

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**RELAÇÕES ENTRE ÍNDICES URBANÍSTICOS DA FORMA**  
**URBANA E A ACÚSTICA AMBIENTAL**

**ANDRÉ BRESSA DONATO MENDONÇA**

SÃO CARLOS-SP

2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**RELAÇÕES ENTRE ÍNDICES URBANÍSTICOS DA FORMA**  
**URBANA E A ACÚSTICA AMBIENTAL**

**ANDRÉ BRESSA DONATO MENDONÇA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Léa Cristina Lucas de Souza

Coorientação: Prof<sup>ª</sup>.Dr<sup>ª</sup>. Eliane Viviani

SÃO CARLOS-SP

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M539ri

Mendonça, André Bressa Donato.

Relações entre índices urbanísticos da forma urbana e a acústica ambiental / André Bressa Donato Mendonça. -- São Carlos : UFSCar, 2013.

148 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Planejamento urbano. 2. Índices urbanísticos. 3. Acústica arquitetônica. 4. Mapeamento sonoro. I. Título.

CDD: 711 (20ª)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ BRESSA DONATO MENDONÇA

Dissertação defendida e aprovada em 20/11/2013  
pela Comissão Julgadora

---

Profª Drª Léa Cristina Lucas de Souza  
Orientadora (PPGEU/UFSCar)

---

Profª Drª Elcione Maria Lobato Moraes  
(UFPA)

---

Profª Drª Suely da Penha Sanches  
(DECiv/UFSCar)

---

Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva  
Coordenador do CPG-EU

## **AGRADECIMENTOS**

A professora Dra Léa Cristina Lucas de Souza, pela dedicação, confiança, compreensão e auxílio durante todo o processo não apenas no mestrado, mas um exemplo para toda uma vida. Meus mais sinceros agradecimentos.

A professora Dra Eliane Viviani, pelas sugestões, contribuições e apoio dado para o enriquecimento do projeto.

A prof. Elcione Maria Lobato de Moraes pelas contribuições, sugestões e disponibilidade de tempo e energia.

A prof. Suely da Penha Sanches pelas comentários e colaborações dadas ao longo de todo o processo.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana: docentes, corpo técnico e aos discentes, pelo apoio ao longo do processo.

Aos amigos que fiz, enriquecendo e contribuindo de forma concreta para mais esta etapa da vida, em especial aos companheiros de laboratório Marcia Thais Suriano, Mariene Giunta, Camila Nakata, Erico Masiero, Juliano Vasconcelos, Fábio Mian e ao João Vitor Roque.

As pessoas especiais da minha vida: meus pais Margareth e Arnaldo e irmãos, além da minha esposa Talita pela paciência, amor e compreensão. Obrigado por tudo.

Ao prof Paulo Vaz Filho pelo auxílio e iniciação nesta jornada acadêmica.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelos apoios financeiros, que sem esses não seriam possível à concretização deste trabalho.

*“O saber a gente aprende com  
os mestres, doutores e os livros.  
A sabedoria se aprende com a  
vida e com os humildes”*

Cora Coralina

## RESUMO

A poluição sonora no meio urbano tem sido um problema recorrente em muitas cidades brasileiras. Entretanto, esta problemática não leva em consideração a morfologia urbana e suas constantes modificações. Para isso, o mapeamento sonoro é uma ferramenta de grande auxílio, que permite prevenir impactos sonoros e diagnosticar áreas com conflitos acústicos já existentes. Aplicando esse recurso, essa pesquisa tem por objetivo identificar relações entre índices urbanísticos da forma urbana e os níveis de pressão sonora alcançados em redes viárias, considerando especificamente o potencial oferecido pela taxa de ocupação, índice de aproveitamento e relação entre altura e largura das vias. A metodologia é baseada em levantamento de dados físicos e acústicos do local, aplicação de um modelo de cálculo denominado NMPB-Routes 2008 e sua respectiva validação, além da simulação de um cenário futuro no software acústico CADNA-A. As análises se basearam nas variações dos níveis de pressão sonora, que foram verificadas entre o cenário atual e o cenário futuro, com a identificação das relações entre os coeficientes de ocupação, aproveitamento e da relação H/W; e, a classificação acústica das quadras urbanas. Os resultados apontaram que as novas edificações do cenário futuro contribuem com um incremento de até 1,0 dB(A) nos níveis de pressão sonora para a altura de dez metros acima do nível do solo. Verificou-se também que, dentre os coeficientes estudados, o coeficiente de ocupação assume importância maior para a altura de quatro metros, influenciando no incremento dos níveis sonoros. Para alturas a dez metros acima do solo, o coeficiente de aproveitamento se revela como uma relação mais significativa no incremento dos níveis sonoros.

Palavras-chave: índices urbanísticos, acústica ambiental, planejamento urbano; mapeamento sonoro.

## ABSTRACT

Noise pollution in urban areas has been an usual problem in several Brazilian cities. However, this issue does not take into account the urban morphology and its constant changes. Therefore, sound mapping is a helping tool on the matter, allowing the prevention of sound impacts and the recognition of areas under acoustic conflicts. Applying this planning instrument, this research aims at the identification of relations between indexes of urban form and sound pressure levels achieved on street networks, specifically when considering the potential offered by the occupancy rate, the floor space index and the ratio between height and width of the urban roads. The methodology is based on the collection of physical and acoustical data, on the application of a calculation model, named NMPB-Routes 2008 and its respective validation, and on the simulation of a future scenario in the acoustic software CADNA-A. The analyzes were based on the variations of sound pressure levels, which were verified between the current scenario and the future scenario, together with the identification of the relationships between the occupancy rate, the floor space index and the H/W factor, besides the classification of the acoustics conditions of the urban blocks. The results showed that the new buildings of the future scenario contributed up to 1.0 dB (A) in the increase of the sound pressure levels at the height of ten meters above ground level. Furthermore, among the factors studied at the height of four meters, the occupancy rate is the one assuming the highest importance on the increase of sound pressure levels. On the other hand, at ten meters-high, the floor space index achieved the greatest significance in the role played on the increment of noise levels.

Keywords: urban index, environmental acoustics, urban planning; sound mapping.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quadro da Síntese Metodológica.....	14
Figura 2: Propagação acústica em condições homogêneas.....	30
Figura 3: Propagação acústica em condições favoráveis.....	31
Figura 4: Programa de Simulação Acústica, CADNA-A.....	32
Figura 5: Seleção da Área de Estudo.....	37
Figura 6: Zona de Ocupação Induzida - Zona 1.....	38
Figura 7: Ilustração do Coeficiente de Ocupação.....	39
Figura 8: Ilustração do Coeficiente de Aproveitamento.....	39
Figura 9: Uso e ocupação do Solo.....	41
Figura 10: Altura das Edificações.....	42
Figura 11: Malha de Distribuição dos Pontos de Medição.....	44
Figura 12: Localização dos Pontos de Medição.....	45
Figura 13: Regressão Linear: A) Leq (dBA), B) L10 (dBA), C) L 50 (dBA), D) L90 (dBA).....	47
Figura 14: Sonômetro marca Brüel & Kjaer tipo Hand-Held Analyzer 2270. ...	48
Figura 15: Termômetro e Anemômetro utilizados na coleta de dados meteorológicos.....	50
Figura 16: Cenário criado no software de simulação com a localização dos receptores.....	53
Figura 17: Parâmetros de entrada no software para caracterizar vias de tráfego de veículos.....	54
Figura 18: Janela para inserção dos parâmetros de cálculo para mapas horizontais.....	55
Figura 19: Raio de Abrangência para o cálculo dos índices urbanísticos.....	56
Figura 20: Inserção dos Receptores Sonoros em frente aos lotes que sofreram adensamento.....	58
Figura 21: Representação das posições dos pontos de leitura de valores preditos para a determinação do ruído médio nas quadras.....	61
Figura 22: Dados de níveis de pressão sonora para o período da manhã.....	63
Figura 23: Fluxo de Veículos do horário de pico das 7:00 às 8:00.....	63
Figura 24: Dados dos níveis de pressão sonora para o início da tarde.....	64
Figura 25: Fluxo de Veículos do horário de pico das 12h às 13h.....	65
Figura 26: Dados dos níveis de pressão sonora para o final de tarde.....	65
Figura 27: Fluxo de Veículos do horário de pico das 17h:30min às 18h:30min.....	66
Figura 28: Diferença entre os valores simulados e os valores coletados "in loco".....	67
Figura 29: Análise de Correlação entre os valores simulados e valores coletados.....	68
Figura 30: Mapa Acústico para o Período de pico da Manhã das 7:00 às 8:00.....	69
Figura 31: Mapa Acústico para o Período de pico do início da tarde das 12:00 às 13:00.....	70
Figura 32: Mapa Acústicos para o Período de pico da final da tarde das 17h:30min às 18h:30min.....	71
Figura 33: Diferença entre os Índices urbanísticos para os cenários:.....	92
Figura 34: Cenário Atual e o Cenário Adensado Construtivamente confeccionado no software de simulação.....	93
Figura 35: Incremento nos Níveis de Pressão Sonora após o processo de adensamento construtivo na região dos dezoito pontos de coleta.....	94

Figura 36: Mapa horizontal do cenário atual a 10 metros acima do nível do solo. .....	96
Figura 37: Mapa horizontal do cenário adensado a 10 metros acima do nível do solo.....	97
Figura 38: Exemplo da delimitação de faixas para o coeficiente de ocupação.	99
Figura 39: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de ocupação e a variação de.....	99
Figura 40: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de aproveitamento e a variação de $L_{eq}(A)$ a 4m. ....	100
Figura 41: Relação entre a variação da taxa de relação H/W e a variação de $L_{eq}(A)$ a 4m.....	101
Figura 42: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de ocupação e a variação de $L_{eq}(A)$ a 10m. ....	102
Figura 43: Ilustração da distância entre edificações em diferentes alturas. ...	103
Figura 44: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de aproveitamento e a variação de $L_{eq}(A)$ a 10m. ....	103
Figura 45: Relação entre a variação da taxa de relação H/W e a variação de $L_{eq}(A)$ a 10m.....	104
Figura 46: Classificação por Quadras em relação ao coeficiente de ocupação médio .....	106
Figura 47: Classificação por Quadras em relação ao coeficiente de aproveitamento médio.....	107
Figura 48: Classificação por Quadras em relação às alturas médias.....	108
Figura 49: Classificação por Quadras em relação aos níveis médios de pressão sonora .....	109

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	10
1.1	Objetivos .....	13
1.2	Síntese Metodológica.....	14
1.3	Estruturação do Trabalho.....	15
2	Ruído Urbano: Conceitos e características .....	16
2.1	Fundamentos de Acústica.....	16
2.2	Ruído Ambiental e Ruído de tráfego .....	19
2.2.1	Indicadores de Ruído .....	20
2.3	Influência da Forma Urbana no Ambiente Sonoro .....	22
3	Avaliação e Gestão do Ruído Ambiental .....	26
3.1	Ferramentas para Avaliação de Ruído Ambiental .....	28
3.1.1	Simulação no software CADNA-A.....	32
3.2	Previsão de Cenários Futuros.....	34
4	Materiais e Método .....	36
4.1	Caracterização de área de estudo .....	36
4.1.1	Caracterização física do Entorno Urbano .....	40
4.2	Seleção dos Pontos de Medição .....	43
4.3	Coleta de dados .....	46
4.3.1	Dados Acústicos .....	46
4.3.2	Dados Meteorológicos .....	49
4.4	Simulação no Software CADNA-A e validação .....	51
4.4.1	Modelagem Geométrica da Região .....	52
4.4.2	Inserção das Fontes Sonoras .....	54
4.4.3	Cálculo de Mapas Acústicos da Área de Estudo .....	55
4.4.4	Cenário Futuro – tendencial.....	56
4.4.5	Inserção dos Receptores Sonoros.....	58
4.5	Simplificações das Simulações Acústicas.....	58
4.6	Formas de Análises.....	59
5	Resultados e Análises .....	62
5.1	Resultado e análise inicial do cenário atual .....	62
5.2	Validação e criação de mapas acústicos para a situação atual .....	66
5.3	Resultados e análise pontual: situação atual x adensamento.....	73
5.4	Análise por faixas de coeficientes .....	98

5.5	Análise por quadras urbanas .....	104
6	Considerações Finais .....	111
	REFERÊNCIAS.....	115

## 1 Introdução

Atualmente, a maior parte da população mundial vive em áreas urbanas e o Brasil não é exceção. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), aproximadamente 86% da população reside em áreas urbanizadas. Essa intensa urbanização, associada ao êxodo rural, à crescente industrialização e à conseqüente expansão do sistema de transporte, ocasiona um aumento dos níveis de ruído e conseqüentemente de poluição sonora.

O ruído tem sido um problema recorrente do homem desde a Antiguidade. Na Roma antiga existiam restrições quanto ao tráfego de carruagens e carroças no período noturno, devido à emissão de sons provocados pelo atrito entre as rodas dos veículos e o pavimento de pedra (BERGLUND et al. 1999).

Nesta mesma linha de pensamento, outras cidades europeias também proibiam a circulação de carruagens e pessoas a cavalo no período noturno, a fim de garantir a tranquilidade de seus habitantes (WHO, 1999). Porém os problemas de ruído relacionados a estes períodos históricos são insignificantes, quando comparados aos problemas acústicos da sociedade contemporânea.

Neste contexto, a poluição sonora destaca-se como um problema ambiental que afeta grande parte da população. Segundo Hänniem e Knol (2011), o ruído ambiental é o segundo fator ambiental que acarreta e/ou catalisa o surgimento de doenças, equiparando-se ao tabagismo e ficando atrás somente da poluição do ar.

Entretanto, esta problemática ambiental, segundo Calixto (2002), por não possuir características residuais para o meio ambiente e estar restrita a regiões pontuais no espaço urbano, não recebe atenção especial por parte da sociedade. No entanto, o ruído ambiental não deixa de ser potencialmente nocivo à saúde, à segurança e ao bem estar comunitário e individual, além de transgredir as legislações vigentes. Ainda segundo o mesmo autor, a poluição sonora recebe uma menor prioridade, sendo tratada de forma superficial, ao contrário de outras questões ambientais, como, por exemplo, questões

relacionadas à qualidade do ar, das águas, do solo e à redução dos resíduos sólidos urbanos. Conseqüentemente, não existe de fato um combate mais efetivo ao ruído ambiental.

Neste sentido, a problemática envolvendo o ruído na sociedade contemporânea vem comprometendo a qualidade de vida e a saúde dos cidadãos nos espaços urbanos (BISTAFA, 2011).

Por outro lado, nos ambientes internos, busca-se uma melhoria da qualidade acústica das edificações, sejam elas comerciais, industriais ou residências, como tentativa de isolar o ambiente externo mais ruidoso. Contudo, segundo Niemeyer et al. (2005), a melhoria da qualidade acústica do interior do edifício está diretamente condicionada às características acústicas do entorno próximo.

Desta forma, com a intensificação dos níveis sonoros do ambiente externo relacionados ao tráfego de veículos e a sua interação com a forma da cidade e das superfícies urbanas que as compõem, um dos fatores de grande influência na qualidade sonora do ambiente urbano está relacionado à geometria urbana.

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

A morfologia provoca efeitos cideáveis nos padrões de distribuição do ruído, tanto em situação de macro escala (Wang e Kang, 2011), como em situações de micro escala (Kang, 2001 e 2005). Wang e Kang (2011)

apresentam um estudo comparativo feito entre a morfologia urbana e a distribuição do ruído de tráfego por meio de mapas sonoros nas cidades de Wuhan, na China, e na área metropolitana de Manchester, na Inglaterra. Os autores apontam que existem diferenças significativas na distribuição do ruído nas duas cidades. Em Wuhan, apesar das vias possuírem de duas a três vezes mais veículos por dia do que as vias localizadas na região metropolitana de Manchester, a cidade possui menor nível médio de pressão sonora ao longo do tempo. Este fato ocorre em função da morfologia urbana, pois as ruas de Wuhan estão em sua grande maioria confinadas entre edificações de grandes alturas que limitam o ruído de tráfego aos cânions urbanos. Outro fator de correlação é a distribuição da malha viária, que em Manchester é muito maior que em Wuhan, elevando os níveis médios de pressão sonora.

Esses aspectos morfológicos e geométricos das cidades demonstram a necessidade do planejamento e do desenho urbano contarem com ferramentas que subsidiem a tomada de decisões em planos, programas e projetos. Para isso, são necessários estudos que forneçam informações práticas e quantitativas, para que a qualidade do ambiente acústico possa ser garantida.

Destaca-se, neste contexto, o mapeamento acústico das cidades como ferramenta estratégica, podendo auxiliar na detecção de áreas sensíveis ao ruído e na localização de fontes sonoras poluidoras, assim como na identificação de pontos de conflitos a serem tratados pelos gestores urbanos. Giunta (2013) demonstra algumas dessas potencialidades dos mapas de ruído e evidencia a capacidade de predição que esses oferecem, tornando-se instrumento promissor para a aplicação prática no planejamento acústico das cidades.

Neste sentido, a pesquisa aqui desenvolvida procura abordar a geometria urbana e avaliar os níveis de pressão sonora e seu comportamento em uma fração urbana. Busca-se com isso relacioná-los a índices urbanísticos de uso e ocupação do solo, usualmente aplicados em planos diretores como elementos indicativos para a regulamentação urbana. Com base na aplicação do mapeamento sonoro, o estudo propõe ainda a construção de cenários

futuros, permitindo a predição de situações acústicas do entorno urbano da área estudada.

### 1.1 **Objetivos**

O objetivo geral da pesquisa é identificar relações entre índices urbanísticos da forma urbana e os níveis acústicos alcançados em redes viárias, considerando especificamente o potencial oferecido pela taxa de ocupação, índice de aproveitamento e relação entre altura e largura das vias.

Para isso destacam-se os seguintes objetivos:

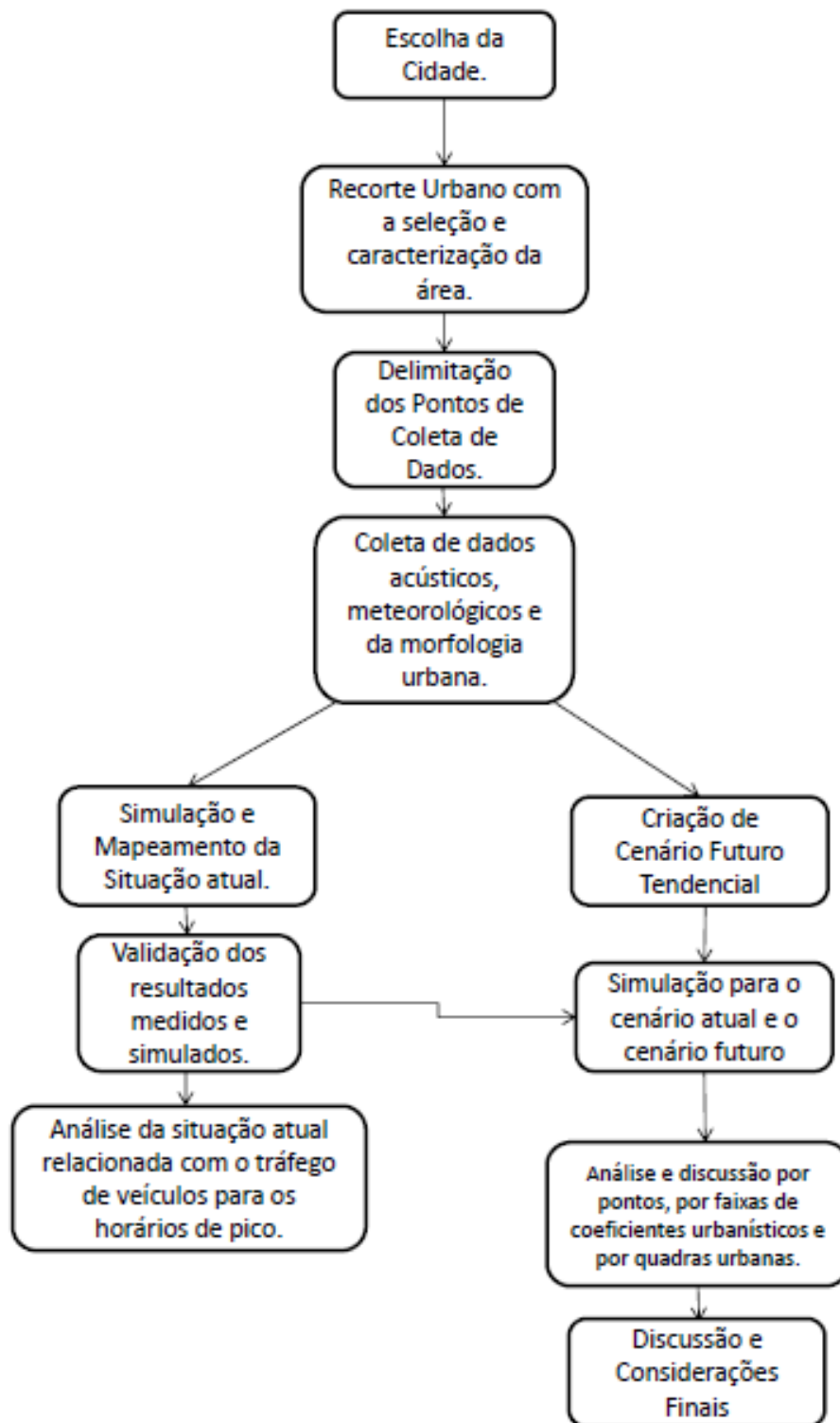
- Potencializar índices usualmente empregados no planejamento urbano para a predição e monitoramento acústico urbano;
- Caracterizar as condições de acústica ambiental em uma área localizada no centro da cidade de São Carlos, elaborando mapas de ruído para a região de estudo;
- Construir cenário de previsão das tendências de adensamento futuro, verificando as suas consequências acústicas;
- Promover uma análise acústica em diversas escalas e níveis de agregação, procurando extrair as diversas informações que podem servir de ferramenta para o planejamento urbano.



## 1.2 Síntese Metodológica

A figura 1 apresenta um quadro com um fluxograma da síntese metodológica desenvolvida para esse estudo.

Figura 1: Quadro da Síntese Metodológica.



(Fonte: Autor)

### 1.3 Estruturação do Trabalho

A apresentação dessa pesquisa, além desse capítulo de introdução, que contextualiza o tema, explanando os objetivos e a justificativa, encontra-se disposta em cinco capítulos, seguidos pelas referências bibliográficas e os apêndices.

Os capítulos dois e três apresentam a síntese da bibliografia, com foco em conceitos básicos da acústica e propagação sonora voltada para o ruído de tráfego e a morfologia urbana, conjuntamente com uma análise da gestão do ruído urbano.

O capítulo quatro descreve a metodologia utilizada na pesquisa com os procedimentos referentes ao levantamento físico da área em estudo, coleta, simulações e formas de análise.

O quinto capítulo apresenta os resultados com as análises do cenário atual, seguida pela validação e criação de mapas acústicos para a condição real e de adensamento futuro, sendo na sequência comparada as duas situações com análises por faixas de coeficientes urbanísticos e finalmente é realizada uma análise por quadras urbanas.

No sexto capítulo são apresentadas as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 Ruído Urbano: Conceitos e características

A síntese da literatura se faz necessária para uma melhor compreensão e contextualização do tema, assim sendo, inicia-se com a descrição dos conceitos básicos da acústica.

### 2.1 Fundamentos de Acústica

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 2000), o som é definido como sendo uma forma de energia proveniente de uma fonte, emitindo em uma ou mais direções certos movimentos vibratórios, que provocam deslocamento de partículas e que se propagam em meios elásticos, seja ele sólido líquido ou gasoso, podendo ser ouvidos.

Segundo Beranek (1969), o som consiste em um fenômeno físico, para o qual há ocorrência de um distúrbio, que se propaga por um meio elástico, causando alteração na pressão do meio e provocando um deslocamento das partículas.

Gerges (2000) complementa que tais flutuações de pressão são caracterizadas por movimentos de compressão e rarefação de moléculas, que se propagam em forma de ondas, a partir do ponto de origem do som. Dessa maneira, o som consiste em um fenômeno vibratório das partículas do meio elástico, resultantes das variações da pressão gerada por ondas sonoras dentro da banda de frequência audível ao ouvido humano.

Em virtude da capacidade do ouvido humano em distinguir variações de pressão sonora que variam de 1 (um), limiar da audição, até 10 (dez) milhões, limiar da dor, adotou-se uma escala logarítmica como recurso matemático para representar esta grandeza.

A escala logarítmica é representada por uma unidade de medida denominada de decibel (dB), que surge da relação entre duas grandezas acústicas. Deste modo, define-se o nível de intensidade sonora conforme a Equação 2.1.

$$I_s = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.1)$$

Onde:

$I_s$ : é a intensidade sonora (dB);

$I$ : é a intensidade sonora medida em  $\text{watt/m}^2$ ;

$I_0$ : é a intensidade de referência,  $10^{-12}$   $\text{watts/m}^2$ .

O nível de pressão sonora é proporcional ao quadrado da pressão acústica, dado pela Equação 2.2:

$$NPS = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 \quad (2.2)$$

Onde:

$NPS$ : é o nível de pressão sonora (dB);

$P$ : é a pressão sonora medida (Pa)

$P_0$ : é a pressão sonora de referência, normalmente de 20  $\mu\text{Pa}$ , correspondente ao limiar da audição humana em uma frequência de 1000 Hz.

Através da aplicação das equações anteriores, podem ser observadas na Tabela 1 as relações entre pressão sonora ( $\mu\text{Pa}$ ), intensidade sonora ( $\text{watts/m}^2$ ) e o nível sonoro na escala logarítmica (dB).

Tabela 1: Relação entre Pressão Sonora, Intensidade Sonora e Nível Sonoro.

Pressão Sonora ( $\mu\text{Pa}$ )	Intensidade Sonora ( $\text{watts/m}^2$ )	Nível Sonoro (dB)
200000000	100.000.000.000.000	140
20000000	1.000.000.000.000	120
2000000	10.000.000.000	100
200000	100.000.000	80
20000	1.000.000	60
2000	10.000	40
200	100	20
20	1	0

(Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2010)

O ouvido humano, independentemente da intensidade sonora, não possui a mesma sensibilidade para os níveis de pressão sonora, referente a

diversas frequências e vibrações das ondas. Um ouvido humano saudável é capaz de identificar variações de frequência entre 20 Hz (infra sons) e 20.000 Hz (ultra sons) (GERGES, 2000). Porém, essa faixa de frequência pode variar de pessoa para pessoa, pois o limite superior da audição humana declina com o envelhecimento, processo chamado de presbiacusia (JOURDAIN, 1998).

Entretanto, o ouvido humano não é igualmente sensível a todas as frequências, tornando-se mais sensível às faixas entre 2000 Hz e 5000 Hz e menos sensível para baixas frequências próximas a 40 Hz e altas frequências acima de 16.000 Hz (GERGES, 2000). Para adequar os níveis medidos à sensibilidade do ouvido humano nas diversas frequências, é possível adotar uma curva balanceada chamada de curva de ponderação.

Para fins de quantificações, nos equipamentos de medições da pressão sonora, existem circuitos de ponderação A, B, C e D que corrigem níveis sonoros em decibéis, ponderando-os de acordo com as frequências. O circuito de ponderação em (A) é o que melhor se aproxima das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, assim sendo, o que mais se aproxima da maneira subjetiva do ouvido humano perceber os sons (BISTAFA, 2011).

Deste modo, a curva de ponderação A é amplamente utilizada para as medições de ruído ambiental, a qual converte os níveis em decibel (dB) para dB(A) – decibel ponderado em curva A.

Do ponto de vista físico, não há diferença alguma entre som e ruído, entretanto, existe uma subjetividade que varia de pessoa a pessoa na classificação de som e ruído.

Dentre as inúmeras definições, o ruído pode ser caracterizado com um conjunto de sons sem harmonia, que provoque uma sensação desagradável ou incomômoda para o ser humano, que se manifesta com a variação da pressão atmosférica, dentro dos limites de amplitudes e banda de frequência, a qual o ouvido humano responde GERGES (2000).

Yang e Kang (2005), através de entrevistas na Europa em espaços públicos abertos, avaliaram a relação subjetiva entre sons agradáveis e

desagradáveis. Naquele estudo verificaram que, quando a fonte sonora era indesejada, como ruído de tráfego, a sensação de conforto acústico era menor. Por outro lado, quando a fonte sonora era mais agradável, por exemplo, sons de pássaros cantando ou água corrente, o conforto acústico era maior, embora os níveis de pressão sonora fossem iguais ou mais intensos.

Portanto, todo o som indesejado, associado a uma sensação não prazerosa, que interfere no desempenho das atividades do homem e que possam prejudicar a segurança, saúde e o conforto, provocando problemas físicos e psicológicos, cuja intensidade esteja fora dos padrões estabelecidos pelas normas e pela legislação, é caracterizado como ruído (ARDNT, 2009).

Assim o ruído ambiental é caracterizado como a combinação resultante do ruído de todas as fontes sonoras presentes em determinado ambiente (GUEDES, 2005). No cenário urbano estas fontes são: tráfego de modais (rodoviário, ferroviário e aéreo), indústrias, atividades de lazer, ruído de vizinhança, construção civil entre outros, propiciando ambientes sonoros degradantes.

## **2.2 Ruído Ambiental e Ruído de tráfego**

O ruído ambiental, segundo WHO (1999) também denominado como ruído comunitário, é definido como o ruído emitido por todas as fontes com exceção das fontes industriais. Balzan (2011) classifica o ruído ambiental como aquele caracterizado pelas diversas fontes que compõe um local de medição.

Segundo a Norma ISO 1996: *Acoustics – Description and measurement of environmental noise, Part 1: Basic quantities and procedures* (2007), o ruído ambiental refere-se àquele ruído emitido por todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas, sejam elas o ruído de tráfego, pássaros, máquinas e etc.

A mesma norma classifica como ruído específico aquele ruído que está sob investigação, sendo este tratado como um componente do ruído ambiental, que pode ser identificado e associado a uma fonte específica.

Nos centros urbanos, dentre as diversas fontes sonoras, o ruído de tráfego se caracteriza como a principal fonte de poluição sonora (ZANNIN et al., 2002; Alves Filho et al., 2004). Esse ruído se caracteriza como sendo a combinação coletiva do ruído gerado por diferentes fontes individuais de veículos motorizados, sejam eles leves ou pesados, deslocando-se em vias ou em rodovias.

Segundo Niemeyer e Slama (1998) este é um problema recorrente nos espaços urbanos, para os quais as reclamações vêm se intensificando com o passar dos anos. Como aponta a pesquisa realizada em Curitiba, 73% das pessoas sinalizaram o ruído de tráfego como a principal fonte de incômodo (ZANNIN et al., 2002). Esse fato ocorre em função do aumento da densidade demográfica urbana, distanciamento entre residências e locais de trabalho, além do número de veículos transitando nas vias.

Além disso, de acordo com Valadares (1997), o modo como se estrutura o sistema viário no espaço urbano, retalhando a porção do solo urbano edificável, faz com que aumente ainda mais a exposição sonora da população.

Assim sendo, de acordo com Torija et. al (2009), as paisagens sonoras nas quais o ruído de tráfego predomina são incômodas e desagradáveis, reduzindo, ao longo do tempo, a qualidade de vida da população exposta.

### **2.2.1 Indicadores de Ruído**

Na avaliação do ruído ambiental, de acordo com Bistafa (2011), é necessário buscar indicadores capazes de caracterizar o ambiente acústico exterior, pois em aglomerações urbanas existe um grande número de variáveis que influenciam na propagação sonora.

Estes indicadores são expressos por um logaritmo que relaciona os quadrados da pressão sonora medida e a pressão de referência, denominando-se nível de pressão sonora ( $L_p$ ), que é expresso em Bel (B) ou, multiplicando-se por 10, é expresso em decibel (dB) (SILVA; OLIVEIRA, 2010).

Segundo Nagem (2004), os indicadores acústicos utilizados em diferentes metodologias para caracterizar o ambiente acústico são os indicadores médios representados pelo nível sonoro contínuo equivalente ( $L_{eq}$ ),

o nível de pressão sonora máxima ( $L_{max}$ ) e o nível de pressão sonora mínimo ( $L_{min}$ ). Além de alguns indicadores estatísticos como, por exemplo, o ( $L_{10}$ ), que representa o nível de pressão sonora que foi excedido durante 10% do tempo de medição, o ( $L_{50}$ ), que representa o nível de pressão sonora excedido durante 50% do tempo de medição, e o ( $L_{90}$ ) que representa o nível de pressão sonora excedido durante 90% do tempo de medição.

Segundo Bistafa (2011), para registros sonoros de ruídos não estacionários, ou seja, aquele que sofre variação de  $\pm 3$  dB ao longo do tempo (como é o ruído de tráfego urbano), é natural que seja utilizado um nível médio durante o período de registro, que pode ser descrito pelo Nível de Pressão Sonora Equivalente Contínuo ( $L_{eq}$ ).

O Nível de Pressão Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ), segundo a NBR 10.151(ABNT, 2000) é usualmente utilizado para quantificar níveis de ruído ambiental expressos na curva de ponderação “A”.

Assim, o Nível de Pressão Sonora Equivalente descreve o nível de pressão sonora em um determinado intervalo de tempo “T”. Definido como sendo o nível de som contínuo, que tenha a mesma energia acústica do som flutuante que está sendo medido em um determinado local. O cálculo se baseia na integração da variação da pressão sonora ao longo do tempo de medição, conforme Equação 2.3.

$$L_{eq} = 10. \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \quad (2.3)$$

Onde:

$T$ : é o tempo de integração;

$P_t$ : é a pressão acústica instantânea;

$P_0$ : é a pressão acústica de referência  $2,0 \times 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>.

$L_{eq}$ : representa o nível contínuo equivalente em dB (A).



Assim sendo o  $L_{eq}$  (dBA) se caracteriza como o descritor sonoro importante, sendo o indicador mais utilizado no estudo do ruído de tráfego.

### **2.3 Influência da Forma Urbana no Ambiente Sonoro**

A fonte sonora e o receptor são basicamente os mesmos na maioria das aglomerações urbanas, sendo que a fonte sonora principal é o ruído gerado pelo tráfego (NUNES, DORNELLES, SOARES, 2000; ALVES FILHO et al., 2004), e o ser humano, o receptor.

À medida que as ondas sonoras penetram no espaço urbano, elas encontram diferentes superfícies que alteram seu comportamento. Tais alterações são provocadas por refrações, gradientes climáticos como ventos e temperatura, reflexão e absorção de diferentes tipos de materiais, além da difração provocada por barreiras (REYNOLDS, 1985).

Niemeyer e Slama (1998) e Niemeyer e Santos (2001) completam, observando que a propagação da energia sonora ao incidir sobre obstáculos do meio urbano (edifícios, muros, fachadas e barreiras) sofre os fenômenos de: reflexão parcial, voltando ao meio de incidência; absorção parcial por parte do obstáculo; e difração, que ocorre quando a energia sonora atravessa frestas e pequenos vãos do obstáculo.

Neste sentido, Guedes, Bertoli e Zannin (2011) destacam a influência mais significativa de alguns elementos urbanos sobre o ambiente sonoro. Em um estudo no bairro dos Jardins, em Aracaju-Sergipe, tais elementos foram: a densidade construtiva, o perfil das vias, a forma e a posição das edificações; além da relação entre cheios e vazios urbanos.

Deste modo, percebe-se a importância da trajetória do som nos espaços urbanos. Cada espaço urbano corresponde a um ambiente, que por sua vez possui um nível sonoro específico, em função de sua forma e de sua função dominante (CETUR, 1981).

Os ambientes sonoros urbanos, segundo Niemeyer e Slama (1998), podem ser classificados em espaços acústicos abertos e fechados. Os espaços abertos são caracterizados pela existência de um campo livre ou campo sonoro

direto, em que a propagação de um ruído acontece sem obstáculos capazes de interagir com o seu nível sonoro.

Desta maneira, a atenuação sonora varia de acordo com a distância entre a fonte e o receptor. Em condições experimentais em ambiente controlado, as fontes lineares sofrem uma atenuação média de 3 dB, as fontes pontuais uma atenuação de até 6 dB, e para fontes mistas o decaimento considerado é de 4 dB (Moore, 1989). Por essa razão, é importante que nas vias urbanas seja buscado um recuo máximo entre o alinhamento predial e as vias de tráfego, visando garantir menores níveis sonoros nas proximidades das edificações ou mesmo em seu interior.

Segundo Niemeyer e Slama (1998), nos espaços acústicos fechados, o nível sonoro aumenta, quando a fonte se aproxima, e decresce, quando a fonte se afasta ambas em relação ao receptor. Porém o nível sonoro que atinge o receptor não depende somente das ondas sonoras emitidas diretamente pela fonte, pois depende também das ondas sonoras refletidas no meio de propagação.

Assim, em ambientes urbanos onde os edifícios estão paralelos à via, configura-se um cânion urbano que apresenta um campo sonoro reverberante. Nesse cânion a atenuação ocorre pela perda de energia sonora a cada reflexão, ou quando a onda sonora encontra um ângulo de saída.

Por esta razão, existe uma influência significativa da relação  $H/W$ , que é definida pelas proporções das alturas ( $H$ , abreviada do inglês *height*) das edificações em relação à largura ( $W$ , abreviada do inglês *width*) das vias, de modo a configurar os espaços urbanos e seu respectivo desenho. Oliveira e Romero (2007), porém, destacam que tal relação não está restrita somente às questões de desenho urbano e relacionam-se às questões de percepção e conforto ambiental.

A razão entre a largura e altura do ambiente exposto ao ruído de tráfego foi motivação do estudo paramétrico realizado por Van Renterghem, Salomons e Botteldooren (2006). Esses autores buscaram testar através de um método de predição acústica, chamado FDTD-PE (*finite-difference time-domain*), o

nível sonoro  $L_p$  em áreas protegidas pelas edificações. Os autores concluíram que a massa edificada influencia os níveis de pressão sonora calculada, no qual existe uma relação entre a distância das fachadas frontais e a altura dos edifícios.

Segundo os mesmos autores, os cânions mais estreitos, com proporção de  $H/W$  menor, ou seja, aqueles em que a altura das edificações lindeiras é superior à distância entre as fachadas, revelaram uma relação direta com o aumento nos níveis de pressão sonora provocado pela concentração de raios refletidos nas superfícies das construções, promovendo um incremento sonoro e influenciando no tempo de permanência do som no local.

Hincu (2003), em Bucareste na Romênia, buscou relacionar fatores de altura das edificações com as distâncias entre fachadas frontais, zonas verdes, composição de tráfego e tipo de pavimentação da via, com os níveis de pressão sonora coletados. Fez uso do software URBAN 2, utilizando o  $L_{eq}$  como parâmetro de cálculo com o receptor a 2 metros da fachada e a 1,5 metro do solo. A autora concluiu que menores alturas edificadas, aumento da distância entre as fachadas frontais, presença de zonas verdes, tráfego com menos veículos pesados e pavimentação mais homogênea contribuem para uma menor distribuição do nível de pressão sonora  $L_p$  no ambiente do que em situações contrárias.

A disposição das edificações foi um dos objetos de estudo no trabalho de Forssén e Thorsson (2009). Eles realizaram medições no interior das quadras antes e depois da instalação de três sistemas de atenuação acústica na Suécia. Os sistemas de atenuação utilizados foram o preenchimento dos afastamentos entre os edifícios, barreiras acústicas na via e um novo material de pavimentação na rua. A redução do nível de pressão sonora no interior das quadras foi obtida por todos os sistemas, sendo que o preenchimento entre as edificações se destacou por atuar como uma barreira contínua.

No Brasil, Guedes (2005) propôs três cenários hipotéticos e analisou que, nas regiões com maior densidade construtiva, as edificações se comportam como obstáculo à livre propagação do ruído de tráfego, atenuando o nível sonoro nos espaços internos das quadras. Brioschi e Viveiros (2011)

complementam com sua pesquisa para Florianópolis, concluindo que a ampliação dos afastamentos frontais das edificações mostra-se benéfica para o transeunte. Isso se dá porque ocorre uma diminuição do impacto negativo provocado pela poluição sonora, ou seja, há um decréscimo dos níveis sonoros que seria provocado pela inserção da massa edificada. Entretanto, observaram também que, com o afastamento frontal maior, o indivíduo localizado atrás da edificação fica exposto a níveis sonoros mais intensos, confirmando outros estudos indicados na literatura.

Neste contexto, caracterizar o entorno imediato de onde a energia sonora se propaga torna-se uma das questões principais para o entendimento do ambiente sonoro urbano. Assim, nesse cenário, os índices urbanísticos são ferramentas fundamentais para prever o comportamento do ambiente urbano sob o ponto de vista acústico, pois os mesmos são responsáveis pelo desenvolvimento do ambiente construído.

### 3 Avaliação e Gestão do Ruído Ambiental

A partir da década de 70, visando melhorar a qualidade acústica presente no ambiente urbano, iniciou-se a criação de programas internacionais de combate à poluição sonora, que posteriormente se tornaram ferramentas de planejamento e tomada de decisão (SCHAFER, 1977).

Nesta linha de raciocínio, destaca-se a experiência norte americana que se consolidou a partir da promulgação do documento intitulado “*The Noise Control Act of 1972*” (NCA-72), elaborado pela *Environment Protection Agency* (EPA). Esta teve como objetivo promover um ambiente livre de ruídos capazes de causar danos à saúde e ao bem estar dos americanos. Contudo, não considerava os custos no processo de implementação e operacionalização, tornando-se pouco eficaz (SOUZA, 2004).

Em contrapartida, a Comunidade Europeia (CE), por meio de peritos em acústica, prestou assistência técnica na elaboração de um documento, nomeado de *Green Paper*, que foi considerado o marco inicial da investigação acústica em ambiente urbano. Esse serviu de subsídio para a formação de uma política de gestão da poluição sonora urbana, que foi capaz de constatar que, cerca de oitenta milhões de pessoas estavam expostas, durante o período diurno e no ambiente externo, a níveis de ruído superiores aos considerados aceitáveis por pesquisadores, profissionais de saúde e cientistas provenientes de meios de transporte (CE, 1996).

Desta forma, através de uma diretiva (a Directiva 2002/49/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de julho de 1996), a Comunidade Europeia propôs o controle do ruído urbano, baseado em três pilares principais que são: o mapeamento do ruído, um programa de ações visando minimizar o ruído e um sistema de informação ao público.

Neste sentido, a diretiva prevê a criação de mapas estratégicos de ruído para as principais fontes de poluição sonora, dentre elas estão concentrações urbanas com mais de 250.000 habitantes. De acordo com Gergely (2010), 52%

da população que vive nestas concentrações urbanas estão expostas diariamente a um ruído provocado pelo tráfego rodoviário superior a 55 dB(A).

Diferentemente, no Brasil o ruído ambiental é tratado por meio de um Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, instituído pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (órgão deliberativo e consultivo do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA) e normalizado através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio das NBR 10.151 e NBR 10.152, que indicam respectivamente condições de aceitabilidade do ruído nas comunidades e os procedimentos necessários para realizar medições sonoras.

Com isso, ações no combate à poluição sonora são realocadas e deixadas sob-responsabilidade dos municípios, seja através dos planos diretores municipais, seja através do Estatuto das Cidades, sancionado pela Lei Federal 10.257/01, através do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV).

O EIV, em síntese, é um documento elaborado de acordo com a legislação municipal, para a concessão de licenças e autorizações para construção, ampliação ou funcionamento de forma a contemplar aspectos negativos e positivos de empreendimento, considerando a qualidade de vida da população residente na área e proximidades, incluindo o ruído gerado pelo empreendimento (CYMBALISTA, 2002).

Embora a poluição sonora seja caracterizada como um problema do ambiente urbano, mapas de ruídos normalmente não fazem parte das estratégias ambientais para a tomada de decisão e também não são contemplados nos planos diretores municipais. No caso específico do EIV, a responsabilidade é passada de forma integral ao empreendedor, que deve averiguar a poluição sonora gerada pela sobrecarga e adensamento do tráfego causado pelo seu empreendimento.

Ainda que não haja leis específicas sobre o mapeamento sonoro, como é o caso da Comunidade Europeia, existe no Brasil ações pontuais em cidades brasileiras que aplicam esta ferramenta no âmbito acadêmico científico, como é o caso de Curitiba/PR (Calixto, 2002), Bélem/PA (Moreas et al., 2003),

Sorocaba/SP (Costa & Lourenço, 2010) e Natal/RN (Cortês, 2013). Destaca-se que apenas a cidade de Fortaleza possui um programa de mapeamento sonoro oficial, que é gerenciado pela Secretaria do Meio Ambiente do município, conjuntamente com uma equipe de assessoria internacional, que prevê a integração dos resultados do mapeamento com o Plano Diretor Municipal (SEMAM FORTALEZA, 2011).

### 3.1 Ferramentas para Avaliação de Ruído Ambiental

Com o intuito de se investigar a qualidade acústica dos ambientes urbanos, é necessária a utilização de um método capaz de realizar a modelagem da cidade e a sua interação com a propagação sonora, envolvendo fonte, trajetória e receptor. Uma das formas de se realizar essa investigação é através do mapeamento sonoro.

Entretanto, mapeamentos sonoros que se fazem valer de medições “*in loco*” ou de cálculos matemáticos tornam-se muito dispendiosos e demorados (PAZ, 2004). Deste modo, estudos e investigações do ruído ambiental urbano, observados em trabalhos e pesquisas acadêmicas apontam para a utilização de ferramentas computacionais para a geração de mapas de ruído e métodos de predição acústica (CALIXTO, 2002; MORAES et al, 2003; MARDONES, 2009; COSTA & LOURENÇO, 2010). Esse foi também o recurso utilizado pelas pesquisas anteriormente citadas de Guedes (2005) e Brioschi e Viveiros (2011).

