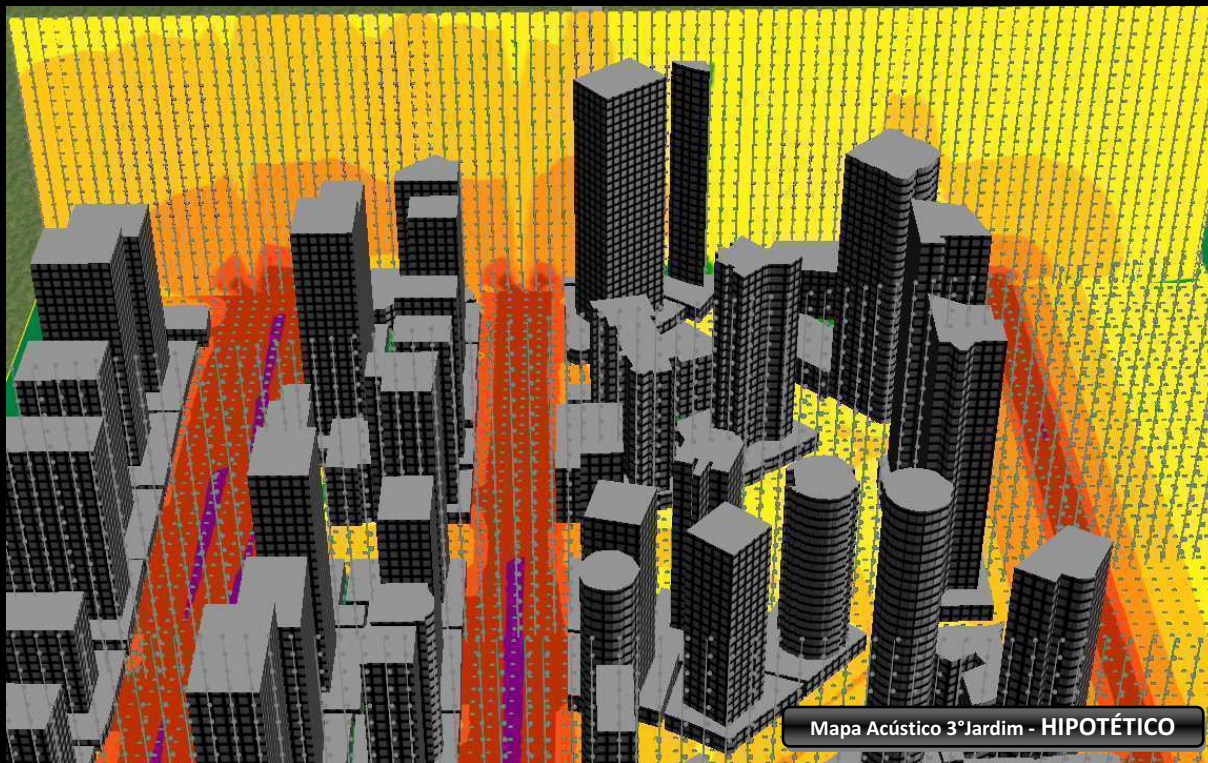
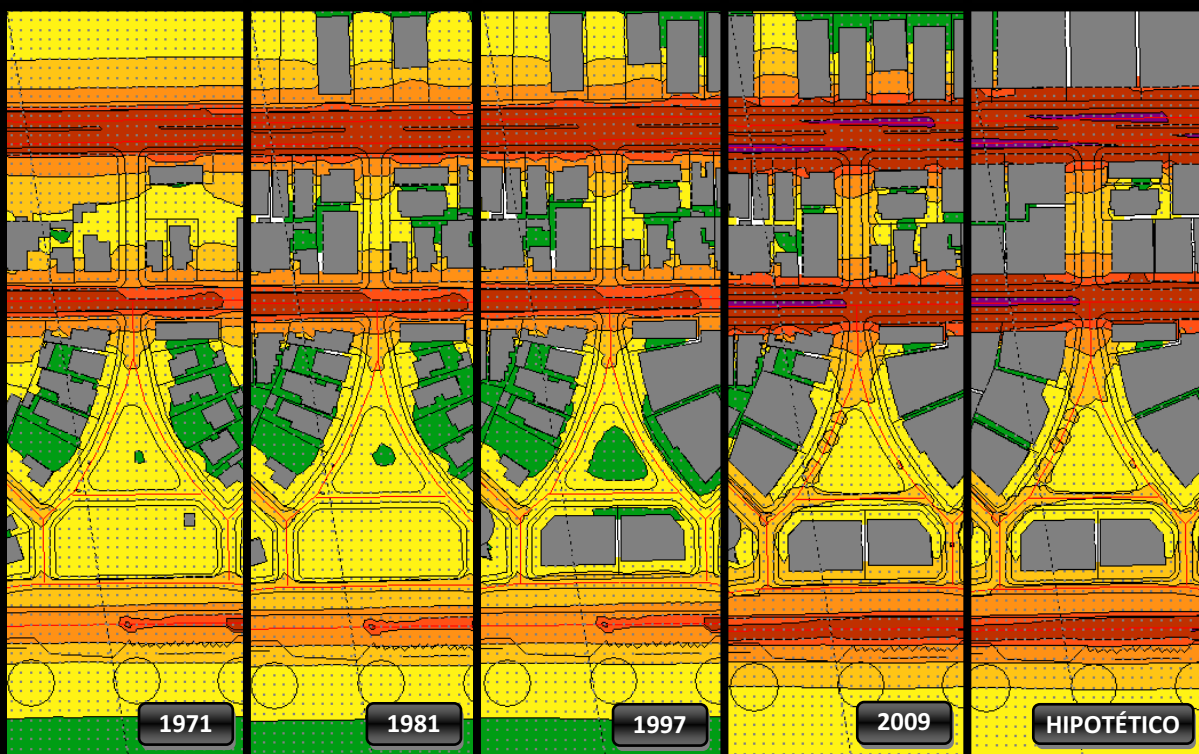


Figura 5.39 – Secção Vertical 3 – Idem.



Figura 5.40 – Plantas Baixas – A situação hipotética futura, seguida de perto pelo mapa de 2009, apresentou o pior comportamento acústico do 3º Jardim, e o mapa de 1997 apresentou o melhor, entre os mapas elaborados nesta pesquisa conforme ilustra a síntese abaixo. Fonte: elaborado pela autora.



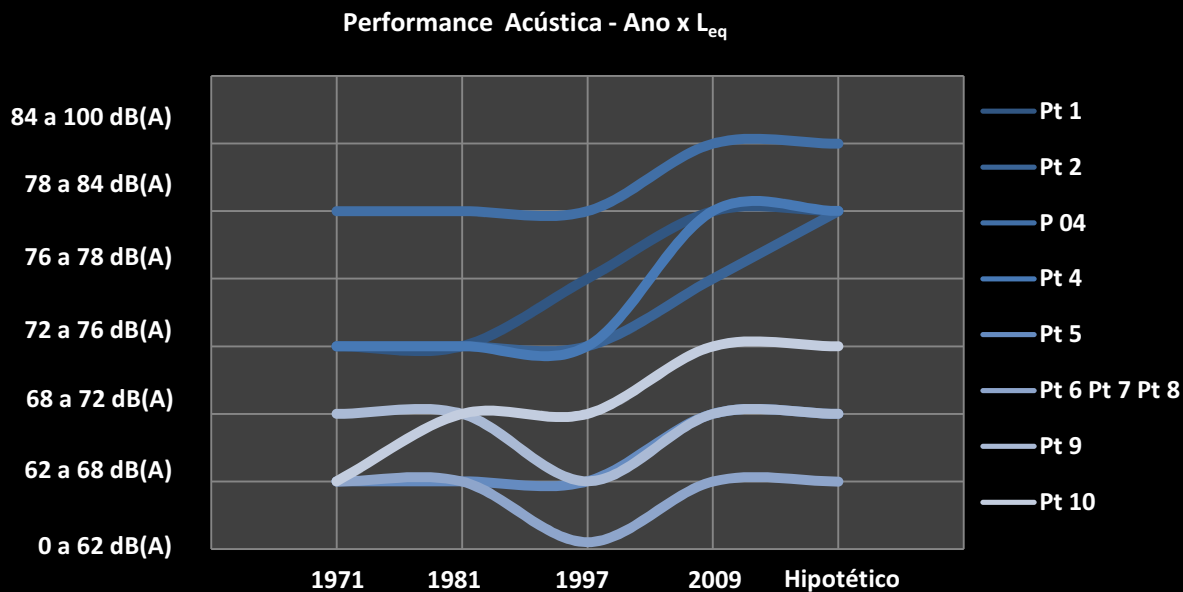
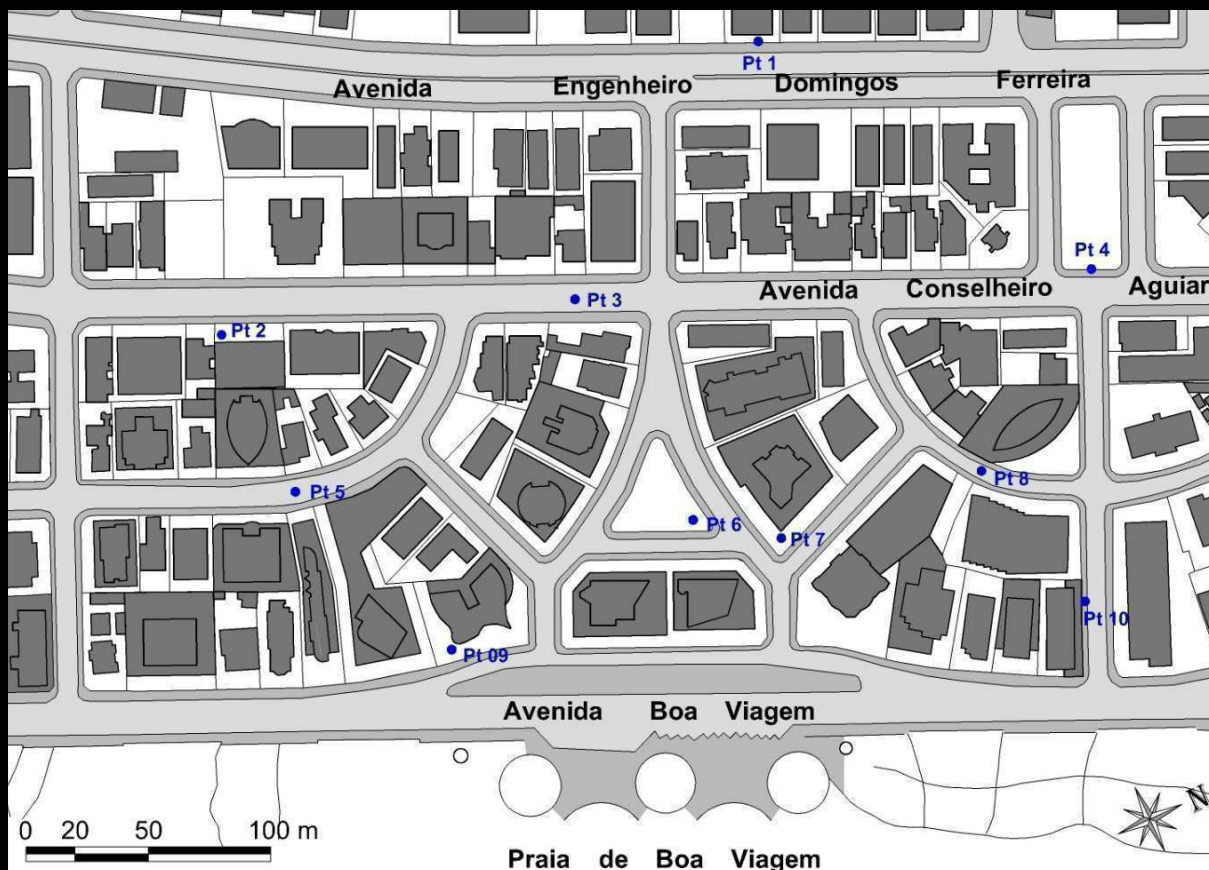


