



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

A INFLUÊNCIA DOS AFASTAMENTOS FRONTAIS DAS EDIFICAÇÕES NA FORMAÇÃO DOS AMBIENTES SONOROS NO NÍVEL DO PEDESTRE

Rosângela Brioschi (1); Elvira Viveiros (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
rosangela@labcon.ufsc.br

(2) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura, elvira@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental,
Caixa-Postal 476, Florianópolis – SC, 88040-900, Tel.: (48) 37219393

RESUMO

A aglomeração populacional nas cidades ocasiona o crescimento da frota de veículos e o adensamento de edifícios, que eleva o ruído proveniente do tráfego rodoviário, colaborando com a poluição sonora urbana. Considerando que tal poluição degrada a qualidade dos espaços abertos e que os edifícios são elementos importantes na trajetória da propagação sonora no meio urbano, faz-se necessário investigar como a forma de distribuição das edificações interage no desenvolvimento dos níveis sonoros. Assim, o objetivo desta pesquisa foi identificar a relação entre afastamentos frontais de edificações e a configuração de diferentes ambientes sonoros urbanos para o pedestre. Situações hipotéticas de tecido urbano foram elaboradas considerando variações nos afastamentos frontais, tendo como referência os índices urbanísticos propostos na zona ARP-7 do Plano Diretor de Florianópolis. O efeito da alteração do parâmetro foi investigado através de mapeamentos sonoros produzidos computacionalmente pelo programa SoundPlan. A comparação entre os mapas de ruído indicam que os efeitos acústicos da alteração dos afastamentos frontais são divergentes para o pedestre na via pública e para o indivíduo no lote, posteriormente aos edifícios. Como exemplo, o aumento do afastamento pode ser benéfico para o transeunte no meio público, mas diminui a proteção para um indivíduo localizado no fundo do lote.

Palavras-chave: Planejamento urbano, Acústica urbana, Mapeamento sonoro.

ABSTRACT

The overpopulation in cities leads to the growing of vehicles and density of buildings, which increase the road traffic noise, contributing to urban noise pollution. Knowing that such pollution degrades the quality of open spaces and that buildings are important elements in the path of sound propagation in urban areas, it is fundamental to investigate how the distribution of buildings interacts in the development of sound levels. Thus, the goal in this research was to identify the relationship between frontal distances of buildings, in other words, the distance between building and lot's frontal limit, and configuration of different urban sound environments for pedestrians. Hypothetical urban situations were made considering variations in the frontal distances, with reference to the rates established in the region ARP-7 of the Florianópolis Master Plan. The effect of the parameter was investigated with sound mappings computationally produced by SoundPlan. The comparison between the noise maps indicates that the acoustic effects of ranging frontal distances are different to the pedestrian located in the street and behind the buildings. For example, the increase of the frontal distance may be beneficial to the passer in the street, but reduces the protection for an individual located at the bottom of the lot.

Keywords: Urban planning, Urban acoustics, Sound mapping.

1. INTRODUÇÃO

A interação entre crescimento da frota de veículos e o adensamento de edifícios nas cidades eleva o ruído proveniente do tráfego rodoviário, colaborando com a poluição sonora urbana. Esse tipo de poluição é uma das queixas mais comuns relativas à qualidade de vida humana e é um sério problema ambiental, já que sua redução não é esperada em um futuro próximo (SALOMONS, POLINDER, *et al.*, 2009). Considerando-se que os edifícios são elementos importantes na trajetória da propagação sonora no meio urbano, é importante investigar como a distribuição dessa massa edificada interage nesse cenário de contínuo crescimento da poluição sonora.

Várias pesquisas têm buscado entender a influência de parâmetros da massa edificada nos níveis sonoros urbanos, sendo que os fatores mais investigados e os estudos mais relevantes sobre eles são: geometria de varandas (EL DIEN e WOLOSZYN, 2005), telhados de diferentes formas (VAN RENTERGHEM e BOTTELDOOREN, 2010), emprego de materiais de absorção e barreiras nos edifícios (HORNIKX e FORSSÉN, 2009), disposição dos prédios em relação à fonte sonora (FORSSÉN e THORSSON, 2009).