A Diretiva Europeia 2002/49/CE de Avaliação e Gestão do Ruído Ambiental incentivou o uso e sistematização do mapeamento sonoro. Esses possuem como principal objetivo, gerar uma informação visual do comportamento acústico do ruído ambiental em uma área geográfica, em determinado horário ou momento ao longo do dia. Os dados obtidos por essa ferramenta podem ser gerados a partir de medições diretas ou de modelos de predição acústica (GUEDES, 2005).

Os métodos relacionados à predição acústica do ruído ambiental urbano devem ser capazes de fornecer resultados seguros, que representem a situação real dos níveis de ruídos existentes em condições de emissão e propagação (OECD, 1995). Para se atingir tal objetivo é necessário relacioná-los com as fontes sonoras presentes no ambiente.

Alguns modelos de predições acústicas atuais para o ruído de tráfego e que foram analisados por Steele (2001), como o modelo americano FHWA – *Traffic Noise Prediction Model*, o modelo japonês (AJS Model-1993), o alemão RLS-90 *Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen* e o modelo utilizado no Reino Unido o CoRTN – *Calculation of Road Traffic Noise*, são capazes de fornecer resultados seguros.

Desta forma, muitas ferramentas de simulações acústicas foram criadas para serem utilizadas através de modelos de previsão acústica, empregando como fonte sonora o ruído de tráfego. São exemplos deste recurso os programas computacionais Raynoise (Empresa LMS Siemens), SoundPlan (Empresa Braunstein + Bernadt GmbH), CADNA-A (Empresa Datakustik GMBH), Predictor-LimA (Empresa Softnoise GmbH) e Custic 3.2 (Empresa Canaria Algoritmos Numéricos).

Em consequência da Directiva Europeia, inúmeros países da União Europeia passaram a criar seus próprios modelos para realizarem seus respectivos mapeamentos.

Atualmente a maioria dos países da comunidade europeia possui seus modelos de predição, dentre eles estão o método francês (NMPB-Routes 1996), recomendado pela Directiva Europeia para se calcular a fonte e o modelo de propagação para o tráfego rodoviário.

O NMPB-Routes 1996, (*Nouvelle Méthode de Prevision du Bruit des Routes*) foi desenvolvido na França em 1996. Em seu algoritmo de cálculo, é considerada a potência acústica associada à fonte sonora ( $LW$ ) e fatores de atenuação, devida à divergência geométrica ( $A_{div}$ ), à absorção do ar ( $A_{atm}$ ), difração ( $A_{dif}$ ), ao efeito do solo ( $A_{solo}$ ), à absorção das superfícies verticais



( $A_{ref}$ ), além de condições meteorológicas que interferem na propagação sonora que atinge um determinado receptor (SILVA et al., 2005).

Giunta (2013) verificando a aplicabilidade desse modelo para o caso de uma cidade brasileira destaca o seu algoritmo de cálculo. Nele, o cálculo do nível sonoro equivalente de longa duração “*Long-term*” ( $L_{LT}$ ), considera as condições meteorológicas, segundo a expressão 2.4:

$$L_{LT} = 10\log[p \times 10^{\frac{L_{pF}}{10}} + (1 - p) \times 10^{\frac{L_{pH}}{10}}] \quad (2.4)$$

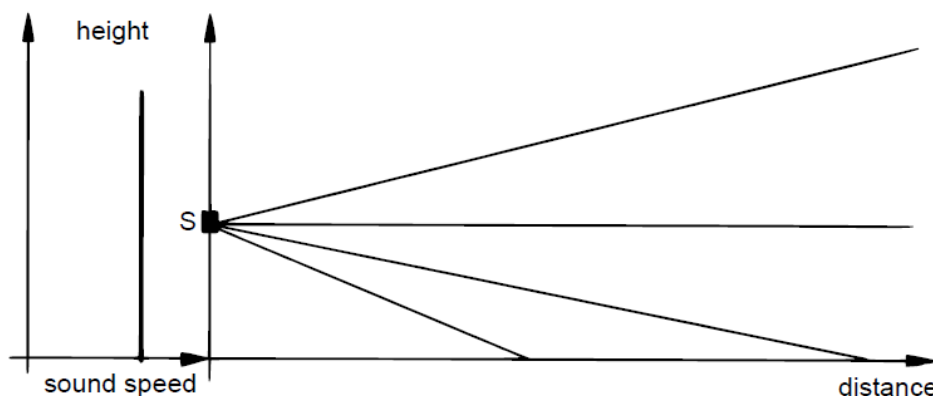
Onde:

$L_{p,H}$ : é o nível sonoro para condições meteorológicas homogêneas do local e é calculado pela expressão 2.5:

$$L_{p,H} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,H} - A_{dif,H} - A_{ref} \quad (2.5)$$

Estas condições atmosféricas resultam de um ambiente homogêneo muito específico que proporciona que a energia acústica se propague em linha reta (figura 2). Este fenômeno ocorre quando os efeitos térmicos e aerodinâmicos tendem a se compensar, ou quando a velocidade do vento é totalmente nula e a temperatura do ar é constante em relação ao solo. Isso normalmente ocorre de forma rápida no nascer e por do sol, ou sob uma cobertura total de nuvens espessas (SETRA, 2009).

Figura 2: Propagação acústica em condições homogêneas



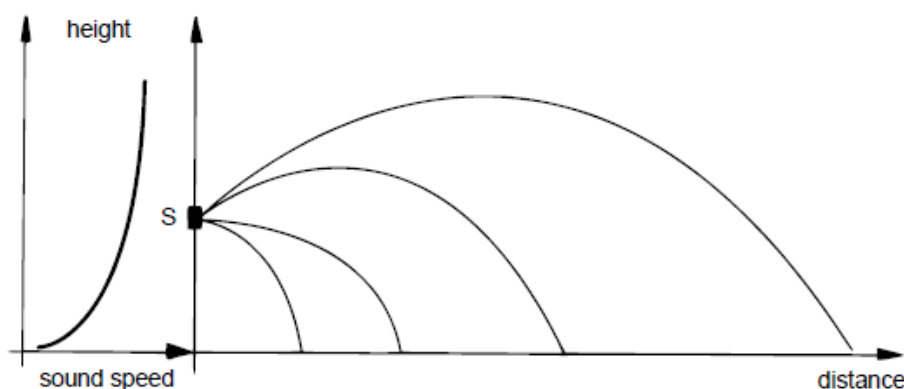
(Fonte: SETRA, 2009)

O  $L_{p,F}$ , apresentado na expressão 2.4 refere-se ao nível sonoro para condições meteorológicas favoráveis do local e é calculado pela expressão 2.6:

$$L_{p,F} = LW - A_{div} - A_{atm} - A_{solo,F} - A_{dif,F} - A_{ref} \quad (2.6)$$

As condições meteorológicas favoráveis são aquelas que provocam uma refração descendente da energia sonora em direção ao solo (figura 3), sendo assim, capaz de produzir nos receptores, níveis sonoros maiores do que os observados em condições homogêneas (SETRA, 2009).

Figura 3: Propagação acústica em condições favoráveis



(Fonte: SETRA, 2009)

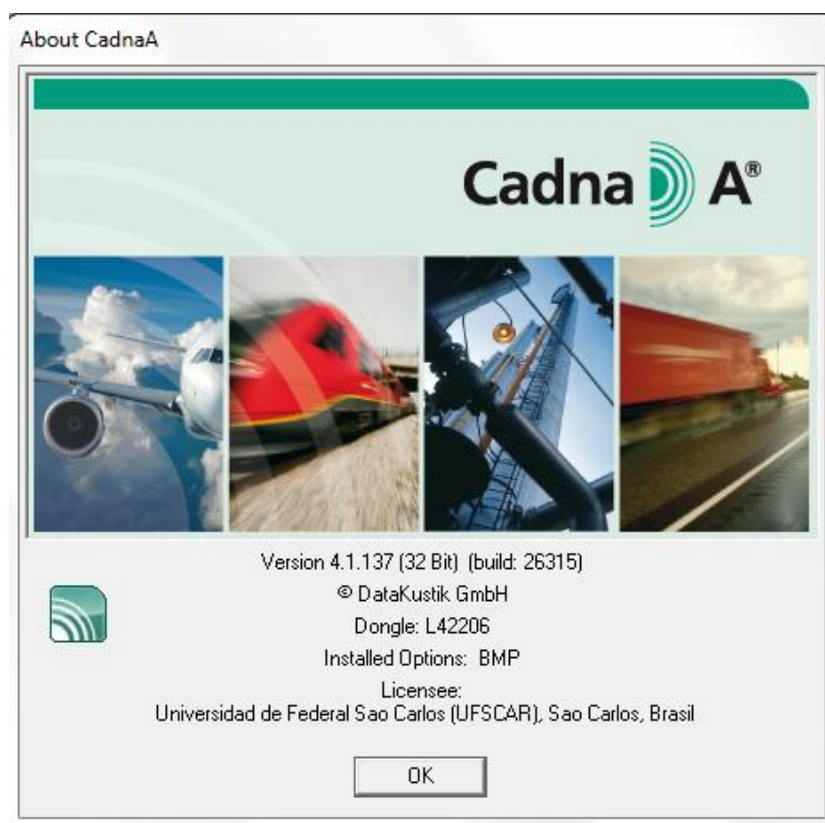
Na expressão 2.4 “p” se refere à ocorrência das condições meteorológicas favoráveis durante a propagação do som e assume valores entre  $0 < p < 1$ . O fator LW representa a potência acústica associada ao fluxo de tráfego rodoviário. O cálculo de (LW) é função de suas características (como fluxo, velocidade média e composição), além do tipo de pavimento da via de circulação. Com objetivo de simplificar os cálculos, os dados referentes à composição do tráfego são separados em duas categorias de veículos, os veículos leves e pesados, sendo que, o fluxo de veículos pesados é ponderado através de um fator de equivalência acústica.

Destaca-se que, o modelo sofreu uma atualização e passou a ser chamado de NMPB-Routes 2008. Nessa, as principais modificações foram: a redução de altura da fonte e a substituição da norma ISO 9613-2 nas fórmulas de base na atenuação do solo em condições homogêneas (DUTILLEUX et al., 2008).

### 3.1.1 Simulação no software CADNA-A

Dentre os diversos programas computacionais para a criação de mapas sonoros de ruído, esta dissertação destaca o CADNA-A, versão 4.1 (figura 4), desenvolvido pela empresa Datakustik GmbH. O programa é composto de um software que permite a inserção de um grande volume de informações de maneira extremamente organizada, sendo capaz de calcular e apresentar os níveis de ruído ambiental, da mesma forma que pode realizar a predição do ruído e relacioná-lo com a contaminação acústica, apresentando, sob forma de mapas, áreas coloridas que correspondem a intervalos de valores de ruído.

Figura 4: Programa de Simulação Acústica, CADNA-A.



(Fonte: Datakustik GmbH)

O programa CADNA-A, considera normas internacionais para os cálculos, pois cada fonte sonora, seja ela, rodovia, ferrovia, indústria, ou qualquer fonte pontual ou linear, possui sua especificidade.

No que se refere à fonte sonora rodoviária, ou seja, aquela proveniente do ruído de tráfego, o software apresenta a possibilidade de utilizar o método francês NMPB-Routes 2008, anteriormente descrito e cuja aplicabilidade à cidade brasileira de São Carlos foi verificada por Giunta (2013).

No decorrer da simulação, as vias de tráfego são calculadas como fontes lineares dividida em fragmentos, de modo que, cada pequeno fragmento é assimilado pelo programa como uma fonte sonora pontual, que possui um nível de potência sonora, de acordo com as características do tráfego e da via (DATAKUSTIK, 2004).

As características atribuídas a cada fragmento são relacionadas à quantidade de veículos leves e pesados, à velocidade, à inclinação da via, ao tipo de pavimento e ao tipo de circulação, ou ainda pela inserção de dados coletados em campo inseridos no programa em decibel.

Desta forma, com as características atribuídas às fontes sonoras, o software considera que a trajetória direta da energia sonora entre a fonte e o receptor sofre atenuação devido à divergência geométrica, à absorção atmosférica, ao efeito do solo e à difração provocada pelos obstáculos. Além da trajetória direta, o software considera também o efeito das reflexões, ou seja, os efeitos provocados pela trajetória indireta, por meio do método da imagem refletida em um espelho (CARVALHO, 2006).

Neste método as superfícies refletoras são consideradas como espelhos nos quais as fontes sonoras produzem uma imagem sobre a superfície, do lado oposto e a igual distância. Essas imagens passam a ser consideradas fontes sonoras, sendo o seu nível de potência corrigido em função das características de reflexão da superfície.

O software, através do modelo francês NMPB-Routes 2008, realiza os cálculos para as condições atmosféricas, homogênea e favorável, ponderando os valores de acordo com a sua respectiva ocorrência, permitindo obter os níveis médios de longa duração e, posteriormente, fornecer os níveis sonoros em dB(A) (CARVALHO, 2006).

### 3.2 Previsão de Cenários Futuros

Os estudos de cenários futuros, atualmente são utilizados em larga escala no planejamento estratégico, tanto para o setor privado quanto para o setor governamental, pois oferecem uma referência de previsão futura capaz de auxiliar processos decisórios.

Segundo Buarque (2003), à medida que aumentam as incertezas em quase todas as áreas do conhecimento, cresce também a necessidade de análise e reflexão sobre as perspectivas futuras da realidade em que se vive e da qual se planeja.

De acordo com Lopes (2001), o objetivo principal das Técnicas de Cenários, é permitir a utilização de pontos fortes, desenvolver potencialidades e confrontar ameaças a um determinado sistema, possibilitando definir melhores ações no presente, para a obtenção de resultados mais satisfatórios no futuro.

Desta forma, para uma melhor compreensão sobre os conceitos de previsão futura, torna-se necessário diferenciar predições de cenários futuros. Segundo Souza (2003), o problema básico das predições convencionais (tipo cartesiana, linear ou extrapolativa), é a sua conformidade ao modelo de simplificação, o que as tornam enganosas diante dos problemas sociais, presentes nos ambientes urbanos.

Cenários, ao contrário das predições, não seguem métodos formais ou aplicação de fórmulas matemáticas. O esforço desta metodologia consiste em agregar fatores dificilmente formalizáveis, mas com consistência lógica e sintonia com a realidade, capaz de possibilitar simulações bastante flexíveis, no qual alguns fatores são enfatizados em função de sua maior chance de ocorrência (VILELA, 2007).

Segundo Makridakis et al.(1983) e Souza (1999), cenários constituem uma metodologia científica capaz de apoiar decisões estratégicas, incluindo as de âmbito social.

De acordo com Vilela (2007), sob uma abordagem geral, a técnica de construção de cenários, consiste basicamente em um estudo e análise da situação atual de um determinado local inserido em um contexto temporal, na qual se encontra a realidade, para a qual serão elaborados os cenários. Posteriormente realiza-se um estudo entre as variáveis existentes e suas respectivas ocorrências, combinações e possíveis influências de umas sobre as outras.

Desta forma, a partir destes resultados formulam-se os cenários e selecionam-se os mais prováveis. Vilela (2007) destaca que, quanto maior o número de informação e dados, maior será a fundamentação teórica e a firmeza para se definir cenários possíveis e próximos à realidade.

Assim sendo, a previsão futura, baseado na técnica de construção de cenários, mostra-se como um importante instrumento para o processo de planejamento, gestão, políticas públicas e intervenções urbanas e será utilizado nesta pesquisa com o objetivo de verificar as consequências acústicas a partir do adensamento construtivo proposto na área em estudo.

## **4 Materiais e Método**

Nesse capítulo são descritas as etapas metodológicas que compõem a pesquisa. O método utilizado na pesquisa visou investigar o papel de índices urbanísticos e da geometria urbana no ruído ambiental. Para isso considerou-se o índice de ocupação, o índice de aproveitamento e a relação entre a altura das edificações e a largura das vias nos pontos de coleta (relação H/W).

As etapas do método envolvem: a delimitação da área de estudo, na qual foi feita uma seleção de pontos de coleta de dados acústicos e de tráfego, além da caracterização da morfologia urbana do seu entorno; a modelagem e simulação no software CADNA-A, com base na aplicação de um modelo validado por Giunta (2013) para a cidade de São Carlos; o desenvolvimento de mapas acústicos do cenário atual e de cenário futuro; a análise das variações dos níveis de ruído entre o cenário atual e o cenário futuro, identificando-se as relações com o coeficiente de ocupação, o coeficiente de aproveitamento e da relação H/W; e, a classificação acústica de quadras urbanas da área de estudo.

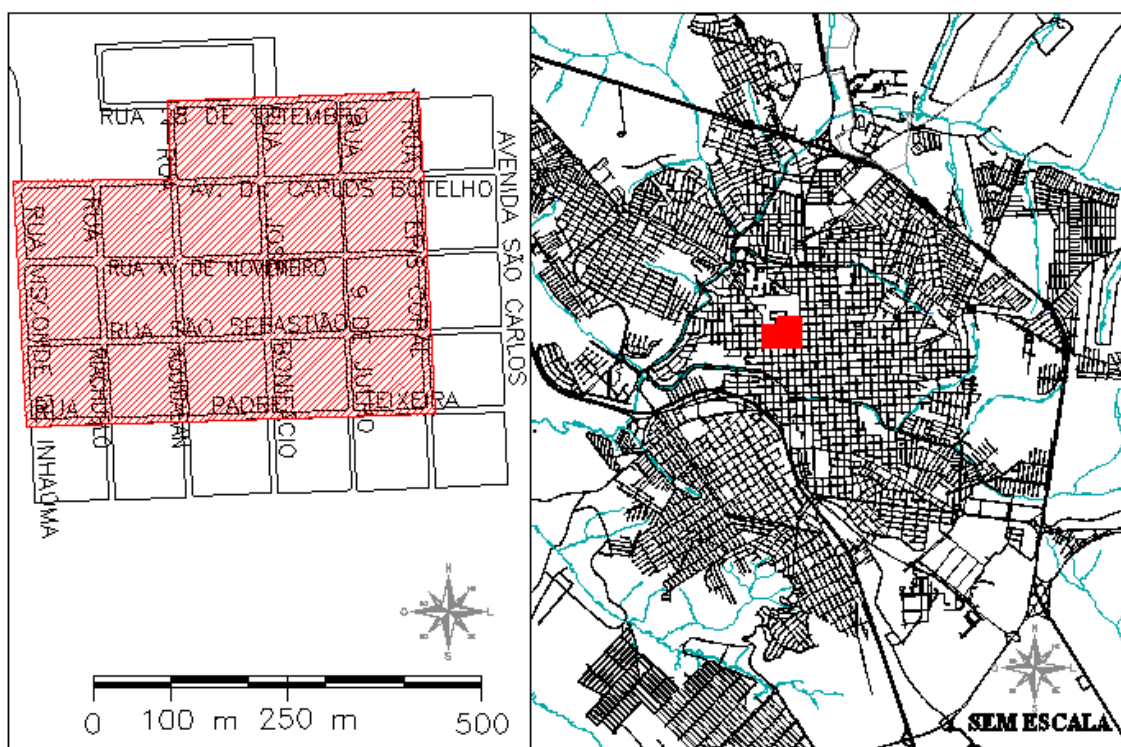
### **4.1 Caracterização de área de estudo**

A área em questão está inserida no município de São Carlos, que se localiza na região central do Estado de São Paulo, Brasil. São Carlos está situado a aproximadamente 230 km da Capital, nas coordenadas geográficas de 22°01' de latitude Sul e 47°54' de longitude Oeste, sendo composta de dois distritos: Água Vermelha e Santa Eudóxia, com uma área territorial de 1.137 km<sup>2</sup>, área urbana de 68,45 km<sup>2</sup>, uma densidade demográfica de 195,15 hab/km<sup>2</sup> com uma população de 221.950 habitantes (IBGE, 2010).

A fração urbana selecionada para o estudo (figura 5) abrange, no sentido Leste-Oeste, da Rua Episcopal até a Rua Visconde de Inhaúma, e, no sentido Norte-Sul, da Rua Vinte e Oito de Setembro até a Rua Padre Teixeira. Essa área foi selecionada como complementação aos estudos já iniciados pelo NUPA – Núcleo de Pesquisa em Acústica e Térmica nas Edificações e Redes Viárias do DECiv-UFSCar, através da dissertação de Giunta (2013).

Esta seleção considerou critérios de importância da área em relação à rede viária da cidade, que engloba dois corredores de tráfego relevantes para a cidade: a Avenida Dr. Carlos Botelho e a Rua Quinze de Novembro. Os dados para seleção da área foram obtidos através de cartas digitalizadas do Município, e coletas “*in loco*”.

Figura 5: Seleção da Área de Estudo



(Fonte: Autor)

Além do critério da importância das redes viárias, levaram-se em conta as características de uso e ocupação do solo. Essas são tratadas na Lei nº 13.691/2005, que institui o Plano Diretor do Município de São Carlos. Nesse documento o local é considerado uma área de uso misto, com atividades comerciais, prestação de serviços, áreas residenciais, institucionais, além de escolas e praças.

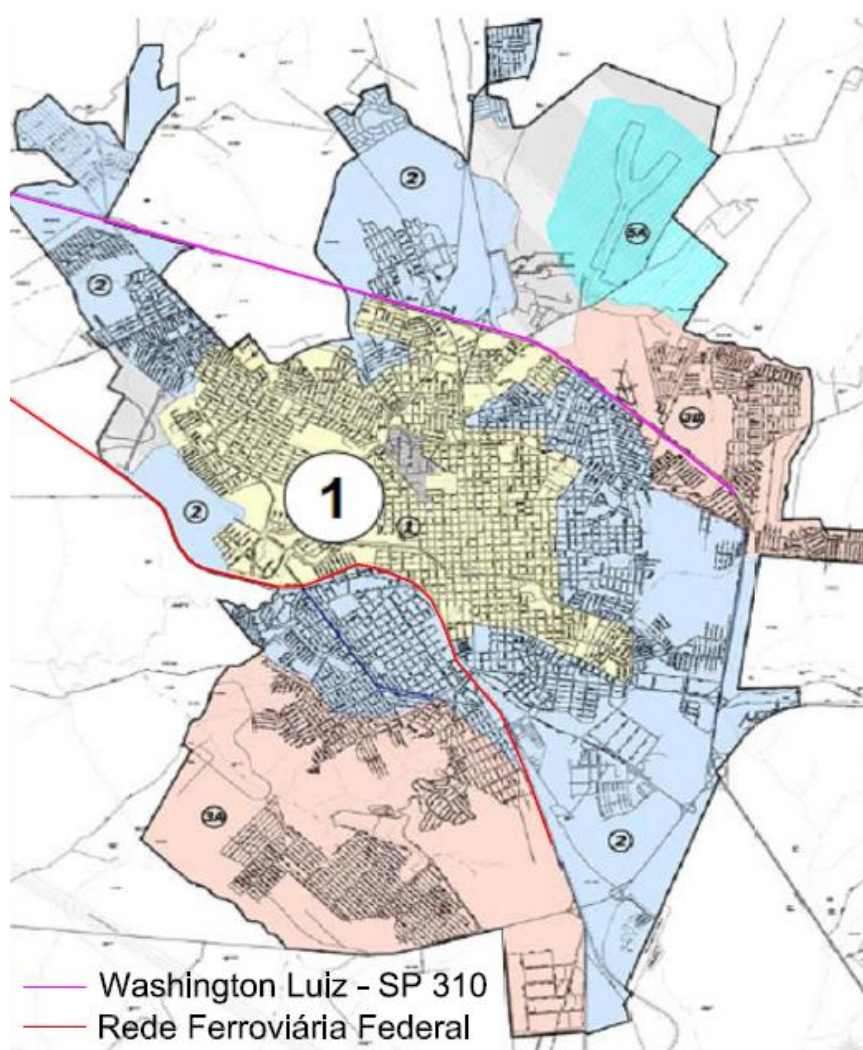
O instrumento de planejamento municipal, Plano Diretor, classifica a área como Zona 1, que possui as melhores condições de infraestrutura da cidade, sendo nomeada de Zona de Ocupação Induzida. Nesta destacam-se as diretrizes que visam garantir a diversidade de usos, especialmente o habitacional, além de preservar a diversidade social, equacionar conflitos,



promover a ocupação de lotes vazios e imóveis subutilizados e incrementar o adensamento.

No artigo 25 da seção I do Plano Diretor, a Zona 1 é caracterizada como uma área com predominância de comércio e serviço, em detrimento do uso habitacional na área central. Apresenta uma concentração de população de alta renda com elevado número de idosos. Possui uma concentração de imóveis de interesse histórico e cultural e está localizada (figura 6) entre as barreiras de mobilidade urbana, formadas pela ferrovia da Rede Ferroviária Federal e da Rodovia Washington Luiz – SP 310.

Figura 6: Zona de Ocupação Induzida - Zona 1.



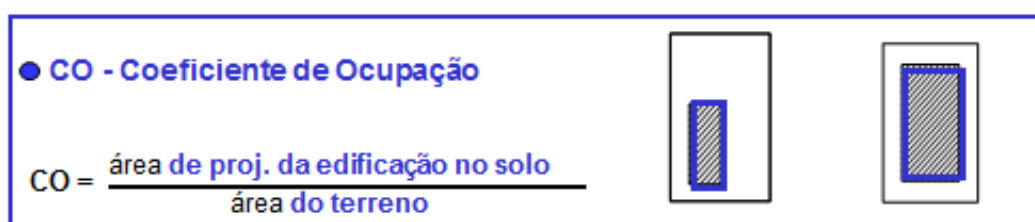
(Fonte: Adaptado do Plano Diretor de São Carlos)

Nesta região, os índices urbanísticos, são tratados pelo instrumento municipal de São Carlos com a denominação de “coeficientes urbanísticos”.

Destacam-se como de interesse dessa pesquisa, aqueles índices referentes ao coeficiente de ocupação e ao coeficiente de aproveitamento, que são usualmente empregados como elementos práticos de regulamentação urbana pelos órgãos responsáveis pela gestão e planejamento das cidades.

Quanto ao coeficiente de ocupação (CO) (figura 7), segundo o Artigo 156 da Seção I do Plano Diretor de São Carlos, refere-se à relação existente entre a área de projeção da edificação no solo e a área do terreno. Para a Zona de Ocupação Induzida, esse coeficiente pode atingir valores iguais a 70 %.

Figura 7: Ilustração do Coeficiente de Ocupação



(Fonte: Adaptado do Roteiro de Leitura do Plano Diretor de São Carlos)

O coeficiente de Aproveitamento (CA) (figura 8) é, segundo o Artigo 158 do Plano Diretor de São Carlos, a relação entre a área edificável e a área do terreno e subdivide-se em Coeficiente de Aproveitamento Básico (CAB) e o Coeficiente de Aproveitamento Máximo (CAM).

Figura 8: Ilustração do Coeficiente de Aproveitamento



(Fonte: Adaptado do Roteiro de Leitura do Plano Diretor de São Carlos)

Para casos de uso estritamente residencial unifamiliar, o coeficiente de aproveitamento para zona de ocupação induzida pode atingir valores iguais a 1,4.

O Coeficiente de Aproveitamento Básico (CAB), que trata da relação entre a área edificável básica e a área do terreno, para a zona de ocupação

induzida pode atingir valores até 2. O Coeficiente de Aproveitamento Máximo (CAM), que se refere ao fator pelo qual a área do lote deve ser multiplicada para se obter a área de edificação permitida neste mesmo lote, mediante a aplicação de Outorga Onerosa do Direito de Construir ou da Transferência do Direito de Construir, é igual a 3,5 para a região.

A partir desses coeficientes urbanísticos, é possível estabelecer cenários de previsão de como será o adensamento da região e como estes novos elementos construtivos irão interagir com o ambiente sonoro. Entretanto, é necessário destacar que, a área em estudo já se apresentava consolidada antes da criação do Plano Diretor e, por esta razão, existem algumas edificações que não seguem os índices urbanísticos atuais.

#### **4.1.1 Caracterização física do Entorno Urbano**

Foram coletados dados referentes às características geométricas e morfológicas no entorno da área de estudo. Tais coletas se deram através de mapas cadastrais (cedidos pela Prefeitura Municipal de São Carlos), do *software* Google Earth®, além de visitas “*in loco*”. Foram levantadas informações sobre as características físicas como: largura de via e passeios e suas respectivas declividades, altura das edificações, pavimentação da via, uso e ocupação do solo, altura de muros e distância entre as edificações. Deste modo, construíram-se, sobre o mapa base cedido pela Prefeitura Municipal de São Carlos, informações de uso e ocupação do solo e altura dos edifícios (Figura 9 e 10).

Na figura 9 é possível observar visualmente que os usos comercial e residencial são predominantes na região, embora o número de instituições de ensino seja considerável em relação a toda a área de estudo.

Figura 9: Uso e ocupação do Solo



(Fonte: Autor)

A fração urbana selecionada possui uma área aproximada de 0,253 km<sup>2</sup>, com o uso e ocupação do solo distribuído conforme a Tabela 3. Os dados confirmam a impressão visual, destacando-se que 31,59% da área é ocupada por lotes residenciais e 27,73% com lotes de uso comercial.

Tabela 2: Uso e Ocupação do solo

Uso e ocupação	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Sistema Viário	36.113,81	14,24
Lotes residenciais	81.035,77	31,59
Construções	1.162,20	0,46
Praça	8.305,19	3,28
Escolas	19.313,5	7,26
Comércio e Serviços	70.304,64	27,73
Uso Misto	6.454,06	2,55
Lotes Vazios	11.068,21	4,37
Institucionais	19.798,61	7,81

(Fonte: Autor)

Figura 10: Altura das Edificações



(Fonte: Autor)

Em relação à altura das edificações, pode ser observada a predominância de edificações térreas.

Quanto à disposição das quadras, a área possui 18 quarteirões com dimensões aproximadas de 100 metros de comprimento por 100 metros de largura. Excetuam-se: uma quadra com dimensões aproximadas de 193 metros de comprimento e 67 metros de largura, localizada entre a Rua Vinte e oito de setembro e a Rua Ruth Bloen Souto; e outra com 190 metros de comprimento e 90 de largura, que se encontra entre a Rua Aquidabam e a Rua Visconde de Inhaúma e representa parte do Campus I da Universidade de São Paulo (USP).

## 4.2 Seleção dos Pontos de Medição

A quantidade de pontos e a sua distribuição no espaço, nos quais foram realizadas as medições acústicas, apresentam-se como etapas fundamentais da metodologia para o mapeamento sonoro da região.

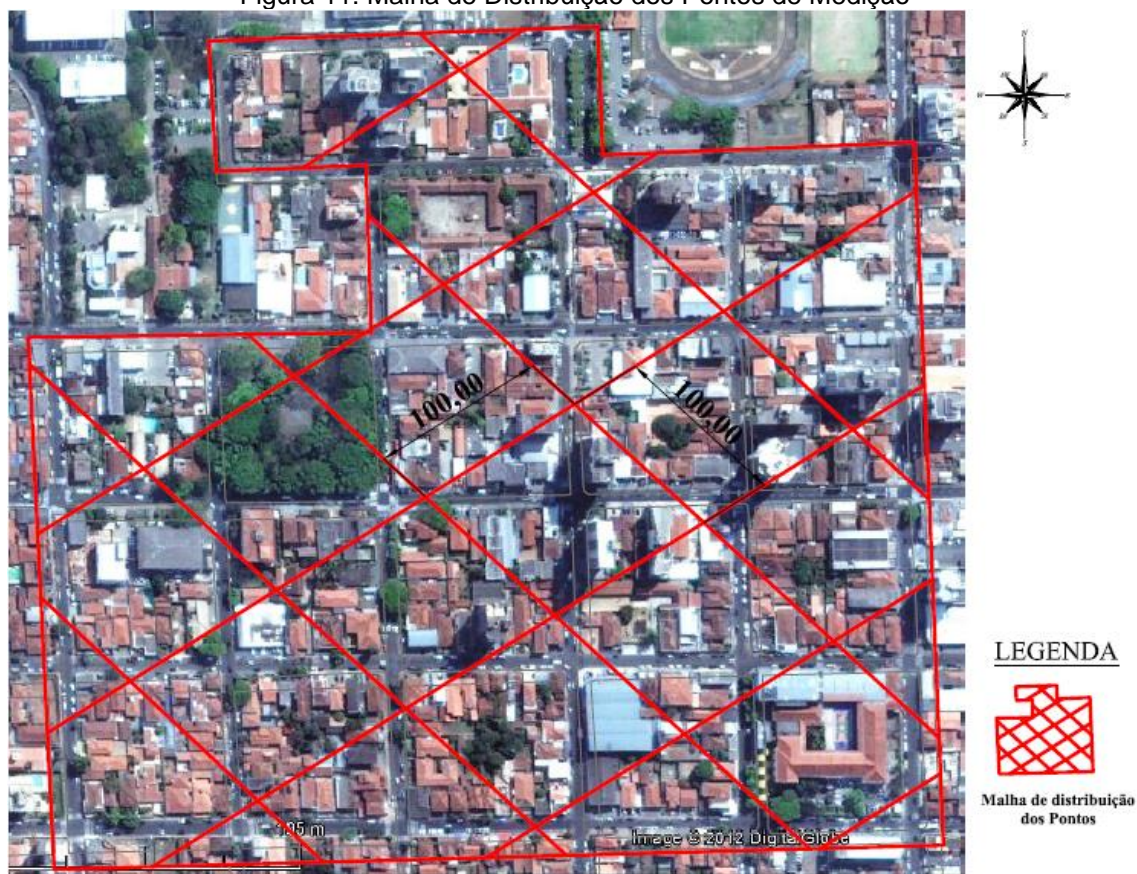
De acordo com Nagem (2004), utilizam-se, normalmente, para o mapeamento do ruído ambiental, malhas de amostragem regulares com seus pontos distribuídos homoganeamente pelo espaço. Destaca-se que para o mapeamento de ruído de tráfego veicular, as malhas possuem “nós”, que se distanciam uns dos outros de 10 a 1000 metros.

Palhares et al. (1996) realizaram medições em uma malha triangular que variaram de 10 a 1000 metros entre os nós, enquanto Moraes e Lara (2003) utilizaram quadrículas de 400 x 400 metros. Em pesquisa recente, Balzan (2011) utilizou uma malha de pontos espaçados 245 metros entre si, para a avaliação do ruído de tráfego veicular na cidade de Chapecó – SC.

Desta maneira, considerando-se as metodologias empregadas na investigação do ruído, as características de tráfego veicular e a forma da malha urbana da área central do município de São Carlos, definiu-se uma malha quadriculada para a localização dos pontos de coleta de dados, nomeados de pontos de medição.

Os pontos de medição estão espaçados aproximadamente 100 metros entre si e situam-se nos cruzamentos das malhas (Figura 11). Buscou-se um espaçamento no qual fosse possível a medição exatamente sobre o ponto no cruzamento da malha. Entretanto, em alguns casos isso não foi possível, pois alguns pontos ficaram localizados no meio das quadras, desta forma, tais pontos foram deslocados para os passeios mais próximos.

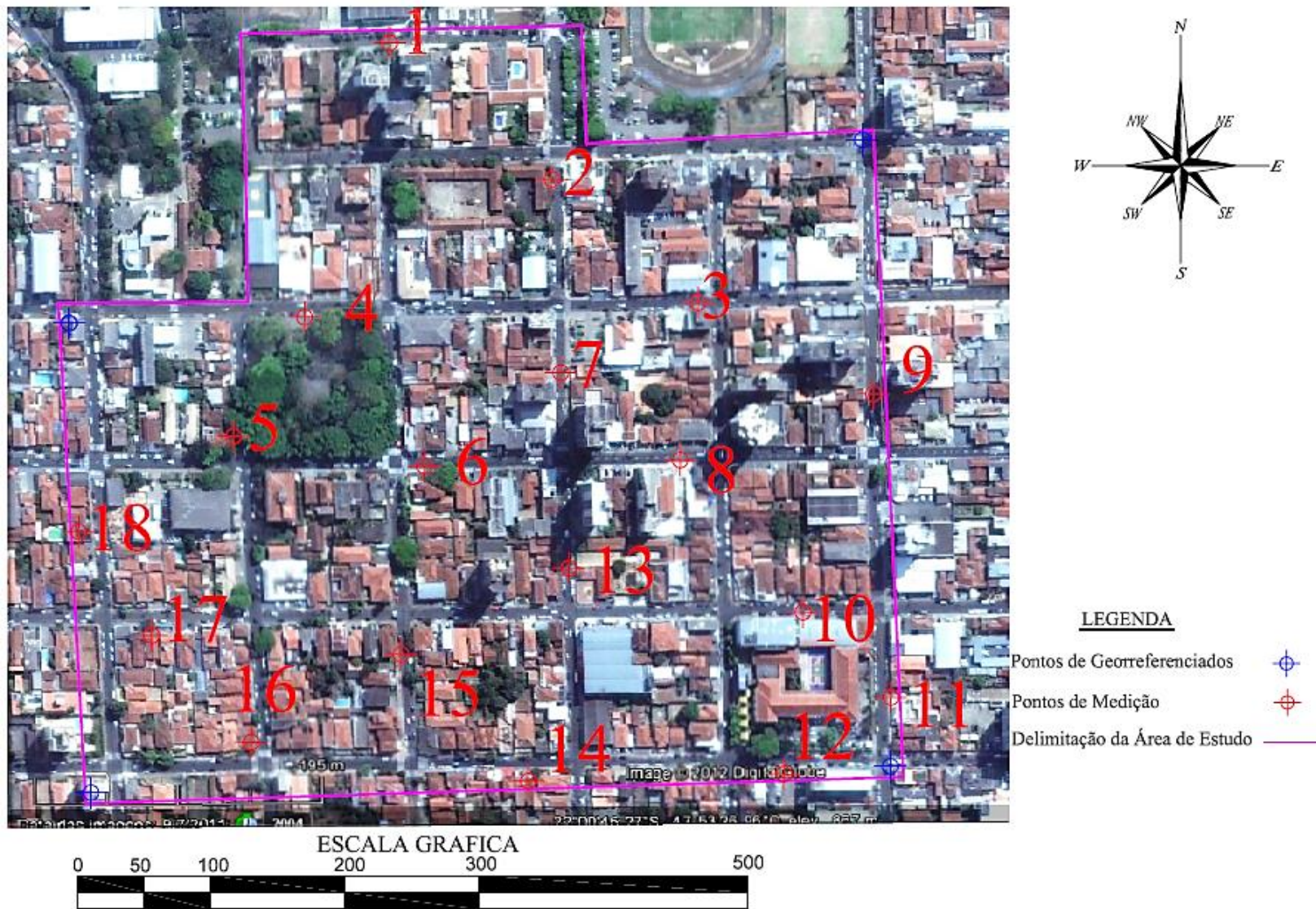
Figura 11: Malha de Distribuição dos Pontos de Medição



(Fonte: Google Earth®)

Na (Figura 12) podem ser visualizados os locais exatos em que ocorram as coletas de dados. Assim sendo, para uma área de 253.000 m<sup>2</sup>, foram estabelecidos 18 pontos de medição que estão descritos e caracterizados no Apêndice A.

Figura 12: Localização dos Pontos de Medição



(Fonte: Google Earth®)



### 4.3 Coleta de dados

As campanhas de coleta de dados ocorreram nos meses de outubro e novembro de 2012.

#### 4.3.1 Dados Acústicos

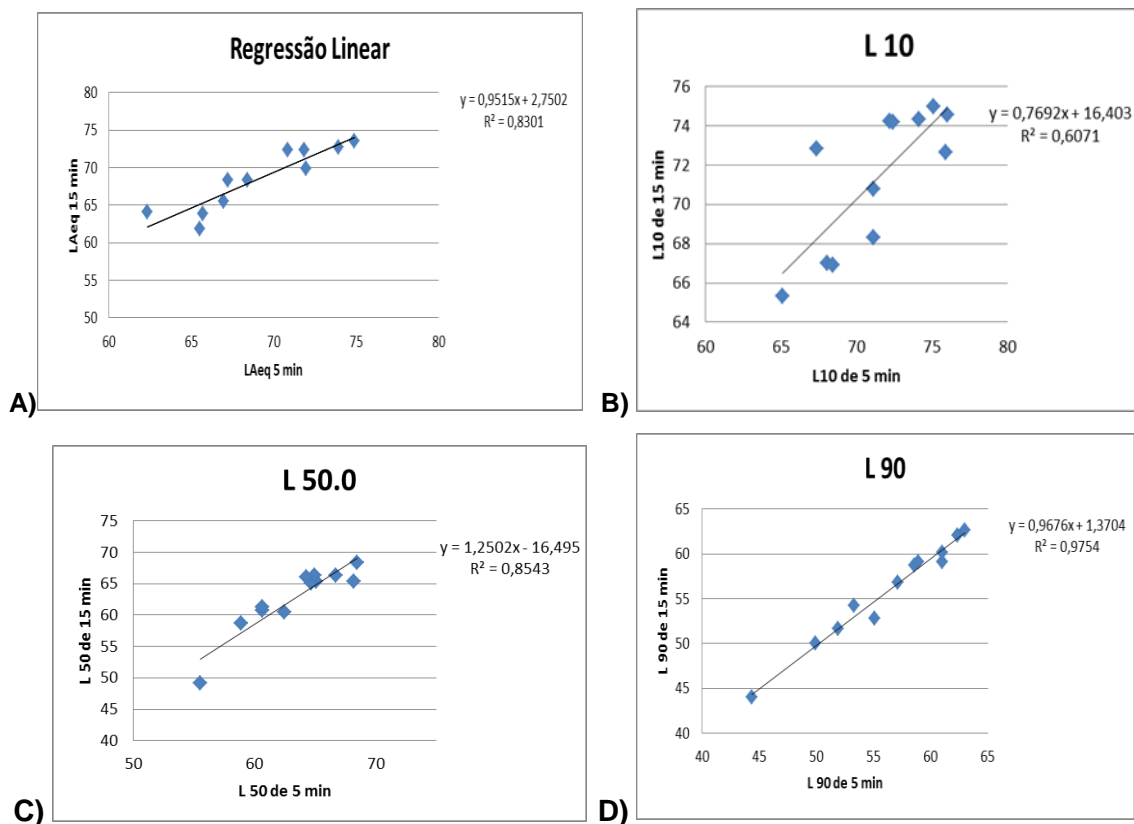
Os dados acústicos coletados “*in loco*”, segundo a NBR 10.151 (ABNT, 2000) devem ser capazes de permitir uma caracterização do ruído em estudo. Desta forma pode ser utilizada uma única amostra ou uma série delas.

Observou-se nas metodologias consultadas que o tempo de medição varia de segundos a horas, mas, na grande maioria dos casos, coletam-se dados que variam entre 5 e 15 minutos (NAGEM, 2004). Segundo Murgel (2007), para vias de tráfego intenso, medições de 5 minutos são suficientes para caracterizar acusticamente o local.

Mendonça et al. (2012) procederam a um estudo piloto na cidade de São Carlos para a verificação da significância estatística do tempo de amostragem de 5 minutos em relação ao de 15 minutos. Análises estatísticas foram realizadas através: da regressão linear para estimar a relação da resposta entre as variáveis de tempo de 5 e 15 minutos; da correlação, para identificar diferenças significativas entre os níveis de pressão sonora encontrado nos dados coletados; e, finalmente, de um teste de hipóteses baseado na análise de variância para verificar se existe diferença significativa entre as duas médias.

Os resultados encontrados naquele estudo e demonstrados na figura 13 e tabela 3 indicaram que existe uma correlação significativa entre os níveis de pressão sonora, tanto para o equivalente ( $L_{eq}$  em dBA) quanto para os estatísticos ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ , todos ponderados em dBA). Todos apresentaram valores de  $R^2$  igual ou superior a 0,60.

**Figura 13:** Regressão Linear: A) Leq (dBA), B) L10 (dBA), C) L 50 (dBA), D) L90 (dBA)



(Fonte: Mendonça et al., 2012)

Além disso, os resultados da aplicação do Teste t com grau de confiança de 95%, presumindo-se variâncias equivalentes, indicaram que “Stat t” (0,3478) é menor que o “t<sub>crítico bi-caudal</sub>” (2,0859), o que também levou a concluir que as médias dos níveis de pressão sonora foram estatisticamente iguais entre um tempo de amostragem de 5 e 15 minutos.

Tabela 3: Teste t para duas amostras presumindo variâncias equivalentes. (Fonte: Mendonça et al., 2012)

	<b>Variável 1 (5 min)</b>	<b>Variável 2 (15 min)</b>
<b>Média</b>	69,05090909	68,45454545
<b>Variância</b>	15,46698909	16,86986727
<b>Observações</b>	11	11
<b>Variância agrupada</b>	16,16842818	
<b>Hipótese da diferença de média</b>	0	
<b>GI</b>	20	
<b>Stat t</b>	0,347823241	
<b>P(T&lt;=t) uni-caudal</b>	0,36580347	
<b>t crítico uni-caudal</b>	1,724718243	
<b>P(T&lt;=t) bi-caudal</b>	0,73160694	
<b>t crítico bi-caudal</b>	2,085963447	

(Fonte: Mendonça et al., 2012)

Assim sendo, foi possível otimizar o tempo de coleta de dados de níveis de pressão sonora para essa pesquisa e adotar o mesmo tempo de medição para outros estudos, tornando-os mais práticos, sem prejudicar a qualidade dos dados.

Para essa coleta de dados de níveis de pressão sonora, utilizou-se o medidor de pressão sonora da marca Brüel & Kjaer do tipo Hand-Held Analyzer 2270 (Figura 14). Esse foi mantido distante 2,0 metros de paredes, barreiras ou superfícies refletoras e 1,2 m do chão, atendendo às especificações metodológicas indicadas pelas NBR 10.151 e ISO 1996. O mesmo foi configurado com as especificações para medições externas de ruído ambiental, utilizando a curva de ponderação A, em tempo de resposta lenta (Slow) e calibrado, antes de cada campanha de coleta de dados.