Figura 5.41 – Gráfico da performance acústica considerando o ano x o nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) – Uma vez que todos os mapas acústicos tenham sido elaborados, escolheu-se, nestes mapas, pontos aleatórios (Figura 5.41) para a comparação dos níveis de pressão sonora, destes pontos escolhidos, entre todas as datas estudadas, 1971, 1981, 1997, 2009 e da situação hipotética futura. O Gráfico apresenta as variações de níveis de pressão sonora destes pontos. Em 1997, as quedas das curvas de variação do gráfico corroboram com a tendência apresentada nos mapas acústicos desta data apresentar o melhor comportamento acústico entre os mapas elaborados por esta pesquisa. Fonte: elaborado pela autora.

Figura 5.42 – Locação dos pontos utilizados para elaboração do gráfico de performance acústica. Fonte: elaborado pela autora.



especificadas, em *todo* o restante da cidade do Recife são toleráveis níveis de pressão sonora de até 70 dB(A), nível considerado elevado para o meio urbano predominantemente residencial, como é o caso do 3º Jardim (ABNT, 2000; SINGAL, 2005; BERGLUND *et al.*, 1999).

Do mesmo modo, a regulamentação estadual por meio da “Lei do Silêncio” (PERNAMBUCO, 2005) também está distante dos níveis de pressão sonora recomendados pela ABNT, pela WHO e pela ISO (Figura 5.42). No entanto, a lei estadual apresenta certo avanço em relação à municipal, ao associar os níveis de pressão sonora ao tipo de ocupação predominante da região, estabelecendo-as como sendo áreas *residenciais*, com limite instituído em até 65 dB(A) para o período diurno, ou *diversificadas*, com limite diurno de até 75 dB(A).

Ocorre que, independentemente da legislação municipal ou estadual indicar certa tolerância aos elevados níveis de pressão sonora, ainda sim, o mapa acústico de 2009 - que representa a realidade atual dos níveis de pressão sonora do 3º Jardim de Boa Viagem - apresentou um comportamento acústico insatisfatório para ambas as leis, com grande parte de sua área inserida em regiões com níveis de pressão sonora acima do permitido. Dito em outras palavras, grande parte do 3º Jardim de Boa Viagem apresenta na atualidade elevados níveis de poluição sonora gerada pelo ruído urbano.

Diante disso, nos parágrafos seguintes discutem-se as possíveis conseqüências que a ausência de ações para reverter este quadro no 3º Jardim pode gerar, bem como, que ações podem ser realizadas para evitar sua piora e melhorar seu comportamento acústico.

5.3 Ausência de Ações *versus* Presença de Ações: em Busca de um Melhor Comportamento Acústico para o 3º Jardim de Boa Viagem

Caso nenhuma ação para a redução dos níveis de ruído do 3º Jardim seja realizada, é bastante provável que a médio e longo prazo estes níveis tornem-se ainda mais nocivos aos seus receptores, implicando em uma série de conseqüências fisiológicas, psicológicas¹², e, até econômicas¹³, entre outras possíveis.

12 Discutidas no capítulo 2 *Forma e Acústica Urbanas*, tais como implicações prejudiciais no sistema circulatório e hormonal, perda gradativa da audição, distúrbios de sono, estresse, irritabilidade, neuroses, desconforto e dificuldade de aprendizado entre outros danos.

13 Considerando que um ambiente urbano altamente poluído sonoramente pode, por exemplo, desvalorizar o valor de mercado dos imóveis, tornar a área menos atrativa para instalação de atividades comerciais, etc.

Uma vez que a análise do comportamento acústico a partir das modificações da forma urbana já foi tecida, e, diante da oportunidade de pesquisa da realização de novas predições acústicas, neste item, elaborou-se um mapa de predição acústica simulando um hipotético aumento futuro no fluxo de veículos, tendo como referência para sua execução o mapa acústico atual (2009) do 3º Jardim de Boa Viagem.

Foram mantidas as mesmas configurações atuais da forma urbana, mas foi inserido o dobro do número de veículos apresentados em 2009, tanto leves quanto pesados, com uma menor velocidade média, pois uma quantidade maior de veículos levaria espontaneamente a uma redução em suas velocidades desenvolvidas.

Os resultados encontrados neste mapa acústico chegaram a apresentar, em algumas vias principais, níveis de pressão sonora de 84 a 100 dB(A), ou seja, um grau de poluição sonora alarmante para o 3º Jardim de Boa Viagem, ultrapassando em aproximadamente 30% os níveis permitidos pela legislação municipal recifense e em quase 50% os níveis recomendados pela NBR 10.151 (ABNT, 2000), pela ISO R 1996 (SINGAL, 2005) e pela WHO (BERGLUND *et al.*, 1999) (*Figuras 5.43 a 5.47*).

A partir deste panorama de elevados níveis de poluição sonora destaca-se que a elaboração deste mapa de predição acústica não levou em consideração as possíveis modificações futuras que podem ocorrer na forma urbana do 3º Jardim, levando a crer que o resultado obtido poderia ter sido ainda pior do que o apresentado, já que esta investigação encontrou indícios que a verticalização e o adensamento, em certas situações, podem piorar o comportamento acústico de determinados locais, como aconteceu nos mapas acústicos de 1997 para 2009, e de 2009 para a situação hipotética futura de modificação em sua forma urbana.

Vale ressaltar ainda, que apesar de pouco provável que o número de veículos dobre nas próximas décadas como considerado nesta simulação - devido à tendência do planejamento urbano em desestimular o uso de transportes individuais e reforçar o uso de transportes públicos coletivos mais eficientes, e, devido a outros fatores intangíveis, como a crises econômicas, por exemplo - sugere-se que este aumento no número de veículos pode ser possível, uma vez que esta duplicação já ocorreu na cidade do Recife no período de 1990 a 2009, onde o número total da frota de veículos passou de 203.608 unidades para 456.930 (DETRAN, 2009).

Deste modo, se é possível que além de apresentar níveis de pressão sonora insatisfatórios na atualidade, o comportamento acústico do 3º Jardim torne-se ainda pior, propõe-se a seguir uma série de ações que parecem indicar caminhos para reverter, ou evitar a piora, deste quadro.

Se o ruído urbano é considerado um sistema composto essencialmente pela *fonte sonora*, pelo *meio* de propagação e pelo *receptor* (LANG e BERANEK, 1992; ANDERSON e KURZE, 1992), ações mitigadoras nestas partes componentes do sistema podem levar à redução dos níveis de pressão sonora, e, por conseguinte, a um melhor comportamento acústico.

Em certos meios urbanos ações em determinadas partes deste sistema podem ser mais eficazes, ou mais prováveis de serem implantadas, do que outras: agir na *fonte* sonora e em seu *receptor* torna-se muito mais viável do que interferir em um *meio* urbano extremamente consolidado como é o do 3º Jardim, onde as ações seriam muito mais preventivas do que soluções imediatas.

Isto posto, percebe-se a relevância do entendimento do comportamento da acústica urbana diante das modificações que ocorrem ao longo dos anos na forma urbana, já que uma vez consolidadas, torna-se bem mais difícil, intervir favoravelmente ao comportamento acústico de determinado local a partir do *meio* de propagação da fonte sonora, restando essencialmente ações que previnam a futura piora deste comportamento.

Entre estas ações preventivas no *meio* urbano de propagação sonora sugere-se que a legislação municipal vigente para novas construções no 3º Jardim inclua considerações a respeito da acústica urbana desde a elaboração do projeto arquitetônico e/ou urbano, tais como:

- indicar quais os lotes lindeiros às principais vias geradoras de ruído podem ser ocupados com edificações verticais com gabarito alto – já que os resultados do presente estudo sugerem que verticalização e densidade, quando excessivas, também podem ser prejudiciais ao comportamento acústico – visando sua atuação mais como barreiras acústicas do que como objetos reflexivos;
- restringir o uso das atividades, das edificações lindeiras a vias geradoras de ruído, àquelas mais tolerantes ao ruído;
- regular o número de aberturas das edificações e tipos de espaços a serem voltados para as fontes geradoras de ruído, como caixas de escada, elevadores, áreas de serviço, que são menos suscetíveis ao ruído;

- orientar os projetistas destas edificações a privilegiar a implantação da edificação tirando partido das sombras acústicas existentes ou criadas pela própria edificação, etc.¹⁴.

Entre as três partes componentes do sistema *fonte – meio – receptor*, as ações mitigadoras de implantação mais rápidas são as que podem ser realizadas a partir da intervenção no *receptor*. Talvez estas ações possuam um tempo reduzido de implantação, por serem as únicas que demandam um esforço exclusivo do homem enquanto indivíduo – não estando sujeito a dependência de ações coletivas da sociedade ou do poder público, regulando, implantando e administrando estas ações. Individualmente, o receptor pode intervir em sua própria edificação, que na propagação sonora em meio urbano é quem atua como receptor.

No entanto, apesar de depender exclusivamente do indivíduo receptor, poucas são as ações que podem ser feitas para minimizar o ruído urbano em uma edificação já construída, além de serem onerosas, e, comumente, possuírem uma única finalidade possível: a máxima vedação em relação aos ruídos advindos do exterior.

Assim, para a ação contra os elevados níveis de pressão sonora no 3º Jardim a partir do *receptor*, sugere-se:

- a minimização da recepção dos ruídos provenientes do meio urbano através da instalação de sistemas de vedação mais eficientes nas edificações como, por exemplo, esquadrias de vidros múltiplos com diferentes espessuras e caixilhos vedados¹⁵;
- a instalação de forros nas varandas das edificações compostos por materiais com elevado coeficiente de absorção, minimizando as reflexões da onda sonora para o interior da residência (SOUZA, 2006).

Dos três componentes do sistema *fonte – meio – receptor*, a *fonte* sonora deveria ser a mais propícia para ações mitigadoras, pois possibilita a diminuição do nível de pressão sonora *antes* mesmo dele ser emitido (SINGAL, 2005). Contudo, em meio urbano, uma das principais fontes de ruído provém do tráfego de veículos (DINIZ, 2003; FRITSCH *et al.*, 2007; LACERDA *et al.*, 2005;

14 A inserção de barreiras acústicas também é uma maneira de intervenção no meio que pode minimizar elevados níveis de ruído. No entanto, estas barreiras são mais viáveis para minimizar o ruído de tráfego rodoviário, onde as margens destas rodovias apresentam situações que possibilitam sua inserção, o que não é o caso das vias principais do 3º Jardim de Boa Viagem, assim sendo, esta não foi considerada uma sugestão para melhora em seu comportamento acústico.

15 Naturalmente, estas são apenas sugestões gerais, e cada caso deve ser analisado individualmente, sendo planejadas ações direcionadas, como por exemplo, para que tipos de frequências se desejam minimizar, etc.

PAZ, 2004; ZANNIN *et al.*, 2003), fazendo com que o potencial de intervenção na fonte antes mesmo de sua emissão acabe sendo cerceado, em grande parte, por interesses econômicos das grandes indústrias automobilísticas.

A principal fonte de ruído identificada no 3º Jardim de Boa Viagem, também foi a do tráfego de veículos¹⁶, que provém essencialmente do sistema de propulsão do motor, do atrito entre o veículo e o ar (ruído aerodinâmico), do atrito entre o pneu e o piso, e da relação veículo/condutor e as configurações das vias em que ele está inserido (MURGEL, 2007; KINSLER *et al.*, 1982).

Deste modo, buscando indicar ações que estejam, em parte, desvinculadas às indústrias automobilísticas, e mais vinculadas às possíveis ações do poder público para o controle dos níveis de pressão sonora gerado pelo tráfego de veículos do 3º Jardim, sugere-se:

- a manutenção constante da pavimentação das vias de rodagem, minimizando o ruído proveniente de contatos abruptos entre os pneus dos veículos e possíveis falhas na pavimentação;
- a sincronização dos semáforos contínuos visando à diminuição do ruído gerado em baixas velocidades pela troca de marchas;
- o estabelecimento de um limite mais baixo de velocidade a fim de diminuir o ruído aerodinâmico;
- o incentivo fiscal à troca de veículos antigos, que tendem a gerar mais ruído com o desgaste natural do motor, por veículos mais novos;
- uma sistemática de fiscalização mais eficiente para os níveis de ruído emitidos pelos motores dos veículos;
- a substituição dos veículos de grande porte para transporte público coletivo por modelos mais modernos e menos ruidosos.

16 Conforme discutido no capítulo 3 *Considerações Metodológicas*.

Além destas ações, e entre tantas outras ainda possíveis, sugere-se a criação e gestão de um sistema de rodízio de veículos que reduza o fluxo de veículos, levando à diminuição da quantidade de veículos enquanto fontes sonoras, e, por conseguinte, a diminuição dos níveis de pressão sonora apresentados pelo 3º Jardim de Boa Viagem.

Para esta sugestão de ação a partir da fonte sonora, elaborou-se um mapa acústico utilizando como referência o mapa acústico atual (2009) do 3º Jardim de Boa Viagem, com suas mesmas configurações da forma urbana, mas contendo uma redução de 30%¹⁷ do valor total do número de veículos leves e pesados apresentados, simulando aproximadamente a redução fluxo de veículos caso o rodízio fosse implantado. O resultado obtido foi uma nítida redução da poluição sonora no 3º Jardim, com grande parte de sua área inserida em regiões com níveis de pressão sonora igual ou abaixo do permitido pela legislação municipal (*Figuras 5.48 a 5.52*).

Aprimorando ainda mais esta simulação, além da redução de 30% do número de veículos, um novo mapa acústico foi elaborado dentro deste sistema hipotético de rodízio, transferindo o fluxo de veículos pesados para a Avenida Domingos Ferreira e criando um corredor de transporte público coletivo nesta mesma via. Assim, nesta nova simulação, a redução do nível de pressão sonora gerado pelo rodízio de veículos foi associada à redução gerada pela transferência do ruído provocado por veículos pesados para uma única via - a Avenida Domingos Ferreira.

Este novo mapa elaborado foi o que apresentou o melhor comportamento acústico, em relação à legislação municipal recifense, dentre todos os mapas atuais elaborados por esta investigação (*Figuras 5.53 a 5.57*). O resultado sugere que, apesar de apresentar elevados níveis de poluição sonora, ainda é possível reduzir os níveis de pressão sonora no 3º Jardim de Boa Viagem.

17 Porcentagem baseada em GUIMARÃES, 2008.

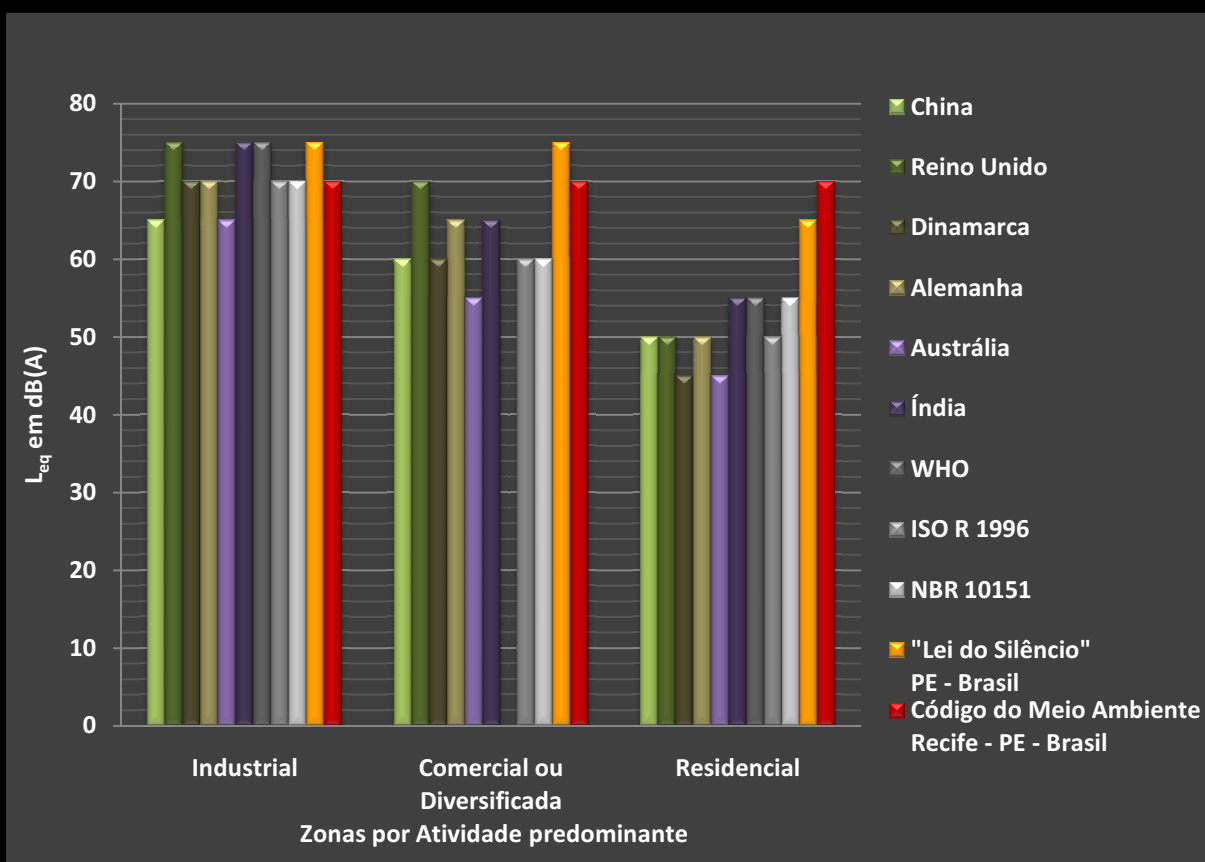


Figura 5.43 – Gráfico comparativo de níveis de pressão sonora permitidos – O gráfico apresenta uma comparação entre os níveis de pressão sonora permitidos em alguns países, entre a WHO, ISO e ABNT, e entre a Lei do silêncio e o código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife. O gráfico evidencia que a cidade do Recife e o estado de Pernambuco praticam níveis muito acima do recomendado por outras entidades normativas. Fonte: elaborado pela autora a partir de ABNT, 2000; SINGAL, 2005; (BERGLUND *et al.*, 1999; LEI N° 16.243, 1996 e LEI N° 12.789, 2005).