Figura 14: Sonômetro marca Brüel & Kjaer tipo Hand-Held Analyzer 2270.



(Fonte: Autor)

As campanhas de medição aconteceram em horários considerados de pico das 07h às 8h, das 12h às 13h e das 17h30min às 18h30min e em dias típicos da semana (terças, quartas e quintas-feiras), para que os dados coletados pudessem refletir as características típicas do local a ser mapeado. Desta forma, foram descartadas as segundas e sextas-feiras, pois costumam sofrer alguma variação no fluxo de veículos.

No intuito de se obter uma amostra mais significativa, todas as medições foram realizadas pelo menos duas vezes, ou seja, retornou-se em cada ponto em um dia diferente para a coleta dos dados.

Associado às coletas de dados dos níveis acústicos, com o intuito de mapear o cenário atual, foram simultaneamente quantificados o fluxo de veículos de forma manual. A composição do tráfego foi separada por veículos leves (carros), motocicletas, e veículos pesados (caminhões e ônibus).

Após as campanhas de coleta, os dados foram transferidos para o computador através do software BZ-5503 “*Measurement Partner Suite*” da marca Brüel & Kjaer, para serem analisados.

#### **4.3.2 Dados Meteorológicos**

Segundo a Norma ISO 1996/1 (2003), os níveis de pressão sonora são afetados pelas condições meteorológicas. A Norma ISO 1996/2 (2007)

recomenda que parâmetros como umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, temperatura, cobertura de nuvens e ocorrência de precipitação sejam monitorados. Porém, para Nagem (2004), os parâmetros levados em consideração e registrados nos mapeamentos sonoros têm sido a temperatura, umidade relativa do ar e a velocidade do vento. Por isso, no presente trabalho foram levados em consideração os mesmos três fatores.

Os dados meteorológicos foram monitorados antes de cada campanha. Para isso os equipamentos utilizados foram um termômetro ITH22210 da marca Instrutemp e um anemômetro AD-250 da marca Instrutherm, o primeiro registrando a temperatura e a umidade relativa do ar, e o segundo a velocidade do vento (Figura 15).

Figura 15: Termômetro e Anemômetro utilizados na coleta de dados meteorológicos



(Fonte: Autor)

Tais variáveis foram enquadradas na metodologia proposta por Palhares et. al (1996), que adota variações de temperatura entre 10 a 35°C, intervalos de 40 a 90%, para umidade, e 0,0 a 5,0 m/s, para velocidade do vento (Apêndice B).

No entanto, apesar destes parâmetros terem influência na propagação do som, suas contribuições são relativamente pequenas no efeito total do ruído. De acordo com a norma ISO 1996/3 (1987), as alterações afetam o nível de pressão sonora, caso a distância entre a fonte e o receptor seja superior a

30 metros - o que dificilmente ocorre no ambiente urbano. Além disso, pode-se observar que em outros trabalhos, para os quais as variáveis meteorológicas foram desconsideradas, os resultados encontrados foram satisfatórios (CALIXTO et al 2003; GUEDES, 2005; FREITAS, 2006; HOLTZ, 2012).

#### 4.4 Simulação no Software CADNA-A e validação

As simulações para verificação da influência de índices urbanísticos e sua respectiva geometria urbana no nível de pressão sonora nos pontos de coleta foram realizadas através da utilização do programa computacional CADNA-A, aplicando-se o modelo NMPB-Routes 2008, instalado no CONFEE – Laboratório de Conforto e Eficiência Energética no Ambiente Construído do DECiv-UFSCar.

Geralmente, a aplicação de modelos e programas computacionais desenvolvidos para outras realidades urbanas exigem a etapa de validação, para permitir a confiabilidade dos resultados simulados. A validação do modelo NMPB-Routes 2008 com utilização do CADNA-A foi realizada por Giunta (2013) para a mesma cidade de São Carlos. Aquela pesquisa, também vinculada ao grupo de pesquisa NUPA, demonstrou que desvios nos valores preditos podem ser esperados, porém esses se mantêm dentro de limites aceitáveis.

Para a Agência Portuguesa do Ambiente, diferenças de  $\pm 2\text{dB(A)}$  entre valores simulados e medidos atendem aos limites aceitáveis. Para Silva (2010), com base nos valores apontado pelo WG-AEN (2006), esse limite pode ser ainda menos restritivo para áreas urbanas, sendo aceitos até  $\pm 4\text{dB(A)}$ .

O programa permite a simulação com dois tipos de entrada de dados: pelo fluxo de veículos ou pelo nível de pressão sonora real da fonte. Os resultados de Giunta (2013) indicam que a configuração de entrada com a aplicação do  $L_{\text{eq}}(A)$  real nos pontos de coleta atinge melhor coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre dados de entrada e simulados, do que com a inserção do fluxo real de veículos como fonte sonora. Naquela pesquisa, essa melhor

configuração com o  $L_{eq}(A)$  nos dados de entrada resultou em valores simulados médios correspondendo a 2dB(A) a menos do que os valores reais.

Utilizou-se, portanto, nesta pesquisa a entrada de dados pelo valor de  $L_{eq}(A)$  coletado. Os mesmos são apresentados no Apêndice C, confirmando que o modelo pode ser aplicado à área de estudo, subsidiando assim a formulação dos cenários futuros.

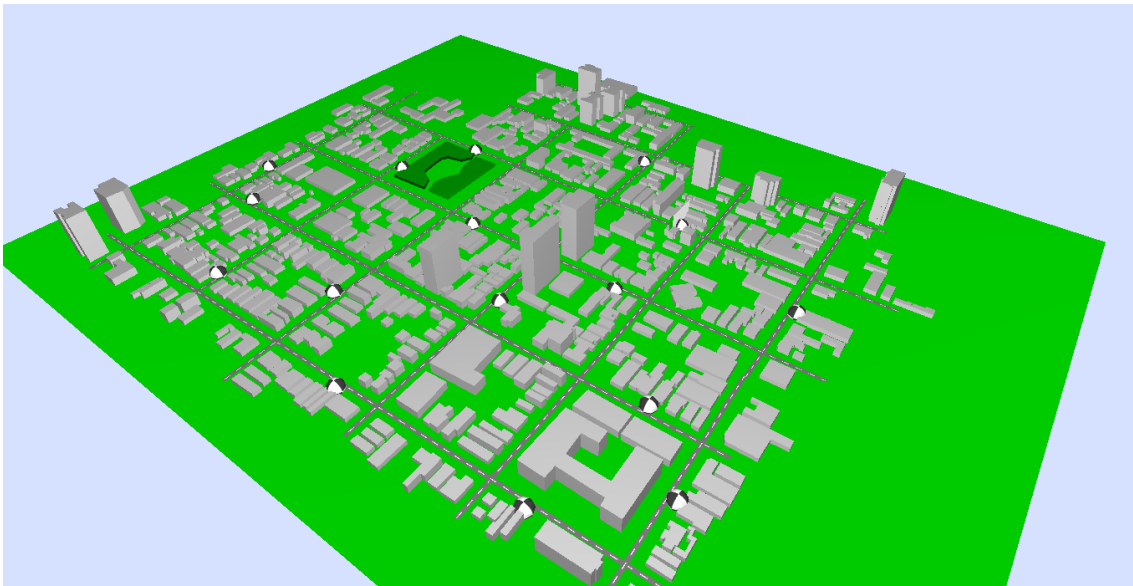
#### **4.4.1 Modelagem Geométrica da Região**

A primeira etapa para a realização das simulações acústicas foi a construção de um modelo geométrico da região em estudo, através do software AutoCad® versão 2010. Nele o procedimento deu-se pela representação da planta baixa das vias, edificações e lotes, baseados na planta cadastral cedida pela Prefeitura Municipal de São Carlos e nos mapas presentes no Plano Diretor.

Após a conclusão desta etapa, o arquivo criado no AutoCad® foi importado para o software de simulação acústica. Nele foram atribuídas propriedades específicas para os objetos, como, altura das edificações, largura das vias, posição das edificações nos lotes e seu respectivo coeficiente de absorção, além da localização dos receptores nas mesmas coordenadas nas quais foram realizadas as medições “*in loco*” (figura 16).

Em relação à altura das edificações, admitiram-se valores de 4,5 metros para edificações térreas e 3,0 metros a cada pavimento. Quanto à largura das vias, após visitas a campo, verificou-se que todas as vias possuem dimensões similares, apresentando 8 metros de leito carroçável e 6 metros de passeios, totalizando 14 metros. Assim sendo, foram inseridas no programa, possuindo as mesmas dimensões, para a simplificação do modelo e dos cálculos.

Figura 16: Cenário criado no software de simulação com a localização dos receptores.



(Fonte: Autor)

A posição das edificações em seus respectivos lotes deu-se a partir da sobreposição de imagens importadas do Google Earth para o software de simulação. Tornou-se assim possível desenhar as edificações, manualmente sobre as imagens, e posicioná-las em relação à fonte sonora, no caso, as vias de circulação de veículos.

Quanto ao coeficiente de absorção (dado de entrada relativo à fachada das edificações), este valor é automaticamente gerado pelo software, ao ser selecionada a opção “*structured facade*”. Essa opção equivale a um coeficiente de absorção de 0,37, o qual se refere às edificações construídas de materiais não absorventes como tijolo, vidro, argamassa e etc. Desta forma, pode-se admitir que todas as edificações pertencentes à área em estudo possuem o mesmo coeficiente de absorção.

Assim sendo, após a construção do cenário no software de simulação, iniciou-se a configuração do protocolo de cálculo. Para isso, aplicou-se o modo “default” para as condições meteorológicas, que corresponde a condições de propagação favoráveis em 50 % do tempo durante o dia. Para as reflexões, que representam os raios refletidos pelas superfícies e que são corrigidos em função de suas características, adotou-se como sendo de segunda ordem. É



necessário destacar que todas as edificações foram consideradas possuidoras de superfícies refletoras devido às suas características construtivas.

#### 4.4.2 Inserção das Fontes Sonoras

Na modelagem geométrica da região, foram inseridas linhas de eixo para representar o leito carroçável das vias. Tais linhas, ao serem exportadas do AutoCad® para o software de simulação, foram transformadas em fontes sonoras do tipo “road”. A estas foram atribuídos parâmetros de emissão sonora em dB(A), figura 17, conforme os resultados já mencionados e apresentados por Giunta (2013).

Os horários “Day, Evening e Night” correspondem aos horários de coletadas de dados referentes aos horários de pico, sendo Day das 7h às 8h, Evening das 12h às 13 h e Night das 17h30min às 18h30 min.

Figura 17: Parâmetros de entrada no software para caracterizar vias de tráfego de veículos.

Route (NMPB08)

Name: carlos botelho trecho 2

ID: rua

SCS/Dist. (m): 0.0

Emission:

Counts, MDTD: 0

Road Type: Federal Road

Exact Count Data:

Number of Vehicles/Hour Q:

D: 93.00 E: 116.00 N: 126.00

Percentage heavy vehicles p (%):

D: 3.0 E: 1.0 N: 3.0

Emission: LAw' dB(A)

D: 66.2 E: 66.8 N: 67.9

Day Evening Night

Speed Limit. (km/h):

Auto: 40  Truck: 30

Road Surface: Revêtement R1

Traffic Flow: stabilisée

Road Gradient: auto AA 0.0

OK Cancel

Geometry... Help

(Fonte: Autor)

#### 4.4.3 Cálculo de Mapas Acústicos da Área de Estudo

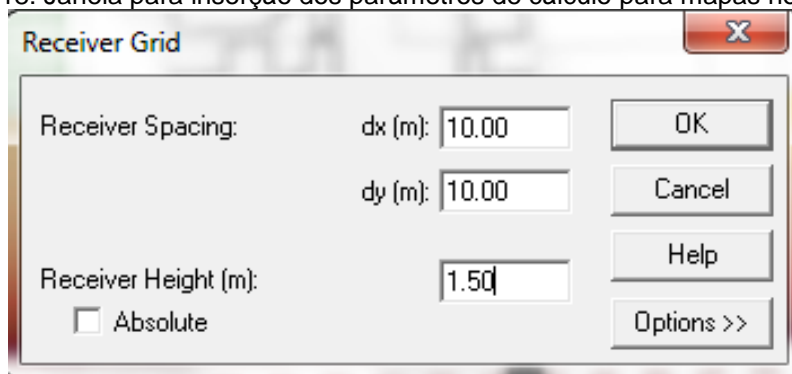
Após a inserção de dados físicos referentes à modelagem geométrica da região e à inserção das fontes sonoras, iniciou-se a etapa de elaboração dos mapas acústicos.

O software de simulação acústica permite a criação de mapas acústicos, tanto em relação ao plano vertical, quanto ao plano horizontal. No que se refere aos mapas horizontais, foi necessário delimitar a área de cálculo ainda durante a modelagem geométrica da região. Dentro da área delimitada, o software executa os cálculos, gerando uma malha de pontos receptores (“*Receivers Spacing*”), cujo espaçamento da malha e a altura dos receptores são definidos pelo usuário, de acordo com os objetivos do estudo.

Deste modo, adotou-se uma malha de receptores com espaçamento de 10 em 10 metros. Esse é o espaçamento indicado pelo *Working Group – Assessment of Exposure to Noise* (WG-AEN, 2006). Aquele grupo gerou um documento de boas práticas, a pedido da Comissão Europeia, com a intenção de orientar de forma prática a elaboração de mapas de ruído.

Em relação à altura para a confecção dos mapas horizontais desenvolvidos neste estudo, adotou-se 1,5 metros acima do solo (figura 18), para corresponder à altura de registro de dados nos pontos de coleta.

Figura 18: Janela para inserção dos parâmetros de cálculo para mapas horizontais



(Fonte: Autor)

Para os mapas verticais, que consistem em mapas de ruído no plano vertical ao longo de uma seção, o posicionamento da seção pode ser definido pelo usuário. É necessária também a adoção de um espaçamento para os

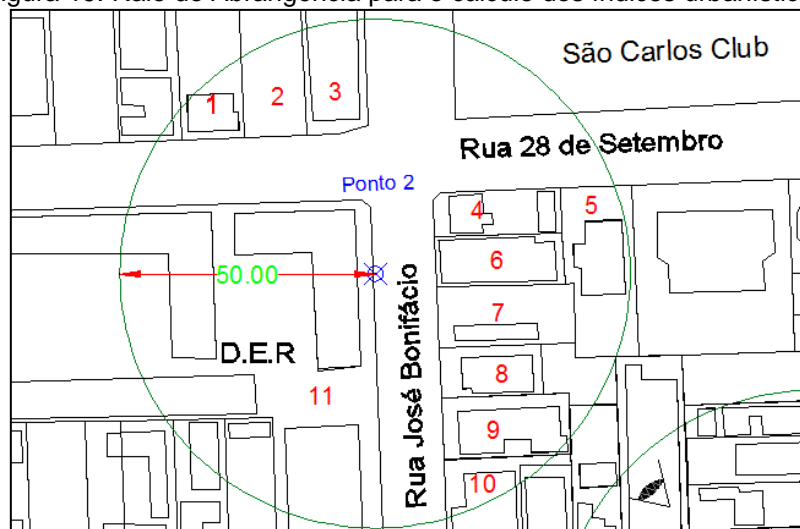
receptores, caracterizando uma malha vertical. Além disso, é necessária a determinação da altura de cálculo relativa, sendo a mesma definida de acordo com a maior altura das edificações seccionadas.

Desta forma, quanto ao posicionamento das seções nas quais foram construídos os mapas verticais, estas se localizam sobre os pontos de medição nomeados de 1 a 18, adotando-se para os mapas verticais uma malha de receptores com espaçamento de 5 em 5 metros.

#### 4.4.4 Cenário Futuro – tendencial

Procurou-se desenvolver um cenário futuro compatível com a dinâmica de crescimento da cidade de estudo. Para isso, a criação do cenário futuro baseou-se nos índices urbanísticos (item 4.2) da área de estudo. Inicialmente estimaram-se os índices atuais em um raio de 50 metros, a partir dos pontos nos quais as medições acústicas foram realizadas (Figura 19).

Figura 19: Raio de Abrangência para o cálculo dos índices urbanísticos.



(Fonte: Autor)

Os lotes foram numerados e seus respectivos índices urbanísticos de ocupação e aproveitamento foram calculados com auxílio de planilha eletrônica. A descrição de seus valores é apresentada no Apêndice A.

A partir da média para cada perímetro analisado, promoveu-se um adensamento construtivo da área, considerando-se algumas premissas para a geração do cenário tendencial:

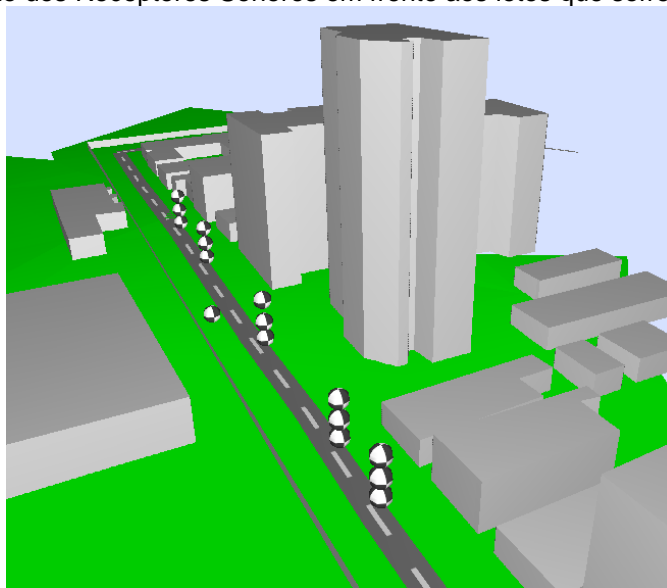
- A primeira foi incluir projetos já aprovados na Prefeitura Municipal de São Carlos para a região;
- A segunda considerou as novas edificações com o mesmo padrão sócio econômico das edificações do cenário atual;
- A terceira premissa admitiu que os lotes, cujas edificações já possuíssem os valores máximos permitidos pelos coeficientes urbanísticos, permanecessem iguais no processo de adensamento.
- A quarta premissa adotada foi a de que todos os lotes adensados ocupassem a máxima área do lote, que segundo o plano diretor corresponde a 70% da área do lote.
- A quinta premissa definiu o coeficientes de aproveitamento como sendo igual a 2, desprezando as outras possibilidades. Este valor representa a razão entre a área edificada e a área do lote.
- A última premissa refere-se às adequações necessárias para que as edificações quando adensadas pudessem seguir os parâmetros pré-estabelecidos. Por exemplo, algumas edificações para atingirem o valor de aproveitamento máximo, tiveram que ocupar uma área menor do que o limite máximo de ocupação de 70% estabelecido no plano diretor.

Neste sentido, o adensamento construtivo foi capaz de simular um cenário futuro tendencial, permitindo avaliar as relações entre os índices urbanísticos e a acústica ambiental na região em estudo.

#### 4.4.5 Inserção dos Receptores Sonoros

No interior do raio de abrangência de 50 metros, foram inseridos grupos de receptores sonoros, posicionados em frente aos lotes que sofreram o processo de adensamento construtivo. Tais grupos de receptores localizam-se no eixo das vias e apresentam alturas distintas de 1,5, 4,0 e 10 metros acima do nível do solo (Figura 20).

Figura 20: Inserção dos Receptores Sonoros em frente aos lotes que sofreram adensamento.



(Fonte: Autor)

O objetivo dos receptores sonoros foi captar os níveis de pressão sonora antes e depois do processo de adensamento construtivo, a fim de verificar em qual altura ocorre a maior influência do adensamento provocado pelas edificações e qual sua respectiva pressão sonora.

Para tanto, se realizou uma média com o valor do nível de pressão sonora equivalente  $L_{eq}(A)$  para os três períodos do horário de pico.

#### 4.5 Simplificações das Simulações Acústicas

No decorrer do processo de modelagem e simulação das condições acústicas, foram necessárias algumas simplificações como:

- a) Todas as vias da área em estudo possuem dimensões muito similares, sendo assim, as mesmas foram inseridas no software possuindo as mesmas características físicas;

- b) Os muros de divisória localizados nas laterais dos lotes foram desconsiderados, assim sendo, somente os muros das fachadas frontais com mais de três metros foram levados em consideração. Isso foi feito, porque após testes no software de simulação, notou-se que estes são os mais significativos para os níveis de pressão sonora para as alturas analisadas;

Destaca-se que, tais simplificações foram testadas e comparadas com as medições realizadas *“in loco”*, visando não comprometer a qualidade do modelo em construção e baseados no estudo desenvolvido por Giunta (2013), realizado para a cidade de São Carlos.

#### 4.6 Formas de Análises

Foram estabelecidas quatro formas de análise para essa pesquisa, configurando-se diferentes escalas e níveis de agregação. A primeira representa uma análise de caracterização do problema acústico na fração de estudo, denominada de análise inicial. A segunda configura-se como uma análise pontual, para a qual os 18 pontos de medição e simulação são tratados individualmente. A terceira agrega todos os pontos por faixas, extraíndo as possíveis relações com os coeficientes estudados – é aqui denominada análise por faixas. Por fim, a quarta análise considera a quadra urbana como o elemento indicativo das relações a serem extraídas, sendo, portanto, a análise por classes de quadras.

A análise inicial foi realizada com o intuito de apresentar as características acústicas da área em estudo através de mapas sonoros, relacionando os valores coletados com os critérios da Norma NBR 10.151 (2000).

A análise pontual baseou-se em comparações dos níveis de pressão sonora  $L_{eq}(A)$  para os três horários de pico obtidos no cenário atual e o no cenário adensado, considerando as alterações nos índices urbanísticos de ocupação e aproveitamento. Para uma análise do perfil geométrico da rua, conjungando efeitos de altura das edificações e largura das vias, foi ainda considerada a relação H/W. Essa se referindo às alturas médias das edificações dos perfis, nos quais foram coletados os níveis de pressão sonora,

divididos pelas distâncias entre suas respectivas fachadas frontais, em um mesmo perfil transversal.

Complementarmente a essa análise pontual, a análise por faixas procurou isolar a influência dos índices analisados, daquela promovida pelo fluxo de tráfego no ruído ambiental. Para ela ser possível, foi promovida uma simulação para extração apenas de valores numéricos. Essa foi realizada considerando uma situação hipotética de fluxo de tráfego homogêneo por toda a região, assumindo o valor médio de todos os fluxos ocorridos naquele local. Considerou-se o cenário atual e adensado e compararam-se as variações entre eles em relação às variações de  $L_{eq}(A)$ . Desta forma, foi possível quantificar a diferença entre os níveis de pressão sonora  $L_{eq}(A)$  no cenário atual e no cenário adensado construtivamente e relacioná-la aos coeficientes estudados.

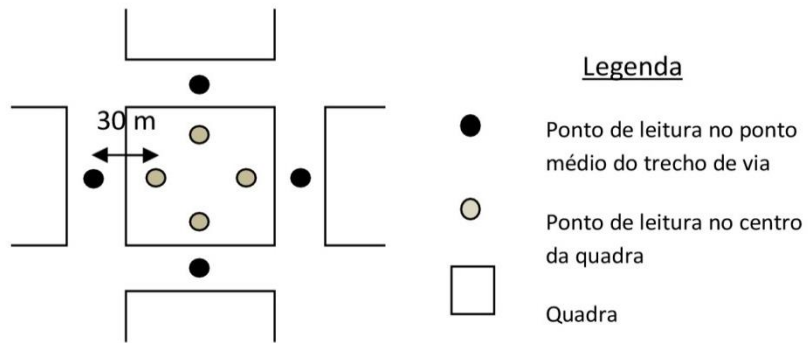
Por último, para a análise por quadras, foram criados mapas da fração estudada, que servem de ferramenta prática para a aplicação da acústica no planejamento urbano. Esses mapas consideraram a quadra como unidade de representação de índices médios de ocupação, índice médio de aproveitamento e altura média das edificações, propondo-se classes representativas para essas quadras.

Nesse último caso, foram propostas classes acústicas de quadras urbanas, com base na metodologia desenvolvida por Suriano et al. (2013). Essas são dadas em função das faixas de níveis de pressão sonora encontradas para a área, considerando os limites estabelecidos pela NBR. 10.151.

Nesse caso, a partir do mapa de previsão de ruídos, foram incluídos pontos de leitura (receptores) do ruído predito nas vias para cada quadra da fração estudada (Figura 21), na posição do ponto médio do trecho da via, correspondendo a cada face de quadra (4 pontos no total por quadra). O mesmo número de pontos foi incluído para leitura de dados preditos no centro das quadras, em posição determinada pelo afastamento de 30 m a partir do ponto de leitura na via, na direção do centro da quadra (Figura 21). Com base no limite de 57 a 60 dBA, foram propostas classes acústicas de quadras, sendo

a elas atribuídas cores e elaborado um mapa representativo das classes de quadras.

Figura 21: Representação das posições dos pontos de leitura de valores preditos para a determinação do ruído médio nas quadras.



(Fonte: Suriano et al, 2013)



## 5 Resultados e Análises

Os resultados são expostos a partir de uma análise inicial do cenário acústico. Apresenta-se a validação entre os dados simulados e os coletados e, na sequência, são feitas análises pontuais e comparativas entre os resultados dos níveis de pressão sonora da situação atual e do cenário adensado construtivamente. Por fim, são mapeadas classes de quadras urbanas que servem como uma ferramenta acústica aplicada ao planejamento urbano para a fração estudada.

### 5.1 Resultado e análise inicial do cenário atual

Apresentam-se as características acústicas do cenário atual do local, baseado no zoneamento da cidade de São Carlos proposto pelo Plano Diretor. Esse Plano Diretor classifica a área de estudo como uma zona de ocupação induzida, que possui uso misto, com vocação comercial e administrativa. Neste sentido, os níveis de conforto acústico correspondem, segundo a NBR 10.151 (2000), a valores máximos de 60 dB(A) para o período diurno e 55 dB(A) para o período noturno.

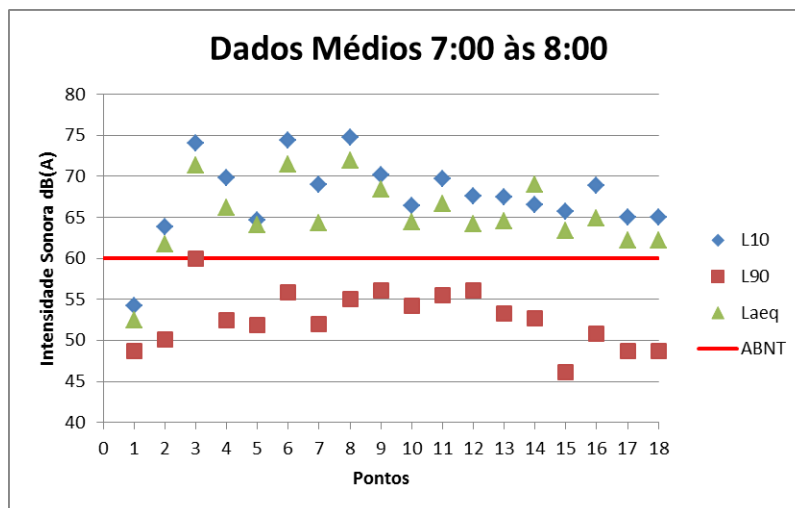
Os níveis de pressão sonora equivalente ( $L_{eq(A)}$ ) e seus respectivos níveis estatísticos L10, que representa os níveis de pressão sonora que ocorrem em 10% do tempo de amostragem, e L90, que representa os níveis de pressão sonora em 90% do tempo de amostragem, registrados nos pontos de coleta e que estão representados nas figuras 22, 24 e 26.

Desta forma, para o período da manhã, a média do nível de pressão sonora entre todos os pontos foi de 65,2 dB para o  $L_{eq(A)}$ , 67,6dB para o L10, 52,6 dB para o L90. No início da tarde essas médias foram de 64,9dB para o  $L_{eq(A)}$ , 67,4dB para o L10, e 53,0dB para o L90. No fim de tarde, as médias foram 64,8dB para o  $L_{eq(A)}$ , 67,3 dB para o L10, e 53,7 dB para o L90.

Para o período da manhã (Figura 22), verificou-se que o ponto 3 localizado na Avenida Dr. Carlos Botelho, apresenta o valor de 60 dB(A) para o ruído de fundo (L90), caracterizando-se como o local da área em estudo com

maior nível de pressão sonora ao longo do tempo. Nesse ponto, confirma-se a relação direta entre o nível de pressão sonora e o fluxo de veículos. Nele verifica-se, pela composição de tráfego (figura 23), a ocorrência de maior número de veículos pesados, motos e leves. Neste horário de pico transitaram pela via, em média, 117 veículos leves, 12 motos e 5 veículos pesados, a cada 5 minutos amostrados.

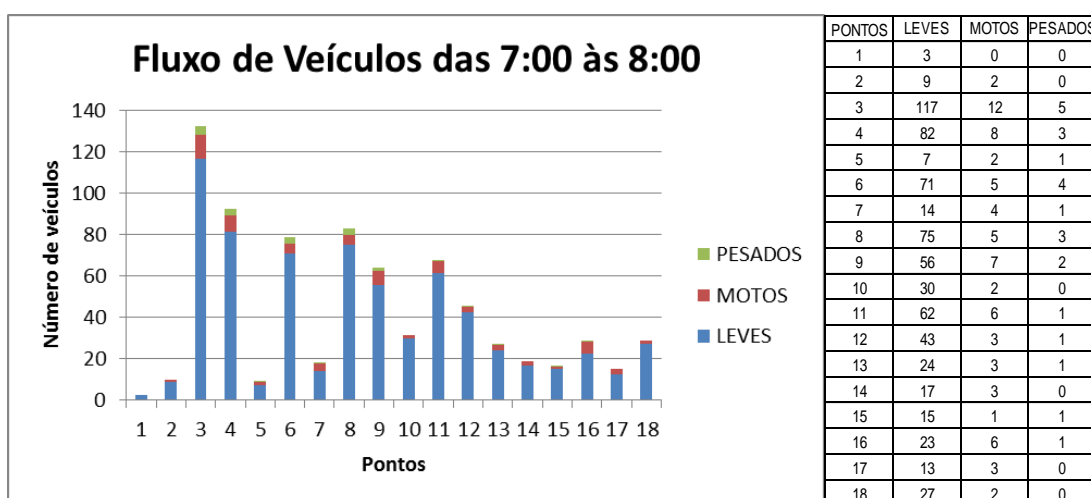
Figura 22: Dados de níveis de pressão sonora para o período da manhã



(Fonte: Autor)

Em contraposição ao ponto mais ruidoso, destaca-se o ponto 1, localizado na rua Ruth Bloen Souto. Nela transitam apenas 3 veículos leves, para o período de tempo amostrado de 5 minutos (Figura 23), e os níveis de pressão sonora em horários de pico (L10) são inferiores a 55 dB(A).

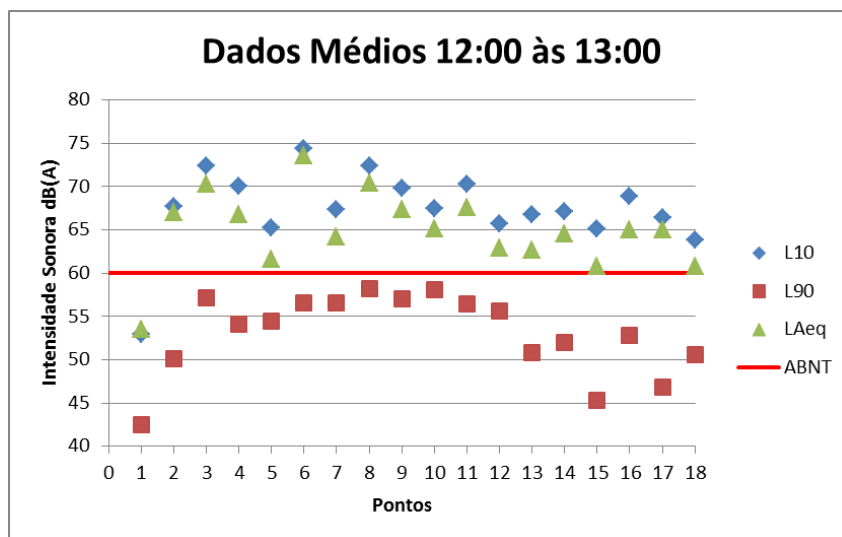
Figura 23: Fluxo de Veículos do horário de pico das 7:00 às 8:00



(Fonte: Autor)

Para o horário de pico do início da tarde, das 12h às 13h (Figura 24), pode-se verificar que o ruído de fundo (L90), em nenhum dos pontos de medição, ultrapassou os limites estabelecidos pela ABNT. Desta maneira, para este período específico, o parâmetro L90 de ruído se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, embora os parâmetros de  $L_{eq}(A)$  e L10 estejam acima dos valores estabelecidos pela norma.

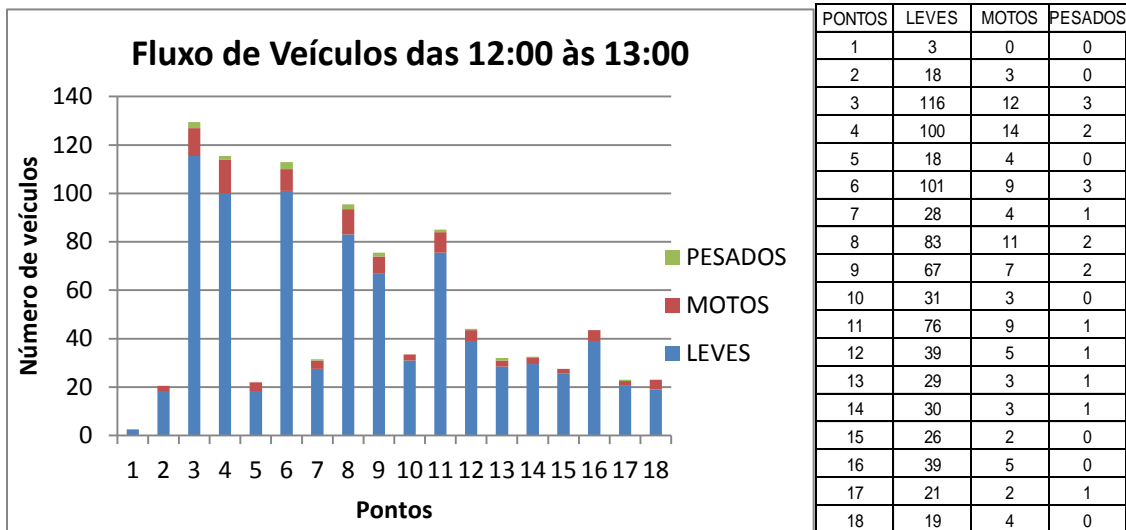
Figura 24: Dados dos níveis de pressão sonora para o início da tarde



(Fonte: Autor)

Assim como para o período da manhã, pode-se constatar que os níveis de pressão sonora mais intensos ocorrem nos locais onde há um maior fluxo de veículos automotores (Figura 25). Destacando-se os pontos 3, 4, 6 e 8, que estão na Av. Dr. Carlos Botelho e a Rua XV de Novembro, respectivamente dois importantes corredores de ligação entre a zona leste e oeste da cidade nos quais trafegam veículos pesados como ônibus e caminhões.

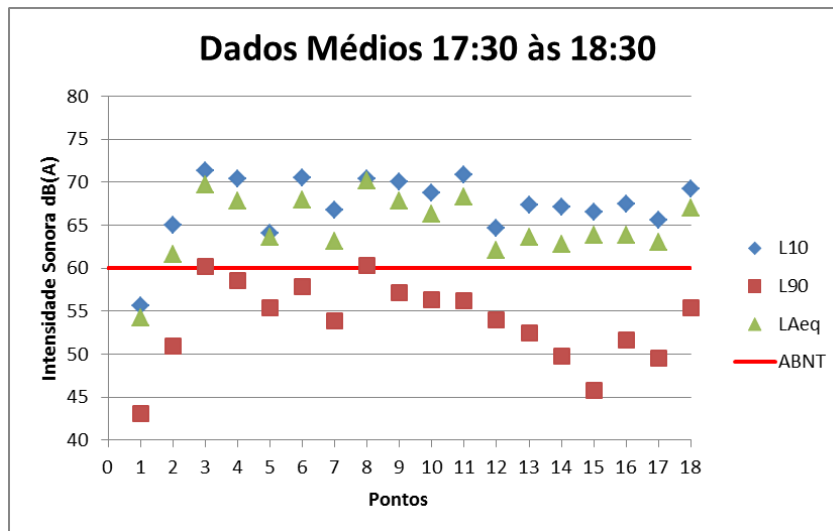
Figura 25: Fluxo de Veículos do horário de pico das 12h às 13h



(Fonte: Autor)

Para o horário de pico do final de tarde, compreendido nesta pesquisa pelo intervalo entre as 17h30min às 18h30min, observam-se situações similares às anteriores. Isto significa que, os maiores níveis de pressão sonora são encontrados nos pontos 3, 4, 6 e 8 (Figura 26). Os pontos 3 e 8 apresentam níveis de pressão sonora L90 (ruído de fundo) acima de 60 dB(A), caracterizando-se assim como uma zona de desconforto acústico.

Figura 26: Dados dos níveis de pressão sonora para o final de tarde



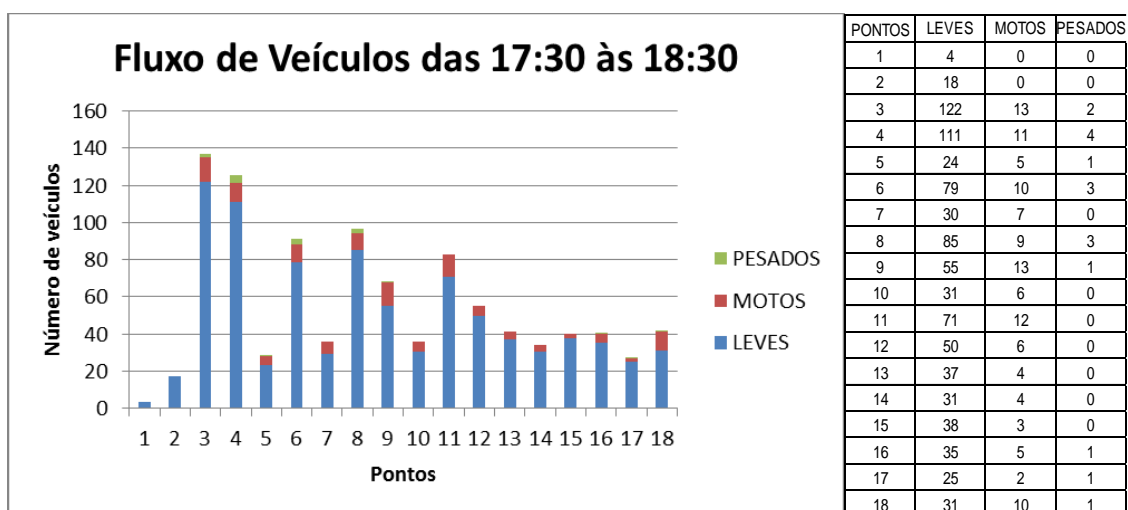
(Fonte: Autor)

O fluxo de tráfego para o período de final de tarde é apresentado na Figura 27.

Pode-se verificar que para os três períodos horários de pico, o comportamento acústico está relacionado com o fluxo de veículos. Ressalta-se também, que a composição de tráfego parece estabelecer uma relação significativa com o ruído, não só pelo número de veículos pesados, mas pela presença de motos. Esse aspecto não é aqui aprofundado, por não ser o objetivo dessa pesquisa, mas a ressalva indica que investigações futuras sobre essa questão merecem a atenção dos pesquisadores.

Apesar da relação entre o fluxo de veículos e a pressão sonora, os dados não podem ser explicados apenas por esses fatores. É necessário considerar o entorno e as superfícies urbanas capazes de influenciar na propagação sonora, além do uso e ocupação do solo, pois atividades humanas são também fontes emissoras de som.

Figura 27: Fluxo de Veículos do horário de pico das 17h:30min às 18h:30min



(Fonte: Autor)

Neste contexto, é relevante verificar a distribuição desses níveis sonoros no espaço da área de estudo, através do mapeamento acústico. Para esse fim, foi aplicado o software de simulação acústica com o método NMPB-Routes 2008, estabelecendo-se uma prévia validação do modelo.

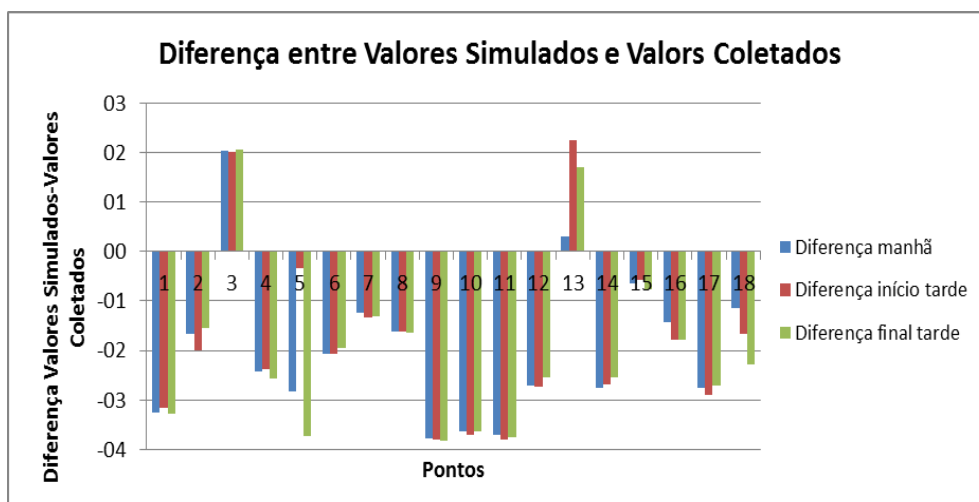
## 5.2 Validação e criação de mapas acústicos para a situação atual

A validação das simulações é uma etapa importante dos resultados apresentados, pois a mesma possui a finalidade de verificar a aderência entre

os dados simulados e os dados coletados. Para esse fim, os dados de emissão das fontes sonoras foram inseridos no software. Nesse programa computacional o ambiente de simulação apresenta as características físicas do local em estudo, bem como a posição dos receptores sonoros (pontos de leitura dos dados simulados), conforme explicado no item 4.5.1 do capítulo 4.

Neste contexto, após a simulação, foram realizadas análises comparativas (Figura 28) e testes de correlação entre os valores simulados e os valores obtidos através das medições em campo. As diferenças mais significativas foram encontradas nos pontos 9, 10 e 11, com uma variação média de 3,7 dB(A) entre o valor simulado e o valor coletado.

Figura 28: Diferença entre os valores simulados e os valores coletados "in loco"

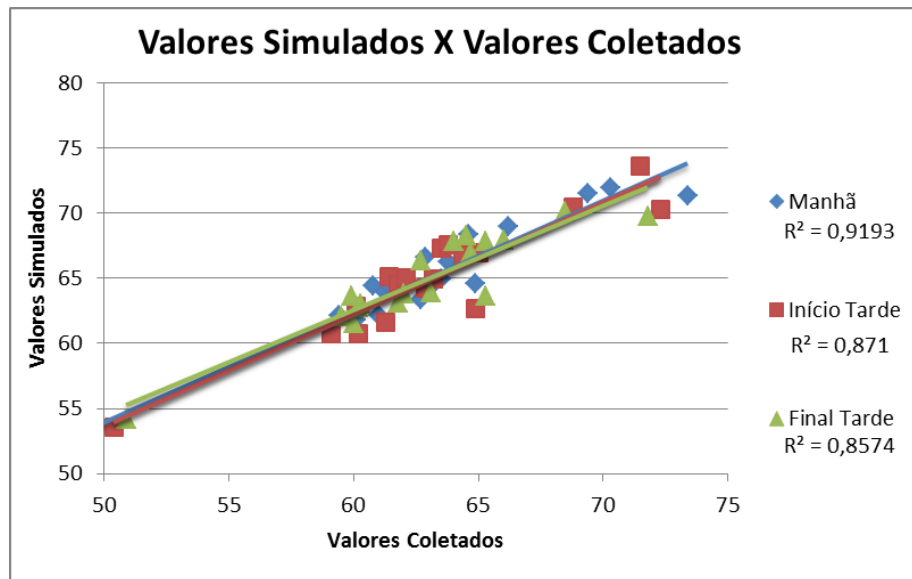


(Fonte: Autor)

Embora seja uma diferença significativa, esta variação pode ser explicada pelo fato dos pontos 9, 10 e 11 estarem localizados próximos ao Colégio São Carlos. Os dados nesse ponto foram obtidos nos horários de entrada e saída dos alunos, o que provocou uma influência direta nos níveis de pressão sonora coletados nestes locais, mesmo tendo sido realizada uma média dos valores coletados em dois períodos distintos.

Nas análises de correlação (Figura 29), os três períodos de amostragem apresentaram um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 0,85, conferindo aderência entre os valores simulados e os valores coletados.

Figura 29: Análise de Correlação entre os valores simulados e valores coletados.



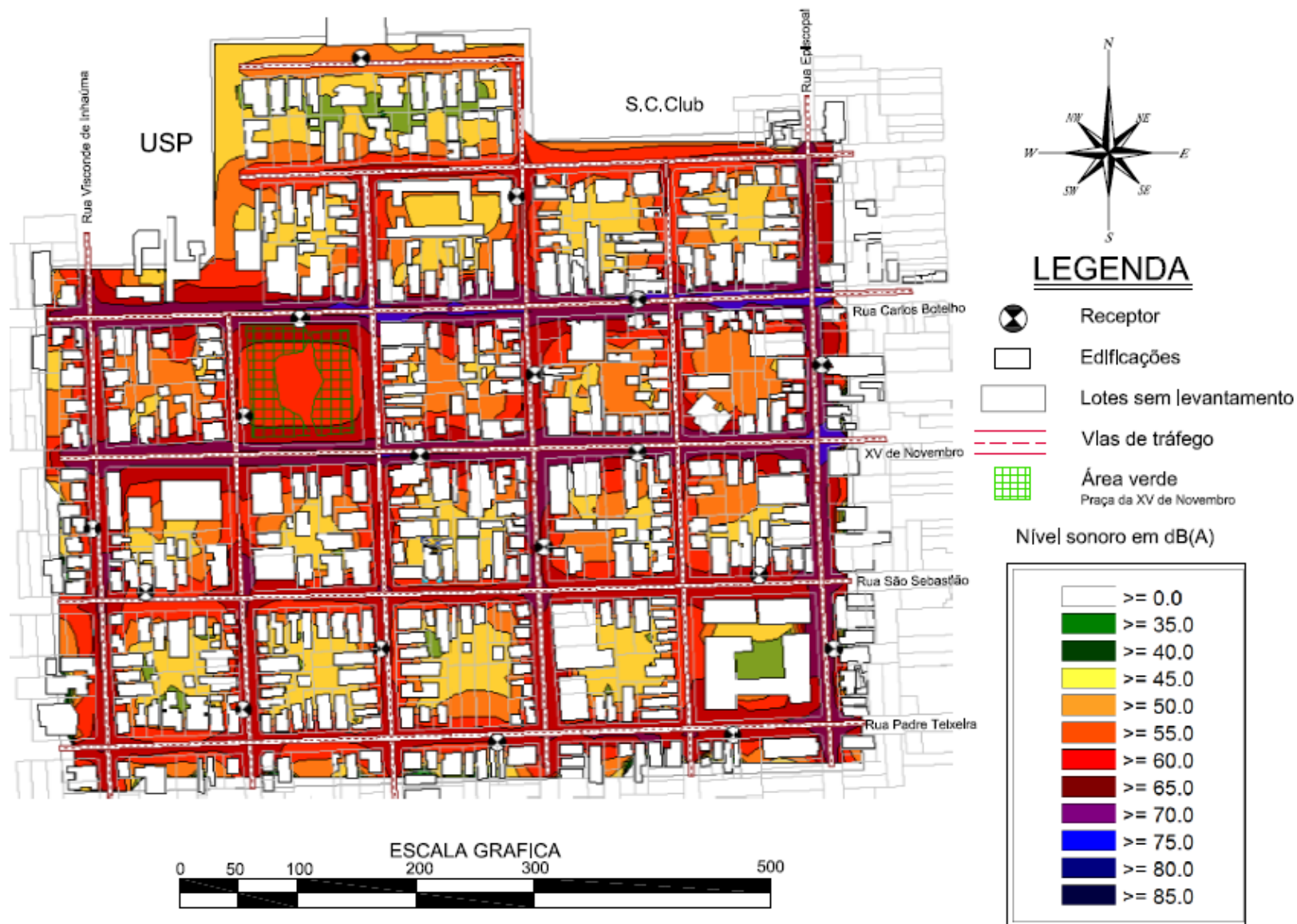
(Fonte: Autor)

Deste modo, tais análises comprovam os resultados que já haviam sido apresentados por Giunta (2013), validando a aplicabilidade do modelo de cálculo francês (NMPB Routes-2008) para a simulação acústica da cidade de São Carlos.

Após validação, iniciou-se o processo de geração de mapas horizontais de ruído a uma altura de 1,5 metros em relação ao solo, para os períodos de pico da manhã (7h às 8h), início da tarde (12h às 13h) e fim da tarde (17h30min às 18h30min), dando origem aos mapas das figuras 30, 31 e 32, respectivamente.

Estes mapas possuem linhas de classe de mesmo valor, que variam a cada 5dB(A). Essas linhas foram geradas pelo software a partir da interpolação dos níveis sonoros, criando-se áreas representadas por cores, que variam de roxo (mais ruidoso) ao verde (menos ruidoso), permitindo uma interpretação intuitiva.

Figura 30: Mapa Acústico para o Período de pico da Manhã das 7:00 às 8:00



(Fonte: Autor)

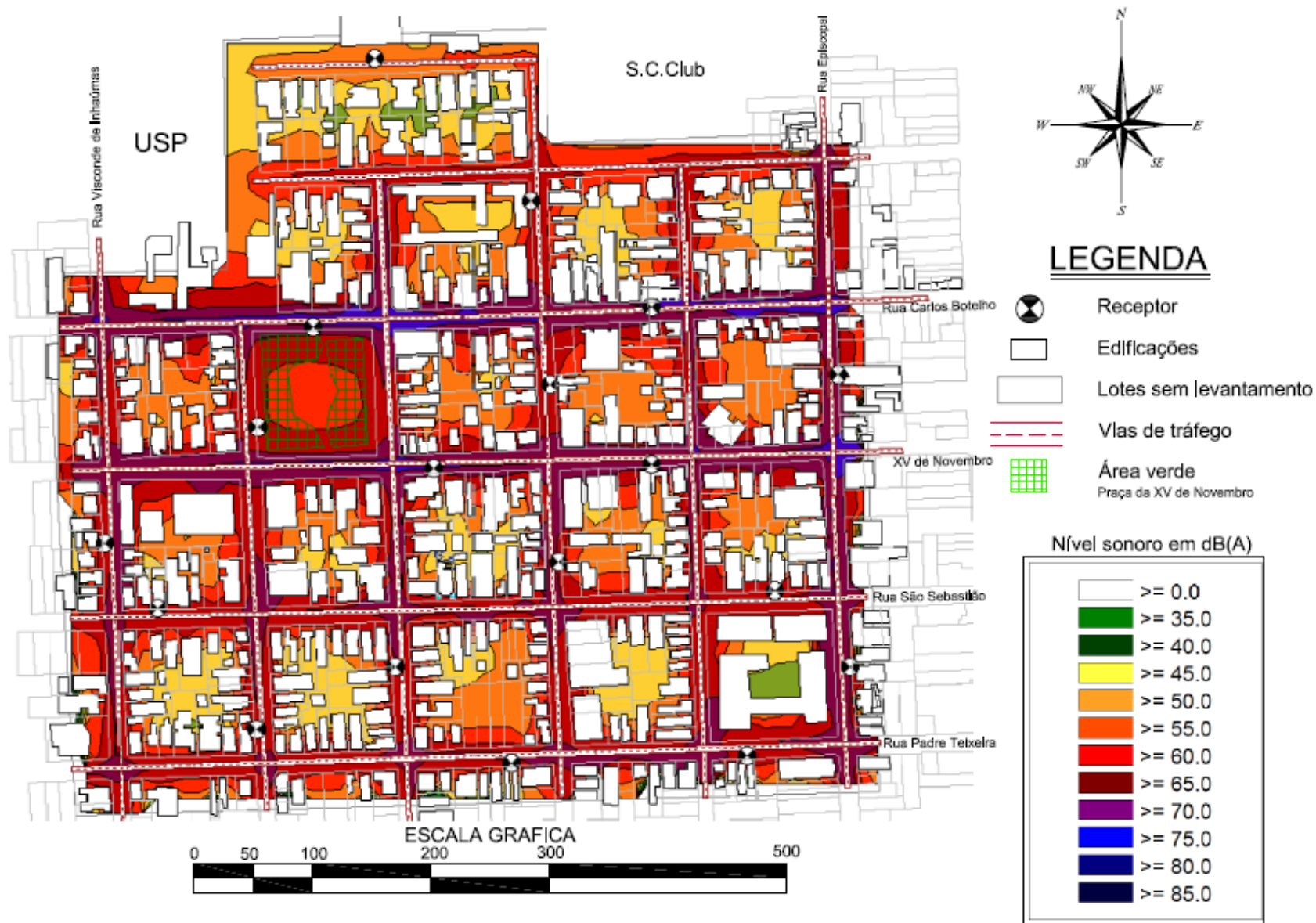


Figura 31: Mapa Acústico para o Período de pico do início da tarde das 12:00 às 13:00



(Fonte: Autor)

Figura 32: Mapa Acústico para o Período de pico da final da tarde das 17h:30min às 18h:30min



(Fonte: Autor)

Mais uma vez, com a análise dos mapas horizontais, pode-se observar que as vias que apresentam um maior nível de pressão sonora, também possuem um volume maior de tráfego. Esse é o caso da Rua Dr. Carlos Botelho, da Avenida XV de Novembro e da Rua Episcopal, que são vias que se caracterizam como importantes corredores de ligação na cidade de São Carlos.

A representação espacial dos níveis sonoros através dos mapas horizontais permite ainda observar que no interior das quadras esses níveis tendem a ser menos intenso do que nas vias e em regiões próximas a elas. Este fato ocorre não só pelo distanciamento entre a região do interior das quadras e a fonte sonora, mas principalmente pela presença de edificações, que funcionam como barreiras para esses locais.

Nesse ponto, cabe ainda ressaltar que, os cálculos efetuados pela simulação tendem a superdimensionar o efeito de barreira das edificações, já que não são consideradas as geometrias das fachadas com suas possíveis aberturas. Essas aberturas, na prática, seriam um meio de propagação do som que minimizariam esse efeito de barreira.

No entanto, as mesmas edificações que agem como barreiras acústicas, são capazes de provocar também um incremento nos níveis de pressão sonora nas fachadas voltadas para as vias e nos passeios onde transitam os pedestres. Essas edificações são capazes de aumentar o número de raios refletidos, influenciando no aumento dos níveis de pressão sonora e no tempo de reverberação.

Para todos os horários, observam-se regiões nos mapas que tendem a apresentar um nível de pressão sonora mais intenso (superior a 75 dBA) e que se localizam próximos a cruzamentos de vias. Isso evidencia até certo ponto a influência do traçado urbano no ruído das cidades. Os cruzamentos são locais de frenagens, acelerações e intensificação de conflitos com pedestres, que podem intensificar o grau de poluição sonora no local. Essas ocorrências são mais frequentes nos principais corredores de tráfego da fração urbana estudada.

Os mapas horizontais comparados entre os diferentes horários permitem ainda evidenciar que o horário de pico da manhã é menos ruidoso que os horários de pico do início e do final da tarde. Essa análise fica mais nítida se for observado que pela manhã o mapa exibe uma maior área representada pela cor verde (menos ruidosa). Pode-se notar a diferença também através da quadra da Praça da XV de Novembro. Sua área, representada pela cor laranja com pressão sonora de 55 dB(A), fica menos abrangente ao longo dos horários, demonstrando que o horário de pico do final da tarde, das 17h30min às 18h30min, é o mais ruidoso.

### **5.3 Resultados e análise pontual: situação atual x adensamento**

Promoveu-se na fração de estudo a criação de um cenário adensado, conforme detalhado na metodologia e descrito no Apêndice A.


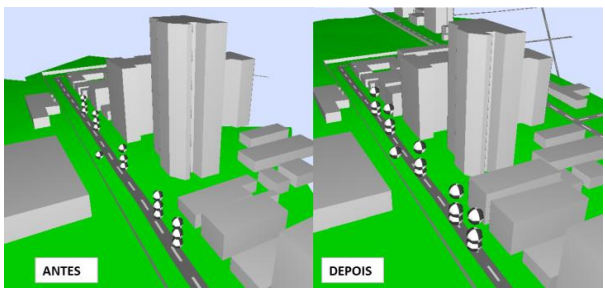
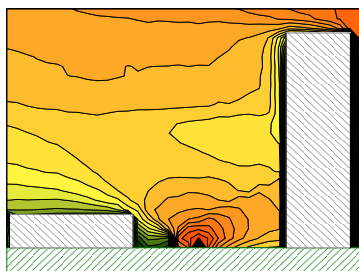
Aquele procedimento permitiu relacionar a situação atual dos níveis de pressão sonora com a situação tendencial de adensamento. Baseou-se a análise nos índices urbanísticos de ocupação e aproveitamento e na relação entre a altura média das edificações (H) e a largura entre as fachadas das edificações (W).

Para cada ponto foram feitas fichas de avaliação, auxiliando na caracterização acústica do local e extração de informações, conforme podem ser observadas nesse sub-tópico.

As fichas apresentam a localização de cada ponto, os valores dos coeficientes atuais e adensados, os fluxos de veículos no período de 5 minutos, o perfil acústico, o gráfico de incremento sonoro e uma rápida análise de cada ponto individualmente.

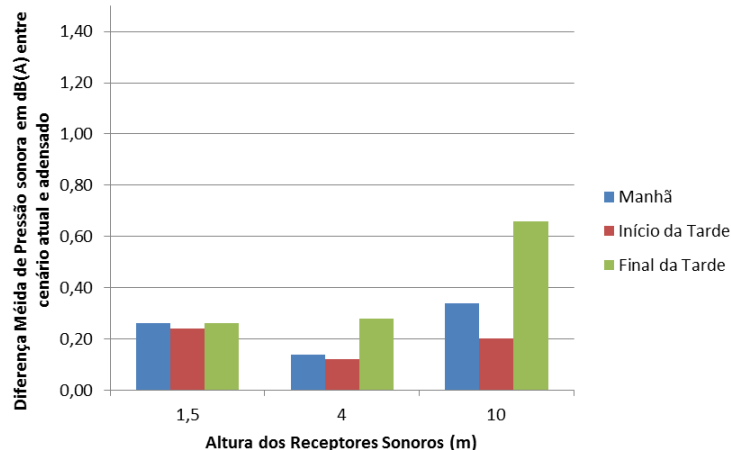
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 1

Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	48%	55%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	2,16	2,72	
<b>Relação H/W</b>	0,86	0,86	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)
	3	3	4
<b>Perfil Acústico</b>			

Níveis Sonoros (Leq em dBA)	
	35 < Leq < 40
	40 < Leq < 45
	45 < Leq < 50
	50 < Leq < 55
	55 < Leq < 60
	60 < Leq < 65
	65 < Leq < 70
	70 < Leq < 75
	75 < Leq < 80
	80 < Leq < 85
	Leq > 85

### Incremento de Pressão Sonora no Ponto 1

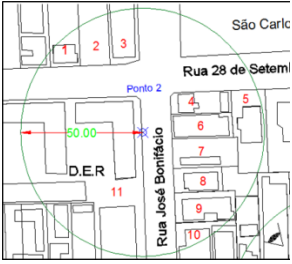
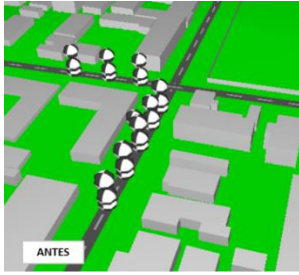

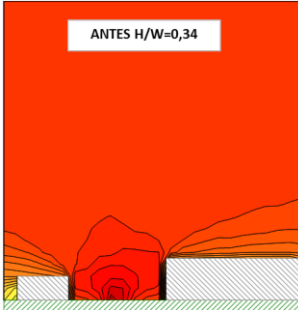
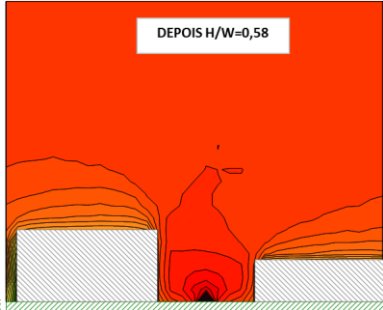
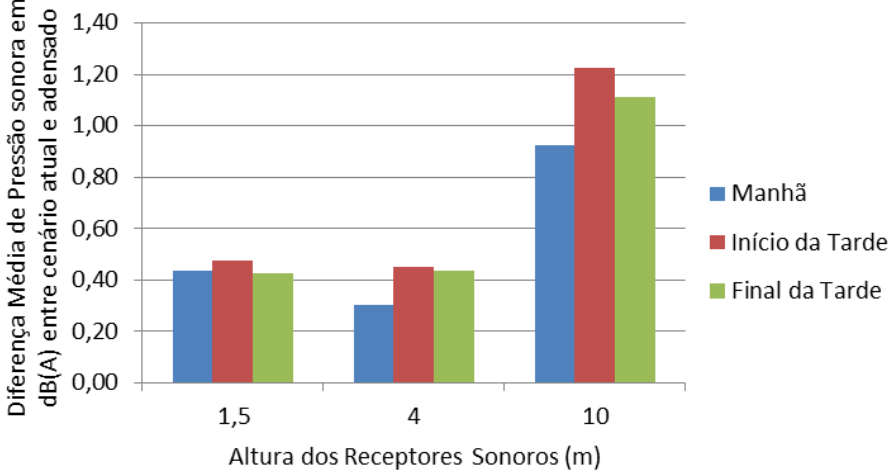


### Análise

A maior diferença média de pressão sonora foi de 0,66dB(A) na altura de 10 metros no período do final da tarde. Esse resultado demonstra que as edificações que sofreram o processo de adensamento encontram-se distantes do receptor desse ponto. Desse modo, mesmo com as múltiplas reflexões que podem ocorrer com o aumento das superfícies refletoras e da massa edificada, a distância é suficiente para não causar um incremento sonoro especificamente nesse ponto. Os raios refletidos pelas superfícies adensadas foram dissipados no meio devido à atenuação que ocorre com o aumento da distância entre a fonte e o receptor. Entretanto, a ocorrência deste fenômeno não descarta a possibilidade de uma mudança no comportamento sonoro nas regiões mais próximas aos lotes que sofreram o adensamento.

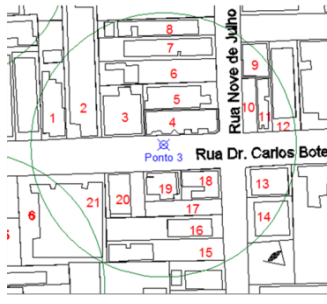

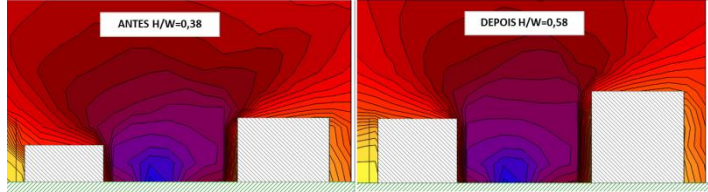
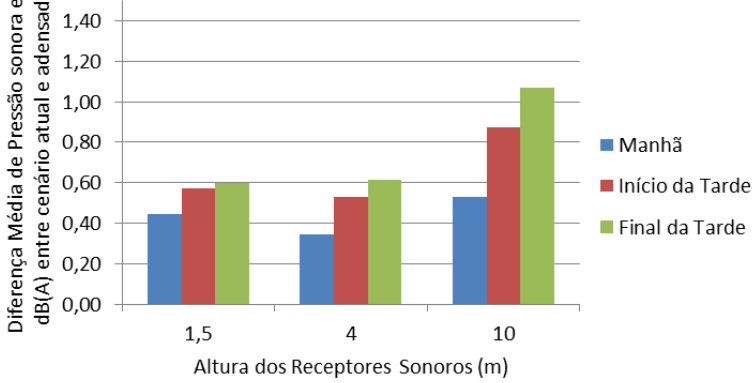
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 2

Localização	ANTES	DEPOIS																							
																									
<b>Coef. Ocupação</b>	45%	69.5%																							
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,57	1,62																							
<b>Relação H/W</b>	0,34	0,58																							
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																						
	10	21	18																						
<b>Perfil Acústico</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</p> <table style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #008000;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #00FF00;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FFFF00;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FFA500;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF4500;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #800000;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #400040;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #000080;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #000000;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #000000;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">ANTES H/W=0,34</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">DEPOIS H/W=0,58</p> </div> </div>				35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85
	35 < Leq < 40																								
	40 < Leq < 45																								
	45 < Leq < 50																								
	50 < Leq < 55																								
	55 < Leq < 60																								
	60 < Leq < 65																								
	65 < Leq < 70																								
	70 < Leq < 75																								
	75 < Leq < 80																								
	80 < Leq < 85																								
	Leq > 85																								
<h3>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 2</h3>  <table style="font-size: x-small; margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>~0,43</td> <td>~0,47</td> <td>~0,42</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>~0,30</td> <td>~0,45</td> <td>~0,43</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>~0,92</td> <td>~1,22</td> <td>~1,10</td> </tr> </tbody> </table>				Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	~0,43	~0,47	~0,42	4	~0,30	~0,45	~0,43	10	~0,92	~1,22	~1,10						
Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																						
1,5	~0,43	~0,47	~0,42																						
4	~0,30	~0,45	~0,43																						
10	~0,92	~1,22	~1,10																						
<h3>Análise</h3> <p>O incremento sonoro mais significativo ocorreu para uma altura de 10 metros, variando mais de 1,0 dB(A) entre os dois cenários, nos períodos de início e final da tarde. Para as alturas de 1,5 e 4 metros, o incremento sonoro alcançou a faixa de 0,4 dB(A). Esse incremento sonoro ocorre pelo aumento do número de raios refletidos nas superfícies dos edifícios, influenciando no decaimento sonoro e possivelmente no seu respectivo tempo de permanência no ar.</p>																									

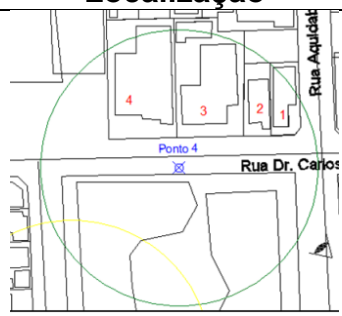
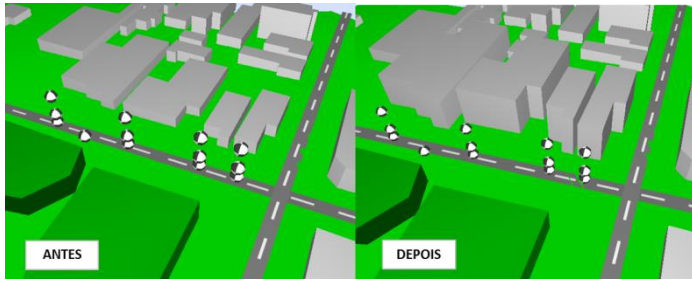
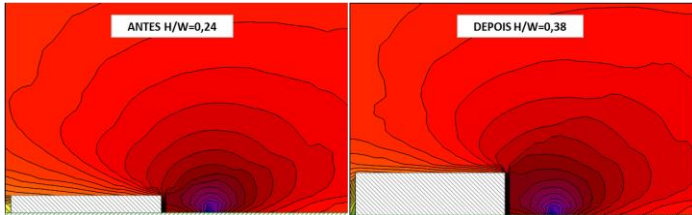
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 3

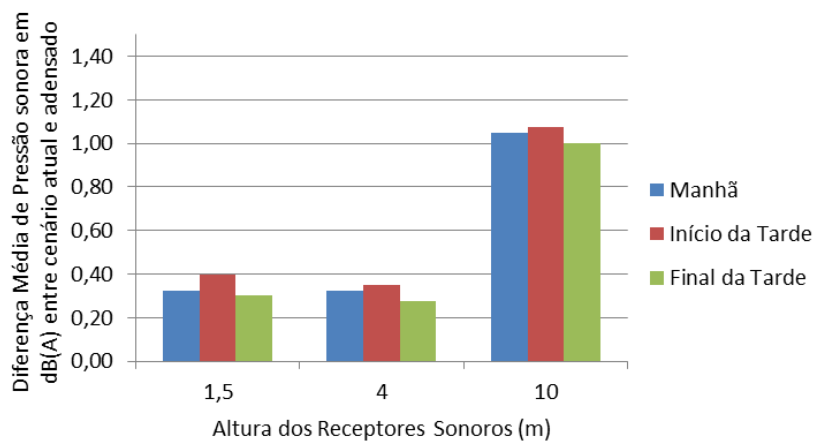
Localização	ANTES	DEPOIS																						
																								
<b>Coef. Ocupação</b>	52%	70%																						
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,84	1,76																						
<b>Relação H/W</b>	0,38	0,58																						
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																					
	133	130	137																					
<b>Perfil Acústico</b>																								
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p style="margin: 0;">Níveis Sonoros (Leq em dB(A))</p> <table style="margin: 0; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #008000;"></td><td style="padding: 2px;">35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #006400;"></td><td style="padding: 2px;">40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #004d00;"></td><td style="padding: 2px;">45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #ffff00;"></td><td style="padding: 2px;">50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #ffa500;"></td><td style="padding: 2px;">55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #ff4500;"></td><td style="padding: 2px;">60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #ff0000;"></td><td style="padding: 2px;">65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #800000;"></td><td style="padding: 2px;">70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #400000;"></td><td style="padding: 2px;">75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #000080;"></td><td style="padding: 2px;">80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 10px; background-color: #000000;"></td><td style="padding: 2px;">Leq &gt; 85</td></tr> </table> </div>		35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85		
	35 < Leq < 40																							
	40 < Leq < 45																							
	45 < Leq < 50																							
	50 < Leq < 55																							
	55 < Leq < 60																							
	60 < Leq < 65																							
	65 < Leq < 70																							
	70 < Leq < 75																							
	75 < Leq < 80																							
	80 < Leq < 85																							
	Leq > 85																							
<p style="margin: 0;"><b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 3</b></p>  <table style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,45</td> <td>0,55</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,35</td> <td>0,50</td> <td>0,60</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,50</td> <td>0,85</td> <td>1,05</td> </tr> </tbody> </table>	Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,45	0,55	0,60	4	0,35	0,50	0,60	10	0,50	0,85	1,05								
Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																					
1,5	0,45	0,55	0,60																					
4	0,35	0,50	0,60																					
10	0,50	0,85	1,05																					
<b>Análise</b>																								
<p>Nota-se maior concentração nos níveis de pressão sonora no interior do cânion, representado pelas cores azul e roxa do perfil acústico, na região formada pelas duas edificações. Para o período do final da tarde, nas alturas de 10 metros acima do nível do solo, há uma diferença superior a 1,0 dB(A) entre o nível de pressão sonora do cenário atual e do cenário adensado. Para as alturas de 1,5 e 4 metros o incremento sonoro ficou na faixa de 0,5 dB(A). Deste modo, o adensamento construtivo da região do ponto 3, sem alterar o comportamento de tráfego de veículos, afeta os níveis de pressão sonora, provocando um incremento médio de 0,6 dB(A), 0,5dB(A) e 0,9 dB(A) para as respectivas alturas de 1,5, 4 e 10 metros acima do nível do solo.</p>																								

## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 4

Localização	ANTES	DEPOIS																								
																										
<b>Coef. Ocupação</b>	54%	64%																								
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,53	2,0																								
<b>Relação H/W</b>	0,24	0,38																								
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																							
	137	93	116																							
<b>Perfil Acústico</b>																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #008000; width: 15px;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="background-color: #006400; width: 15px;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="background-color: #004d00; width: 15px;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="background-color: #003300; width: 15px;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="background-color: #001a00; width: 15px;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </tbody> </table>	Níveis Sonoros (Leq em dBA)			35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85	
Níveis Sonoros (Leq em dBA)																										
	35 < Leq < 40																									
	40 < Leq < 45																									
	45 < Leq < 50																									
	50 < Leq < 55																									
	55 < Leq < 60																									
	60 < Leq < 65																									
	65 < Leq < 70																									
	70 < Leq < 75																									
	75 < Leq < 80																									
	80 < Leq < 85																									
	Leq > 85																									

### Incremento de Pressão Sonora no Ponto 4



### Análise


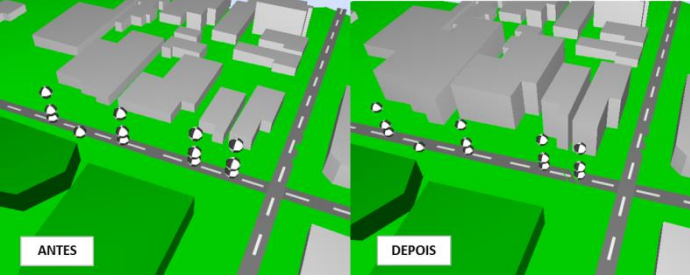
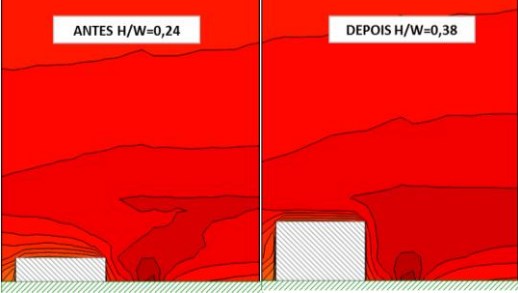
Ocorre um incremento sonoro mais significativo de 1,0 dB(A) para os receptores localizados a 10 metros, enquanto para as alturas de 1,5 e 4 metros esse incremento é de 0,3 dB(A).

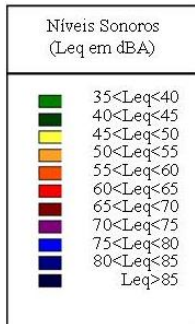
Observa-se que existe um determinado padrão para os níveis de incremento sonoro, se comparado aos resultados encontrados para os pontos 2 e 3, com incremento mais significativo para os receptores a 10m.



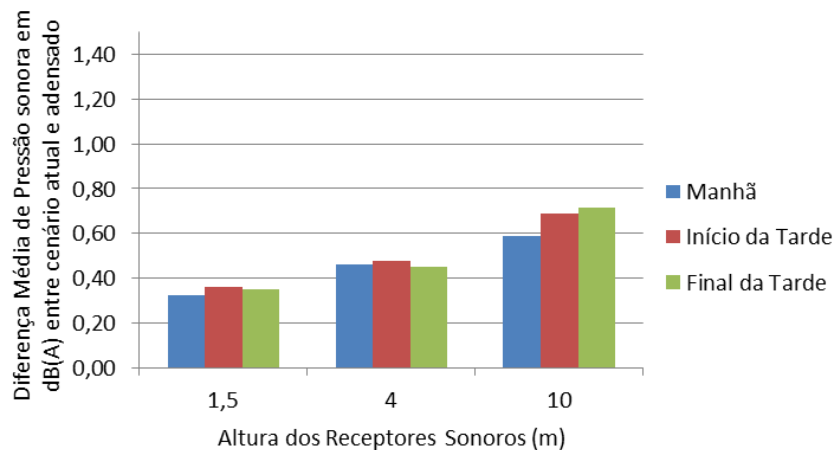
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 5

Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	48%	59%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,48	1,5	
<b>Relação H/W</b>	0,24	0,38	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)
	10	22	29
<b>Perfil Acústico</b>			



### Incremento de Pressão Sonora no Ponto 5

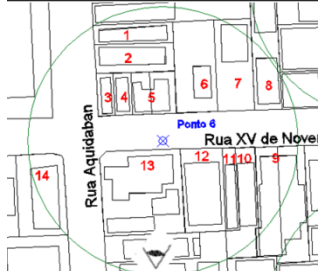


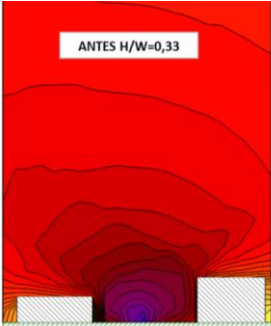
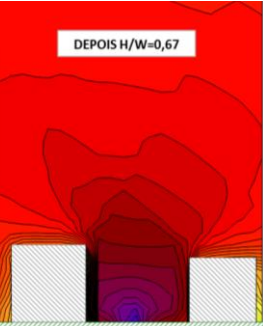
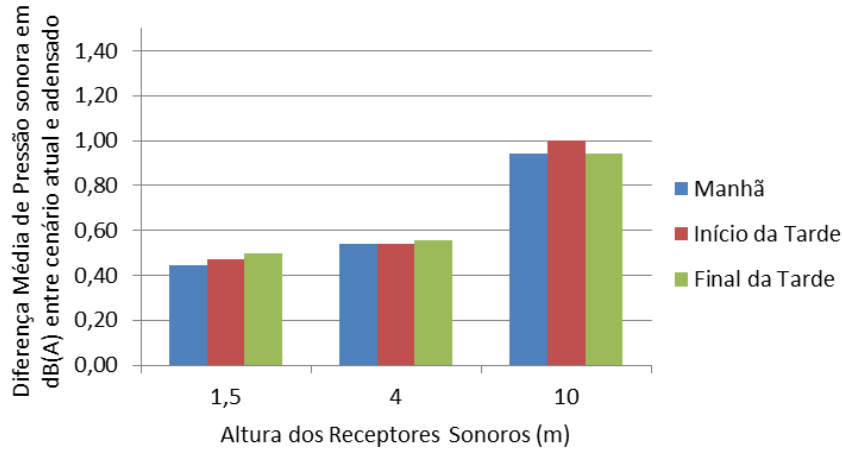


### Análise

O comportamento sonoro do ponto 5 demonstra que o incremento sonoro para alturas de 10 metros ficou em média 0,66 dB(A) maior que os níveis de pressão sonora do cenário atual. Nos demais receptores sonoros analisados, o aumento nos níveis de pressão sonora apresenta em média 0,36 dB(A) para alturas de 1,5 metros e 0,45 dB(A) para alturas de 4 metros. Observa-se que, nesse ponto, o cenário futuro foi responsável por um incremento sonoro um pouco menor do que aqueles do ponto 2, 3 e 4.

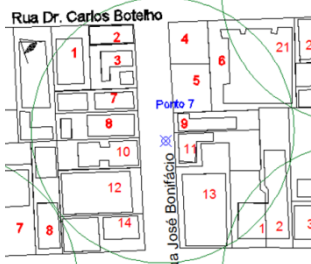
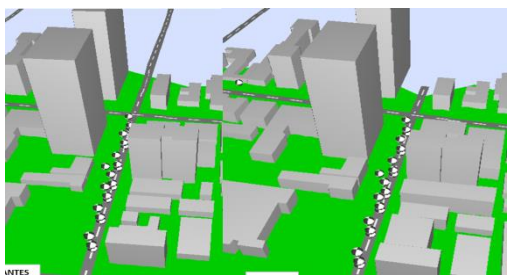
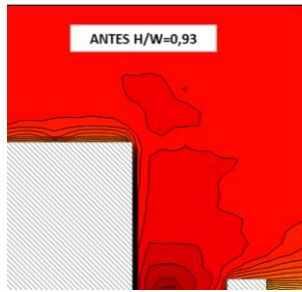
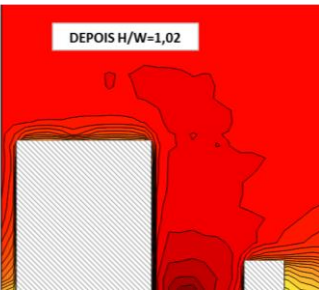
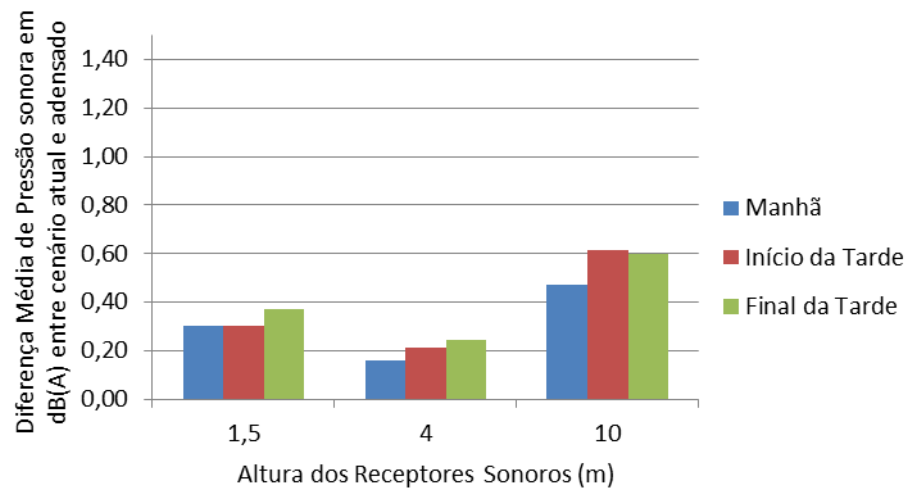
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 6

Localização	ANTES	DEPOIS																							
																									
<b>Coef. Ocupação</b>	49%	63%																							
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,67	1,15																							
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																						
	79	113	92																						
<b>Relação H/W</b>	0,33		0,67																						
<b>Perfil Acústico</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</p> <table style="font-size: small; width: 100%;"> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #008000;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #006400;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #004d00;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #90ee90;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #90ee90;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #ff8c00;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #ff4500;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #ff0000;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #800000;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #400000;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #000000;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">ANTES H/W=0,33</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p style="font-size: x-small;">DEPOIS H/W=0,67</p> </div> </div>				35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85
	35 < Leq < 40																								
	40 < Leq < 45																								
	45 < Leq < 50																								
	50 < Leq < 55																								
	55 < Leq < 60																								
	60 < Leq < 65																								
	65 < Leq < 70																								
	70 < Leq < 75																								
	75 < Leq < 80																								
	80 < Leq < 85																								
	Leq > 85																								
<h3>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 6</h3>  <table border="1" style="font-size: x-small; margin-top: 10px;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,47</td> <td>0,47</td> <td>0,55</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,55</td> <td>0,55</td> <td>0,55</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,95</td> <td>1,00</td> <td>0,95</td> </tr> </tbody> </table>			Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,47	0,47	0,55	4	0,55	0,55	0,55	10	0,95	1,00	0,95							
Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																						
1,5	0,47	0,47	0,55																						
4	0,55	0,55	0,55																						
10	0,95	1,00	0,95																						
<h3>Análise</h3> <p>Mais uma vez houve uma variação média de 1,0 dB(A) para os receptores localizados a 10 metros a partir do nível do solo, enquanto que, para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, a variação média foi de 0,47 dB(A) e 0,55 dB(A), respectivamente. Esse valores explicam o aumento da área ocupada pela cor roxa no perfil vertical do ponto 6, que representam os níveis de pressão sonora superiores ou iguais a 70 dB(A).</p>																									

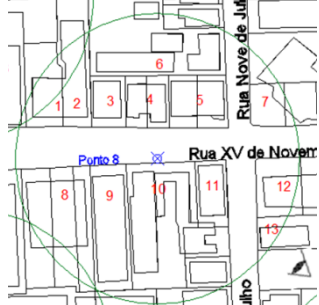
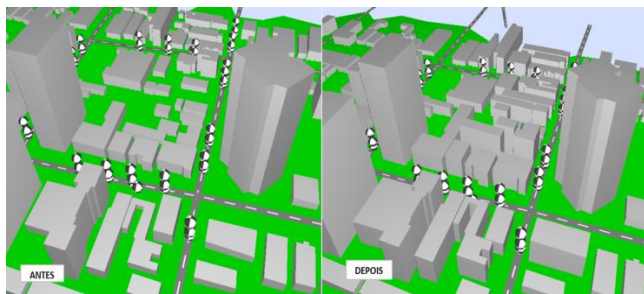
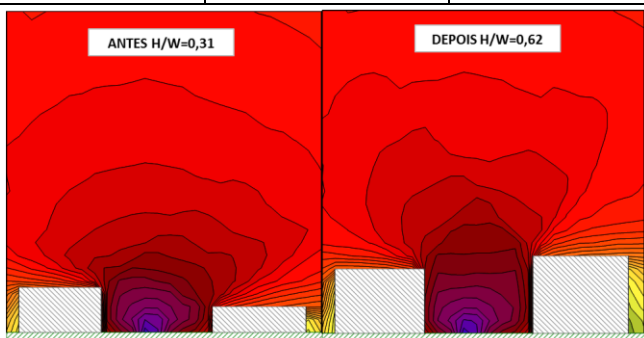
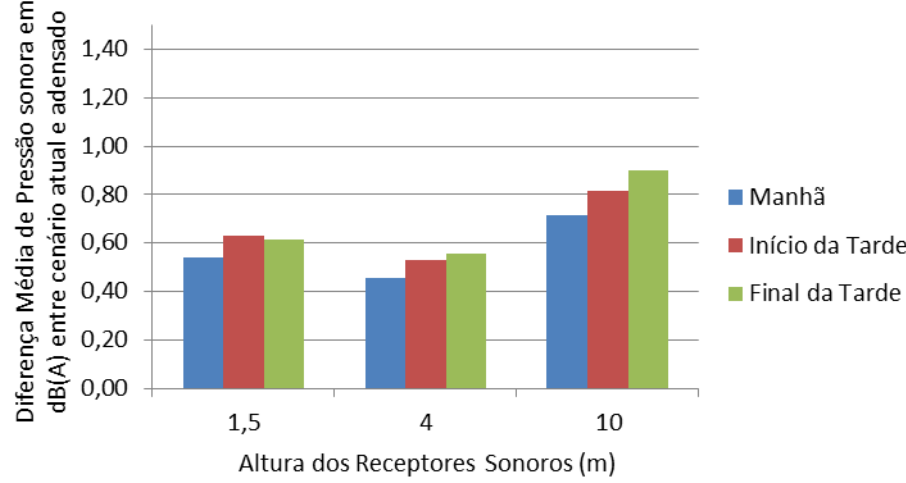
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 7

Localização	ANTES	DEPOIS																							
																									
<b>Coef. Ocupação</b>	48%	52%																							
<b>Coef. Aproveitamento</b>	1,88	2,23																							
<b>Relação H/W</b>	0,93	1,02																							
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																						
	18	32	36																						
<b>Perfil Acústico</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 20%;"> <p style="text-align: center; font-size: small;">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</p> <table style="font-size: x-small; width: 100%;"> <tr><td style="background-color: #008000; width: 10px;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="background-color: #006400; width: 10px;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="background-color: #004d00; width: 10px;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90; width: 10px;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffff00; width: 10px;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="background-color: #ffa500; width: 10px;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff4500; width: 10px;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000; width: 10px;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="background-color: #800000; width: 10px;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="background-color: #400000; width: 10px;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 10px;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>				35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85
	35 < Leq < 40																								
	40 < Leq < 45																								
	45 < Leq < 50																								
	50 < Leq < 55																								
	55 < Leq < 60																								
	60 < Leq < 65																								
	65 < Leq < 70																								
	70 < Leq < 75																								
	75 < Leq < 80																								
	80 < Leq < 85																								
	Leq > 85																								
<h3 style="margin: 0;">Incremento de Pressão Sonora no Ponto 7</h3>  <table border="1" style="margin-top: 10px; font-size: small; width: 100%; text-align: center;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,32</td> <td>0,32</td> <td>0,36</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,20</td> <td>0,20</td> <td>0,24</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,56</td> <td>0,60</td> <td>0,60</td> </tr> </tbody> </table>				Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,32	0,32	0,36	4	0,20	0,20	0,24	10	0,56	0,60	0,60						
Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																						
1,5	0,32	0,32	0,36																						
4	0,20	0,20	0,24																						
10	0,56	0,60	0,60																						
<h3 style="margin: 0;">Análise</h3> <p style="font-size: small;">Os resultados dos receptores sonoros apontam para a mesma tendência obtida nos pontos analisados anteriormente, demonstrando um maior incremento sonoro nos receptores situados a 10 metros acima do nível do solo, porém provocando um incremento em média de 0,56 dB (A). Para as alturas de 1,5 e 4 metros, os incrementos foram de 0,32 dB(A) e 0,20 dB(A), respectivamente. Devido às poucas modificações ocorridas previstas no cenário futuro para esse ponto, as novas superfícies adensadas não foram capazes de provocar um incremento sonoro com o mesmo nível alcançado pelos pontos anteriores.</p>																									

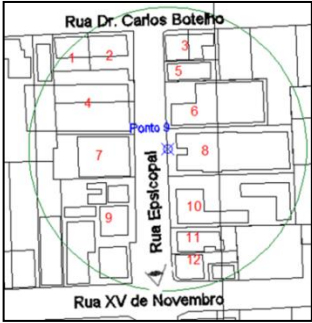
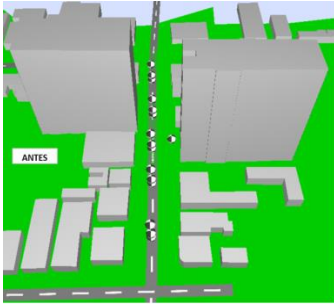
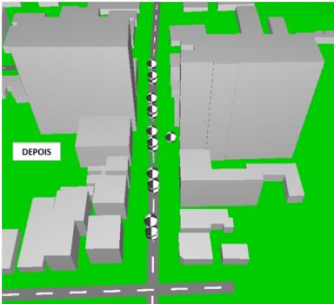
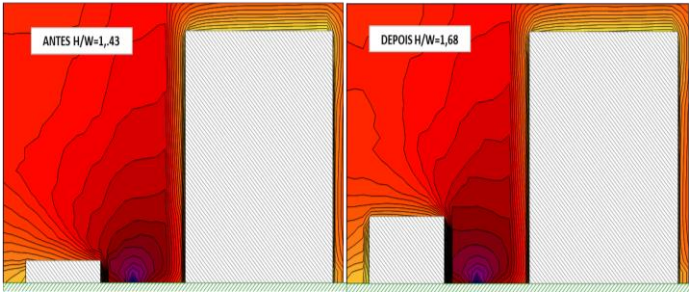
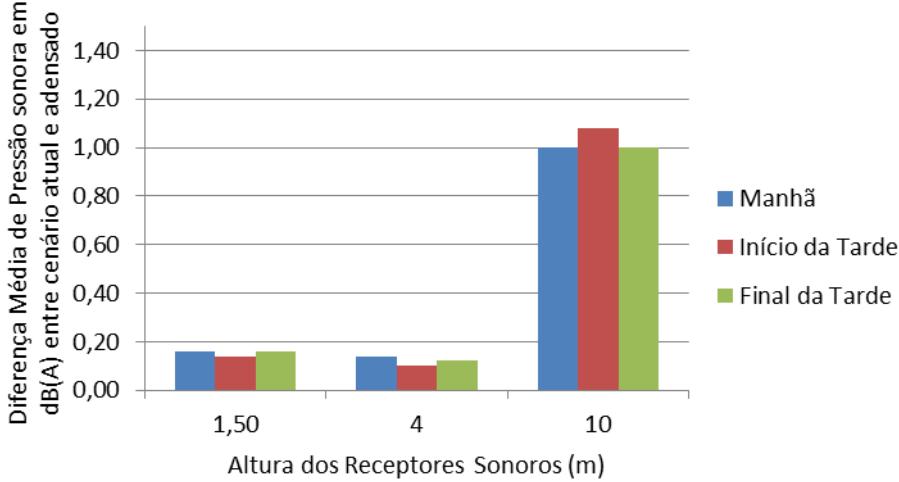
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 8