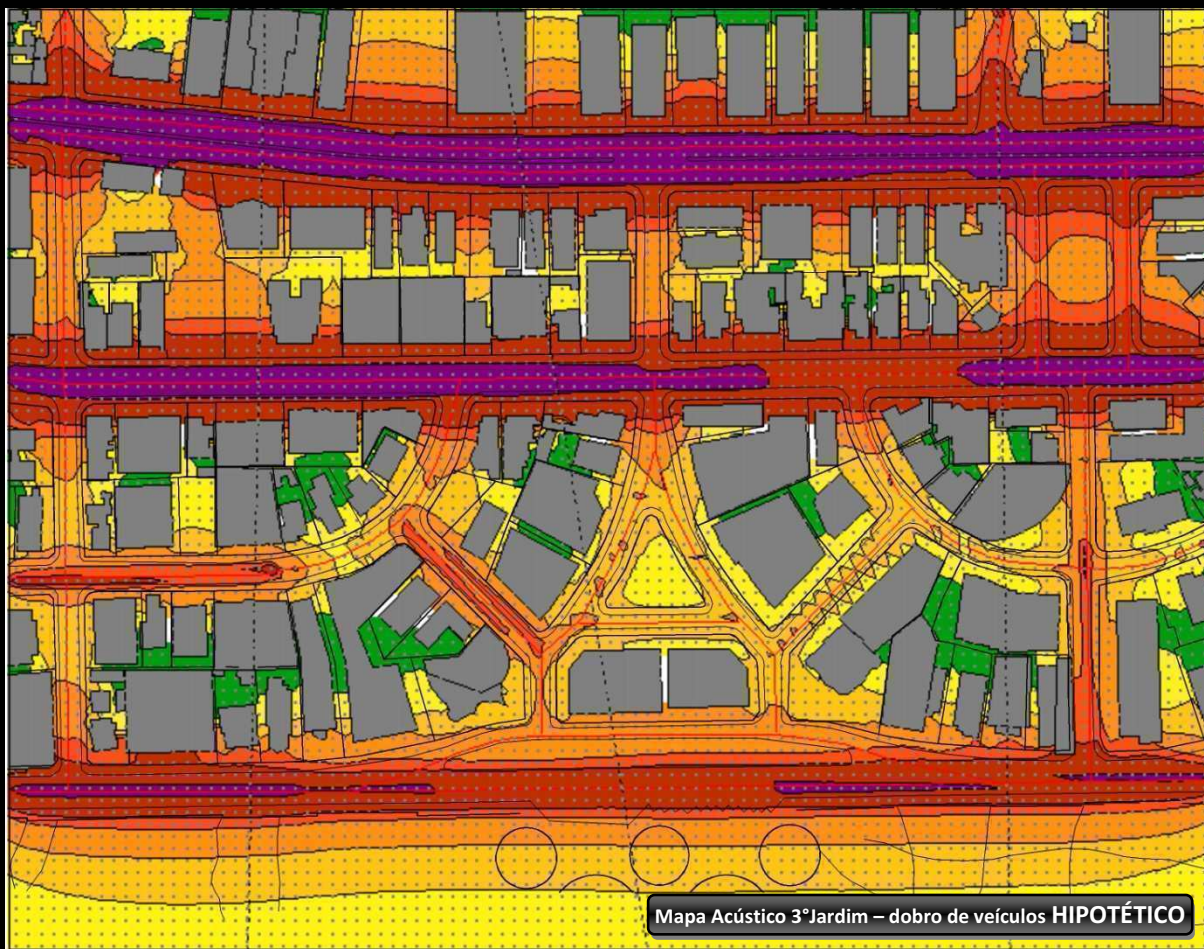


Figura 5.44 – Planta Baixa – Mapa acústico simulando uma situação onde o fluxo de veículos seja o dobro do encontrado atualmente no 3º Jardim de Boa Viagem (2009), apresentando altos níveis de poluição sonora. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas

Faixas →	0 a 62 dB(A) 62 a 68 dB(A) 68 a 72 dB(A) 72 a 76 dB(A) 76 a 78 dB(A) 78 a 84 dB(A) 84 a 100 dB(A)					
L_{eq}						
Vias →	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney		

Figura 5.45 a 5.48 – Secções Verticais 1, 2 e 3– Idem.

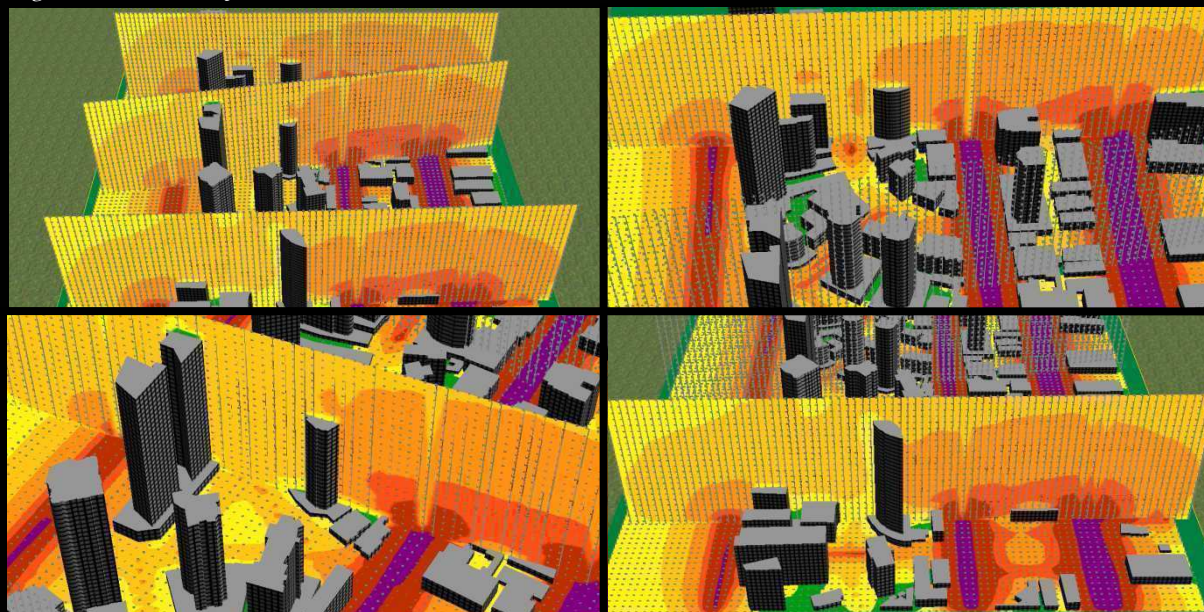




Figura 5.49 – Planta Baixa – Mapa acústico simulando uma situação onde seja implantado rodízio de veículos, com uma redução de 30% do valor total do fluxo de veículos atualmente encontrado no 3º Jardim de Boa Viagem (2009). Fonte: elaborado pela autora.



Figura 5.50 a 5.53 – Seções Verticais 1, 2 e 3 – Idem.