Localização	ANTES	DEPOIS																						
																								
<b>Coef. Ocupação</b>	49%	55%																						
<b>Coef. Aproveitamento</b>	1,65	2,38																						
<b>Relação H/W</b>	0,31	0,62																						
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	<b>Manhã</b> (7h às 8h) <b>83</b>	<b>Início Tarde</b> (12h às 13h) <b>96</b>	<b>Final Tarde</b> (17h30min às 18h30 min) <b>97</b>																					
<b>Perfil Acústico</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">                     Níveis Sonoros (Leq em dBA)                 </div> <table style="font-size: small;"> <tr><td style="background-color: #008000; width: 15px;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="background-color: #006400; width: 15px;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="background-color: #004d00; width: 15px;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90; width: 15px;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90; width: 15px;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff4500; width: 15px;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff4500; width: 15px;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000; width: 15px;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000; width: 15px;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000; width: 15px;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000; width: 15px;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </table>		35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85		
	35 < Leq < 40																							
	40 < Leq < 45																							
	45 < Leq < 50																							
	50 < Leq < 55																							
	55 < Leq < 60																							
	60 < Leq < 65																							
	65 < Leq < 70																							
	70 < Leq < 75																							
	75 < Leq < 80																							
	80 < Leq < 85																							
	Leq > 85																							
<b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 8</b>																								
																								
<b>Análise</b>																								
<p>O incremento sonoro provocado pelo adensamento construtivo aponta para uma variação média de 0,81 dB(A) para os receptores localizados a 10 metros a partir do nível do solo. Para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, a variação média é de 0,60 dB(A) e 0,51 dB(A), respectivamente.</p> <p>Houve um incremento sonoro, não somente no perfil analisado, mas para toda a área em estudo do ponto 8.</p>																								


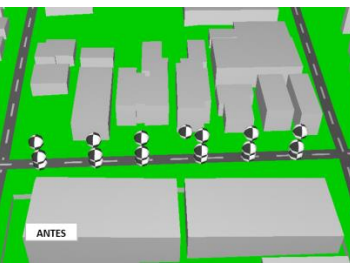
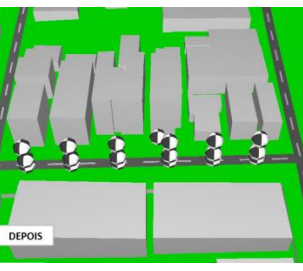
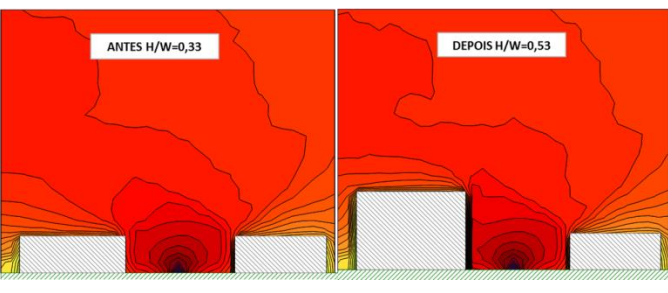
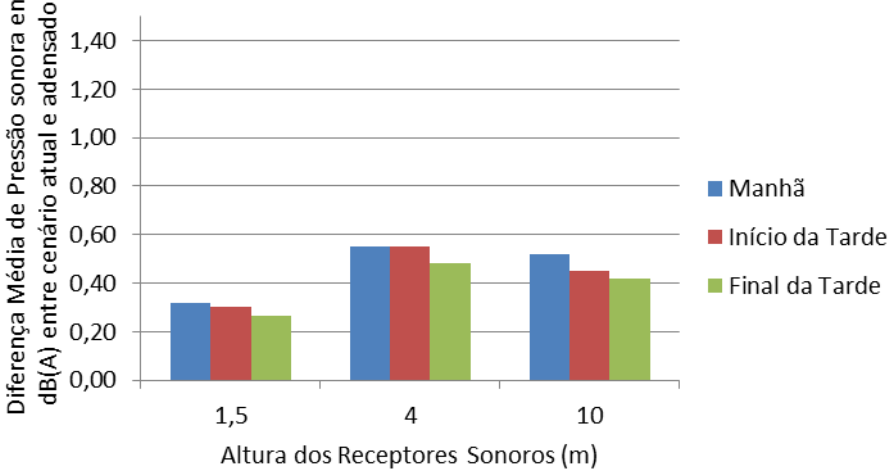
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 9

Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	59%	62%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	2,39	3,18	
<b>Relação H/W</b>	1,43	1,68	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	<b>Manhã</b> (7h às 8h) <b>64</b>	<b>Início Tarde</b> (12h às 13h) <b>76</b>	<b>Final Tarde</b> (17h30min às 18h30 min) <b>69</b>
<b>Perfil Acústico</b>			
<b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 9</b>			
			
<b>Análise</b>			
<p>As alterações mais significativas ocorreram a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, com a variação média de 1,0 dB(A) no nível de pressão sonora. Enquanto para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, as variações não se mostraram significativas, atingindo valor de variação inferior a 0,2dB(A).</p> <p>O ponto 9 segue a tendência analisada para os pontos 2, 3, 4 e 6.</p>			

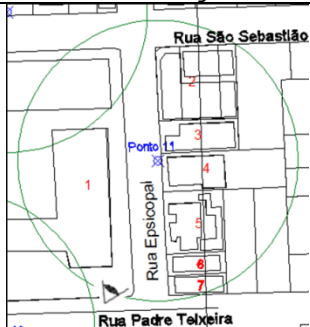
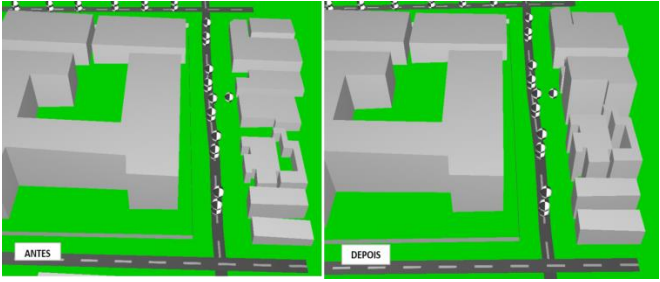
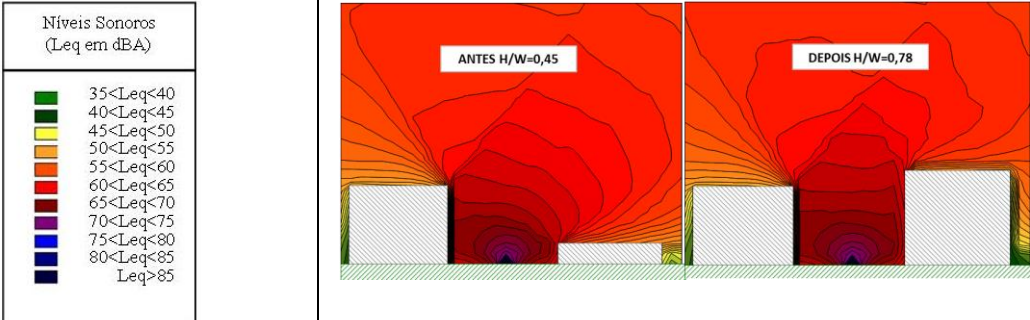
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 10

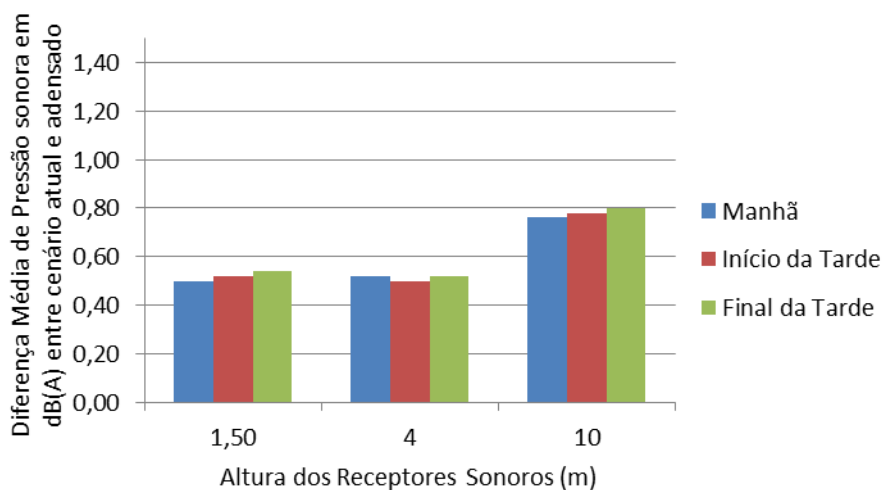
Localização	ANTES	DEPOIS																						
																								
<b>Coef. Ocupação</b>	54%	65%																						
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,96	1,71																						
<b>Relação H/W</b>	0,33	0,53																						
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	<b>Manhã</b> (7h às 8h) <b>32</b>	<b>Início Tarde</b> (12h às 13h) <b>34</b>	<b>Final Tarde</b> (17h30min às 18h30 min) <b>36</b>																					
<b>Perfil Acústico</b>																								
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">                     Níveis Sonoros (Leq em dBA)                 </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #008000;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #00FF00;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FFFF00;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FFA500;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF4500;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="width: 10px; height: 10px; background-color: #FF0000;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </table>		35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85		
	35 < Leq < 40																							
	40 < Leq < 45																							
	45 < Leq < 50																							
	50 < Leq < 55																							
	55 < Leq < 60																							
	60 < Leq < 65																							
	65 < Leq < 70																							
	70 < Leq < 75																							
	75 < Leq < 80																							
	80 < Leq < 85																							
	Leq > 85																							
<h3>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 10</h3>  <table border="1" style="margin-top: 10px; width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores Sonoros (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,29</td> <td>0,29</td> <td>0,29</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,53</td> <td>0,53</td> <td>0,46</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,46</td> <td>0,46</td> <td>0,46</td> </tr> </tbody> </table>			Altura dos Receptores Sonoros (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,29	0,29	0,29	4	0,53	0,53	0,46	10	0,46	0,46	0,46						
Altura dos Receptores Sonoros (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																					
1,5	0,29	0,29	0,29																					
4	0,53	0,53	0,46																					
10	0,46	0,46	0,46																					
<h3>Análise</h3> <p>Houve um incremento nos níveis de pressão sonora da região, entretanto esse incremento se apresentou de forma diferente dos demais pontos analisados, exibindo um maior incremento sonoro para altura de 4 metros, que alcançou 0,53 dB(A). Para as alturas de 1,5 e 10 metros o incremento foi de 0,29 e 0,46 dB(A), respectivamente.</p> <p>Os incrementos apresentaram uma ordem de grandeza mais homogênea para todas as alturas. Observa-se que esse ponto apresenta um equilíbrio entre as alturas das edificações apresentadas em ambos os lados da via, principalmente se considerada a situação atual.</p>																								

## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 11

Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	56%	59%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,92	1,85	
<b>Relação H/W</b>	0,45	0,78	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)
	68	85	83
<b>Perfil Acústico</b>			

### Incremento de Pressão Sonora no Ponto 11



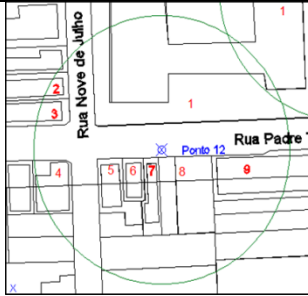
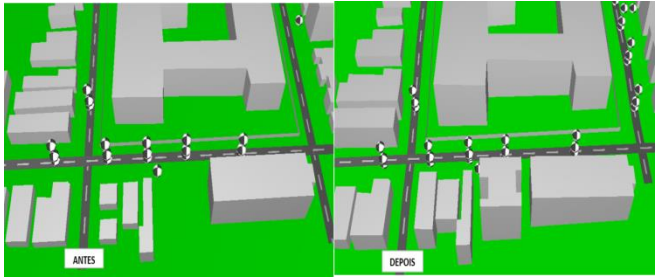
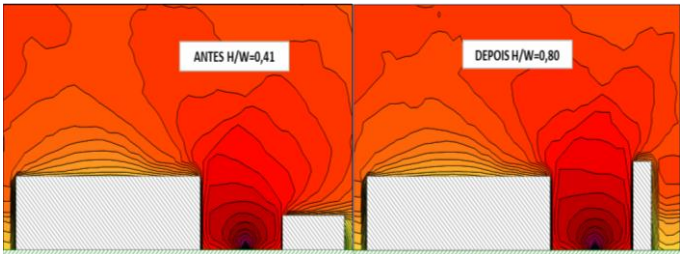
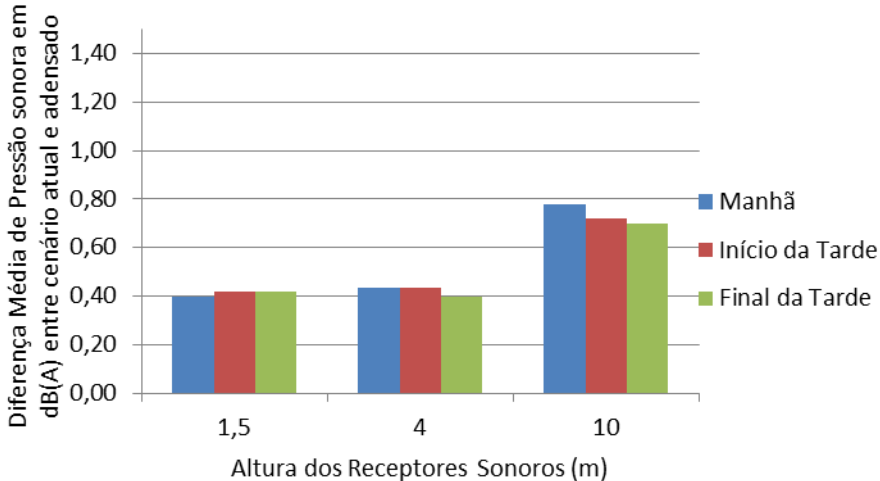
### Análise

As alteração mais significativa ocorreu a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, com a variação média de 0,78 dB(A) no nível de pressão sonora, após o processo de adensamento construtivo. Para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, as variações foram de 0,52 dB(A).

O comportamento é similar ao do ponto 8 anteriormente avaliado.

## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL


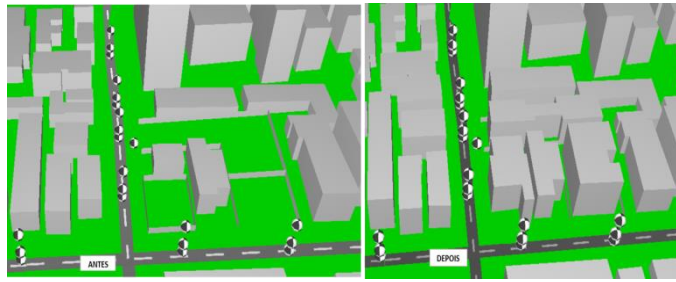
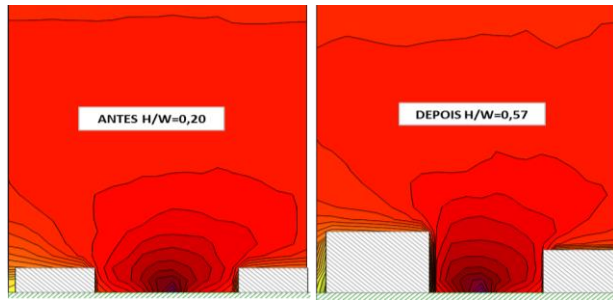
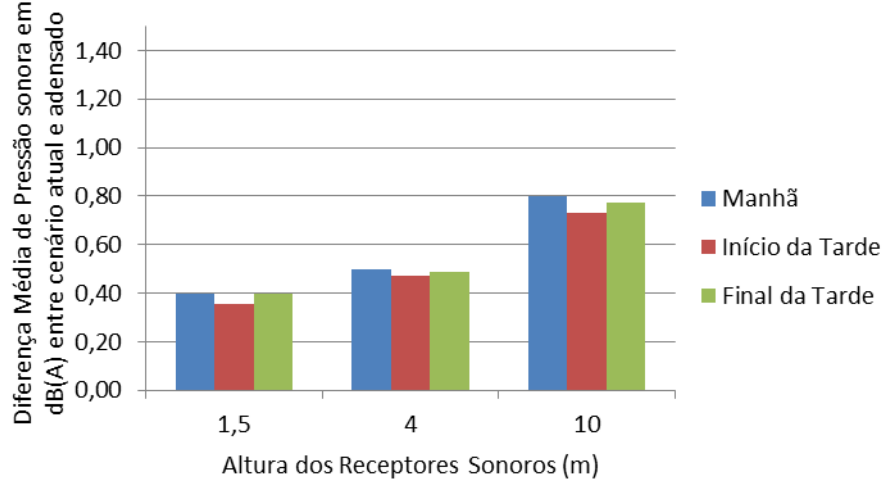
### Ponto 12

Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	55%	61%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	1,04	2,05	
<b>Relação H/W</b>	0,41	0,80	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)
	46	44	55
<b>Perfil Acústico</b>			
<b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 12</b>			
			
<b>Análise</b>			
<p>As alterações mais significativas ocorreram a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, com a variação média de 0,73 dB(A) no nível de pressão sonora. Para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, as variações foram em média de 0,42 dB(A).</p>			



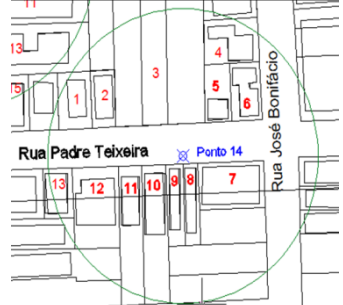
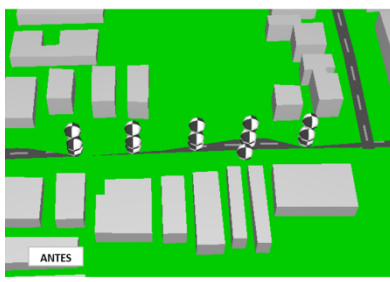
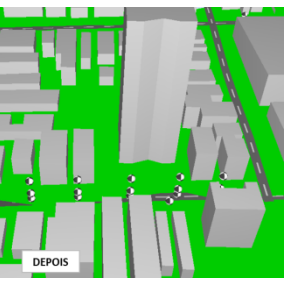
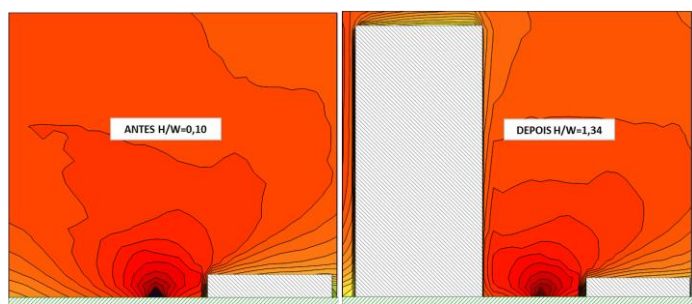
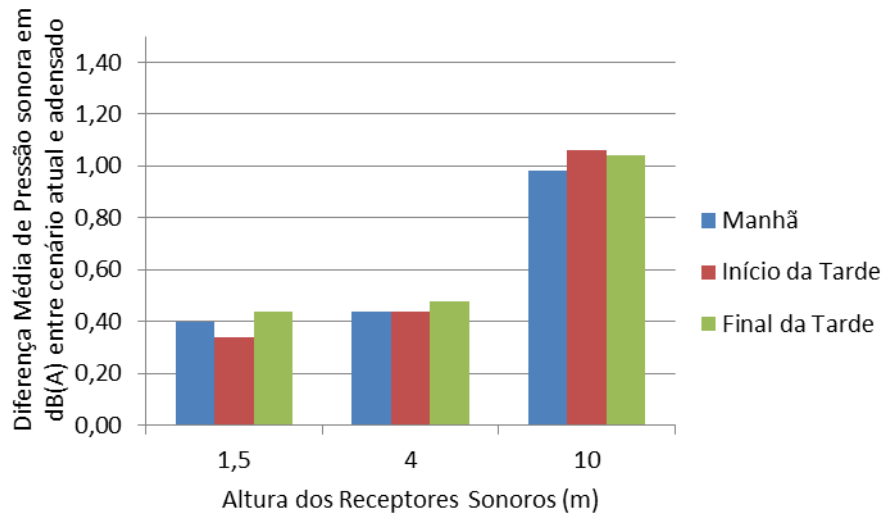
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 13

Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	44%	64%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	1,93	2,47	
<b>Relação H/W</b>	0,20	0,57	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	<b>Manhã</b> (7h às 8h) <b>27</b>	<b>Início Tarde</b> (12h às 13h) <b>32</b>	<b>Final Tarde</b> (17h30min às 18h30 min) <b>41</b>
<b>Perfil Acústico</b>			
<b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 13</b> 			
<b>Análise</b> <p>A variação média foi de 0,77 dB(A) para os receptores localizados a 10 metros a partir do nível do solo, enquanto para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, a variação média foi de 0,39 dB(A) e 0,49dB(A) respectivamente.</p>			

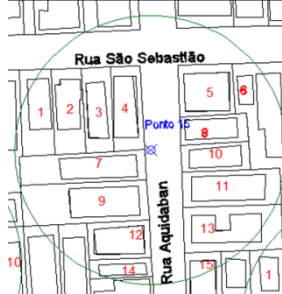
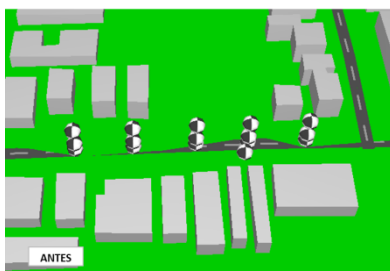
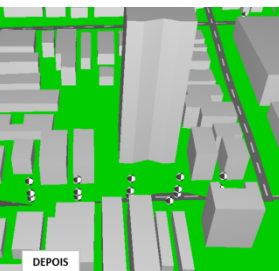
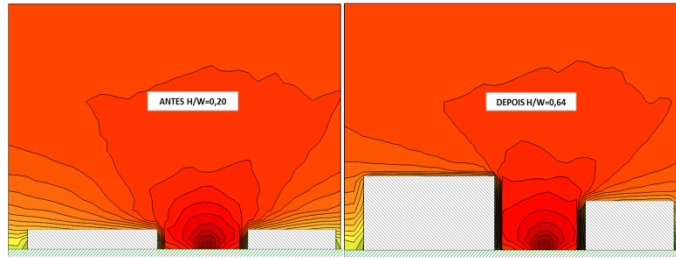
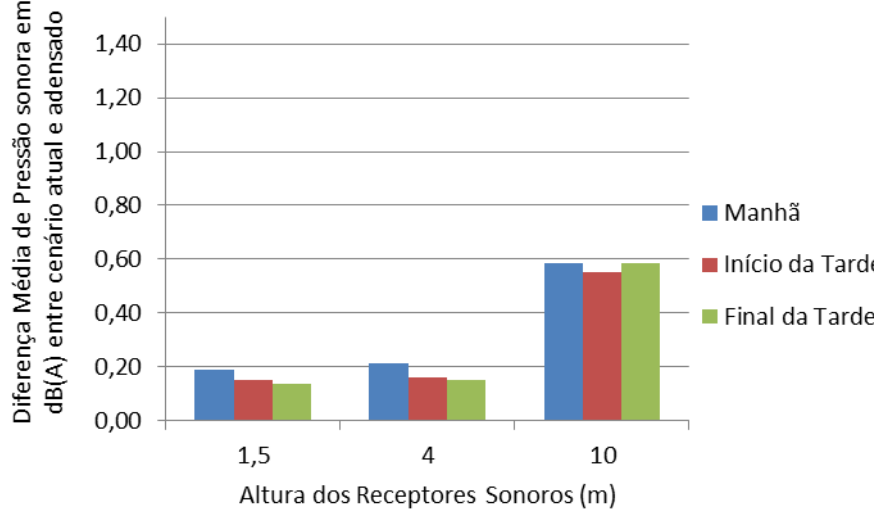
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 14

Localização	ANTES	DEPOIS																									
																											
<b>Coef. Ocupação</b>	53%	56%																									
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,84	1,84																									
<b>Relação H/W</b>	0,10	1,34																									
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																								
	19	33	34																								
<b>Perfil Acústico</b>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #008000; width: 15px;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="background-color: #006400; width: 15px;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90; width: 15px;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFFF00; width: 15px;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFA500; width: 15px;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="background-color: #FF4500; width: 15px;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="background-color: #FF0000; width: 15px;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="background-color: #800000; width: 15px;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="background-color: #400000; width: 15px;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000; width: 15px;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </tbody> </table>	Níveis Sonoros (Leq em dBA)			35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85			
Níveis Sonoros (Leq em dBA)																											
	35 < Leq < 40																										
	40 < Leq < 45																										
	45 < Leq < 50																										
	50 < Leq < 55																										
	55 < Leq < 60																										
	60 < Leq < 65																										
	65 < Leq < 70																										
	70 < Leq < 75																										
	75 < Leq < 80																										
	80 < Leq < 85																										
	Leq > 85																										
<h3 style="margin: 0;">Incremento de Pressão Sonora no Ponto 14</h3>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,40</td> <td>0,39</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,45</td> <td>0,45</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1,00</td> <td>1,05</td> <td>1,05</td> </tr> </tbody> </table>	Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,40	0,39	0,45	4	0,45	0,45	0,45	10	1,00	1,05	1,05											
Altura dos Receptores (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																								
1,5	0,40	0,39	0,45																								
4	0,45	0,45	0,45																								
10	1,00	1,05	1,05																								
<b>Análise</b>																											
<p>O incremento foi em média de 1,0 dB(A) para alturas de 10 metros acima do solo, enquanto para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, a variação média foi de 0,39 dB(A) e 0,45 dB(A), respectivamente.</p> <p>O ponto 14 se comporta como os pontos 2, 3, 4, 6, 9, apresentando uma variação média de 1,0 dB(A) no incremento sonoro para alturas de 10 metros acima do nível do solo.</p>																											

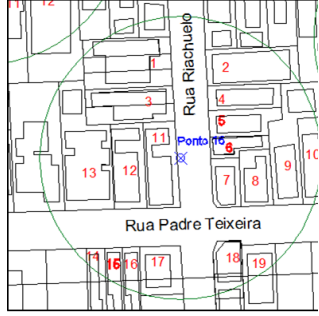
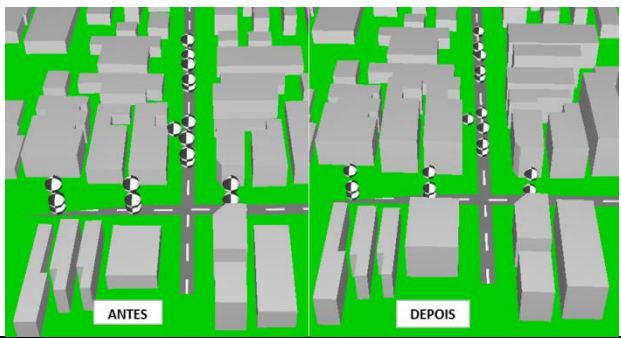
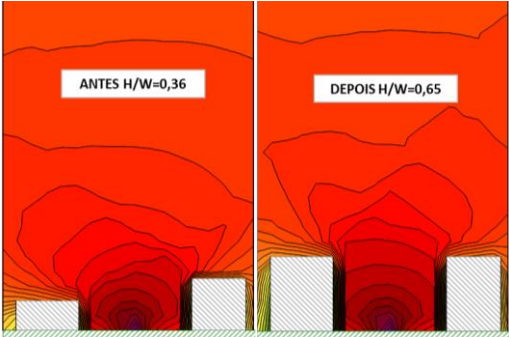
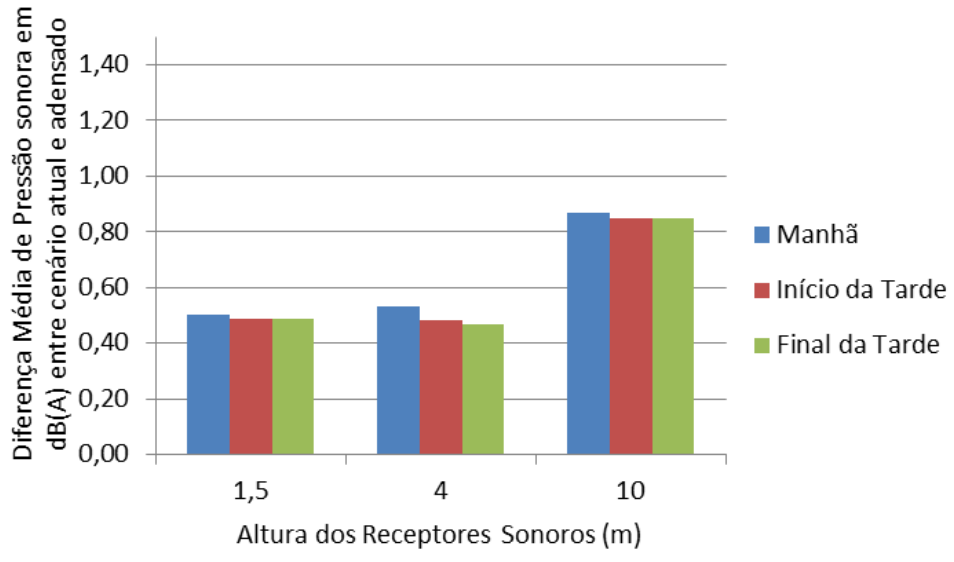
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 15

Localização	ANTES	DEPOIS																									
																											
<b>Coef. Ocupação</b>	47%	56%																									
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,73	1,91																									
<b>Relação H/W</b>	0,20	0,64																									
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																								
	17	28	40																								
<b>Perfil Acústico</b>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #008000;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="background-color: #006400;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="background-color: #004d00;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="background-color: #90ee90;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff4500;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff4500;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="background-color: #ff0000;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </tbody> </table>	Níveis Sonoros (Leq em dBA)			35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85			
Níveis Sonoros (Leq em dBA)																											
	35 < Leq < 40																										
	40 < Leq < 45																										
	45 < Leq < 50																										
	50 < Leq < 55																										
	55 < Leq < 60																										
	60 < Leq < 65																										
	65 < Leq < 70																										
	70 < Leq < 75																										
	75 < Leq < 80																										
	80 < Leq < 85																										
	Leq > 85																										
<h3>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 15</h3>																											
 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores Sonoros (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,18</td> <td>0,18</td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,18</td> <td>0,18</td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,58</td> <td>0,58</td> <td>0,58</td> </tr> </tbody> </table>				Altura dos Receptores Sonoros (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,18	0,18	0,18	4	0,18	0,18	0,18	10	0,58	0,58	0,58								
Altura dos Receptores Sonoros (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																								
1,5	0,18	0,18	0,18																								
4	0,18	0,18	0,18																								
10	0,58	0,58	0,58																								
<h3>Análise</h3> <p>Nas as alturas de 1,5 e 4 metros, foi gerado em média um acréscimo de 0,18 dB(A) de pressão sonora entre o cenário real e o adensado construtivamente. Para os receptores localizados a 10 metros acima do nível do solo, o incremento médio foi de 0,58 dB(A), seguindo a tendência dos demais pontos analisados.</p>																											


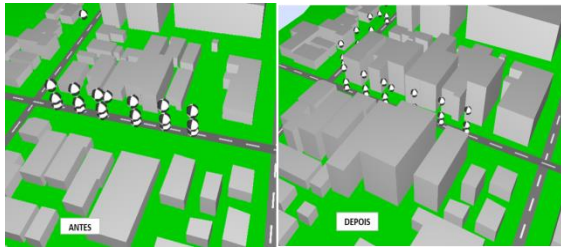
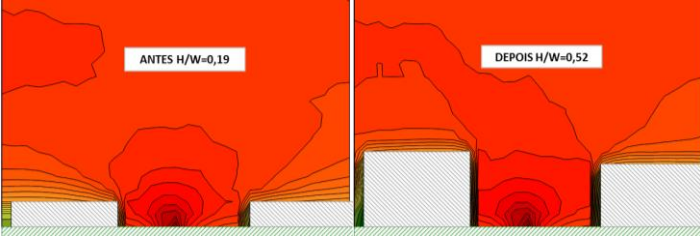
## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 16

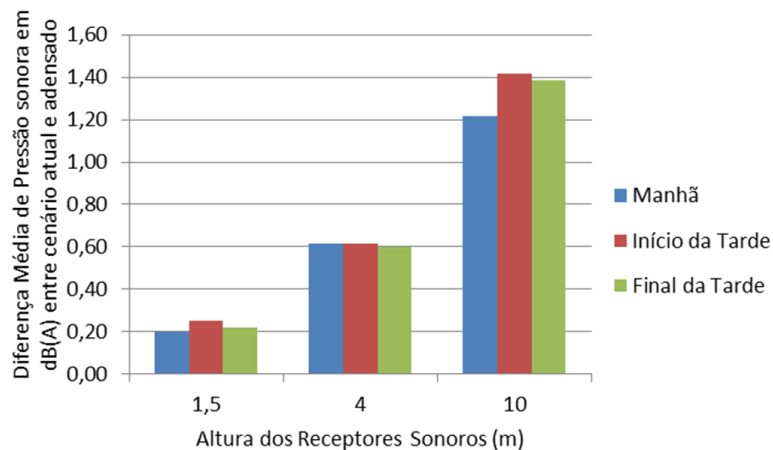
Localização	ANTES	DEPOIS	
			
<b>Coef. Ocupação</b>	50%	63%	
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,73	1,71	
<b>Relação H/W</b>	0,36	0,65	
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)
	29	44	41
<b>Perfil Acústico</b>			
<b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 16</b>			
			
<b>Análise</b>			
<p>A alterações mais significativas ocorreram a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, com a variação média de 0,86 dB(A) no nível de pressão sonora. Para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, as variações foram em média de 0,49dB(A).</p>			

## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 17

Localização	ANTES	DEPOIS																								
																										
<b>Coef. Ocupação</b>	46%	62%																								
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,52	2,04																								
<b>Relação H/W</b>	0,19	0,52																								
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	Manhã (7h às 8h)	Início Tarde (12h às 13h)	Final Tarde (17h30min às 18h30 min)																							
	15	23	28																							
<b>Perfil Acústico</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Níveis Sonoros (Leq em dBA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="width: 15px; background-color: #008000;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #00FF00;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #90EE90;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #FFFF00;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #FFD700;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #FF4500;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #FF0000;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #800080;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #0000FF;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #000080;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="width: 15px; background-color: #000000;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </tbody> </table>	Níveis Sonoros (Leq em dBA)			35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85		
Níveis Sonoros (Leq em dBA)																										
	35 < Leq < 40																									
	40 < Leq < 45																									
	45 < Leq < 50																									
	50 < Leq < 55																									
	55 < Leq < 60																									
	60 < Leq < 65																									
	65 < Leq < 70																									
	70 < Leq < 75																									
	75 < Leq < 80																									
	80 < Leq < 85																									
	Leq > 85																									

### Incremento de Pressão Sonora no Ponto 17



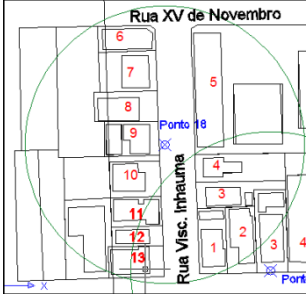

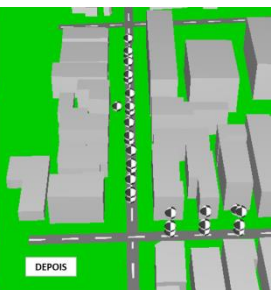
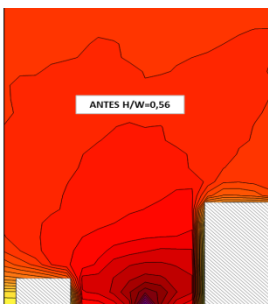
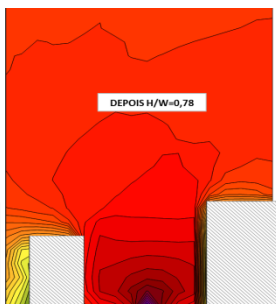
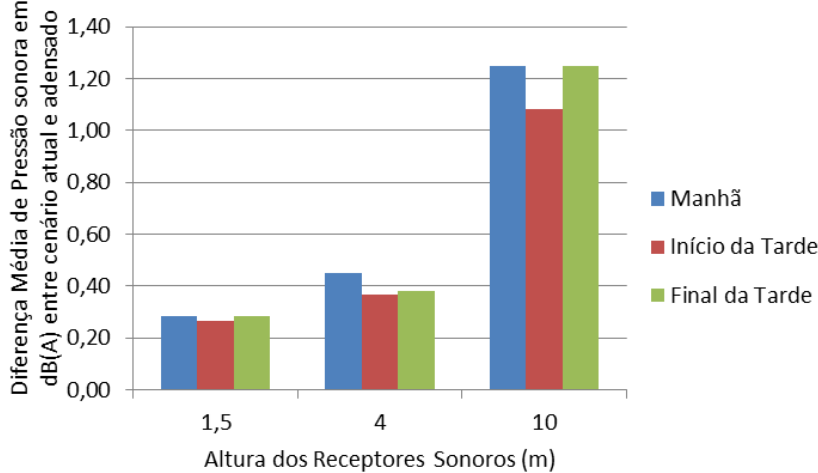
### Análise

As alterações mais significativas ocorreram a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, com a variação média de 1,34 dB(A) no nível de pressão sonora, a maior variação encontrada entre os pontos analisados. Para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, as variações foram em média de 0,22 dB(A) e 0,61 dB(A) respectivamente.

Todas as edificações adensadas apresentaram no mínimo três pavimentos, o equivalente a dez metros de altura.

## FICHA DE ANÁLISE PONTUAL

### Ponto 18

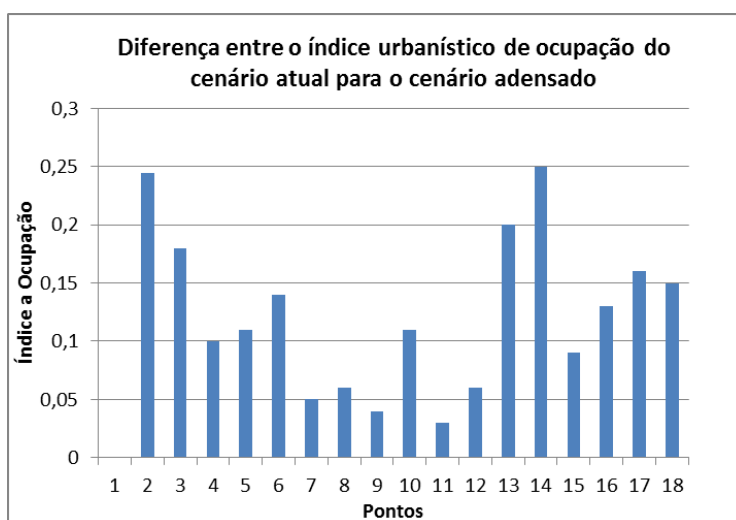
Localização	ANTES	DEPOIS																						
																								
<b>Coef. Ocupação</b>	51%	66%																						
<b>Coef. Aproveitamento</b>	0,74	1,90																						
<b>Relação H/W</b>	0,56	0,78																						
<b>Fluxo de Veículos (veículos/5min)</b>	<b>Manhã</b> (7h às 8h) 28	<b>Início Tarde</b> (12h às 13h) 23	<b>Final Tarde</b> (17h30min às 18h30 min) 42																					
<b>Perfil Acústico</b>  Níveis Sonoros (Leq em dBA)  <table border="1" style="font-size: small; width: 100%;"> <tr><td style="background-color: #008000;"></td><td>35 &lt; Leq &lt; 40</td></tr> <tr><td style="background-color: #00FF00;"></td><td>40 &lt; Leq &lt; 45</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFFF00;"></td><td>45 &lt; Leq &lt; 50</td></tr> <tr><td style="background-color: #FFA500;"></td><td>50 &lt; Leq &lt; 55</td></tr> <tr><td style="background-color: #FF4500;"></td><td>55 &lt; Leq &lt; 60</td></tr> <tr><td style="background-color: #FF0000;"></td><td>60 &lt; Leq &lt; 65</td></tr> <tr><td style="background-color: #800000;"></td><td>65 &lt; Leq &lt; 70</td></tr> <tr><td style="background-color: #4B0082;"></td><td>70 &lt; Leq &lt; 75</td></tr> <tr><td style="background-color: #0000FF;"></td><td>75 &lt; Leq &lt; 80</td></tr> <tr><td style="background-color: #000080;"></td><td>80 &lt; Leq &lt; 85</td></tr> <tr><td style="background-color: #000000;"></td><td>Leq &gt; 85</td></tr> </table>		35 < Leq < 40		40 < Leq < 45		45 < Leq < 50		50 < Leq < 55		55 < Leq < 60		60 < Leq < 65		65 < Leq < 70		70 < Leq < 75		75 < Leq < 80		80 < Leq < 85		Leq > 85		
	35 < Leq < 40																							
	40 < Leq < 45																							
	45 < Leq < 50																							
	50 < Leq < 55																							
	55 < Leq < 60																							
	60 < Leq < 65																							
	65 < Leq < 70																							
	70 < Leq < 75																							
	75 < Leq < 80																							
	80 < Leq < 85																							
	Leq > 85																							
<b>Incremento de Pressão Sonora no Ponto 18</b>																								
 <table border="1" style="font-size: small; margin-top: 10px; width: 100%;"> <caption>Dados do Gráfico de Incremento de Pressão Sonora</caption> <thead> <tr> <th>Altura dos Receptores Sonoros (m)</th> <th>Manhã (dB(A))</th> <th>Início da Tarde (dB(A))</th> <th>Final da Tarde (dB(A))</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>0,28</td> <td>0,28</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,45</td> <td>0,35</td> <td>0,38</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>1,25</td> <td>1,08</td> <td>1,25</td> </tr> </tbody> </table>			Altura dos Receptores Sonoros (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))	1,5	0,28	0,28	0,28	4	0,45	0,35	0,38	10	1,25	1,08	1,25						
Altura dos Receptores Sonoros (m)	Manhã (dB(A))	Início da Tarde (dB(A))	Final da Tarde (dB(A))																					
1,5	0,28	0,28	0,28																					
4	0,45	0,35	0,38																					
10	1,25	1,08	1,25																					
<b>Análise</b>																								
<p>As alterações mais significativas ocorreram a uma altura de 10 metros acima do nível do solo, com a variação média de 1,19 dB(A) no nível de pressão sonora, a segunda maior variação encontrada entre os dezoito pontos analisados. Para os receptores localizados a 1,5 e a 4 metros, as variações foram em média de 0,28 dB(A) e 0,40 dB(A), respectivamente.</p> <p>Observa-se que com o adensamento ocorreu uma diminuição da distância entre as fachadas frontais, provocando um estreitamento da largura do cânion. Os locais possíveis de haver livre propagação sonora passaram a ter superfícies refletoras com no mínimo dois pavimentos em ambos os lados da via.</p>																								

A Figura 33 apresenta, de forma conjunta, as diferenças entre os índices no cenário atual e no cenário adensado, para os 18 pontos para os quais foi realizada a análise pontual.

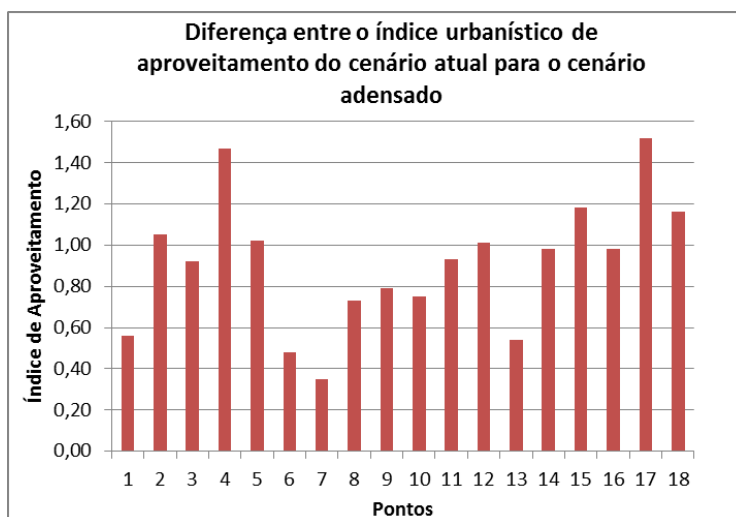
Figura 33: Diferença entre os Índices urbanísticos para os cenários:

(a) índice de ocupação; (b) índice de aproveitamento

(a)



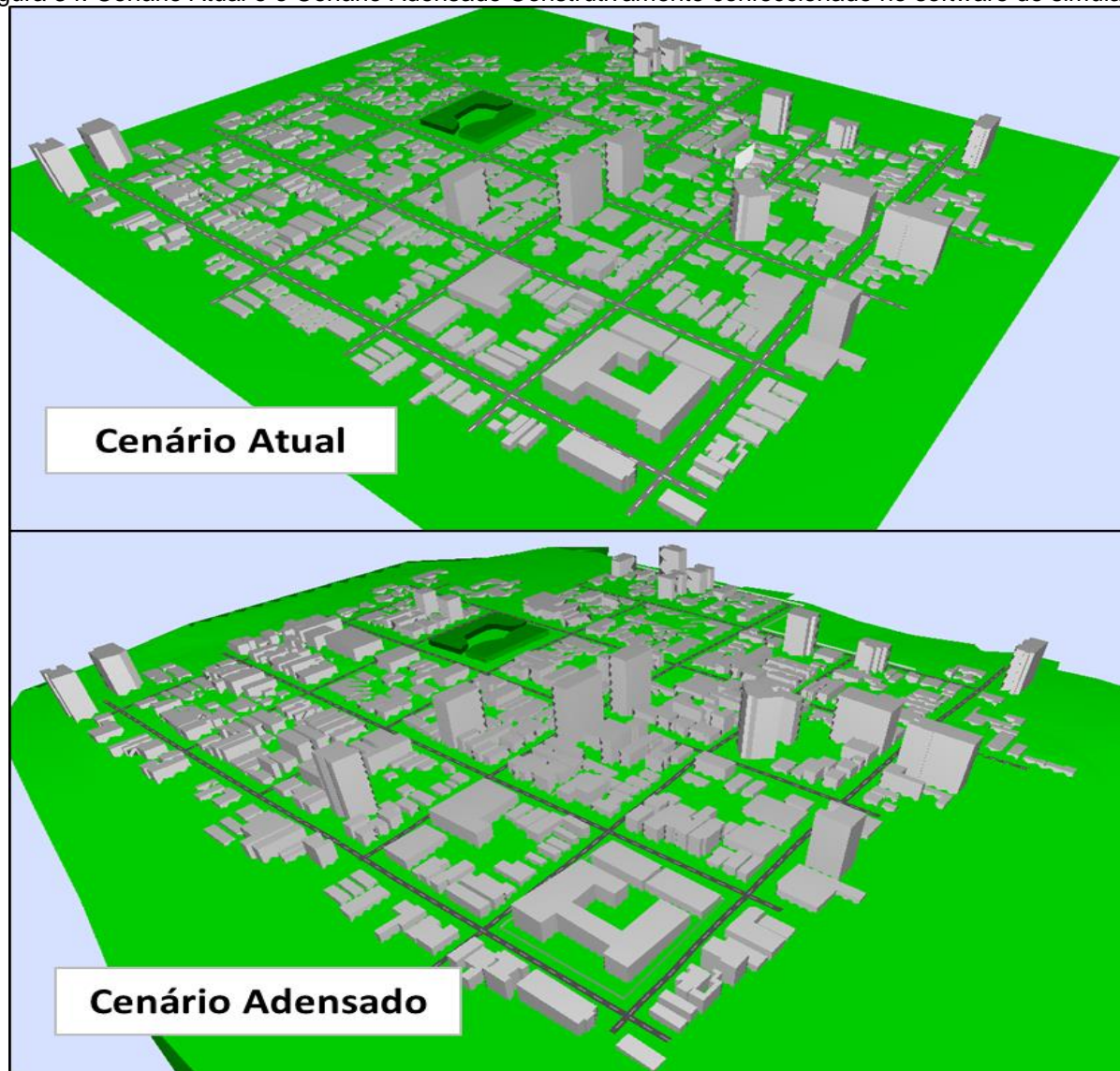
(b)



(Fonte: Autor)

Esse adensamento gerou as mudanças morfológicas na fração de estudo, conforme pode ser observado na comparação da situação atual e do cenário futuro apresentado na Figura 34.

Figura 34: Cenário Atual e o Cenário Adensado Construtivamente confeccionado no software de simulação.

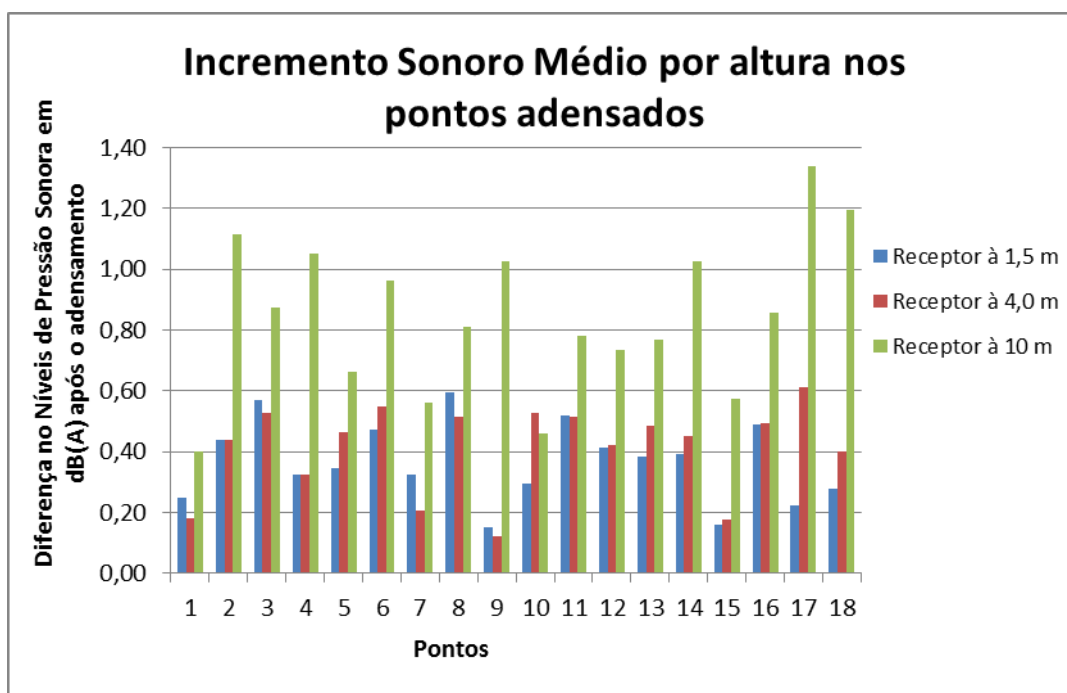


(Fonte: Autor)



Os resultados das análises pontuais evidenciaram que a influência da forma urbana na propagação sonora sinaliza para uma tendência de incremento sonoro mais significativo para alturas de dez metros acima do nível do solo. Nessa altura, a diferença de nível de pressão sonora alcança cerca de 1,0 dB(A) no valor de  $L_{eq}(A)$  para os três horários de pico (Figura 35).

Figura 35: Incremento nos Níveis de Pressão Sonora após o processo de adensamento construtivo na região dos dezoito pontos de coleta.



(Fonte: Autor)

Por outro lado, houve um incremento sonoro pouco significativo entre os níveis de pressão sonora, obtidos para os receptores situados a 1,5 e a 4,0 metros acima do nível do solo, se considerados pelos pontos de análise posicionados nos centros dos cânions urbanos.

Estes resultados, de certa forma, corroboram o estudo realizado por Thomas et al. (2013). Aqueles autores indicam que a variação no nível de pressão sonora é muito mais dependente da variação da largura da rua do que da altura média das edificações do perfil. A ordem de grandeza observada na análise pontual pode ser um indício de que a proporção de reflexão está mais relacionada com a largura da rua do que com a intensificação da altura que foi promovida com o cenário adensado.

Apesar da pesquisa não realizar análises por frequência, o mesmo autor destaca que para as bandas de oitava de baixas e médias frequências, a mudança da altura média das edificações quase não tem influência no nível de pressão sonora - aproximadamente 2 dB(A) para 1000Hz. Entretanto, para as altas frequências, a influência da altura média se torna maior - aproximadamente 3,5 dB(A) para 16.000 Hz.

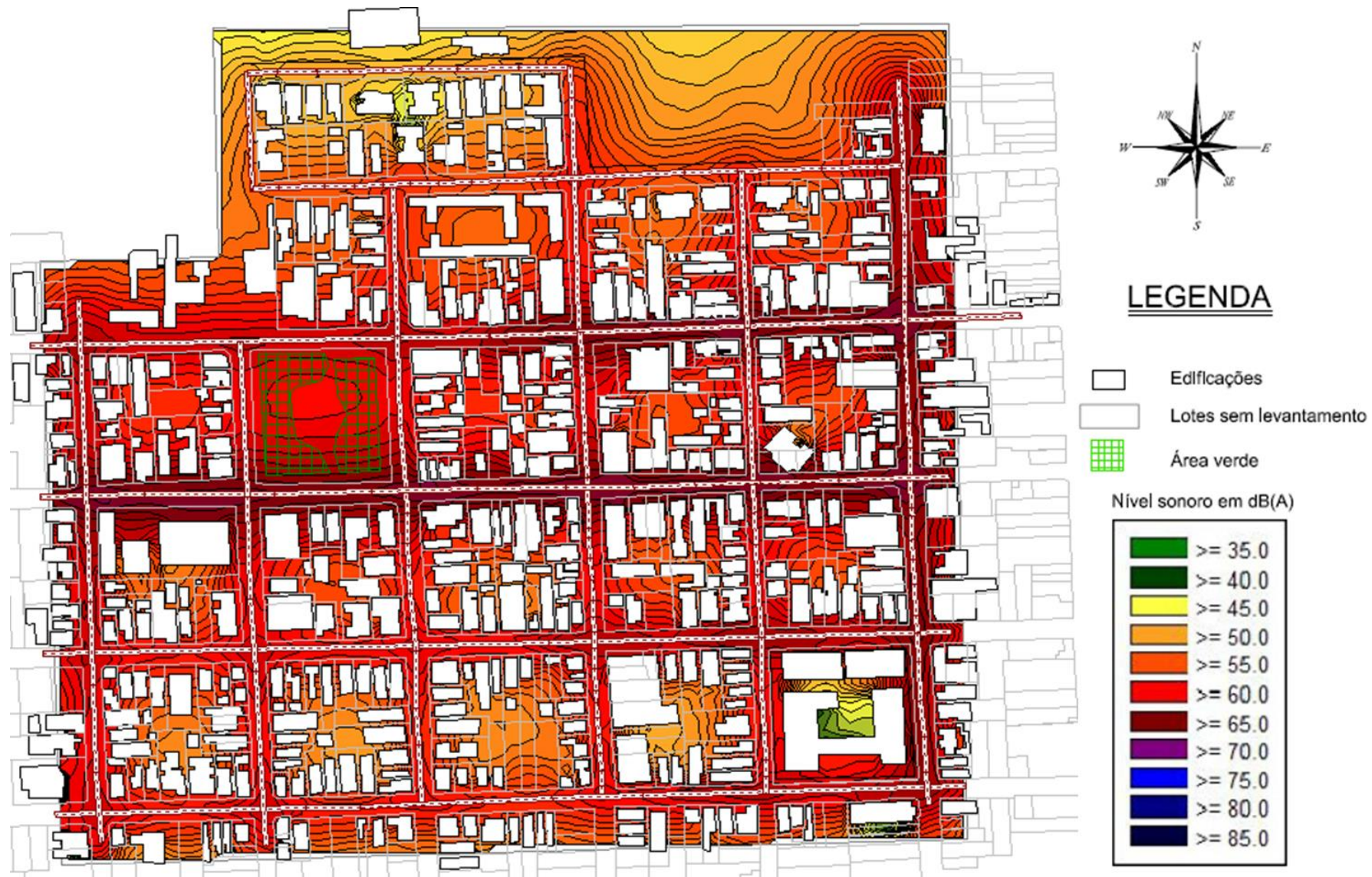
Segundo Picaut et al (2005), isso pode ser explicado devido à geometria das fachadas dos edifícios favorecer à reflexão de altas frequências em todas as direções, enquanto as baixas frequências são mais direcionadas para a rua.

Neste contexto, pode-se destacar que os perfis das vias que expressaram os maiores incrementos nos níveis de pressão sonora para alturas de dez metros, foram também os que evidenciaram as maiores modificações nos índices de ocupação e aproveitamento. Esse foi o caso das regiões dos pontos 2, 4, 17 e 18, nos quais houve um estreitamento na distância entre as edificações, devido às novas edificações adensadas.

Desta forma, tais regiões originaram uma configuração espacial do tipo cânion. Com a presença de superfícies contínuas entre as fachadas vizinhas das edificações, tornando o espaço menos permeável ao som, houve maior permanência e concentração dos raios refletidos, ocasionando um incremento mais significativo nos níveis de pressão sonora.

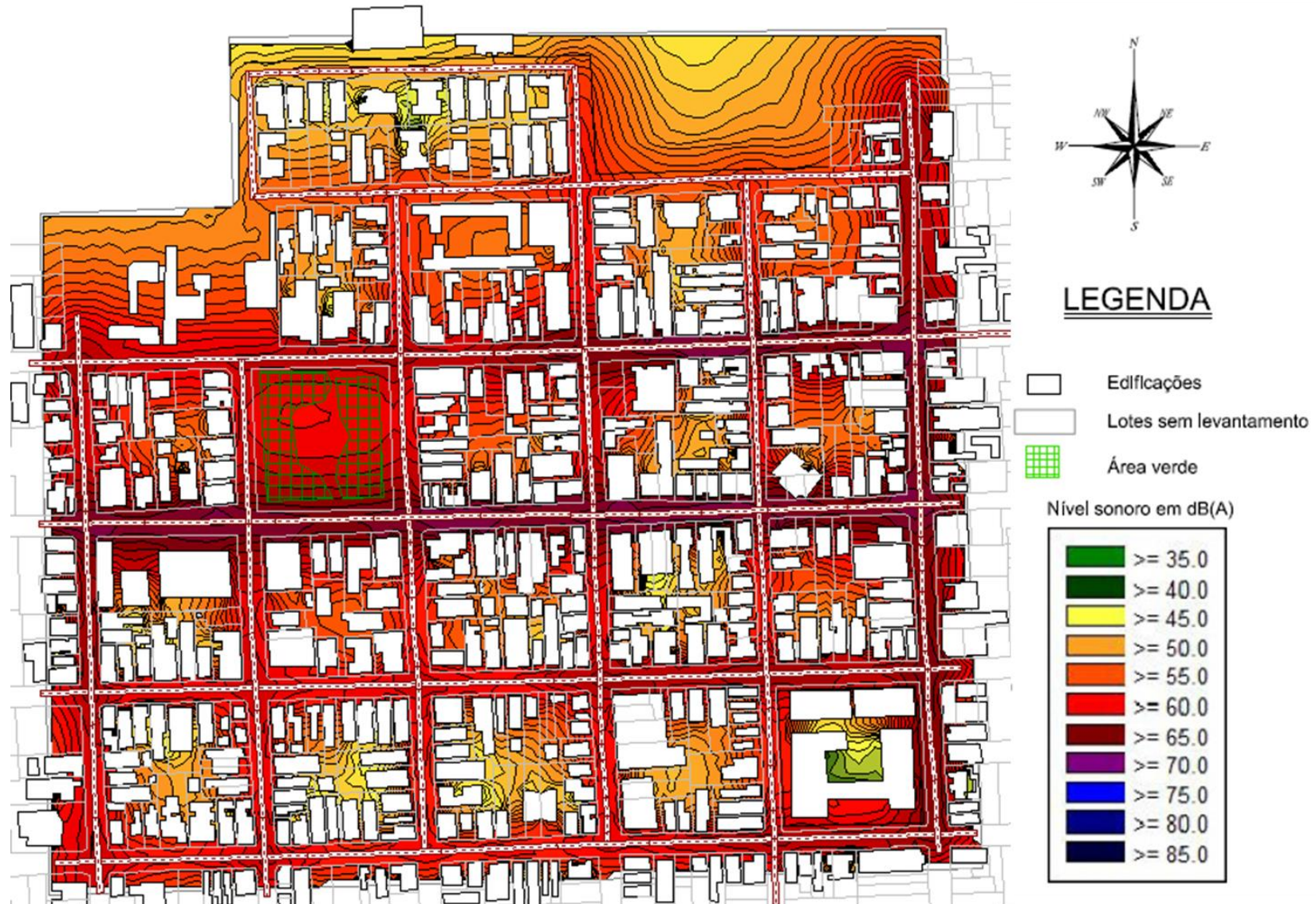
Complementando essa análise, foram simulados os mapas horizontais a uma altura de 10 metros acima do nível do solo para o cenário atual e para o cenário adensado. Neles é possível observar as modificações dos níveis de pressão sonora por cores atribuídas a cada faixa e também pelas linhas de classe que variam a cada 1,0 dB(A)(Figura 36 e 37).

Figura 36: Mapa horizontal do cenário atual a 10 metros acima do nível do solo.



(Fonte: Autor)

Figura 37: Mapa horizontal do cenário adensado a 10 metros acima do nível do solo.



(Fonte: Autor)

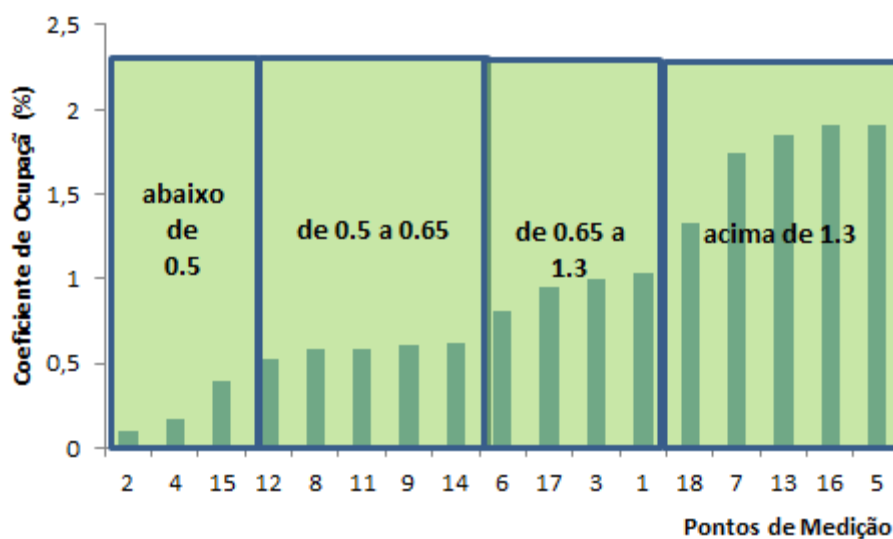
Esses mapas confirmam os resultados pontuais. Observa-se que os níveis de pressão sonora nas fachadas frontais das quadras são um pouco mais intensos com o adensamento construtivo da região (observação que pode ser mais facilmente verificada se considerada a praça existente na região). No entanto, o interior das quadras do cenário adensado, encontra-se mais protegido, devido ao adensamento das edificações e, assim, apresenta níveis de pressão sonora menos intensos.

#### **5.4 Análise por faixas de coeficientes**

Para isolar especificamente a influência dos coeficientes estudados, uma simulação do fluxo homogêneo hipotético por toda a região de estudo foi promovida, tanto para os índices atuais quanto para os índices adensados. Isso permitiu comparar, entre as simulações da ocupação atual e da ocupação adensada, as variações das taxas dos coeficientes estudados com a variação dos  $L_{eq}(A)$ , eliminando-se assim as eventuais influências das diferenças provocadas pelos variados fluxos das vias.

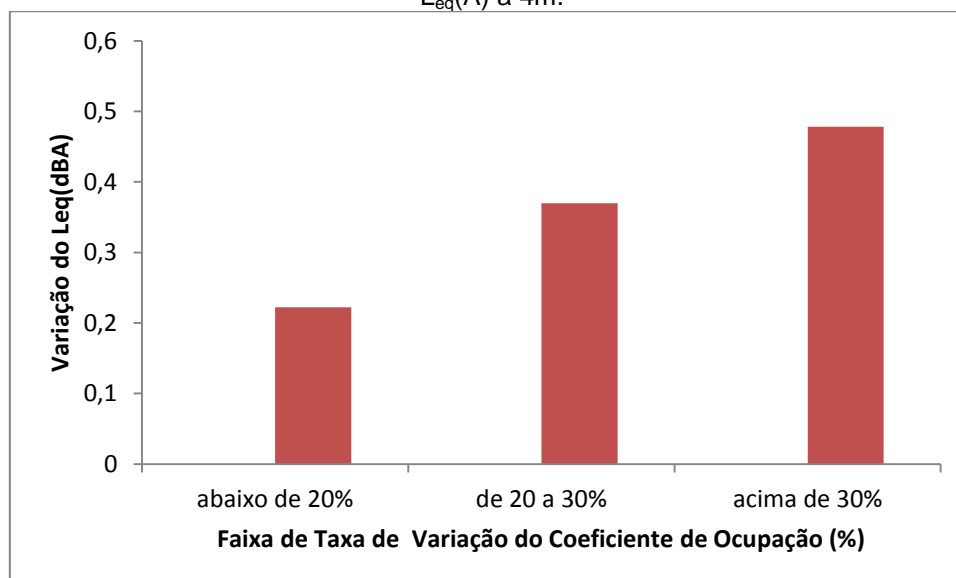
Tomando-se como referência a distribuição de frequência de cada um dos coeficientes estudados, foram determinadas faixas, a partir das quais foram calculadas as médias dos níveis de pressão sonora dos pontos situados dentro daquela faixa do coeficiente (um exemplo do procedimento realizado é demonstrado na Figura 38). Os resultados dessa análise são apresentados nas Figuras 39 a 40.

Figura 38: Exemplo da delimitação de faixas para o coeficiente de ocupação.



(Fonte: Autor)

Figura 39: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de ocupação e a variação de  $L_{eq}(A)$  a 4m.

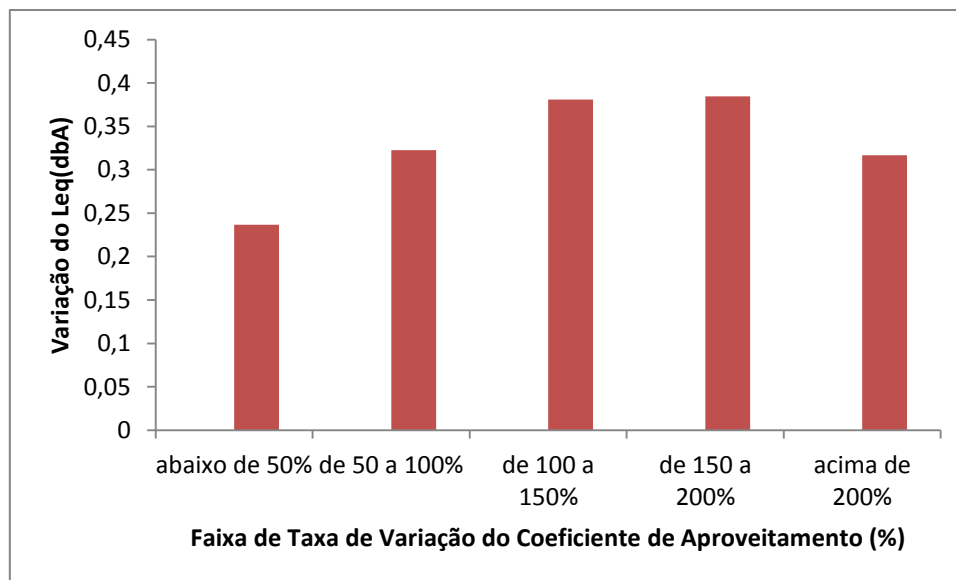


(Fonte: Autor)

Essa análise por faixas permite verificar na Figura 39, que para a altura de 4m, existe uma tendência aparente de aumento no nível de pressão sonora, à medida que se aumenta a taxa de adensamento do coeficiente de ocupação. Quando ocorre um aumento de 20% do valor da taxa de ocupação, a variação

de  $L_{eq}(A)$  é de cerca de 0,2 dBA. Entre 20 e 30% de aumento, a variação é de cerca de 0,4 dBA. Acima de 30%, a variação é de cerca de 0.5 dBA.

Figura 40: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de aproveitamento e a variação de  $L_{eq}(A)$  a 4m.

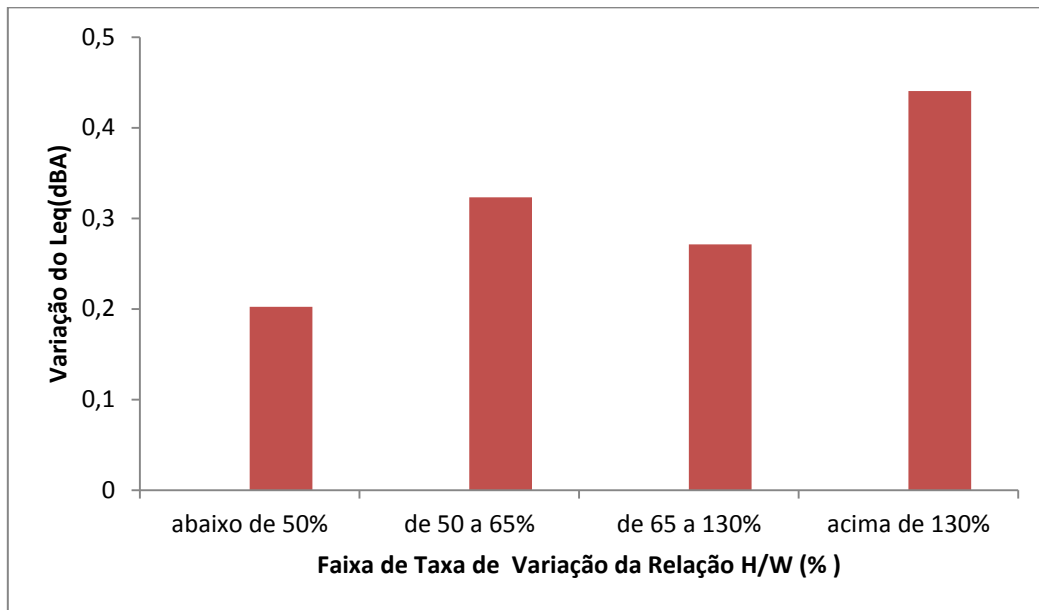


(Fonte: Autor)

No caso do coeficiente de aproveitamento, apesar de também poder ser verificado um pequeno aumento nas faixas de taxa de variação entre a mais baixa e as de 100% a 200%, a faixa superior (acima de 200%) não mantém essa tendência para a variação de  $L_{eq}(A)$  a 4m (Figura 40).

Mais uma vez existem indícios de que o espaçamento entre as edificações parece ser mais importante do que as suas alturas, no que se refere ao incremento dos níveis de pressão sonora. Muitas vezes, aumentar o coeficiente de ocupação reduz significativamente os espaçamentos entre as edificações, mas para o coeficiente de aproveitamento a 4m isso pode não ser tão impactante. Assim, o fato do coeficiente de ocupação a 4m ter se relacionado mais com o nível de pressão sonora do que o coeficiente de aproveitamento indica uma confirmação desse aspecto.

Figura 41: Relação entre a variação da taxa de relação H/W e a variação de Leq(A) a 4m.

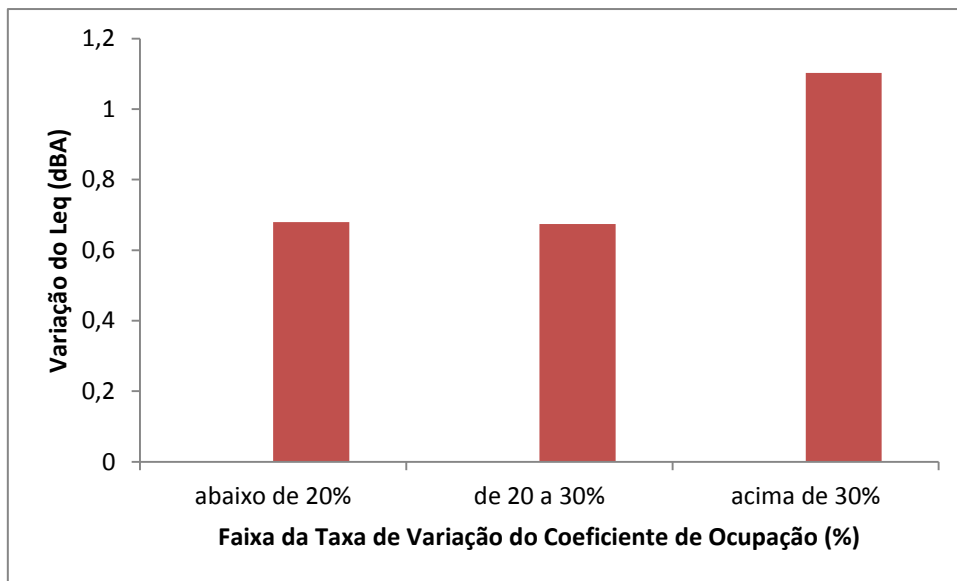


(Fonte: Autor)

Analisou-se também, para os níveis sonoros a 4m do solo, a altura e a largura da via em conjunto, através da relação H/W. Observa-se que, apesar da leve tendência de crescimento da variação de  $L_{eq}(A)$  com o aumento da taxa de variação da relação H/W, esse incremento não é constante. Adensando-se o espaço com um aumento de 65 a 130% de H/W, por exemplo, a variação no nível de pressão sonora não foi maior do que aquela alcançada para o aumento de 50 a 65% (Figura 41).



Figura 42: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de ocupação e a variação de Leq(A) a 10m.



(Fonte: Autor)

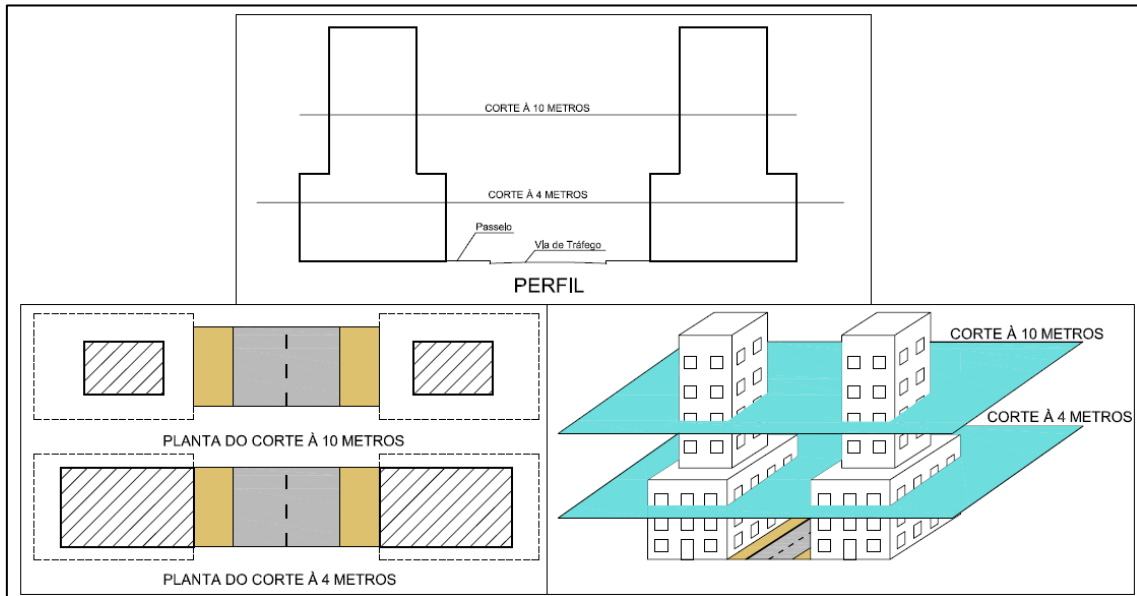
Quando são considerados os receptores sonoros a 10m do nível do solo, (Figura 42) o coeficiente de ocupação, apresenta uma relação menos evidente do que a 4m. A relação parece existir, mas não apresenta o mesmo comportamento de acréscimo que o daquela indicada para os níveis sonoros a 4m, dentro das faixas determinadas nesse estudo. É constatado um incremento ainda maior, chegando a 1 dB de diferença, no entanto, o mesmo não foi linear entre as faixas de taxa de variação do coeficiente de ocupação.

Essa situação se inverte para o coeficiente de aproveitamento a 10m (Figura 44). Nesse caso, parece existir um crescimento linear, ainda que nas faixas mais baixas (abaixo de 50% e de 50 a 100%) o acréscimo tenha sido nulo.

Esse resultado aponta que para níveis sonoros a 10m, o índice de aproveitamento é um indicador mais significativo do que o coeficiente de ocupação. De qualquer forma, a questão da redução do distanciamento entre as edificações parece ser o elemento determinante. À medida que a altura das edificações aumenta, intensificando o coeficiente de aproveitamento, os espaços entre edificações a 10m do solo, conseqüentemente diminuem, causando mais impacto do que a 4m. Isto ocorre, porque a 4m, as edificações tendem a ocupar espaços próximos desde sua base, mas a 10 m o espaço

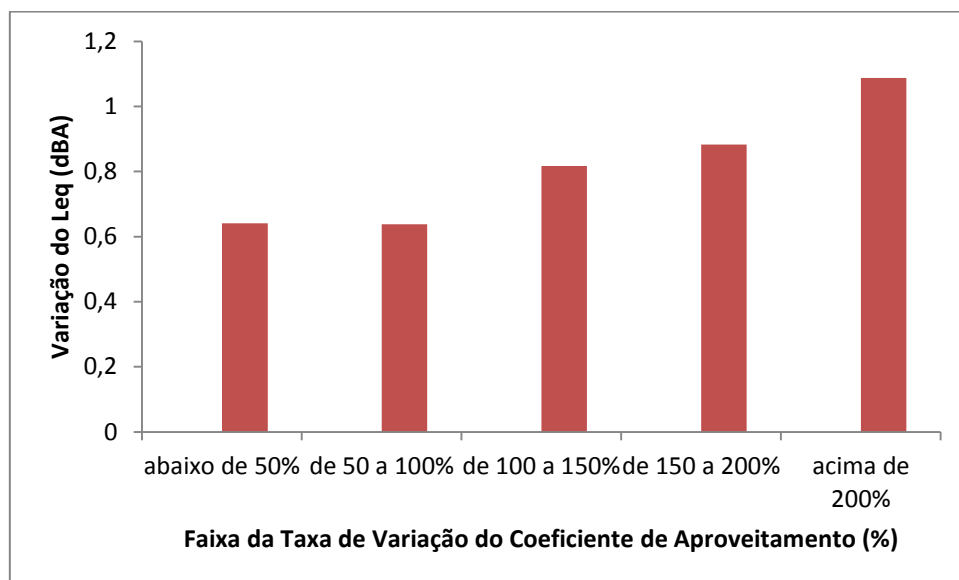
aéreo ocupado é significativamente menor, já que nem todas as edificações apresentam múltiplos pavimentos, conforme ilustrado na Figura 43

**Figura 43: Ilustração da distância entre edificações em diferentes alturas.**



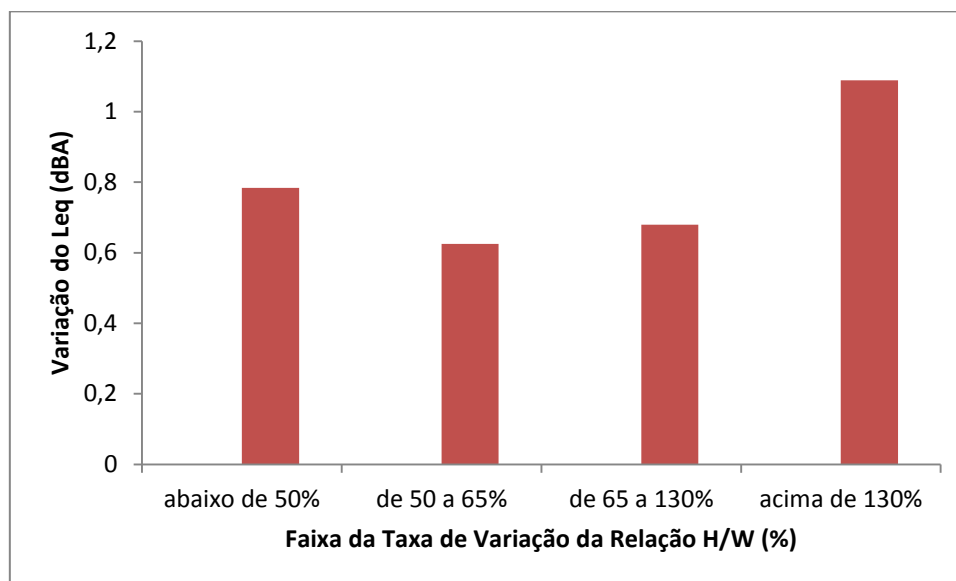
. (Fonte: Autor)

**Figura 44: Relação entre a variação da taxa de coeficiente de aproveitamento e a variação de  $L_{eq}(A)$  a 10m.**



(Fonte: Autor)

Figura 45: Relação entre a variação da taxa de relação H/W e a variação de Leq(A) a 10m.



(Fonte: Autor)

Avaliando-se o efeito de altura e largura em conjunto, através da relação H/W, observa-se que sua tendência de acréscimo nas variações dos  $L_{eq}(A)$  é mais evidente, quando se altera a relação de H/W em valores acima de 50% (Figura 45).

### 5.5 Análise por quadras urbanas

Estabelecendo uma análise por quadras urbanas, procurou-se gerar uma ferramenta prática para uma rápida verificação da influência dos parâmetros estudados com o nível de pressão sonora. Foram criados mapas de classes de quadras urbanas. As classes desses mapas representam faixas dos níveis de pressão sonora, que permitem diferenciar a escala de contaminação em quadras pertencentes à mesma zona de ocupação.

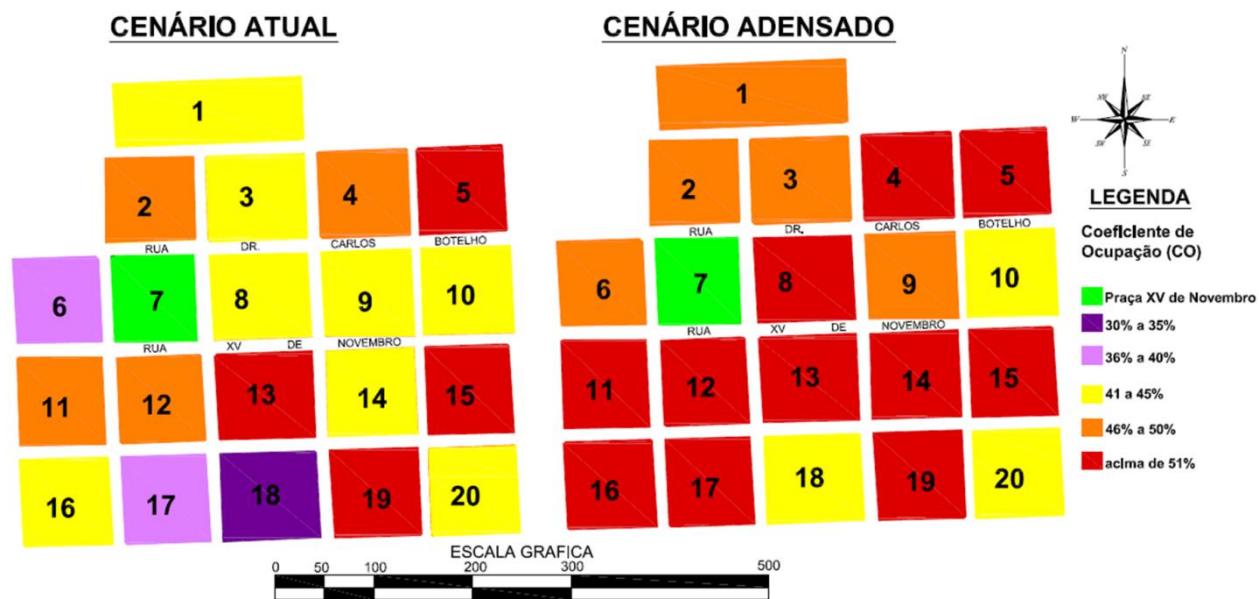
O objetivo desse mapa de classes de quadras urbanas é fornecer subsídios para que haja inserção da poluição sonora como variável do planejamento do território. Assim, foi desenvolvido um conjunto de ferramentas que permitem a comparação entre o cenário atural e o cenário adensado, representando as seguintes condições:

- na figura 46, os mapas relativos aos coeficientes médios de ocupação ;

- na figura 47 os mapas relativos aos coeficientes médios de aproveitamento;
- na figura 48, os mapas relativos às alturas médias, de onde podem ser extraídas as relações H/W médias, considerando-se a largura média das vias igual a 14m.
- na figura 49, as classes acústicas relativas aos níveis médios calculados em função da faces de quadras e dos valores encontrados no interior das quadras.

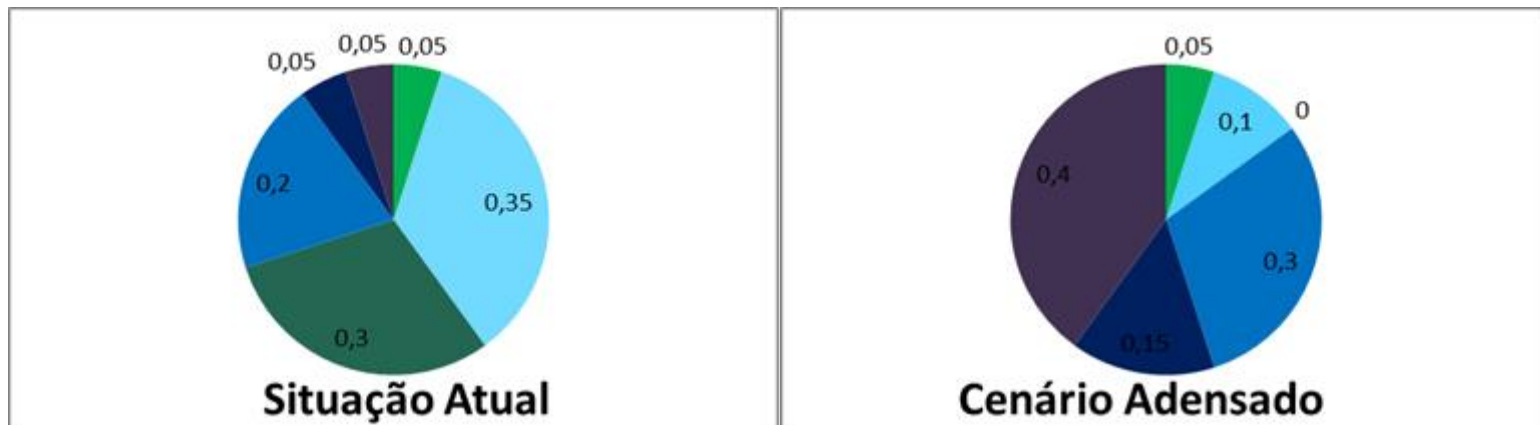
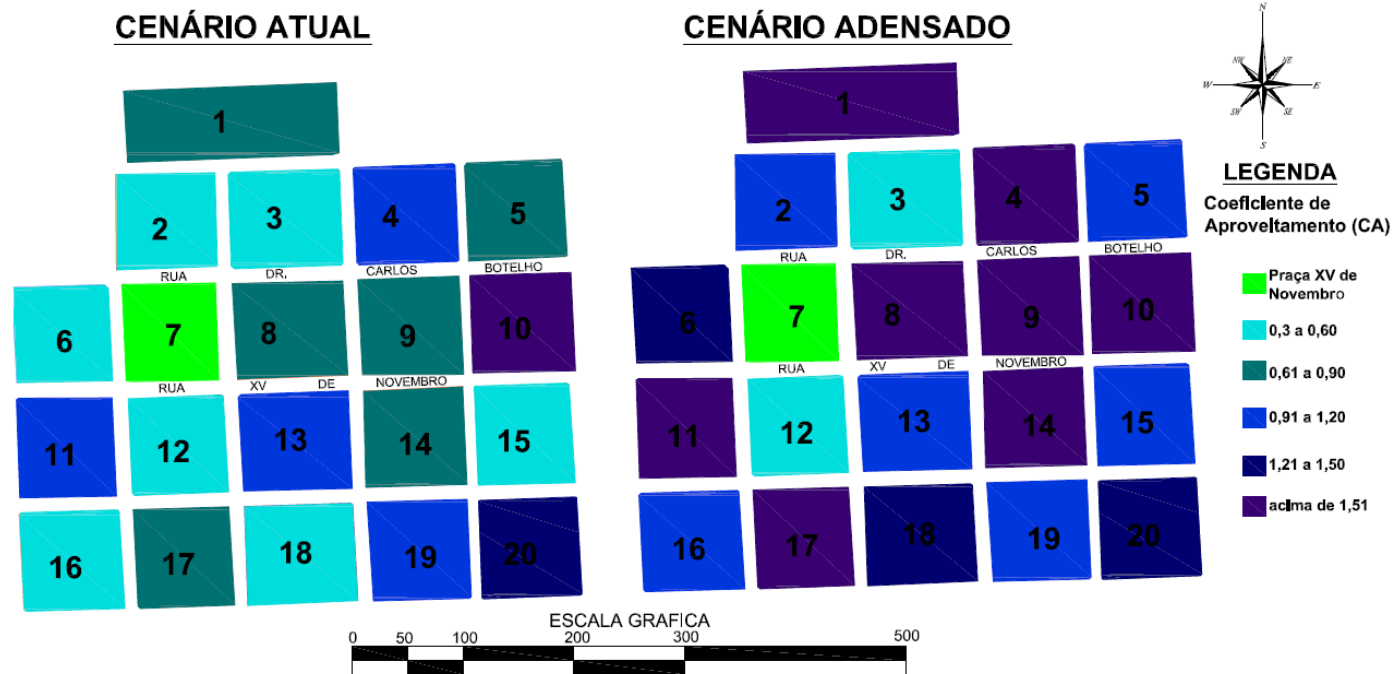
Na análise das quadras por coeficiente de ocupação, verifica-se que, na situação atual, 20% da área estudada compreende o índice acima de 51% e 5% corresponde à faixa de 30 a 35%. Para o cenário adensado, essas proporções passariam a 55% acima de 51% de ocupação e a faixa de 30 a 35% não existiria.