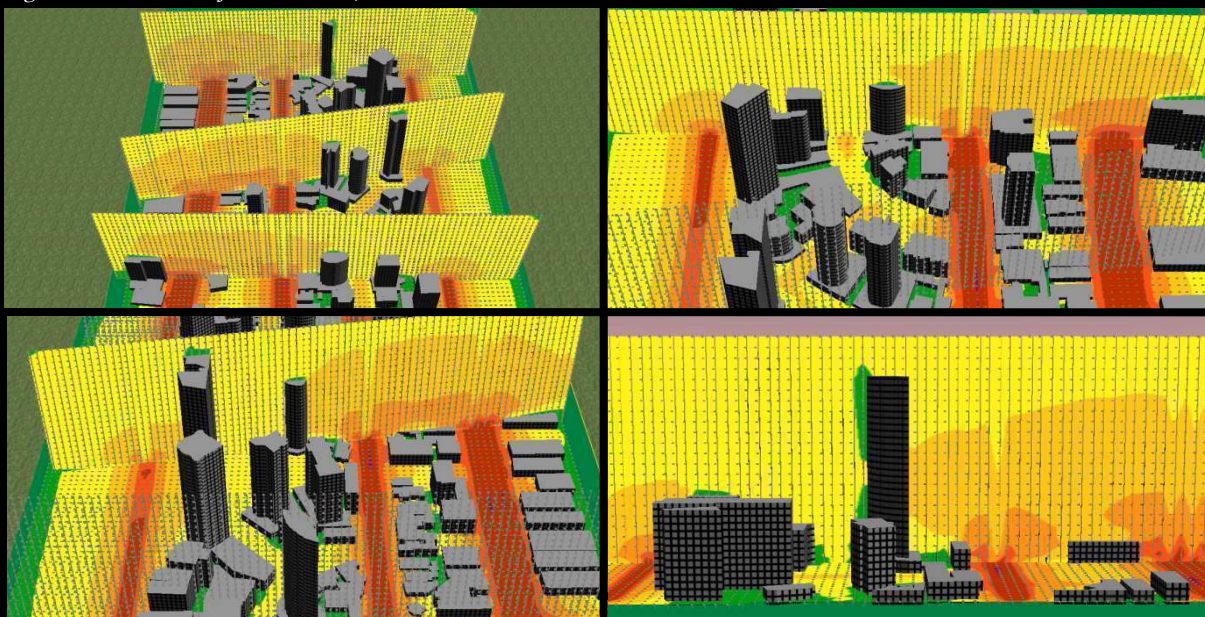
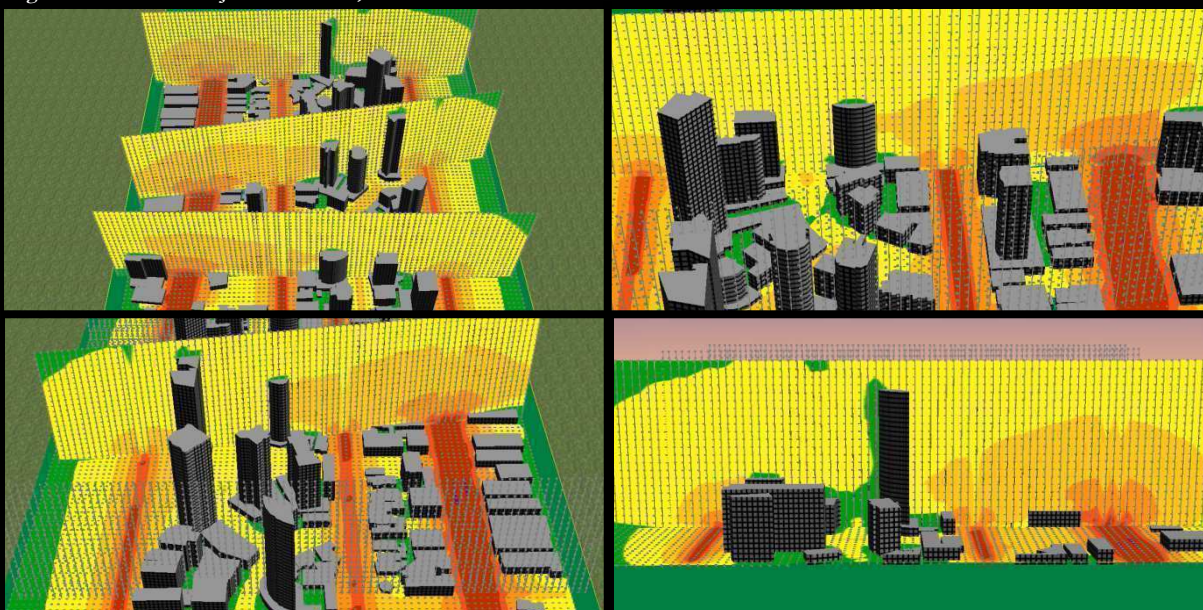


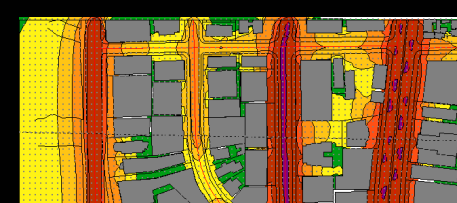
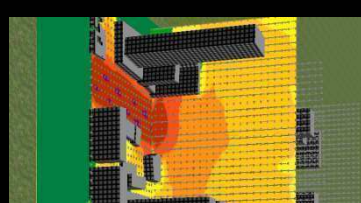
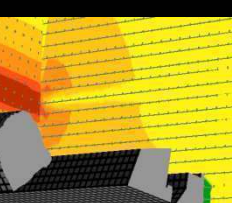
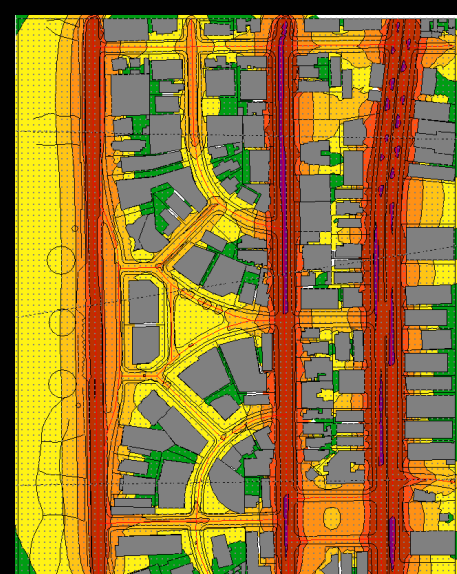
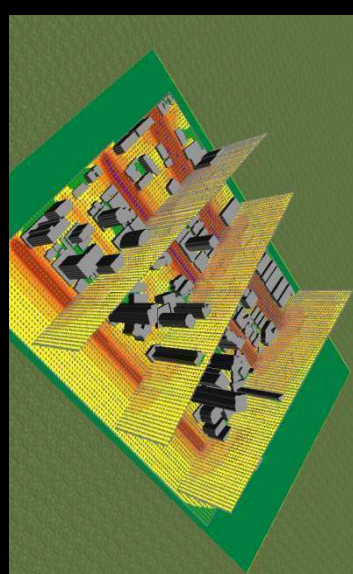
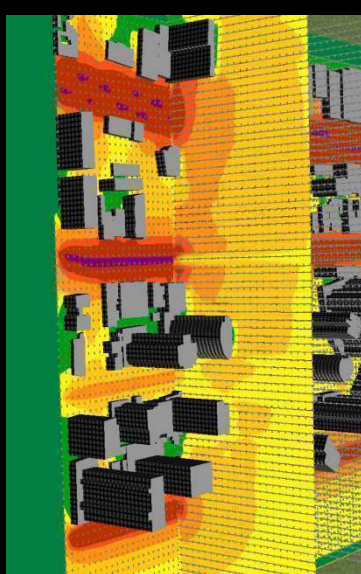
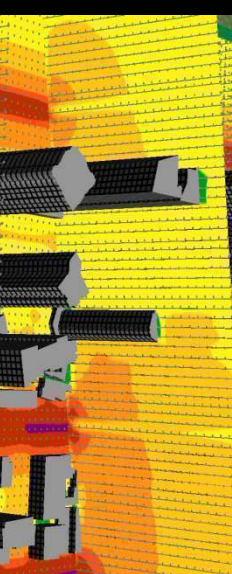
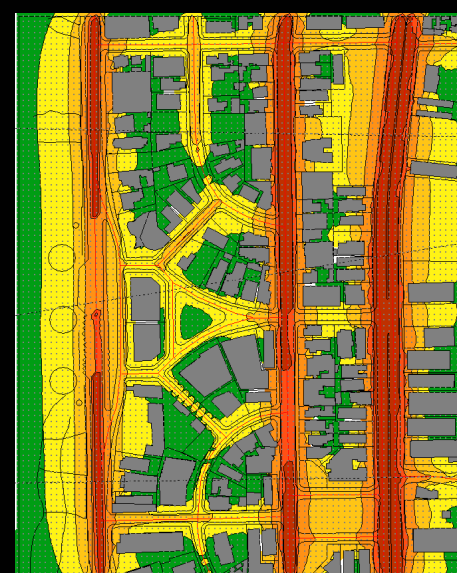
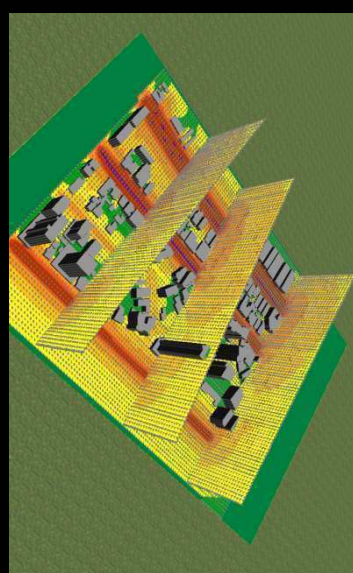
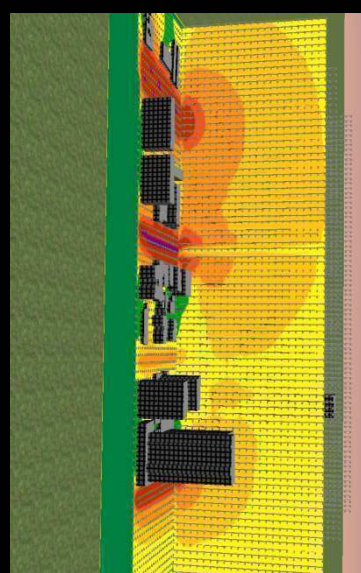
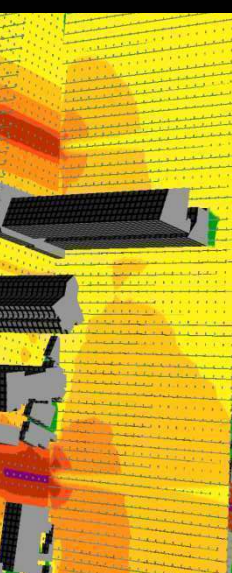
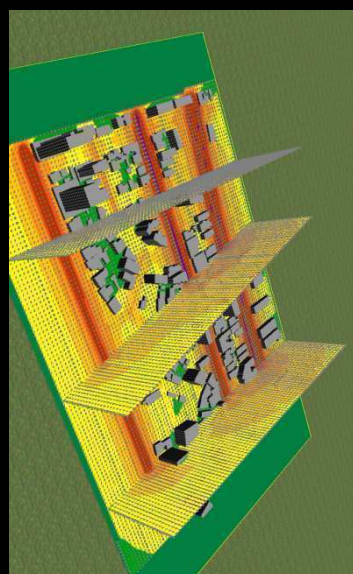
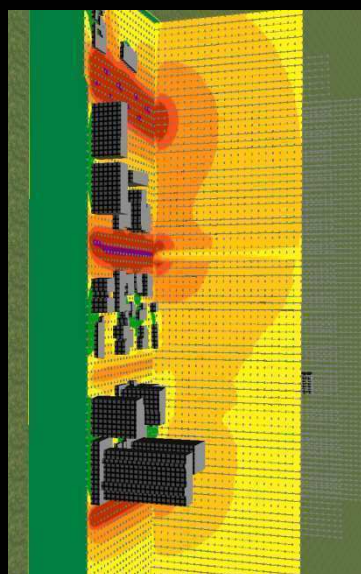
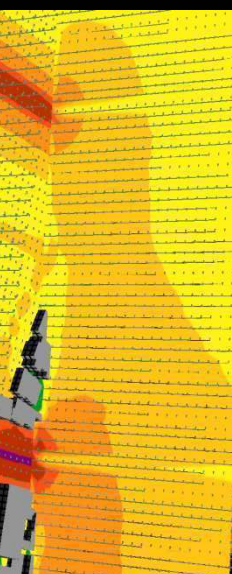
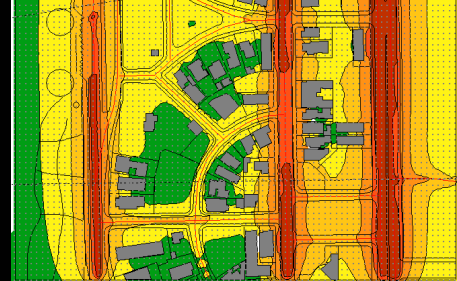
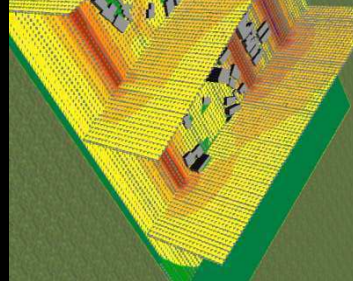
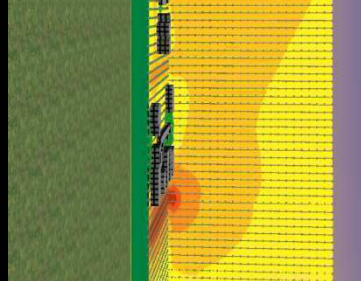
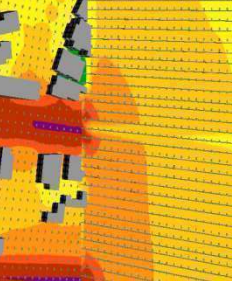


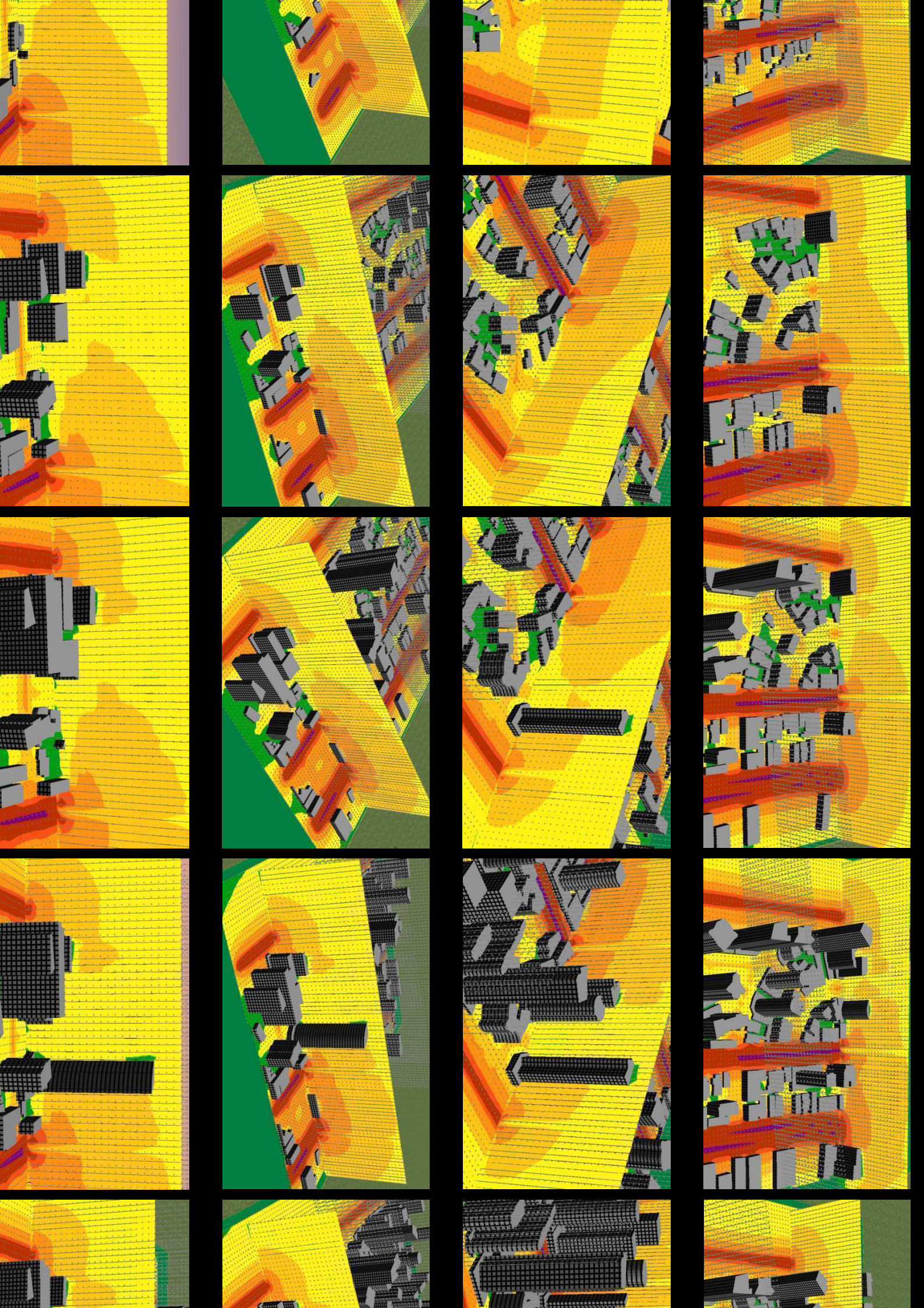
Figura 5.54 – Planta Baixa – Mapa acústico simulando uma situação onde seja implantado, além do rodízio de veículos com redução de 30% no fluxo atual de veículos, um corredor de transporte público na Av. Domingos Ferreira, e, restrição de tráfego de veículos pesados apenas nesta via. Fonte: elaborado pela autora.

Legendas	Faixas L_{eq}	0 a 62 dB(A)	62 a 68 dB(A)	68 a 72 dB(A)	72 a 76 dB(A)	76 a 78 dB(A)	78 a 84 dB(A)	84 a 100 dB(A)
	Vias	1 - Av. Boa Viagem	2 - Av. Conselheiro Aguiar	3 - Av. Domingos Ferreira	4 - Praça Walt Disney			

Figura 5.55 a 5.58 – Secções Verticais 1, 2 e 3 – Idem.







CAPÍTULO 6

*Afasta-se do ruído do mundo e do clamor de suas próprias preocupações.
No silêncio você pode ouvir o sussurro do infinito.*

Lisa Engelhardt

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento contínuo das cidades contemporâneas, muitas vezes, propicia uma maior concentração da população urbana que, por sua vez, propicia o aumento e uma maior concentração das variadas fontes sonoras, fazendo com que os ruídos produzidos nas cidades dobrem a cada dez anos na mesma proporção de seu desenvolvimento social, econômico e industrial (SINGAL, 2005).

Este crescimento implica, ainda, em modificações no meio urbano destas cidades, em expansão de traçados, em novos parcelamentos, na ocupação de espaços livres, em adensamento, em verticalização, em demolições para novas construções, etc., ou seja, implica na modificação da forma urbana e de seus elementos componentes.

Ocorre que a acústica urbana de um determinado local é influenciada por sua a forma urbana, logo as modificações em sua forma urbana também implicariam em modificações em seu comportamento acústico. Neste sentido, a presente pesquisa se propôs a investigar o comportamento acústico de um mesmo espaço urbano a partir do processo cronológico de modificações em sua forma urbana, tendo como referência empírica o estudo do 3º Jardim de Boa Viagem.

Assim, foi identificado que na forma urbana do 3º Jardim houve um contínuo processo evolutivo de adensamento e verticalização desde o início de sua ocupação até os dias atuais. A constância destas transformações na forma urbana do 3º Jardim poderia induzir a suposição de que seu comportamento acústico acompanharia esta progressão, e que os níveis de pressão sonora equivalente aumentariam proporcionalmente ao aumento do adensamento e da verticalização. No entanto, os mapas acústicos elaborados indicaram o inverso.