Figura 46: Classificação por Quadras em relação ao coeficiente de ocupação médio



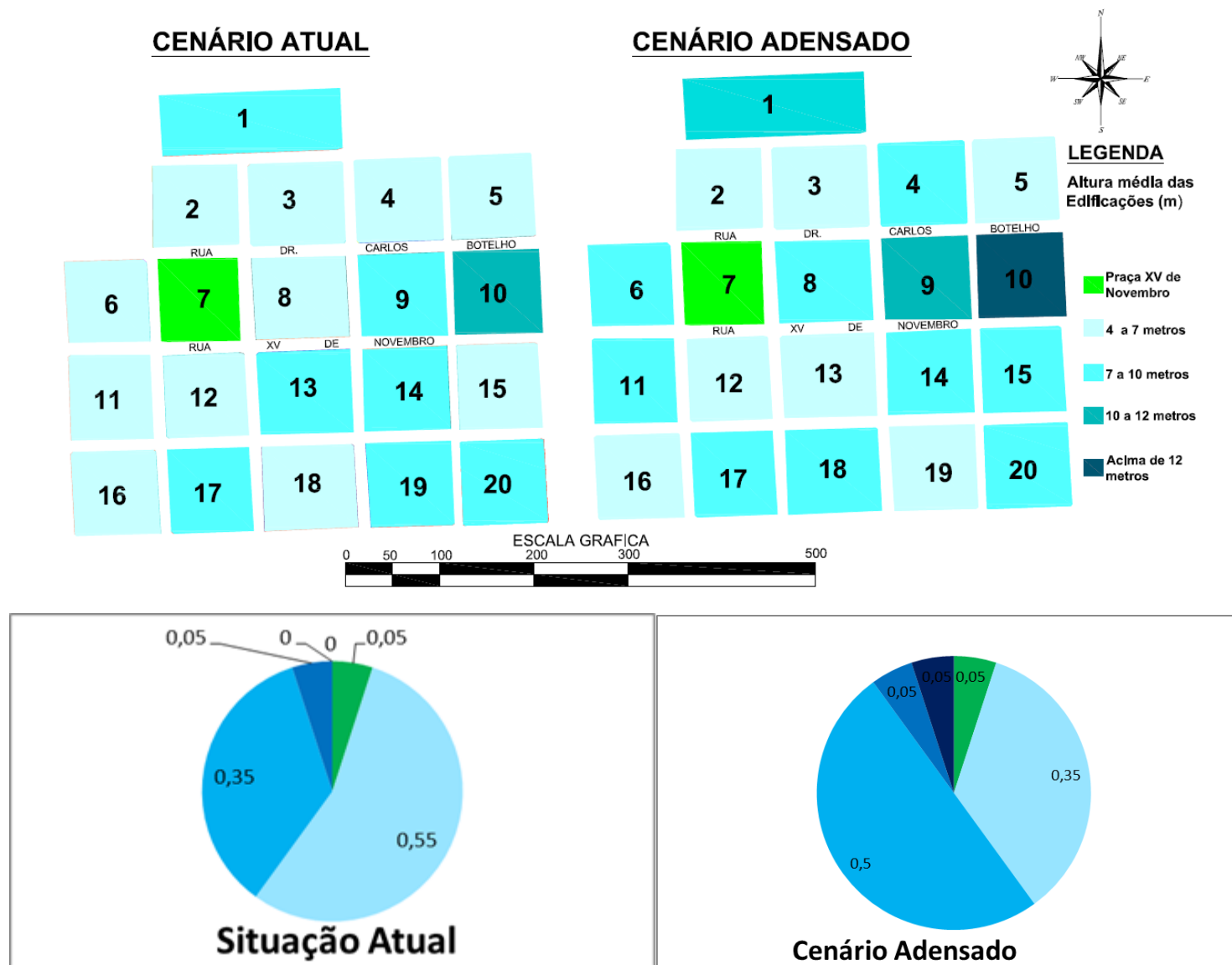
(Fonte: O Autor)

Figura 47: Classificação por Quadras em relação ao coeficiente de aproveitamento médio



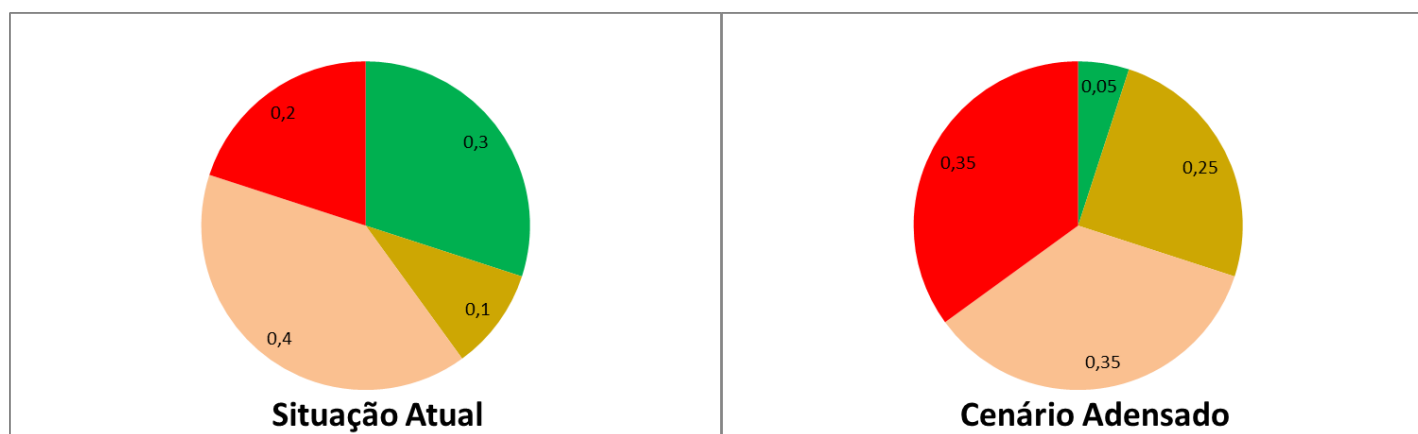
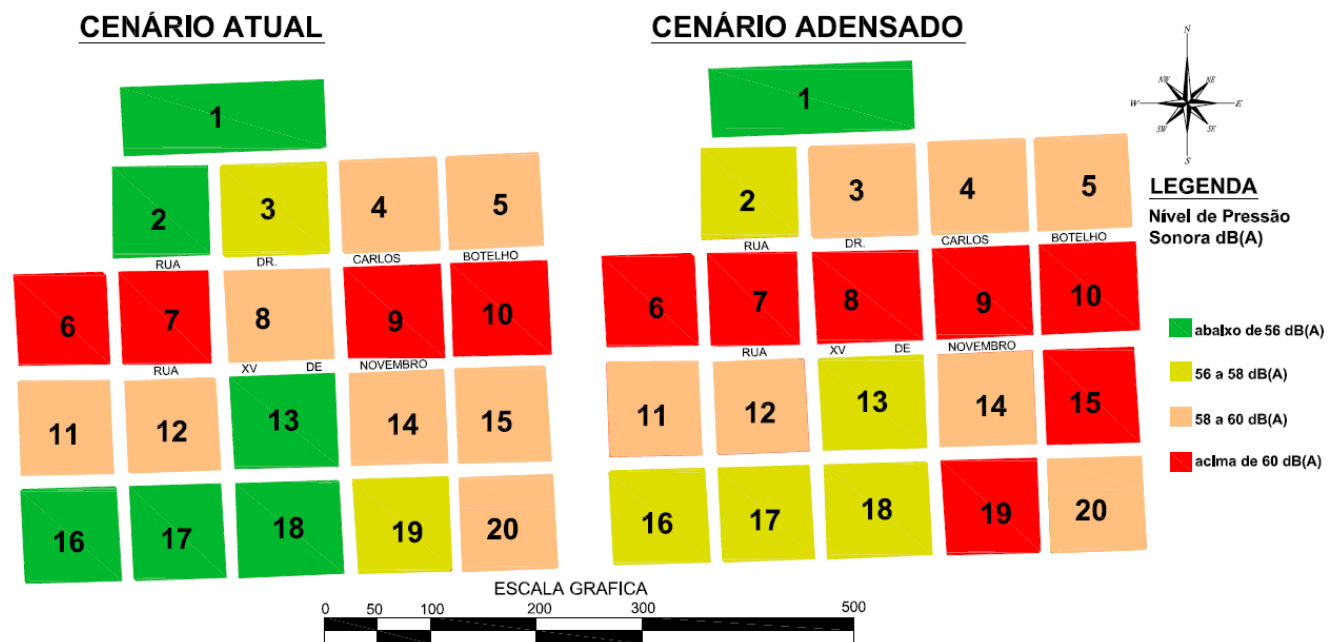
(Fonte: Autor)

Figura 48: Classificação por Quadras em relação às alturas médias



(Fonte: Autor)

Figura 49: Classificação por Quadras em relação aos níveis médios de pressão sonora



(Fonte: Autor)



Quanto ao coeficiente de aproveitamento, a faixa acima de 1.51 foi alterada de 5% na situação atual para 40% da área no cenário adensado. A faixa de 0.30 a 0.60 seria reduzida de 35% para 10% da área.

As alturas médias das quadras indicam que a faixa mais alta, acima de 12 m de altura não existe na situação atual e alcançaria 5% no cenário futuro. No caso da faixa de 4 a 7m, ocorreria uma redução de 55% para 35% da área de estudo.

Essas características todas juntas gerariam, na classificação acústica das quadras, diferenças significativas. O aumento da faixa acima de 60dB, da situação atual para o cenário adensado, seria de 20% para 35% da área. Na faixa de 58 a 60 dB, que estaria dentro do limite aceitável máximo para o conforto acústico, haveria uma diminuição, passando de 40% da situação atual, para 35% no cenário futuro. A faixa de 56 a 58dB, que apresenta 10% na situação atual, alcançaria 25% no cenário adensado, enquanto a faixa abaixo de 56dBA seria reduzida de 30% para 5%.

Em relação aos níveis médios de pressão sonora por quadra, verifica-se que as quadras de número, 2, 13, 15, 16, 17, 18 e 19 sofreriam alteração nos níveis alcançados pelos ruídos urbanos. Assim, ultrapassariam os níveis de pressão sonora recomendados pela NBR 10.151 (2000).

Neste sentido, utilizando a metodologia proposta, considerando-se o adensamento pelos coeficientes de ocupação e de aproveitamento e alterando-se as alturas das edificações, apenas 25% das quadras permaneceriam em condições acústicas para o adensamento, pois se apresentariam em níveis abaixo da faixa de conforto acústico. Esse é um aspecto importante dessa análise, pois evidencia o potencial apresentado pela metodologia em identificar a conformidade da área e fornecer ferramentas práticas úteis ao planejamento urbano.

## 6 Considerações Finais

Um dos principais resultados alcançados por essa pesquisa foi à obtenção de relações existentes entre índices urbanísticos usualmente aplicados ao planejamento urbano e os níveis de pressão sonora do entorno imediato. Constatou-se que existe um potencial significativo, que pode conferir aos coeficientes de ocupação e de aproveitamento um caráter preditivo do grau de contaminação acústica das áreas urbanas.

Para a fração urbana estudada na cidade de São Carlos, a realização de medições em campo e procedimentos de simulação acústica, permitiu a extração de informações práticas, através de diversos tipos de análise.

A análise inicial, que assumiu um caráter de análise das condições acústicas gerais da área, constatou que para os horários de pico analisados, a região apresenta níveis de pressão sonora  $L_{eq}(A)$  superiores aos sugeridos pela norma NBR 10.151 (ABNT, 2000). Essa mesma forma de análise, confirmou que as características do fluxo de veículo e sua composição do tráfego são a razão principal dos níveis acústicos alcançados nas vias urbanas.

Apesar das características do fluxo e sua respectiva composição serem uma relação inerente às áreas urbanas e abordadas na literatura, esse aspecto não é aprofundado, por não ser o objetivo da pesquisa, entretanto, somente esta questão não foi suficiente para justificar integralmente a condição acústica do local. Foi verificado que as características construtivas e de ocupação do entorno estabelecem interações com a fonte sonora de tráfego de veículos e, portanto, traz consequências que podem intensificar ou reduzir o nível sonoro que atinge o receptor. O mapeamento do ruído na área destacou que as edificações intensificam as reflexões sonoras nas suas fachadas voltadas à fonte de tráfego de veículos, mas proporcionam o efeito de barreiras acústicas para o interior das quadras. Há que se ressaltar, no entanto, que esse efeito de barreira, quando verificado por simulações computacionais, pode estar superdimensionado, pela falta de ferramentas que permitam representar as possíveis aberturas existentes nas fachadas.

Na análise pontual, que visou identificar o papel de cada ponto de medição na condição acústica do seu entorno, foram considerados os índices urbanísticos de ocupação e aproveitamento. Com base nos instrumentos de gestão do espaço urbano, foi proposto um adensamento construtivo da região, no qual se buscou quantificar o incremento nos níveis de pressão sonora, gerados a partir desse processo.

Os resultados apontaram que as novas edificações do cenário adensado contribuem com um incremento de até 1,0 dB(A) nos níveis de pressão sonora para a altura de dez metros acima do nível do solo nas áreas analisadas. Esse resultado demonstrou uma influência global, sem levar em consideração análises por faixas de frequência sonora, diferente dos estudos de Brioschi (2011) e Thomas et al (2013). Aqueles autores encontraram incremento de até 3 dB(A) para determinadas faixas de frequência, ao estudarem as distâncias entre as fachadas das edificações. Para a forma de análise por faixas de coeficientes, os resultados foram mais significativos e revelaram-se como uma das contribuições mais importantes dessa pesquisa. Nessa análise pode ser verificado que, dentre os coeficientes estudados, o coeficiente de ocupação assume importância maior para a altura de quatro metros, influenciando no incremento dos níveis sonoros, à medida que ocorre um aumento na taxa de variação do coeficiente de ocupação. Por outro lado, esse mesmo tipo de análise promovido para dez metros acima do solo revelou que o coeficiente de aproveitamento estabelece uma relação mais significativa com os níveis sonoros alcançados.

Essa situação de inversão da importância dos coeficientes de ocupação e aproveitamento nas diferentes alturas pode ser justificada pelo afastamento entre as edificações. Quando é promovida uma alteração no coeficiente de ocupação a quatro metros, existe uma aproximação entre as edificações, que é responsável pelo aumento das reflexões sonoras entre elas. Quando é promovida uma alteração no coeficiente de aproveitamento nessa mesma altura, nem sempre ele corresponde a uma aproximação entre edificações.

O inverso ocorre para a altura de dez metros, pois o coeficiente de ocupação aumentado não significa uma alteração do espaçamento entre

edificações na altura de dez metros. No entanto, o coeficiente de aproveitamento intensificado nessa altura, pode representar uma alteração significativa na distância entre as edificações.

A análise por classificação de quadras foi outro elemento que permitiu extrair informações úteis ao planejamento urbano. Foram observadas características médias de ocupação, aproveitamento e altura das quadras que permitiram o seu rebatimento em classes acústicas das quadras. Através daquela análise, foi possível verificar que o adensamento construtivo simulado para a área de estudo, com base no Plano Diretor do Município, pode trazer consequências de incremento de ruído acima do nível de conforto sugerido pela NBR 10.151(2000). Numa comparação entre a situação acústica atual e um cenário futuro, foi verificado um incremento de áreas sujeitas a um grau de contaminação acústica superior aos níveis de conforto recomendados por aquela norma de referência nacional para avaliação do ruído ambiental. Nesse caso, o percentual cresceria de 20% da área na situação atual, para 35% da área no cenário adensado.

Considerando-se que o cenário futuro proposto procurou ser criterioso e compatível com a dinâmica da cidade estudada, esse quadro aponta para uma condição que exige atenção dos gestores urbanos. Os resultados indicam que existe a necessidade de um planejamento da cidade, no qual o componente ruído esteja realmente inserido. Há que se fazer um monitoramento contínuo e sistematizado, que se torne uma ferramenta para a criação de cenários, capazes de prever as condições acústicas do local. Somente conhecendo o problema, é que serão possíveis que sejam tomadas decisões capazes de minimizar a poluição sonora em áreas como esta em estudo.

Complementarmente, a pesquisa contribuiu ainda para apontar que, simulações a partir de softwares acústicos, são ferramentas promissoras para o mapeamento de áreas urbanas. Com elas tornam-se possíveis investigações em diferentes escalas de detalhes, com um custo relativamente baixo e auxiliando os gestores públicos na confecção de medidas capazes de promover uma cidade mais sustentável.

Para estudos futuros, recomenda-se explorar mais profundamente a questão da altura das edificações na composição do nível de pressão sonora, buscando uma análise por faixas de frequência e sua possível correlação com a largura da via, fluxo, densidade e velocidade dos veículos. Além disso, a ampliação dos pontos de coleta de dados, tanto na questão espacial quanto na questão temporal (amostras para diversos períodos no decorrer do dia) é outro aspecto a ser estudado. Desta forma, a base de dados sobre os níveis sonoros na região poderia ser ampliada, tornando-se mais robustas para as diversas formas de análise.

## REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO JM, LENZI A, ZANNIN PHT. Effects of traffic composition on road noise: a case study. **Transp Res Part D Transp Environ.** v.9 p.75–80, 2004
- ARNDT, L. T. **Sistema de Informações Geográficas para Mapeamento de Ruído Urbano. 2009.** 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis. 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10151:** Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10152:** níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- BALZAN, K.B. **Avaliação do ruído de tráfego veicular em área central de Chapecó-SC.** 2011. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, 2011.
- BELOJEVIC, G.; JAKOVLEVIC, B. & ALEKSIC, O. Subjective reactions to traffic noise with regard to some personality traits. **Environment International**, v.23, p. 221-226, 1997.
- BERANEK, Leo L. **Acústica.** Editora Hispano Americana S. A. 2ª edição. Buenos Aires. 1969.
- BERGLUND,B.;LINDVALL,T.;SCHWELLA,D.H. **Guidelines for community noise.** World Health Organization, 1999.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído.** Blucher, 2ª ed. São Paulo, 2011.
- BUARQUE, S. C. **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais.** Brasília: IPEA, Textos para discussão nº 939, 2003. 75 p

- BRASIL. **Resolução CONAMA n. 002**, de 8 de março de 1990. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: jun. 2012.
- BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001: Estatuto da Cidade. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/secretariasnacionais/programasurbanos/legislacao>>. Acesso em: ago. 2012.
- BRIOSCHI, R.; VIVEIROS, E. A influência dos afastamentos frontais das edificações na formação dos ambientes sonoros no nível do pedestre. In: XI ENCONTRO NACIONAL E VII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2011, Búzios. **Anais...** Rio de Janeiro, UFRJ-FAU, 2011.
- BRÜEL & KJAER. **Accoustic Noise Measurements**, Naerun, Denmark, 1979.
- FALLOWFIELD L. - **Quality of life: the missing measure in health care**. SouvenirPress, New York, 1990.
- CALIXTO, A. **O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental**. 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- CALIXTO, A., DINIZ, F., & ZANNIN, P. H. Modelamento Matemático da Emissão Sonora em Rodovias Federais que Adentram Áreas Urbanas. **Revista de Acústica**, v. 34, 2003.
- CARVALHO, L.C. Aplicação da legislação sobre ruído à escala do aglomerado urbano. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE QUALIDADE E INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO (QIC 2006), 2006, Lisboa. Disponível em: <<https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/194/1/CARApI.pdf>>. Acesso em: dez. 2012. Lisboa, 2006.
- CE, 1996. Futura Política de Ruído – Livro Verde da Comissão Europeia.
- \_\_\_\_\_, 2002. Diretiva 2002/49/CE, de 25 de junho de 2002, relativa à avaliação do ruído ambiente – Declaração no Comitê de Conciliação da diretiva relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente.

- CETUR, Centre d'études des transports urbains, 1981. Bruit et Formes Urbaines.
- CORTÊS, M.M. **Morfologia e qualidade acústica do ambiente construído: estudo de caso em Petrópolis, Natal/RN.** 112 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)- Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- COSTA, S. B.; LOURENÇO, R. W. Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, São Paulo, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2010.
- CYMBALISTA, R. **Estatuto da Cidade. Revista Virtual.** Disponível: <http://polis.org.br/publicacoes/dicas/l62031.html> [capturado em 19 abr. 2002].
- DATAKUSTIK, Manual Cadna-A, Greifenber, 2004.
- DUTILLEUX, G.; DEFRANCE, J.; GAUVREAU, B.; BESNARD, F. The revision of the French method for road traffic noise prediction. Acoustics'08-Paris, França, 2008.
- FORSSÉN, J.; THORSSON, P. Road traffic noise propagation to na inner yard - Measurements before and after the construction of gap filling buildings. In: Euronoise. **Anais...** Edinburgh, Scotland, 2009.
- FREITAS, A. P. M. **Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na Cidade de Santa Maria – RS.** 2006. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria (RS), 2006.
- GERGES, S. N. Y. . Ruído: Fundamentos e Controle (2ª edição). 2. ed. Florianopolis: NR Consultoria e Treinamento, 2000. 700 p.
- GERLEY, B. European Noise Policy – Directive 2002/49/EC. In: Internoise **Anais...** Lisboa, Portugal, 2010.
- GIUNTA, M.B. **Análise de modelagem de previsão acústica e mapeamento sonoro para a cidade de São Carlos-SP.** 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: Um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE).** 115 f. (Dissertação de



- Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- GUEDES, I. C. M.; Bertoli, Stelamaris R.; Zannin, Paulo H.T. Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 412-413, p. 66-76, 2011.
- GOELZER B.;HANSEN C. H., SEHRNDT G. A. **Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control**. Dortmund: Federal Institut for Occupational Safety and Health, 2001.
- GOMES, J.R. Saúde de trabalhadores expostos ao ruído. In: **Tópicos de saúde do trabalhador**, São Paulo, Hucitec, p.157-180, 1989.
- HÄNNINEN, O., KNOL, A. European perspectives on environmental burden of disease: estimates for nine stressors in six European countries. Helsinki, National Institute for Health and Welfare (THL). Disponível em: <<http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a9393bccb19e41c1>>. Acesso em: ago. 2012
- HASSAL J.R, ZAVERI, K. **Acoustic Noise Measurement**. 4 ed.1979.
- HEUTSCHI, K. A Simple Method to Evaluate the Increase of Traffic Noise Emission Level Due to Buildings for a Long Straight Street. **Applied Acoustics**. v. 44 n°3, p. 259-274, 1995.
- HINCU, G. Computer assisted evaluation of traffic noise level. Electronic Journal - **Technical Acoustics**, v. 19, 2003. Disponível em: <<http://webcenter.ru/~eeaa/ejta/>>. Acesso em: jun. de 2012.
- HOLTZ, M.C.B. **Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo**. 2012. 118f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores sociais municipais**: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=354890>>. Acesso em: mai. de 2012.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/1**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures, 1996/1. Suíça, 1982. 5p.

- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/2:** Acoustics: description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels, 2007/2, Suíça, 2007.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/3.** Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 3: Application to noise limits, 1996/3. Suíça, 1987. 3p.
- JOURDAIN, R. **Música, cérebro e êxtase:** como a música captura nossa imaginação. Rio de Janeiro. Objetiva, 1998.
- KANG, J. Sound propagation in interconnected urban streets: a parametric study. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v.28, p.281–294, 2001.
- KANG J. Numerical modeling of the sound fields in urban squares. **Journal Acoustical Society of America**, v.117, p. 3695-3706, 2005.
- LAMAS, J.M.R.G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**, 2 ed., Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2000.
- LOPES, R. **O mundo construído**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.
- MAKRIDAKIS, S. *et al.* **Forescasting: methods and applications**. 2 ed., New York: John Wiley, 1983.
- MARDONES, M. D. M. **Mapeamento dos níveis de ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, através de simulação computacional**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.
- MARQUES, C. S. P. **Acústica urbana de Umuarama: avaliação e metodologia para procedimentos de reurbanização**. 2010. 242f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.
- MENDONÇA, A.B.D.; SURIANO, M.T.; SOUZA, L.C.L.; VIVIANI, E. Medições acústicas: variação da geometria da via urbana e tempo de amostragem. In. III SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2012. Maringá. **Anais**. Maringá UEM, 2012.
- MOORE, J.E. Design for good acoustics and noise control. London, MacMillan Education, 1988.

- MORAES, E.M.L., LARA, N.A. Mapa acústico de Belém. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, 3, 2003, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFSC, 2003. p. 1496-1497.
- MORAES, Elcione; LARA, Leyla; TOGUCHI, Leano; PINTO, Aretuza. Mapa de ruídos da zona comercial de Belém, uma parcela do Mapa de ruídos da cidade de Belém – Brasil. **Tecni Acustica**. Bilbao, 2003.
- MURGEL, E. **Fundamentos de Acústica Ambiental**. 1a. ed. São Paulo: Senac, 2007.
- NAGEM, M.P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 133f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil). – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- NIEMEYER, M. L.; PORTO, M. M.; LIMA, P. R. Qualidade térmica e acústica em ruas do bairro de São Cristóvão, Rio de Janeiro. In: VIII ENCONTRO NACIONAL NO IV AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Maceió, 2005.
- NIEMEYER, M. L.; SANTOS, M. J. O. Qualidade acústica no espaço urbano. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** São Pedro, SP, 2001.
- NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. O ruído na cidade: elementos do ruído urbano. In: \_\_\_\_\_. **Arquitetura: pesquisa e projeto**. Rio: Pró Editores, UFRJ, 1998, p. 75-89.
- NUNES, M. F. O.; DORNELLES, G. T.; SOARES, I. N. Medidas de atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto acústico em áreas residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000. n. 484
- OLIVEIRA, L. P.; ROMERO, M. B. Reflexões sobre a relação W&H - Considerações sobre a altura, espaçamento e profundidade das edificações na malha urbana e suas consequências. In: IX ENCONTRO

- NACIONAL E V LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Ouro Preto, 2007.
- OMS - Organização Mundial da Saúde. Constituição. New York, 1946.
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development Publications, **Roadside Noise Abatement**, Paris, France, 1995.
- PAZ, E. C. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego**. 2004. 458p. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- PALHARES, D.A.G., et al. Mapeamento sonoro do ruído do tráfego viário nas grandes cidades. In: Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações, 1; Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, 17, 1996, Petrópolis. Anais. Petrópolis: SOBRAC, 1996. P. 215-218.
- PICAUT, J., LE POLLÉS, T., L'HERMITE, P., GARY, V., Experimental study of sound propagation in a street. **Applied Acoustics**. v. 66, p. 149-173 2005.
- REYNOLDS, D. D. **Engineering principles of acoustics – Noise and vibration control**. Boston: Allyn and Bacon, 1985.
- RODRIGUES, F. **Metodologia para investigação de relação entre o ruído de tráfego e condições operacionais do fluxo em centros urbanos**. 2010. 265p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Programa de Engenharia de Transportes, Rio de Janeiro, 2010.
- SETRA, Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements. Road noise Prediction, 2: NMPB 2008 – Noise propagation computation method including meteorological effects, Sétra report, Abril 2009. Disponível em: <<http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr/>>. Acesso em: dez.2012.
- SEMAM FORTALEZA. Secretaria de Meio Ambiente e Controle Urbano, 2011. Disponível em: <<http://www.fortaleza.ce.gov.br/semam/poluicao-sonora>>. Acesso em dez. 2012.
- STEELE, Campbell, A Critical Review of Some Traffic Noise Prediction Models. In: **Applied Acoustics**, v.62, p. 271-287, 2001.
- SCHAFER, Raymond Murray. **A Afinação do Mundo**: uma exploração pioneira pela história passada e pelo atual estado do mais negligenciado aspecto

do nosso ambiente: a paisagem sonora. Tradução Marisa Trench Fonterrada, São Paulo: Editora UNESP, 1997.

SILVA, A.M.C. **Mapa de Ruído do Bairro “Villa Universitária” em Bauru:** situação de pico. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho Portugal, 2010.

SILVA, L.T, M.OLIVEIRA., A influência da forma urbana na propagação do Ruído Urbano. **Pluris 2010**, Faro, Portugal.

SILVA, L.T. e MENDES, J.F.G., Monitorização do ruído ambiente na zona de intervenção Polis da cidade de Viana do Castelo. **Pluris2005**, São Carlos, Brasil.

SOUSA, S. D. **Instrumentos de Gestão de Poluição Sonora para a Sustentabilidade das cidades brasileiras.** 643 f. Dissertação (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) –Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ Rio de Janeiro. 2004.

SOUZA, M. L. Para pensar o futuro das metrópoles brasileiras. Notas epistemológicas e metodológicas sobre a construção de cenários. In: VASCONCELOS, P. A.; SILVA, S. B. de M. e. (Org.). *Novos estudos de Geografia Urbana brasileira.* 1ed. Salvador: Editora da UFBA, 1999.

SOUZA, M. L. **Mudar a Cidade: Uma Introdução ao Planejamento e à Gestão Urbanos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

SOUZA, L.C.L.; GIUNTA, M.B. Urban indices as environmental noise indicators. *Computers, Environment and Urban Systems*, v.35, p. 421-430, 2011.

SURIANO, M.T.; MENDONCA, A.B.D.; SOUZA, L.C.L.; VIVIANI, E. Mapeamento sonoro e classificação acústica de quadras urbanas. In: XII ENCONTRO NACIONAL E VIII ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Brasília, DF, 2013.

THOMAS, P.; VAN RENTERGHEM, T.; DE BOECK, E., DRAGONETTI, L.; BOTTELDOOREN, D. Reverberation-based urban street sound level prediction. **Journal Acoust. Soc. Am.** V 133, p. 3929-3939, 2013.

TORIJA, A. J. et al. Análisis de la percepción de los diferentes paisajes sonoros presentes en los entornos urbanos. In: *Tecnicústica*, 2009, Cadiz. *Anais eletrônicos...* Cadiz: SEA, 2009. Disponível em: <<http://www.sea->

acustica.es/fileadmin/publicaciones/Cadiz09\_RDO\_025.pdf>. Acesso em: out. 2012.

- VALADARES, V.M. **Ruído de Tráfego Veicular em Corredores de Transporte Urbano: Estudo de Caso em Belo Horizonte-MG**. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- VAN RENTERGHEM, T.; SALOMONS, E.; BOTTELDOOREN, D. Parameter study of sound propagation between city canyons with a coupled FDTD-PE model. **Applied Acoustics**, v. 67, n. 6, p. 487–510, 2006.
- VILELA, J.A. **Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognóstico para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG**. 213f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- WANG, B., KANG, J., Effects of urban morphology on the traffic noise distribution through noise mapping: A comparative study between UK and China. **Applied Acoustics**, v. 72, p.556-568, 2011.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO 1999. Guidelines for community noise. Edited by Birgitta Berghund, Thomas Lindvall, Dietrich H. Schela. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>>. Acesso em: abr. 2012.
- WG-AEN. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2006.
- YANG, W.; KANG, J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. **Applied Acoustics**, v. 66, n. 2, p. 211-229, 2005.
- ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ F. B.; FERREIRA, J. A. C. Incômodo Causado pelo Ruído Urbano- Avaliação da Resposta da População da Cidade de Curitiba. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 4, 2002 (in press).
- ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F. B. & BARBOSA, W. A. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brasil. **Applied Acoustics**, v.63, p.351-358, 2002.

ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F. B.; CALIXTO, A. & BARBOSA, W. A.  
Environmental noise pollution in residential areas of the city of Curitiba.  
**ActaAcustica**, v.87, p.625-662, 2001.

## APÊNDICES



## APÊNDICE A – Descrição, Características e Forma de Adensamento nos Pontos de Análise.

### Ponto 1

**Localização:** Rua Ruth Bloen Souto



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O uso e ocupação do solo que compõe o perímetro em análise apresentam um clube tradicional do município, denominado São Carlos Clube, e residências. Dentre as residências, se destacam dois edifícios, que possuem alturas significativas, capazes de influenciar na relação H/W (Figura A.1). O edifício que se encontra no lote três apresenta quinze pavimentos, enquanto o edifício do lote quatro possui nove pavimentos. A Tabela A.1 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

Tabela A.1: Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 1

Ponto 1	Número de Pavimentos	altura edif (m)	AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Área construída (atual m <sup>2</sup> )	Coef. Ocupação (%)	Coeficiente Aproveitamento
lote 1	2	7	357,77	185,77	52	1,03
lote 2	1	4	355,04	198,36	56	0,55
lote 3	15	45	1079,085	303,67	28	4,22
lote 4	9	27	719,54	352,78	49	4,41
lote 5	1	4	352,78	202,77	57	0,57
lote 6*	*	*	*	*	*	*
<b>Média</b>					48%	2,16

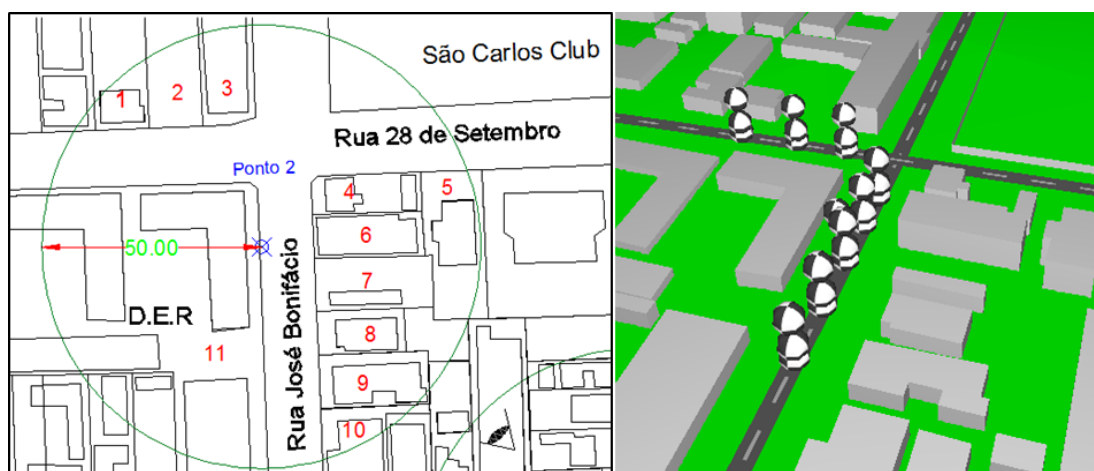
Nota: Lote 6 faz referência ao São Carlos Clube, sendo o mesmo desconsiderado dos cálculos

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Ressalta-se que na análise dos índices urbanísticos e no processo de adensamento construtivo, a área correspondente ao São Carlos Clube foi considerada como área sem possibilidade de adensamento, para manter coerência no cenário futuro. Os lotes três e quatro, já possuidores de índices de aproveitamento máximo, não foram adensados construtivamente, mantendo-os da forma atual. O mesmo aconteceu para as edificações do São Carlos Clube. Uma das consequências deste fato foi à permanência do valor de H/W igual a 0,86, pois o receptor utilizado nas medições “in loco” se localiza entre o edifício do lote 3 e o edifício do São Carlos Clube. Desta forma, o adensamento construtivo proposto foi realizado para os lotes um, dois e cinco. Neles ocorreu uma ocupação de 66% da área total do lote, inferior ao índice de ocupação máximo previsto pelo plano diretor. Isso tornou possível obter um índice de aproveitamento do lote igual a dois. Assim as edificações, após o adensamento apresentam três pavimentos e uma altura de 10 metros.

## Ponto 2

**Localização:** Rua José Bonifácio



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O uso do solo no perímetro em análise é composto pelo Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo (D.E. R), oito lotes residenciais e três lotes comerciais. O perímetro de abrangência do ponto 2, apresenta 11 lotes, dos quais sete são edificações térreas. A Tabela A.2 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

Tabela A.2: Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 2

Ponto 2	Número de Pavimentos	altura edif (m)	AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Área construída (atual m <sup>2</sup> )	Coef. Ocupação (%)	Coeficiente Aproveitamento
Lote 1	1	4	431.83	133.45	31%	0.31
Lote 2	1	4	427.29	71.9	17%	0.17
Lote 3	2	7	423.83	305.76	72%	0.72
Lote 4	2	7	215.23	78.38	36%	0.728337
Lote 5	2	7	443.04	125.05	28%	0.564509
Lote 6	2	7	251.09	190.23	76%	1.515234
Lote 7	1	4	317.59	51.16	16%	0.16
Lote 8	1	4	197.22	97.94	50%	0.50
Lote 9	1	4	298.79	163.76	55%	0.55
Lote 10	1	4	542.31	379.24	70%	0.70
Lote 11	1	4	4259.02	1678.84	39%	0.39
Média					45%	0.57

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Os lotes 3 e 6 mantiveram-se os mesmos no processo de adensamento. A principal modificação ocorreu no lote número 11, no qual situa-se o D.E.R. Neste lote, a edificação adensada passou a ocupar 50% da área do terreno e as construções passaram a ter quatro pavimentos. Assim foi atingida uma altura de doze metros.

### Ponto 3

**Localização:** rua Dr. Carlos Botelho



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Este local abrange vinte e um lotes, dos quais apenas seis são de uso residencial. Dos vinte e um lotes, somente seis possuem mais que um

pavimento. A Tabela A.3 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.3:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 3

Ponto 3	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno )m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	3	4	4	424.44	203.97	282.96	48%	67%	0.48	1.44
lote 2	4	4	12	12	713.81	487.81	356.905	68%	68%	2.73	2.73
lote 3	1	3	4	4	316.95	225.56	211.3	71%	67%	0.71	2.13
lote 4	1	2	4	4	270.48	216.43	270.48	80%	100%	0.80	1.60
lote 5	2	3	7	7	283.52	180.47	189.0133	64%	67%	1.27	1.91
lote 6	1	3	4	4	391.37	54.53	260.9133	14%	67%	0.14	0.42
lote 7	1	3	4	4	392.43	205.33	261.62	52%	67%	0.52	1.57
lote 8	1	3	4	4	301.769	176.58	201.1793	59%	67%	0.59	1.76
lote 9	2	2	7	7	146.51	113.9	146.51	78%	100%	1.55	1.55
lote 10	0	3	0	0	113.41	90	75.60667	79%	67%	0.00	2.38
lote 11	1	3	4	4	113.44	70.31	75.62667	62%	67%	0.62	1.86
lote 12	1	3	4	4	363.09	218.31	242.06	60%	67%	0.60	1.80
lote 13	1	3	4	4	203.4956	138.59	135.6637	68%	67%	0.68	2.04
lote 14	1	3	4	4	291.97	166.82	194.6467	57%	67%	0.57	1.71
lote 15	1	3	4	4	360.35	99.62	240.2333	28%	67%	0.28	0.83
lote 16	1	3	4	4	391.67	109.1	261.1133	28%	67%	0.28	0.84
lote 17	0	4	0	0	167.09	120	83.545	72%	50%	0.00	2.87
lote 18	4	4	12	12	173.18	113.01	86.59	65%	50%	2.61	2.61
lote 19	2	3	7	7	157.66	108.2	105.1067	69%	67%	1.37	2.06
lote 20	1	3	4	4	255.89	129.94	170.5933	51%	67%	0.51	1.52
lote 21	2	2	7	7	1111.75	693.13	1111.75	62%	100%	1.25	1.25
Média								59%	70%	0.84	1.76

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** A região sofreu algumas mudanças significativas, principalmente em relação à altura das edificações. Destaca-se que, no processo de adensamento, os lotes de número 2, 9, 18 e 21 não sofreram modificações, pois os mesmos já se encontravam com os índices máximos de ocupação e aproveitamento previamente estabelecidos.

## Ponto 4

**Localização:** rua Dr. Carlos Botelho abrangendo a praça XV de Novembro



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Por estar situado no centro da quadra, na qual está localizada a praça XV de Novembro o ponto 4 em seu raio de abrangência encampou apenas quatro lotes, sendo dois de uso comercial e dois de uso residencial. A Tabela A.4 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.4:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 4

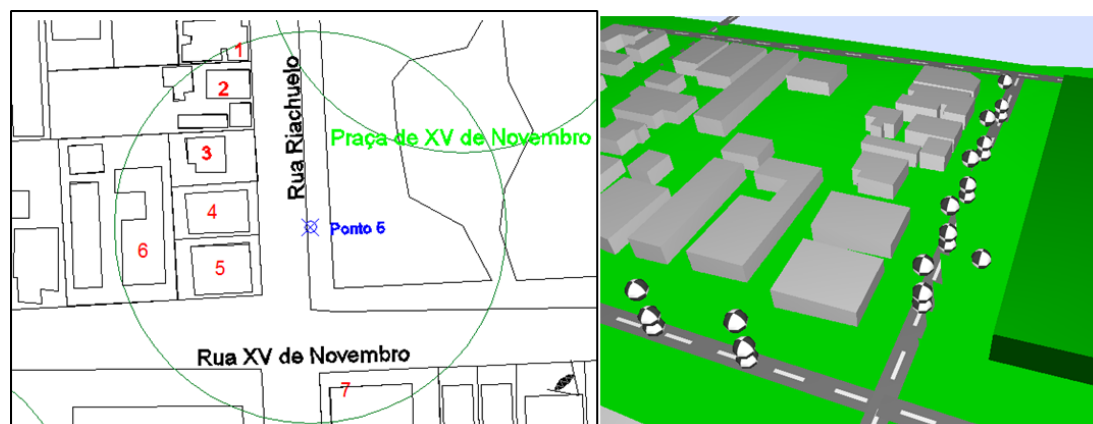
Ponto 4	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	3	4	10	269.93	153.95	179.95	57%	67%	0.57	2.00
lote 2	1	4	4	12	255.62	123.71	127.81	48%	70%	0.48	2.00
lote 3	1	4	4	12	1016.6	526.65	526.09	52%	52%	0.52	2.07
lote 4	1	3	4	4	1060.09	610.61	706.73	58%	67%	0.58	2.00
Média								54%	64%	0.54	2.02

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** A região sofreu mudanças significativas, em relação à altura das edificações. As edificações dos lotes número 1 e 4 passaram a possuir três pavimentos, enquanto as edificações dos lotes número 2 e 3 passaram a possuir 4 pavimentos.

## Ponto 5

**Localização:** Praça da XV de Novembro voltado para Rua Riachuelo



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Foram englobados pelo perímetro sete lotes, dos quais apenas os lotes número 6 e 7 estão localizados na Rua XV de Novembro. Em relação ao uso do solo, os lotes número 1, 5 e 6 atualmente são de uso comercial, enquanto os demais são de uso residencial. Em relação aos índices urbanísticos, todos os lotes analisados possuem edificações térreas com um baixo índice aproveitamento e de ocupação. A Tabela A.5 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.5:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 5

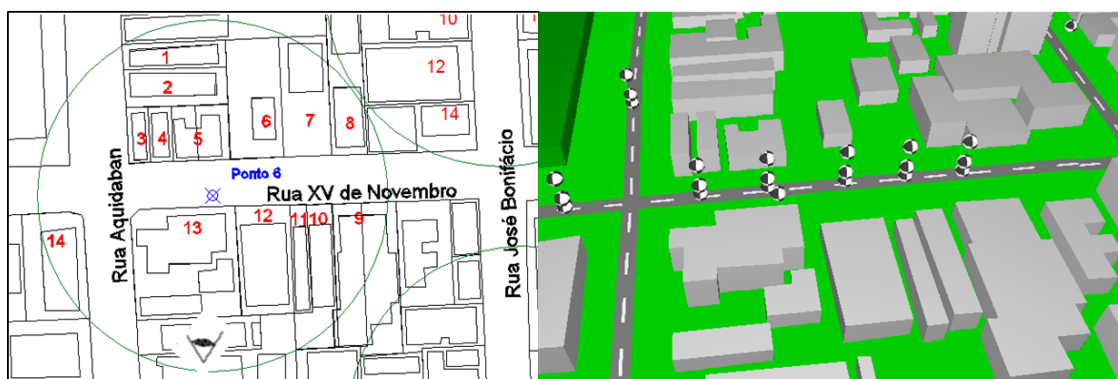
Ponto 5	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	1	4	4	220	159.589	440	73%	73%	0.73	0.73
lote 2	1	9	4	27	906.21	202.83	201.38	22%	22%	0.22	2.01
lote 3	1	3	4	10	297.6891	81.79	198.4594	27%	67%	0.27	0.82
lote 4	1	3	4	10	295.21	163.09	196.8067	55%	67%	0.55	1.66
lote 5	1	3	4	10	332.86	186.48	221.9067	56%	67%	0.56	1.68
lote 6	1	4	4	12	1199.61	536.1	599.805	45%	50%	0.45	1.79
lote 7	1	3	4	10	1026.36	607.95	684.24	59%	67%	0.59	1.78
Média								48%	59%	0.48	1.50

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** O índice de ocupação e principalmente o índice de aproveitamento foram alterados significativamente. Os lotes 3, 4, 5 e 7 passaram a ter três pavimentos, o lote número 2 passou a possuir duas torres com nove pavimentos enquanto o lote 6 passou a ter quatro pavimentos. Destaca-se que apenas o lote número 1 não sofreu o processo de adensamento.