Em 1971, 1981 e 1997, houve sim um aumento na densidade das quadras e na verticalização de edificações de gabarito médio e alto, mas estas transformações contínuas na forma urbana fizeram com que os fenômenos acústicos encontrados desde 1971 fossem intensificados nas datas seguintes havendo uma gradativa diminuição da permeabilidade acústica das quadras, aumento do número de ilhas de sossego e *diminuição* dos níveis de pressão sonora no interior das quadras. Esta intensificação progressiva dos fenômenos acústicos culminou em 1997 nos

menores dos níveis de pressão sonora equivalente e, por conseguinte, nos *menores* níveis de ruído urbano encontrados dentre todos os mapas elaborados pela presente investigação.

Em 2009 e na situação hipotética futura, esta diminuição gradativa dos níveis de ruído não foi reproduzida, e, embora o adensamento e a verticalização tenham continuado a transformar a forma urbana do 3º Jardim, seu comportamento acústico *não* continuou sendo beneficiado por esta transformação apresentando os *maiores* níveis de ruído urbano dentre todos os mapas elaborados, sendo considerados os mapas com maiores níveis de poluição sonora.

Estas divergências de comportamento acústico encontradas nos mapas de 1971, 1981 e 1997 em comparação com o mapa atual (2009) e a situação hipotética futura, estão ambas vinculadas ao aumento da densidade e a da verticalização, como sugerem os resultados encontrados nos mapas produzidos, porém, enquanto nas primeiras datas esta influência foi benéfica, nas datas seguintes foi prejudicial ao comportamento acústico do 3º Jardim.

Os mapas acústicos apresentam indícios que isto ocorreu devido às diferentes atuações das edificações do 3º Jardim, ora influenciando a propagação sonora predominantemente como barreiras acústicas, ora como objetos reflexivos. Deste modo, enquanto nos anos de 1971, 1981 e 1997 as edificações atuaram *mais* como barreiras acústicas, constituindo obstáculos que interferiram na livre propagação sonora, e *menos* como objetos reflexivos, propiciaram um maior número de ilhas de sossego, um decaimento progressivo nos níveis predominantes de pressão sonora equivalente e, assim sendo, um decaimento nos níveis de ruído urbano.

Já em 2009 e na situação hipotética futura, enquanto as edificações atuaram *mais* como objetos reflexivos e *menos* como barreiras acústicas, fazendo com que a onda sonora não só demorasse a encontrar campo livre, como também quando o encontrasse, apresentasse ou um decaimento mínimo, ou um aumento no nível de pressão sonora ocasionado pelas múltiplas reflexões, propiciando uma diminuição no número de ilhas de sossego, um aumento nos níveis predominantes de pressão sonora equivalente e, assim sendo, um aumento nos níveis de ruído urbano.

Isto posto, os diferentes comportamentos acústicos apresentados pelos mapas elaborados por este estudo constituem evidências apreciáveis de que o comportamento da acústica urbana do 3º Jardim de Boa Viagem está intimamente relacionado às modificações ocorridas ao longo dos anos em sua forma urbana enquanto meio de propagação sonora.

Além disso, pôde-se registrar ainda outros resultados sintetizados em duas verificações. A primeira delas demonstrou que no meio urbano as edificações podem influenciar a propagação sonora tanto como barreiras acústicas, quanto como objetos reflexivos, e que esta influência não é estática e nem exclusiva a uma única edificação, e sim mutável e intimamente vinculada a certas singularidades e particularidades da forma urbana e do contexto urbano específico onde estas edificações estiverem inseridas.

A segunda verificação indicou que o adensamento e a verticalização podem influenciar a propagação sonora tanto beneficiando quanto prejudicando o comportamento acústico de determinado local e, embora o espaço urbano seja extremamente suscetível às modificações em sua forma, devendo ser considerado a partir de suas particularidades e características específicas, é possível atingir uma relação equilibrada entre a densidade das quadras, incluindo sua relação com os espaços livres, e a verticalização das edificações que propiciem um melhor comportamento acústico.

Tais verificações constatadas pela presente pesquisa aclararam a importância acerca da relação entre a forma urbana e a acústica urbana, e evidenciaram o grande valor da influência da forma urbana enquanto *meio* de propagação na acústica urbana.

Ao dedicar-se a responder seu problema fundamental, esta investigação suscitou novos questionamentos, possibilitando a indicação de novas trajetórias a serem transpostas em análises futuras:

- I. Foi identificado que no mapa acústico de 1997 a interação entre o adensamento e a verticalização da forma urbana influenciou o *meio* de propagação da onda sonora de modo a beneficiar, diminuindo os níveis de pressão sonora, o comportamento acústico do 3º Jardim, e, que em 2009, esta influência benéfica não se repetiu, fazendo com que a densidade e verticalização passassem a atuar de maneira prejudicial ao seu comportamento acústico, através do aumento das múltiplas reflexões e do aumento do nível de pressão sonora.

Esta transformação, em certa medida antagônica, no comportamento acústico de uma data para outra suscitou questionamentos se existiria uma *proporção* específica de adensamento e verticalização que poderia propiciar um padrão confortável para o comportamento acústico de determinado local, e, se existisse, qual seria a relação de

distribuição desta densidade e verticalização que levaria a este comportamento acústico ideal. Este questionamento específico, desperta interesse investigativo da autora sugerindo novos direcionamentos de continuidade para exploração do tema a serem construídos em um futuro próximo.

- II. No processo de construção e delimitação do problema desta pesquisa, outras variáveis que também influenciam em diferentes intensidades a propagação sonora no meio urbano foram desconsideradas, pois a apreciação destas outras variáveis geraria novos rumos à investigação, delineando novas relações teóricas e empíricas, e, muito provavelmente, se distanciando do objetivo primeiro deste estudo.

Desse modo, futuras pesquisas poderão considerar o comportamento da acústica urbana a partir da influência destas outras variáveis, tais como pressão atmosférica, a temperatura, a umidade e a ventilação. Ou ainda, pode-se investigar um procedimento metodológico que possibilite a inserção e consideração da influência destas variáveis nas medições dos níveis de pressão sonora de determinado local, uma vez que existem recomendações para que algumas destas variáveis sejam, ou desconsideradas, ou prevenidas, ou minimizadas, como por exemplo, a ventilação (ABNT, 1999; BARRON, 2003; BRÜEL & KJÆR, 1984; HANSEN, 2005; SINGAL, 2005). Pode-se investigar também, a relação conflitante entre a busca por um ambiente livre de ruídos urbanos e a busca por um ambiente com melhor ventilação natural.

- III. Constatou-se que o mapa acústico com melhor comportamento acústico entre os mapas elaborados por esta investigação, o de 1997, apresentou níveis sonoros dentro do recomendado pela Lei nº 16.243 de 13 de setembro de 1996 – Código do Meio Ambiente e Equilíbrio Ecológico do Recife. Entretanto, o mesmo não ocorreu quando os mapas acústicos foram comparados aos níveis de pressão sonora recomendados por outras entidades normativas - ABNT, a ISO e a WHO, além disso, foi identificado que tanto a legislação recifense quanto a estadual, encontravam-se de 15 a 20 dB(A) acima do recomendado por estas entidades, tornando o comportamento acústico da maior parte dos mapas elaborados inaceitáveis ao serem analisados sob os parâmetros destas recomendações.

Tal constatação suscitou indagações se os parâmetros estabelecidos por estas entidades são efetivamente atingíveis na cidade contemporânea, e, no contexto brasileiro. Estes

parâmetros foram estabelecidos visando os níveis sonoros ideais para a saúde e o bem-estar do ser humano, mas este ideal é praticável? Porque os níveis estabelecidos pela legislação municipal e a estadual estão tão distantes dos parâmetros estabelecidos por estas entidades normativas? Esta distância poderia estar vinculada ao nível de desenvolvimento dos países de origem destas entidades normativas? E os parâmetros de outras cidades brasileiras, também estão distantes dos limites estabelecidos por estas entidades?

- IV. A partir da consideração da importância da forma urbana enquanto *meio* de propagação, esta pesquisa expôs diversas sugestões de ações neste *meio* que possibilitem a busca de um comportamento acústico que gere níveis de ruído urbano aceitáveis. Como o ruído urbano pode ser considerado um sistema composto pela *fonte sonora – meio de propagação – receptor*, também foram apresentadas sugestões considerando a *fonte sonora* e o *receptor*.

Destas sugestões, percebeu-se que a grande maioria das ações preventivas e mitigadoras de elevados níveis de poluição sonora está fortemente atrelada à iniciativa do poder público municipal, sendo imprescindível sua atuação e participação efetiva na administração e controle das emissões sonoras, o que suscitou questionamentos sobre até que ponto uma gestão municipal que abranja grande parte das especificidades atreladas à prevenção e mitigação do ruído pode efetivamente contribuir para a diminuição dos níveis de pressão sonora nas cidades. A maior influência na efetivação das ações preventivas e mitigadoras é realmente do poder público, ou outros agentes possuem importantes pesos nessa relação? Que relações entre o poder público, a sociedade e estes outros agentes – como promotores imobiliários, por exemplo – podem ser construídas para favorecer a mitigação e prevenção do ruído urbano à medida que a cidade se desenvolve?

Por fim, espera-se, verdadeiramente, que a análise das modificações cronológicas da forma urbana e sua influência no comportamento acústico do 3º Jardim, realizada nesta pesquisa, possa servir como um direcionamento para novas investigações, a partir de novos estudos de caso, em novos locais, em novas cidades, extrapolando novas fronteiras com este tema, cujas pesquisas são tão escassas; espera-se, ainda, que esta investigação possa ter contribuído, ainda que despretensiosamente, para a construção infundável do conhecimento acerca da *acústica urbana* e para a percepção de que o estudo do *meio urbano* envolve tantas imensas possibilidades quanto a curiosa mente humana possa se questionar.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Luiz. **Obituário arquitetônico: Pernambuco modernista**. Recife: Luiz Manuel do Eirado Amorim, 2007.

ANDERSON, Grant S.; KURZE, Ulrich J. **Outdoor sound propagation**. In: Noise and vibration control engineering: principles and applications. New York: John Wiley & Sons, 1992. p. 113-144.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152: Níveis de ruído para o conforto acústico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BARRON, Randall F. **Industrial noise control and acoustics**. New York: Marcel Dekker, 2003.

BERGLUND, Birgitta; LINDVALL, Thomas; SCHWELA, Dietrich. **Guidelines for community noise**. Geneva: World Health Organization, 1999.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

BRANCO, Nuno A. A. Castelo; PEREIRA, Mariana Alves. **A doença vibroacústica**. In: Noise & Health, 2004, 6 (23), p. 3-20, 2004.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/legislacao/coletanea/lei6938>> Acesso em 19 de outubro de 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 08 de março de 1990 (a)**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 11 de novembro de 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 8 de março de 1990** (b). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 11 de novembro de 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 11 de fevereiro de 1993** (a). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 11 de novembro de 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 11 de fevereiro de 1993** (b). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 11 de novembro de 2008.

BRASIL. **Perda auditiva Induzida por Ruído (PAIR)**. Serie A normas e manuais técnicos. Protocolo de Complexidade Diferenciada vol.5. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas, 2006.

BRÜEL & KJÆR. **Measuring Sound**. Denmark: Brüel & Kjør Sound and Vibration Measurement A/S, 1984.

BRÜEL & KJÆR. **Predictor Type 7810 version 6.0 user manual**. Denmark: Brüel & Kjør Sound and Vibration Measurement A/S, 1984.

CARNEIRO, André Silvani da Silva. **Poluição sonora: Silento e o barulho**. Recife: Procuradoria Geral de Justiça, 2009.

CHIZZOTTI, Antonio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez Editora, 1998.

CICHINELLI, Gisele. Ruído Barrado. **Revista Técnica**, São Paulo, n.126, setembro 2007. Disponível em: < <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/126/artigo62001-1.asp>>. Acesso em: 9 de novembro de 2009.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Planta cadastral da cidade do Recife e adjacências: rede coletora de esgotos**. Saneamento do Recife S.A. – SANER. Planta n. 2-6.7. Recife, 1971. Escala 1:2000.

253D691%2526IDG%253D3%2526ACT%253D0%2526PRT%253D20029,00.html>. Acesso em: 23 de setembro de 2009.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: NR Editora, 2000.

GONDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais**. Rio de Janeiro: Record, 2007.

GONZALEZ, Constantino Gil; LOPES, Manuel Vecuero. **Acústica Arquitectonica**. Madri: Benzal S. A., 1993.

GOOGLE EARTH versão 5.0.1. **Bairro de Boa Viagem**: imagem de satélite em 27 de janeiro de 2007. Recife, 2009.

GUEDES, Ítalo César Montalvão. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no Bairro Jardins em Aracaju (SE)**. Dissertação de mestrado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, 2005.

GUIMARÃES, Thiago. Tráfego intenso da capital paulista demanda alternativas. **Repórter Brasil**, 1 de fevereiro de 2008. Disponível em: <<http://www.reporterbrasil.com.br/exibe.php?id=1283>> . Acesso em: 04 de junho de 2009.

HANSEN, Colin H. **Fundamentals of acoustics**. In: Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control. Geneva: World Health Organization, 1995.

HANSEN, Colin. **Noise control: from concept to application**. Oxford: Taylor & Francis Group, 2005.

HERRERA, Cristobal Vicente Merchán. **A dinâmica da transformação: resgate da memória do processo de urbanização da Avenida Boa Viagem**. Dissertação de mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1992.

JC ONLINE. **Ministério Público recomenda fechamento de bares no Parnamirim**. Recife: 7 de Janeiro de 2005. Disponível em: < http://jc3.uol.com.br/2005/01/07/not_80865.php>. Acesso em: 9 de novembro de 2009.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Os reféns do barulho**. Recife: Caderno Cidades, 25 de maio de 2008.

KIHLMAN, Tor; ÖHRSTRÖM, Evy. Sweden Noise pollution in cities, Curitiba and Göteborg as examples. Volvo Environment Prize Seminar, Environmental Aspects of Urbanization. **Proceedings...** Göteborg: Chalmers University of Technology, 2004.

KIHLMAN, Tor. Sustainable development in an urbanizing world – the noise issue. Rio 2005 Inter-noise, Environmental Noise Control, The 2005 Congress and Exposition on Noise Control Engineering. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 2005

KINSLER, Lawrence E.; FREY, Austin R.; COPPENS, Alan B.; SANDERS, James V. **Fundamentals of acoustics**. New York: John Wiley & Sons, 1982.

KLÆBOE, R; ENGELIEN, E; STEINNES, M. Context sensitive noise impact mapping. **Applied Acoustics**, n. 67, p. 620-642, 2006.

LACERDA, Adriana B. Moreira de; MAGNI, Cristiana; MORATA, Thais Catalani; MARQUES, Jair Mendes; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 3, n.2, 2005.

LAMAS, José M. Ressano Garcia. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

LANG, William W.; BERANEK, Leo L.; **Determination of sound power levels and directivity of noise sources**. In: Noise and vibration control engineering: principles and applications. New York: John Wiley & Sons, 1992. p.75-112.

LEE, Shi-Won; CHANG, Seo Il; PARK, Young-Min. Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea. **Applied Acoustics**, n.69, p.704-714, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

- MELO, Ricardo Jorge Pessoa de. **A arquitetura do edifício na arquitetura da cidade**: um estudo sobre a interface urbana da arquitetura. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2002.
- MOREIRA, Fernando Diniz. **A construção de uma cidade moderna**: Recife (1909-1926). Dissertação de mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1994.
- MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de acústica ambiental**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.
- NAGEM, Miriam Pompeu. **Mapeamento e análise do ruído ambiental**: diretrizes e metodologia. Dissertação de mestrado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil, 2004.
- NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Acústica técnica**. São Paulo: Editora Técnico-Gráfica Industrial (ETEGIL), 1968.
- NIEMEYER, Maria Lygia Alves. **Conforto acústico e térmico, em situação de verão, em ambiente urbano: uma proposta metodológica**. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007.
- NIEMEYER, Maria Lygia Alves; SANTOS, Maria Júlia de Oliveira. Qualidade Acústica no espaço urbano. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: 2001. 1 CD-ROM.
- NUNES, Marcus. Uma breve visão sobre o Ruído Urbano. **Revista Educação e Tecnologia**, Aracruz, n. 2, p.1-9, 2006.
- PAZ, Elaine de Carvalho da. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego**. Dissertação de mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004.
- PAZ, Elaine Carvalho da; FERREIRA, Andressa Maria Coelho; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 467-472, 2005.
- PAZ, Elaine Carvalho da; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Urban daytime traffic noise prediction models. **Environmental Monitoring and Assessment**, Springer Netherlands, 2009.

PANERAI, Philippe. **Análise urbana**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

PERNAMBUCO. **Lei Estadual nº12.789 de 28 de abril de 2005**. Assembléia Legislativa do Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/legis_inferior_norma.aspx?cod=LE12789>. Acesso em: 19 de outubro de 2009.

RANDRIANOELINA, A; SALOMONS, E. Traffic noise in shielded urban áreas: comparison of experimental data with model results. In: **Acoustics 2008 Paris**, 2008, Paris, p. 5793-5797.

RECIFE. **Atlas ambiental da cidade do Recife**. Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Recife, 2000.

RECIFE. **Lei nº 16.243 de 13 de Setembro de 1996 (a)**. Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico do Recife. Disponível em: <www.recife.pe.gov.br/pr/leis/1624396.doc>. Acesso em: 19 de outubro de 2009.

RECIFE. **Lei nº 16.176/96 de 9 de Abril de 1996 (b)**. Lei de Uso e Ocupação do solo da Cidade do Recife – LUOS. Disponível em: <<http://www.legiscidade.com.br/lei/16176/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2009.

RECIFE. **Lei nº Lei 16.292 de 29 de Janeiro de 1997**. Edificações e Instalações na Cidade do Recife. . Disponível em: < <http://www.legiscidade.com.br/lei/16292/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2009.

RECIFE. **Território Recife – Planos Microregionais**. Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Recife, 2002.

RECIFE. **A cidade do Recife**. Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Recife, 2009. Disponível em: < <http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/inforec/>>. Acesso em: 6 de julho de 2009.

SANTANA, Gisela Verri de. **Habitação e vizinhança**: um estudo das relações sociais no espaço habitado nos bairros de Boa Viagem e Casa Forte. Dissertação de mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1998.

SANTOS, Maria Julia de Oliveira; MARTINS, Elizabete Campos. **O som nosso de cada dia: percepção, meio e forma urbana**. Rio de Janeiro: Cadernos do Proarq nº9. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

SINGAL, S. P. **Noise pollution and control strategy**. Oxford: Alpha Science Internacional, 2005.

SOUSA, Denise da Silva de. **Instrumentos de gestão de poluição sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras**. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2004.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura**. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

TSAI, Kang-Ting; LIN, Min-Der; CHEN, Yen-Hua. Noise mapping in urban environments: A Taiwan study. **Applied Acoustics**, n.70, p.964-972, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e método**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; CALIXTO, Alfredo; DINIZ, Fabiano Belisário; FERREIRA, José Augusto; SCHUHLLI, Rafael Bregenski. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 521-524, 2002.

ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta; CALIXTO, Alfredo; DINIZ, Fabiano Belisário; FERREIRA, José Augusto. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, n.23, p.245-255, 2003.

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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