## Ponto 6

**Localização:** rua XV de Novembro



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O perímetro analisado englobou quatorze lotes, dos quais apenas os lotes número 5 e 14 possuem uso residencial, enquanto os demais são de uso comercial, destacando o lote número 13 no qual está situada uma escola de idiomas. Em relação às características das edificações a região apresenta edificações térreas e edificações com no máximo dois pavimentos. Deste modo, possui um baixo índice de ocupação e aproveitamento dos lotes. A Tabela A.6 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.6:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 6

Ponto 6	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	2	3	7	10	218.32	127.75	145.5467	59%	67%	1.17	1.76
lote 2	2	3	7	10	313.69	160.25	209.1267	51%	67%	1.02	1.53
lote 3	1	1	4	4	97.63	60	60	54%	61%	0.54	0.61
lote 4	1	1	4	4	103.68	60	60	54%	58%	0.54	0.58
lote 5	1	4	4	12	255.68	135.88	127.84	53%	50%	0.53	2.13
lote 6	1	5	4	15	522.22	76.07	208.888	15%	40%	0.15	0.73
lote 7	1	3	4	10	468.04	132.359	312.0267	28%	67%	0.28	0.85
lote 8	2	3	7	10	422.78	225.49	281.8533	53%	67%	1.07	1.60
lote 9	1	1	4	4	777.9	541.19	1555.8	70%	70%	0.70	0.70
lote 10	1	1	4	4	332.53	144.66	232.771	44%	70%	0.44	0.44
lote 11	1	1	4	4	152.07	88.4875	106.449	58%	70%	0.58	0.58
lote 12	1	3	4	10	479.05	288.32	335.335	60%	70%	0.60	1.81
lote 13	2	3	7	10	933.4	467.806	622.2667	50%	67%	1.00	1.50
lote 14	2	3	7	10	540.78	224.749	360.52	42%	67%	0.83	1.25
Média								49%	63%	0.68	1.15

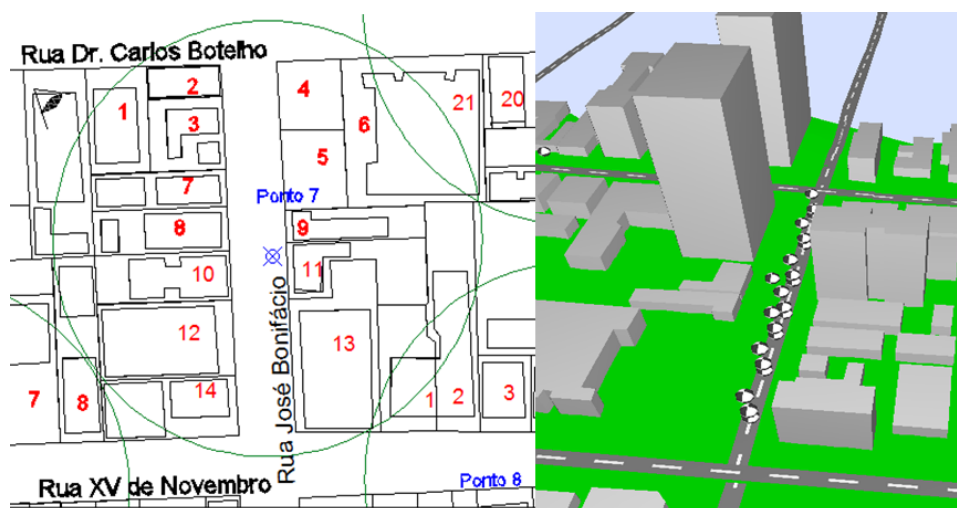
(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** O índice de ocupação e principalmente o índice de aproveitamento sofreram alterações. Destacam-se as edificações dos lotes 1, 2, 7, 8, 12, 13 e 14 que passaram a ter três pavimentos, enquanto lote número

5 passou a possuir quatro pavimentos e finalmente o lote 6 passou a ter cinco pavimentos, tornando-se a mudança mais significativa da região. Apenas os lotes número 3 e 4 não sofreram adensamento construtivo.

### Ponto 7

**Localização:** rua José Bonifácio entre a Dr. Carlos Botelho e XV de Novembro.



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O perímetro em análise do ponto 7 apresenta algumas características distintas das regiões anteriormente analisadas. Dentre quatorze lotes, a região apresenta dois lotes os de número 4 e 5 que são utilizados como estacionamento para um estabelecimento comercial representado pelo lote número 6. Outra característica representativa é a presença de três edificações com cinco, nove e dezoito pavimentos, situados nos lotes número 2, 10 e 13 respectivamente, o que leva ao aumento do valor do coeficiente médio de aproveitamento da área. A Tabela A.6 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.



**Tabela A.7:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 7

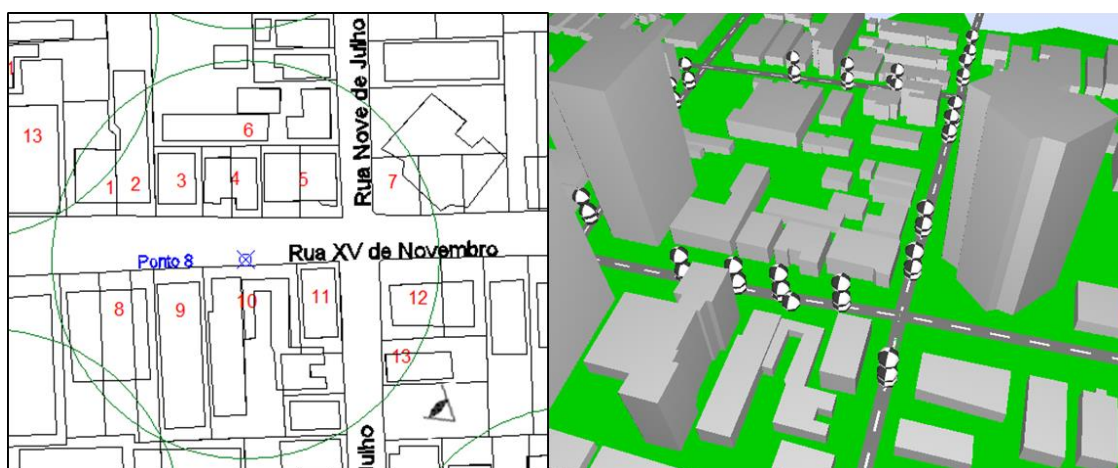
Ponto 7	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	1	4	4	344.88	167.794	167.79	49%	49%	0.49	0.49
lote 2	5	5	15	15	128.02	110.859	110.86	87%	87%	4.33	4.33
lote 3	1	4	4	12	294.03	112.89	147.015	38%	50%	0.38	1.54
lote 4	0	0	0	0	236.88	0	0	0%	0%	0.00	0.00
lote 5	0	0	0	0	266.13	0	0	0%	0%	0.00	0.00
lote 6	2	2	7	7	1111.75	693.13	778.225	62%	62%	1.25	1.25
lote 7	1	2	4	7	260.33	165.99	182.231	64%	64%	0.64	1.28
lote 8	1	3	4	10	323.09	173.87	165.99	54%	67%	0.54	1.61
lote 9	1	2	4	7	243.85	109.61	170.695	45%	70%	0.45	0.90
lote 10	9	9	27	27	353.72	194.927	194.927	55%	55%	4.96	4.96
lote 11	1	2	4	4	360.41	90.94	90.94	25%	25%	0.25	0.50
lote 12	1	2	4	4	547.71	400.79	547.71	73%	73%	0.73	1.46
lote 13	18	18	54	54	708.86	437.07	437.07	62%	62%	11.10	11.10
lote 14	2	3	7	10	439.08	282.92	292.72	64%	67%	1.29	1.93
Média								48%	52%	1.89	2.24

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** A área em questão não sofreu mudanças significativas das edificações, uma vez os lotes permaneceram com as mesmas características construtivas em relação ao índice de aproveitamento e ocupação.

### Ponto 8

**Localização:** rua XV de Novembro



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Apresenta treze lotes, sendo que apenas dois lotes são de uso residencial - os lotes de número 7 e 9. Esses são caracterizados por edifícios

com dezenove e sete pavimentos, respectivamente. Os demais onze lotes possuem uso comercial, com edificações térreas e de no máximo dois pavimentos. Dentre eles, destaca-se o lote número 10 que possui uma instituição de ensino. A Tabela A.8 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela 4:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 8

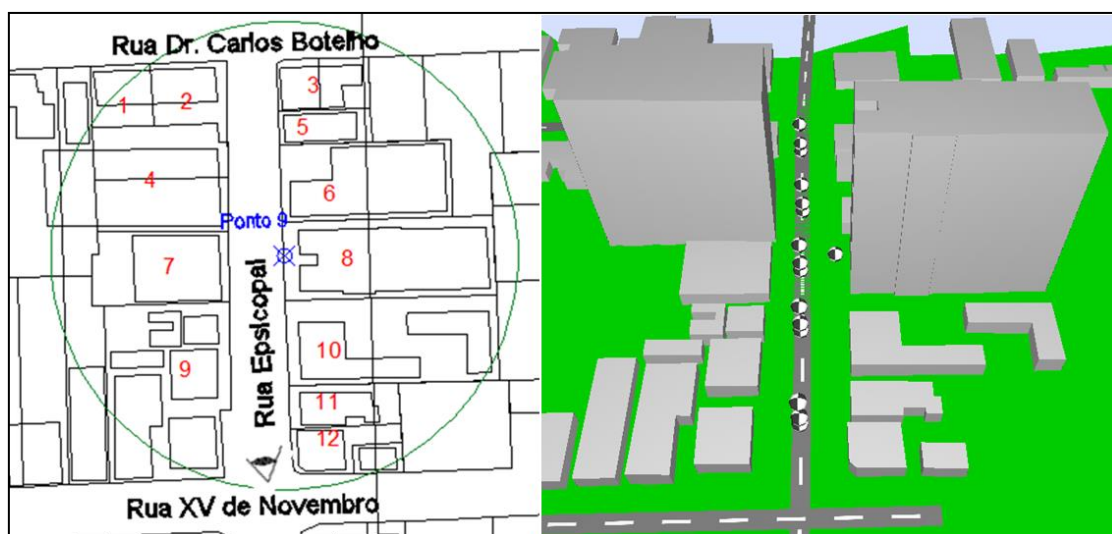
Ponto 8	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	2	3	7	10	369.56	143.89	246.37	39%	67%	0.78	1.17
lote 2	2	3	7	10	567.56	272.97	378.37	48%	67%	0.96	1.44
lote 3	2	4	7	12	215.19	121.69	107.60	57%	57%	1.13	2.26
lote 4	2	3	7	10	275.09	159.08	183.39	58%	67%	1.16	2.00
lote 5	2	3	7	7	370.37	221.12	246.91	60%	67%	1.19	2.00
lote 6	1	6	4	18	1277.819	413.47	425.94	32%	33%	0.32	2.00
lote 7	19	19	57	57	1111.61	480.76	117.01	43%	43%	8.22	8.22
lote 8	1	4	4	12	1025.79	460.54	512.90	45%	50%	0.45	1.80
lote 9	7	7	21	21	563.209	388.52	160.92	69%	69%	4.83	4.83
lote 10	1	4	4	12	1102.05	555.04	551.03	50%	50%	0.50	2.01
lote 11	2	2	7	7	250.9	151.44	250.90	60%	60%	1.21	1.21
lote 12	1	4	4	12	533.939	230.37	266.97	43%	50%	0.43	1.73
lote 13	1	1	4	4	313.729	114.86	627.46	37%	37%	0.37	0.37
Média								49%	55%	1.66	2.39

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** As edificações dos lotes 1, 2, 4, 5, passaram a ter três pavimentos, enquanto os lotes número 3, 8, 10 e 12 passaram a possuir quatro pavimentos. O lote 6 passou a ter seis pavimentos, tornando-se a mudança mais significativa da região. Contudo, é necessário ressaltar que os lotes número 7, 9, 11 e 13 não sofreram o processo de adensamento construtivo, pois seus índices urbanísticos correspondentes já possuíam os valores máximos propostos pelo adensamento.

## Ponto 9

**Localização:** rua Episcopal entre a Dr. Carlos Botelho e XV de Novembro.



(Fonte: Autor)

**Descrição:** No perímetro em análise foram englobados doze lotes, sendo que apenas os lotes número 4, 8 e 12 são ocupados por residências. Os lotes número 4 e 8 são edifícios com quatorze e quinze pavimentos, respectivamente. A Tabela A.9 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.9:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 9

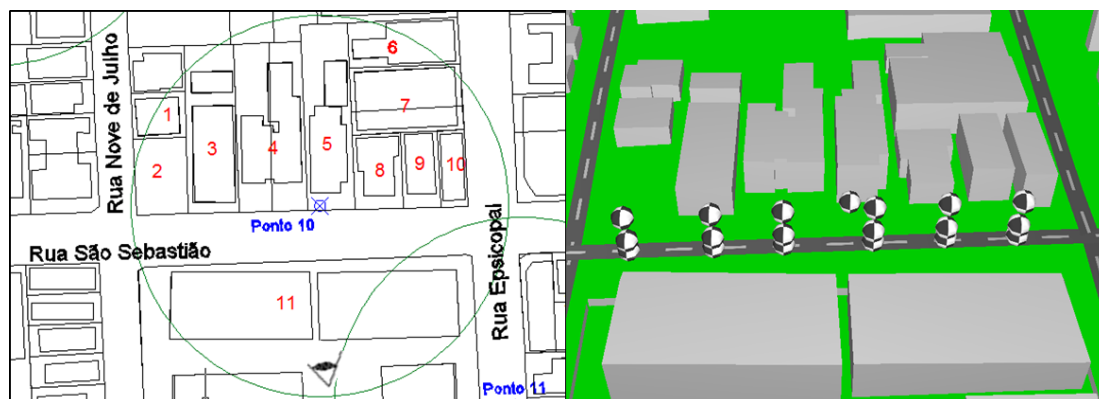
Ponto 9	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	2	3	7	10	168.313	87.14	112.21	52%	67%	1.04	1.55
lote 2	2	3	7	10	212.95	101.57	141.97	48%	67%	0.95	1.43
lote 3	1	3	4	10	217.589	135.20	145.06	62%	67%	0.62	1.86
lote 4	14	14	42	42	650.88	550.72	550.72	85%	85%	11.85	11.85
lote 5	1	1	4	4	144.86	92.73	92.73	64%	64%	0.64	0.64
lote 6	1	3	4	10	603.52	422.82	402.35	70%	70%	0.70	2.10
lote 7	1	4	4	12	450.99	257.45	257.45	57%	57%	0.57	2.28
lote 8	15	15	45	45	755.877	524.46	524.46	69%	69%	10.41	10.41
lote 9	1	3	4	10	963.82	534.68	534.68	55%	55%	0.55	1.66
lote 10	1	5	4	15	825.77	314.89	330.31	38%	40%	0.38	1.91
lote 11	1	4	4	12	212.85	103.92	106.43	49%	50%	0.49	1.95
lote 12	1	1	4	4	172.16	85.61	85.61	50%	50%	0.50	0.50
Média								58%	62%	2.39	3.18

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Apesar da região já possuir o índice de aproveitamento máximo proposto para o adensamento construtivo, os demais lotes foram adensados seguindo os critérios propostos na metodologia.

## Ponto10

**Localização:** rua São Sebastião, entre as Ruas Episcopal e Nove de Julho



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Ponto situado em frente à entrada e saída de alunos de uma instituição de ensino. No raio de abrangência do ponto 10 são englobados onze lotes, dos quais cinco possuem uso comercial, quatro uso residencial além de um terreno vazio situado no lote número 2 e uma instituição de ensino situada no lote número 11. A Tabela A.10 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela 5:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 10

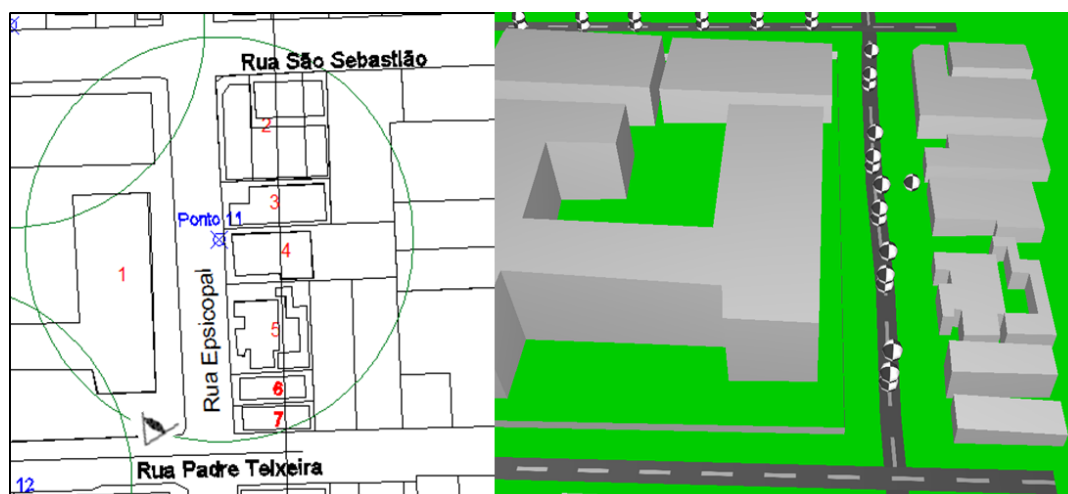
Ponto 10	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	3	4	10	172.16	109.73	114.77	64%	67%	0.64	2.00
lote 2	0	4	0	12	277.29	0.00	138.00	0%	50%	0.00	2.00
lote 3	1	3	4	10	587.42	342.59	391.61	58%	67%	0.58	2.00
lote 4	1	4	4	12	791.95	361.29	395.97	46%	50%	0.46	2.00
lote 5	2	5	7	15	609.18	278.21	278.21	46%	46%	0.91	2.00
lote 6	1	1	4	4	354.04	237.44	237.44	67%	67%	0.67	0.67
lote 7	2	2	7	7	516.41	403.81	403.81	78%	78%	1.56	1.56
lote 8	1	3	4	10	252.65	143.80	168.43	57%	67%	0.57	2.00
lote 9	2	2	7	7	197.23	121.67	138.06	62%	100%	1.23	2.00
lote 10	2	2	7	7	142.43	103.40	142.43	73%	100%	1.45	1.45
lote 11	5	5	15	15	7891.39	3909.64	3909.64	50%	50%	2.48	2.48
Média								54%	67%	0.96	1.83

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Os lotes número 6, 7, 10 e 11 já alcançavam os valores máximos de ocupação e aproveitamento estabelecidos pela metodologia, desta forma, os mesmos não sofreram alterações no decorrer do adensamento

## Ponto 11

**Localização:** rua Episcopal entre São Sebastião e Padre Teixeira



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O ponto 11 também engloba a instituição de ensino que nesta análise é caracterizada pelo lote número 1. O raio de abrangência do ponto 11, por estar situado no meio da quadra, engloba somente sete lotes, dos quais três são de uso comercial e três residencial. A Tabela A.11 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela 6:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 11

Ponto 11	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	5	5	15	15	7891.39	3909.64	3909.64	50%	50%	2.48	2.48
lote 2	1	2	4	7	741.66	555.17	555.17	75%	75%	0.75	2.00
lote 3	1	3	4	10	324.26	205.54	216.1733	63%	67%	0.63	2.00
lote 4	1	6	4	18	601.34	211.089	211.089	35%	35%	0.35	2.00
lote 5	1	4	4	12	470.067	239.295	239.295	51%	51%	0.51	2.00
lote 6	2	3	7	10	164.25	90.54	114.975	55%	70%	1.10	2.00
lote 7	1	2	4	7	150.53	95.06	150.53	63%	63%	0.63	2.00
Média								56%	59%	0.92	2.07

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Dos sete lotes, apenas o lote número 1 não foi considerado no processo de adensamento construtivo, uma vez que já possui os índices urbanísticos com os valores máximos propostos pela metodologia. Entretanto, os demais sofreram mudanças significativas, destacando-se o lote número 4, que no decorrer do processo passou de uma edificação térrea para uma edificação com seis pavimentos.

## Ponto 12

**Localização:** rua Padre Teixeira entre a Rua Episcopal e Rua Nove de Julho



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Da mesma forma que os pontos 10 e 11, o ponto 12 também engloba a instituição de ensino que nesta análise é caracterizada também pelo lote número 1 e que não sofrerá o processo de adensamento construtivo. Os raios de abrangência que partem do ponto 12 englobam nove lotes. Quatro possuem uso residencial, dois uso comercial, um terreno vazio. Esse último é representado pelo lote número 8, aproveitado atualmente como estacionamento, além do lote número 9, que faz parte da mesma instituição de ensino do lote número 1. A Tabela A.12 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.12:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 12

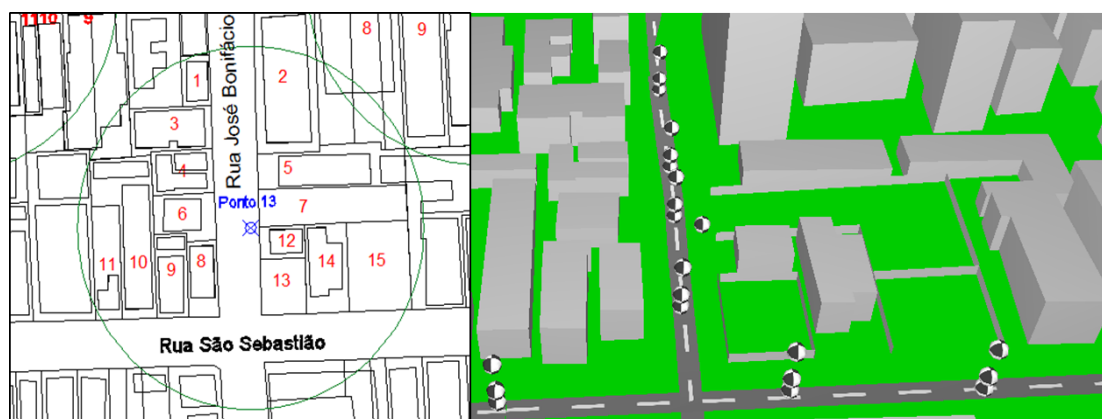
Ponto 12	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	5	5	15	15	7891.39	3909.64	3909.64	50%	50%	2.48	2.48
lote 2	2	3	7	10	306.5	166.93	214.55	54%	70%	1.09	2.00
lote 3	2	3	7	10	304.16	178.01	212.91	59%	70%	1.17	2.00
lote 4	1	2	4	7	296.85	205.84	205.84	69%	69%	0.69	2.00
lote 5	1	3	4	10	257.03	114.02	171.35	44%	67%	0.44	2.00
lote 6	1	2	4	7	131.15	78.23	91.81	60%	70%	0.60	2.00
lote 7	2	3	7	10	186.1	92.40	124.07	50%	67%	0.99	2.00
lote 8	0	6	0	18	598.88	0.00	199.63	55%	33%		2.00
lote 9	5	5	15	15	765.51	521.40	521.40	56%	56%	0.83	2.00
Média								55%	61%	1.04	2.05

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Os lotes número 1 e 9, não sofreram adensamento construtivo, pois os mesmos já detêm os índices máximos de ocupação e aproveitamento propostos na metodologia. O lote número 8 que antes se apresentava como terreno vazio, após o adensamento apresenta uma edificação com seis pavimentos.

## Ponto 13

**Localização:** rua José Bonifácio próximo a Rua São Sebastião



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O raio de abrangência totaliza quinze lotes. Destaca-se o lote número 2, composto por um edifício residencial de 19 pavimentos. Por outro lado, os lotes número 7, 13 e 15, não possuem edificações. Os lotes número 7 e 15 fazem parte de uma instituição de ensino e são utilizados como área de recreação e estacionamento, respectivamente. A Tabela A.13 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.13:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 13

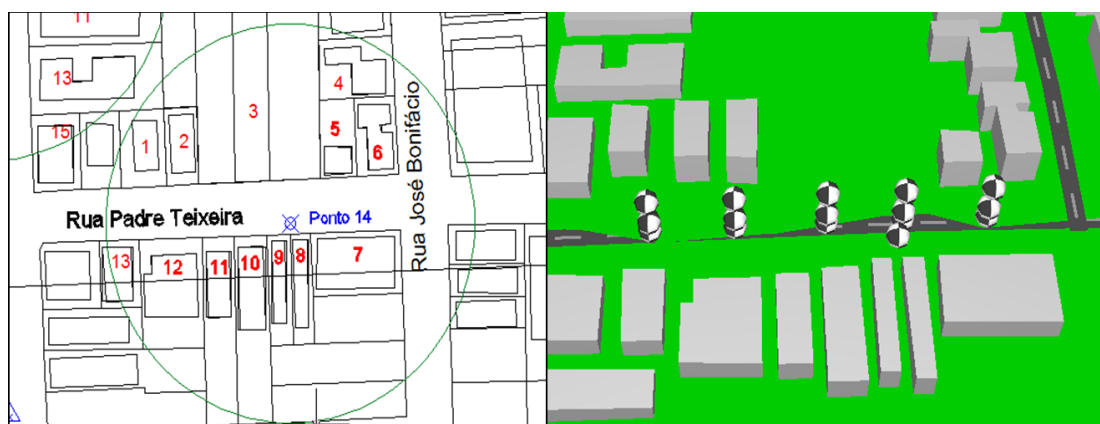
Ponto 13	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construída (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	2	2	7	7	112.73	66.91	66.91	59%	59%	1.19	1.19
lote 2	18	18	54	54	765.62	443.38	443.38	58%	58%	10.42	10.42
lote 3	2	2	7	7	287.58	198.60	198.60	69%	69%	1.38	1.38
lote 4	1	3	4	10	215.219	129.24	143.48	60%	67%	0.60	2.00
lote 5	1	4	4	12	453.757	219.18	226.88	48%	50%	0.48	2.00
lote 6	1	3	4	10	213.79	96.79	142.53	45%	67%	0.45	2.00
lote 7	0	3	0	10	430.107	286.74	286.74	0%	67%	0.00	2.00
lote 8	2	3	7	10	180.789	96.38	120.53	49%	67%	2.08	2.00
lote 9	2	3	7	10	214.708	139.12	143.14	47%	67%	2.20	2.00
lote 10	1	3	4	10	546.09	335.40	364.06	48%	67%	2.09	2.00
lote 11	2	5	7	15	242.9	43.93	97.16	47%	41%	2.19	2.00
lote 12	1	2	4	7	118.23	61.54	118.23	46%	100%	1.27	2.00
lote 13	0	3	0	10	201.215	134.14	134.14	0%	67%	1.26	2.00
lote 14	2	3	7	10	298.19	152.20	198.79	37%	67%	1.34	2.00
lote 15	0	4	0	12	437.17	218.59	218.59	0%	50%		2.00
Média								44%	64%	1.93	2.466157

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Devido à presença de lotes vazios, a região sofreu modificações consideráveis. A única ressalva ficou por conta dos lotes número 1 2 e 3, que não sofreram modificações, uma vez que os mesmos já detinham os índices de ocupação e aproveitamento propostos na metodologia.

## Ponto 14

**Localização:** rua Padre Teixeira próximo à rua José Bonifácio.



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O raio de abrangência engloba treze lotes, sendo que alguns deles estão voltados para a Rua José Bonifácio. A Tabela A.14 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.14:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 14

Ponto 14	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	2	3	7	10	237.8	83.34	158.53	35%	67%	0.70	2.00
lote 2	2	3	7	10	200	150.00	133.33	260%	89%	5.20	2.25
lote 3	0	19	0	60	1716.6	332.00	180.69	0%	19%	0.00	3.67
lote 4	2	3	7	10	305.28	115.30	203.52	38%	67%	0.76	2.00
lote 5	2	4	7	12	188.2	51.30	94.10	27%	50%	0.55	2.00
lote 6	2	3	7	10	220.968	118.14	147.31	53%	67%	1.07	2.00
lote 7	1	6	4	18	387.079	130.00	129.03	0%	33%	0.00	2.02
lote 8	1	1	4	4	159.99	88.14	88.14	55%	55%	0.55	0.55
lote 9	1	1	4	4	171.91	82.95	82.95	48%	48%	0.48	0.48
lote 10	1	4	4	12	434.81	156.44	217.41	36%	50%	0.36	2.00
lote 11	1	4	4	12	405.56	108.47	202.78	27%	50%	0.27	2.00
lote 12	1	3	4	10	464.55	215.37	309.70	46%	67%	0.46	2.00
lote 13	1	1	4	4	185.56	109.77	130.00	59%	70%	0.59	0.70
Média								53%	56%	0.84	1.82

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Dentre todos os pontos analisados, é o que sofreu a maior modificação física. O processo de adensamento dos lotes 3 e 7 ocorreu devido a projetos já aprovados na prefeitura municipal de São Carlos. Apenas os lotes 8 e 9 não foram adensados, pois os mesmos já se encontravam com os índices máximos propostos pela metodologia. Entretanto, os lotes que sofreram alterações mais significativas foram os lotes número 10 e 11 que passaram a possuir quatro pavimentos cada.



## Ponto 15

**Localização:** rua Aquidaban entre a São Sebastião e Padre Teixeira



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O raio de abrangência engloba quinze lotes, sendo: os lotes número 1 e 2 instituições de ensino, os lotes número 4 e 5 de uso comercial e os demais de uso residencial. Seis lotes estão voltados para a Rua São Sebastião, uma vez que o ponto 15 encontra-se próximo ao cruzamento da mesma. A Tabela A.15 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.15:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 15

Ponto 15	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	2	3	7	10	380.33	151.25	253.55	40%	80%	0.67	2.00
lote 2	1	3	4	10	359.17	161.48	239.44	45%	45%	0.67	2.00
lote 3	1	3	4	10	334.64	144.55	223.09	43%	43%	0.67	2.00
lote 4	2	3	7	10	340.67	193.28	227.11	57%	113%	0.67	2.00
lote 5	2	3	7	10	380.54	237.86	253.69	63%	125%	0.67	2.00
lote 6	2	5	7	15	763.11	308.90	305.24	40%	81%	0.40	2.02
lote 7	1	5	4	15	510.74	222.01	204.29	43%	43%	0.40	2.00
lote 8	2	3	7	10	260.53	141.58	173.69	54%	109%	0.67	2.00
lote 9	2	6	7	18	699.19	274.31	233.06	39%	78%	0.33	2.35
lote 10	1	3	4	10	257.25	140.19	171.50	54%	54%	0.67	1.63
lote 11	1	3	4	10	473.77	246.80	315.85	52%	52%	0.67	1.56
lote 12	2	3	7	10	319.58	179.85	213.05	56%	113%	0.67	2.00
lote 13	1	5	4	15	610.82	234.12	244.33	38%	38%	0.40	2.00
lote 14	2	5	7	15	234.12	70.19	93.65	30%	60%	0.40	2.00
lote 15	1	2	4	7	255.24	136.14	255.24	53%	53%	0.53	1.07
Média								47%	73%	0.56	1.91

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Os quinze lotes foram adensados construtivamente possuindo mais que dois pavimentos. Destacam-se os lotes número 6, 7, 13 e 14, que no decorrer do processo de adensamento passaram a ter cinco pavimentos.

## Ponto 16

**Localização:** rua Riachuelo próximo ao cruzamento com a Rua Padre Teixeira



(Fonte: Autor)

**Descrição:** O raio de abrangência engloba um total de dezenove lotes, sendo que alguns deles, conforme pode ser observado na Figura 53, estão localizados na Rua Padre Teixeira. Dos dezenove lotes, seis possuem uso comercial, dois lotes possuem uso misto, e os demais uso residencial. A Tabela A.16 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela 7:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 16

Ponto 16	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	1	4	4	580.34	280.18	280.18	48%	48%	0.48	0.48
lote 2	1	3	4	10	421.685	284.11	281.1233	67%	67%	0.67	2.00
lote 3	1	1	4	4	396.26	224.314	224.314	57%	57%	0.57	0.57
lote 4	1	4	4	12	228.52	113.838	114.26	50%	50%	0.50	1.99
lote 5	2	3	7	10	221.196	91.354	148.2013	41%	67%	0.83	2.01
lote 6	2	3	7	10	132.746	79.339	88.49733	60%	60%	1.20	1.79
lote 7	2	3	7	10	171.056	87.0758	114.0373	51%	67%	1.02	2.00
lote 8	2	3	7	10	220.259	111.1	146.8393	50%	67%	1.01	2.00
lote 9	1	4	4	12	503.967	209.005	251.9835	41%	50%	0.41	2.00
lote 10	1	4	4	12	269.826	134.97	134.913	50%	50%	0.50	2.00
lote 11	1	3	4	10	353.119	199.802	235.4127	57%	57%	0.57	1.70
lote 12	1	3	4	10	349.172	195.91	232.7813	56%	70%	0.56	2.10
lote 13	2	2	7	7	680.2	412.12	680.2	61%	70%	1.21	1.40
lote 14	1	2	4	7	187.707	86.06	187.707	46%	100%	0.46	2.00
lote 15	2	2	7	7	151.057	86.58	86.58	57%	57%	1.15	1.15
lote 16	2	2	7	7	145.76	90	90	0%	62%	0.00	1.23
lote 17	1	3	4	10	253.846	99.37	169.2307	39%	67%	0.39	2.00
lote 18	3	3	10	10	293.18	190.459	190.459	65%	67%	1.95	1.95
lote 19	1	3	4	10	328.94	153.885	230	47%	70%	0.47	2.10
Média								50%	63%	0.73	1.71

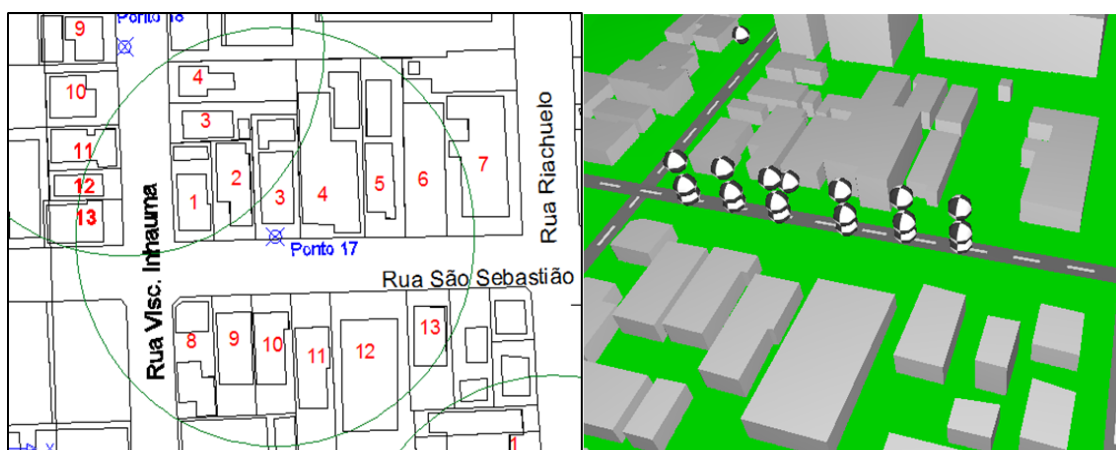
(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** Os lotes número 1 e 3, por se tratarem e construções do tipo geminada, não sofreram processo de adensamento construtivo. Os lotes número 15, 16 e 18 desconsiderados do processo de

adensamento, por já possuírem índices máximos propostos pela metodologia. O adensamento construtivo dos lotes originou construções com dois ou mais pavimentos. Destacam-se, no entanto, os lotes número 4, 9 e 10, que apresentam construções com quatro pavimentos (o equivalente a doze metros de altura).

### Ponto 17

**Localização:** rua São Sebastião



(Fonte: Autor)

**Descrição:** Englobou treze lotes, dos quais se destacam os lotes número 7, 9 e 12, que possuem uso comercial. Os demais são de uso residencial. A Tabela A.17 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.17:** Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 17

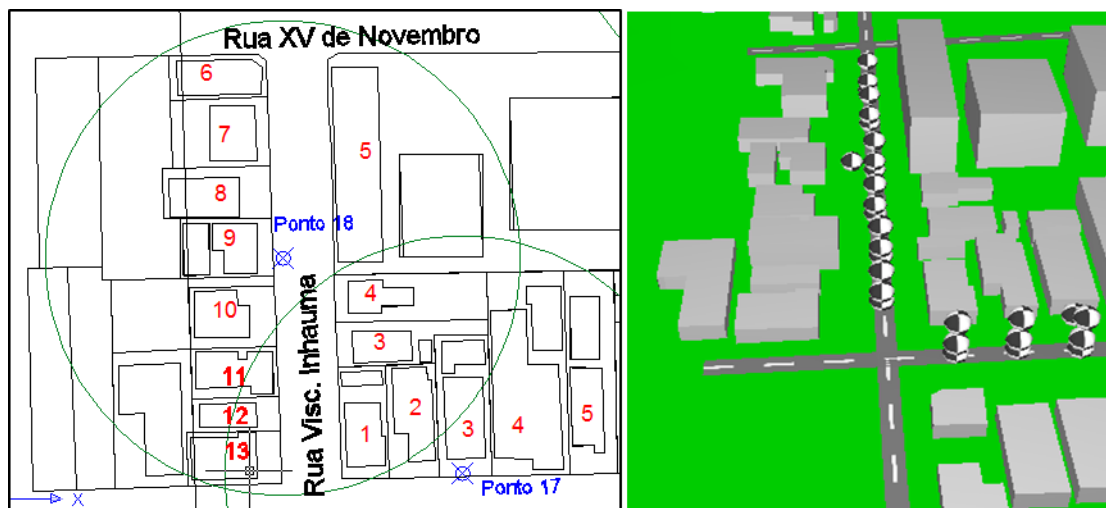
Ponto 17	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	3	4	10	235.22	130.32	156.81	55%	67%	0.55	2.00
lote 2	1	3	4	10	250.94	147.03	167.29	59%	67%	0.59	2.00
lote 3	1	4	4	12	339.07	193.11	169.54	57%	57%	0.57	2.28
lote 4	2	3	7	10	699.67	474.00	466.45	68%	68%	1.35	2.03
lote 5	1	3	4	10	440.04	197.94	293.36	45%	67%	0.45	2.00
lote 6	0	5	0	15	325.949	0.00	130.38	0%	40%	0.00	2.00
lote 7	1	3	4	10	687.887	349.48	458.59	51%	67%	0.51	2.00
lote 8	1	3	4	10	290.69	152.42	193.79	52%	67%	0.52	2.00
lote 9	1	3	4	10	282.96	146.37	188.64	52%	67%	0.52	2.00
lote 10	1	3	4	10	283.99	132.90	189.33	47%	67%	0.47	2.00
lote 11	1	3	4	10	423.37	150.34	282.25	36%	67%	0.36	2.00
lote 12	1	5	4	15	832.42	372.34	332.97	45%	40%	0.45	2.24
lote 13	1	3	4	10	313.17	117.18	208.78	37%	67%	0.37	2.00
Média								46%	62%	0.52	2.04

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** O lote número 6, que é um estacionamento no cenário atual, passou a ser uma edificação com cinco pavimentos (o equivalente a uma altura de quinze metros). Todos os lotes possuem pelo menos três pavimentos, ou seja, uma altura mínima de dez metros.

### Ponto 18

**Localização:** Novembro e São Sebastião



(Fonte: Autor)

**Descrição:** A abrangência englobou treze lotes, sendo que os lotes número 1 e 2 são os mesmos utilizados para a análise do ponto 17. Destaca-se o lote número 5 que representa a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Pecuária). Uma característica construtiva desse ponto é que das trezes edificações presentes nos lotes apenas a Embrapa e os lotes número 7 e 11 possuem edificações com dois ou mais pavimentos. A Tabela A.18 apresenta os coeficientes de ocupação e de aproveitamento desse ponto.

**Tabela A.18:** : Coeficientes de Ocupação e Aproveitamento dos lotes no Ponto 18

Ponto 18	Número de Pavimentos		altura edif (m)		AREA (terreno) m <sup>2</sup>	Area construida (m <sup>2</sup> )		Coeficiente Ocupação		Coeficiente Aproveitamento	
	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
lote 1	1	3	4	10	235.22	130.319	156.8133	55%	67%	0.55	2.00
lote 2	1	3	4	10	250.939	147.03	167.2927	59%	67%	0.59	2.00
lote 3	1	2	4	7	227.035	93.525	227.035	41%	70%	0.41	1.40
lote 4	1	4	4	12	317.83	76.6539	158.915	24%	50%	0.24	2.00
lote 5	5	5	15	15	3984.6158	2001.823	2001.823	50%	50%	2.51	2.51
lote 6	1	2	4	7	188.75	127.75	133	68%	70%	0.68	1.40
lote 7	2	2	7	7	295.687	112.746	295.687	38%	100%	0.76	2.00
lote 8	1	3	4	10	247.806	118.43	165.204	48%	67%	0.48	2.00
lote 9	1	3	4	10	240.32	146.099	160.2133	61%	67%	0.61	2.00
lote 10	1	3	4	10	233.89	107.28	155.9267	46%	67%	0.46	2.00
lote 11	2	2	7	7	190.047	127.144	133.03	67%	70%	1.34	1.40
lote 12	1	4	4	12	129.27	61.6497	64.635	48%	50%	0.48	2.00
lote 13	1	3	4	10	220.987	128.11	147.3247	58%	67%	0.58	2.00
Média								51%	66%	0.74	1.90

(Fonte: Autor)

**Forma de Adensamento:** O lote da EMBRAPA foi desconsiderado no processo de adensamento construtivo, pois já detém os índices máximos de aproveitamento e ocupação previstos na metodologia. O processo de adensamento construtivo modificou significativamente a região, tanto no aspecto de volumetria das edificações quanto na ocupação das mesmas nos lotes.

## APÊNDICE B- Quadro com as variáveis meteorológicas.

Dia	2/10/2012			3/10/2012		
Horário	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30
Parâmetros						
Temperatura (°C)	21	25	32	22	34.8	34
Umidade relativa do Ar (%)	72	49	33	54.88	21.7	34.2
Velocidade do Vento (m/s)	1.9	1	1	1.2	2.8	0.8
Dia	10/10/2012			16/10/2012		
Horário	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30
Parâmetros						
Temperatura (°C)	23	37.56	32.4	19.7	24.9	28.3
Umidade relativa do Ar (%)	49.5	27.1	35.01	68	52	40
Velocidade do Vento (m/s)	3.4	3.9	0.9	4	2.5	1.8
Dia	18/10/2012			25/10/2012		
Horário	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30
Parâmetros						
Temperatura (°C)		30.9	31.5		27.2	31.7
Umidade relativa do Ar (%)		46.7	38.17		57	48
Velocidade do Vento (m/s)		2.4	1.9		2.9	1.9
Dia	30/10/2012			6/11/2012		
Horário	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30
Parâmetros						
Temperatura (°C)	27.5	33.2	31.5	21.7	27.7	26.3
Umidade relativa do Ar (%)	50.56	28	32	69	40	32
Velocidade do Vento (m/s)	2.3	2.1	2.1	3.2	2.5	2.2
Dia	7/11/2012			8/11/2012		
Horário	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30
Parâmetros						
Temperatura (°C)	21.5			20.4		
Umidade relativa do Ar (%)	72			77		
Velocidade do Vento (m/s)	4.1			2.9		
Dia	22/11/2012					
Horário	7:00 - 8:00	12:00-13:00	17:30-18:30			
Parâmetros						
Temperatura (°C)			28.3			
Umidade relativa do Ar (%)			30			
Velocidade do Vento (m/s)			2.7			

**APÊNDICE C – Valores de entrada das fontes em Leq (A) no software de simulação.**

Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 1</b>	07:00 - 8:00	54.24	48.67	52.45	<b>ponto 10</b>	07:00 - 8:00	66.38	54.155	64.44
	12:00 - 13:0	52.905	42.53	53.555		12:00 - 13:0	67.48	58.115	65.105
	17:30 - 18:30	55.655	43.02	54.19		17:30 - 18:30	68.77	56.265	66.35
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 2</b>	07:00 - 8:00	63.79	50.085	61.76	<b>ponto 11</b>	07:00 - 8:00	69.69	55.49	66.615
	12:00 - 13:0	67.665	50.155	66.99		12:00 - 13:0	70.245	56.445	67.6
	17:30 - 18:30	65.02	50.885	61.56		17:30 - 18:30	70.835	56.24	68.255
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 3</b>	07:00 - 8:00	73.98	59.92	71.37	<b>ponto 12</b>	07:00 - 8:00	67.63	56.075	64.21
	12:00 - 13:0	72.36	57.18	70.275		12:00 - 13:0	65.725	55.58	62.845
	17:30 - 18:30	71.385	60.185	69.735		17:30 - 18:30	64.655	53.92	62.04
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 4</b>	07:00 - 8:00	69.76	52.455	66.225	<b>ponto 13</b>	07:00 - 8:00	67.48	53.29	64.585
	12:00 - 13:0	70.03	54.045	66.775		12:00 - 13:0	66.815	50.765	62.655
	17:30 - 18:30	70.45	58.565	67.865		17:30 - 18:30	67.39	52.48	63.605
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 5</b>	07:00 - 8:00	64.655	51.855	64.04	<b>ponto 14</b>	07:00 - 8:00	66.52	52.7	68.96
	12:00 - 13:0	65.24	54.425	61.645		12:00 - 13:0	67.12	52.03	64.49
	17:30 - 18:30	64.03	55.435	63.64		17:30 - 18:30	67.165	49.71	62.755
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 6</b>	07:00 - 8:00	74.335	55.9	71.48	<b>ponto 15</b>	07:00 - 8:00	65.75	46.085	63.345
	12:00 - 13:0	74.335	56.51	73.58		12:00 - 13:0	65.095	45.305	60.765
	17:30 - 18:30	70.52	57.805	67.96		17:30 - 18:30	66.565	45.71	63.875
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 7</b>	07:00 - 8:00	68.96	51.96	64.345	<b>ponto 16</b>	07:00 - 8:00	68.845	50.835	64.925
	12:00 - 13:0	67.355	56.52	64.235		12:00 - 13:0	68.9	52.81	64.975
	17:30 - 18:30	66.745	53.87	63.1		17:30 - 18:30	67.44	51.655	63.785
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 8</b>	07:00 - 8:00	74.735	55.065	71.93	<b>ponto 17</b>	07:00 - 8:00	65	48.65	62.155
	12:00 - 13:0	72.45	58.215	70.425		12:00 - 13:0	66.39	46.8	65.005
	17:30 - 18:30	70.425	60.33	70.15		17:30 - 18:30	65.585	49.515	63.005
Descrição	Horário	L10	L90	LAeq	Descrição	Horário	L10	L90	LAeq
<b>ponto 9</b>	07:00 - 8:00	70.11	56.065	68.38	<b>ponto 18</b>	07:00 - 8:00	66.365	51.7	63.09
	12:00 - 13:0	69.78	57.055	67.3		12:00 - 13:0	63.85	50.535	60.76
	17:30 - 18:30	69.99	57.1	67.825		17:30 - 18:30	69.225	55.425	66.99