Das inúmeras variáveis atuantes no percurso entre fonte sonora e receptor, esta pesquisa enfatiza a localização dos edifícios em relação ao tráfego rodoviário, especialmente a distância entre edificação e rua. Atualmente, nota-se que os volumes edificados da maioria das cidades brasileiras são moldados pelos índices urbanísticos das legislações municipais, processo desencadeado pela lógica econômica do mercado imobiliário, que utiliza completamente os parâmetros máximos de ocupação e os afastamentos mínimos estabelecidos (PEREIRA, 2001). Assim, o distanciamento entre prédios e rua é ditado, geralmente, pelo afastamento frontal mínimo entre edifício e limite do lote.

Algumas pesquisas científicas têm demonstrado que a distância entre fachadas frontais de edifícios, ou seja, a distância que envolve afastamentos frontais, calçadas e rua, como exemplificado na Figura 1, se constitui em um importante parâmetro para a avaliação de níveis sonoros no meio urbano. O trabalho de Hincu (2003) foi um deles, buscando relacionar alguns fatores do meio urbano, dentre eles as distâncias entre fachadas frontais, com os níveis de pressão sonora medidos em ruas de Bucareste, Romênia. A autora menciona que o aumento da distância entre fachadas frontais produz menores níveis de pressão sonora no ambiente urbano que contém a rua.

O estudo feito por Van Renterghem, Salomons e Botteldooren (2006) indicou que a proporção do ambiente urbano que contém o tráfego rodoviário, ou seja, a razão entre distância entre fachadas frontais e alturas dos edifícios, influencia de forma direta os níveis de pressão sonora calculados para um receptor localizado posteriormente aos edifícios. Segundo os autores, conforme a citada proporção aumenta, o nível de pressão sonora no ambiente protegido pela edificação também se eleva, até se tornar constante, o que ocorre quando a largura excede a altura, ou seja, quando a proporção passa de um.

Analisando os artigos, percebe-se que o afastamento frontal, embutido na distância entre fachadas frontais, ocasiona efeitos diferentes nos níveis sonoros dos ambientes próximo à rua e posterior aos edifícios. Quanto maior o afastamento frontal, menor o nível de pressão sonora para o pedestre próximo ao tráfego, enquanto no ambiente atrás dos edifícios os níveis ficam maiores.

Para testar essas indicações, o receptor sonoro de interesse deste artigo foi escolhido como sendo o pedestre, pois sua situação acústica é pior que a do morador, que ainda possui alternativas para sua proteção, como, por exemplo, um isolamento sonoro adequado das paredes de sua residência. A influência da alteração dos afastamentos frontais de edifícios nos níveis sonoros para o pedestre foi investigada através da simulação computacional acústica de diferentes cenários urbanos, utilizando um método pouco empregado para este fim: o mapeamento sonoro.

O uso do mapeamento sonoro foi impulsionado pela Diretiva Européia 2002/49/CE de Avaliação e Gestão do ruído ambiental que estipulava que os membros da União Européia produzissem seus mapas de ruído até 2008 (TSAI, LIN e CHEN, 2009). Os mapas de ruído têm sido utilizados como ferramenta para avaliar a situação acústica de zonas urbanas, tendo, muitas vezes, o intuito de alimentar planejamentos estratégicos de combate à poluição sonora. É o caso de estudos realizados em Belém (MORAES, SIMÓN e GUIMARÃES, 2009), Florianópolis (NARDI, 2008), Rio de Janeiro (PINTO e MARDONES, 2009), Cáceres, na Espanha (BARRIGÓN MORILLAS, GÓMEZ ESCOBAR, *et al.*, 2002) e Buenos Aires (AUSEJO, RECUERO, *et al.*, 2010).

A revisão bibliográfica realizada demonstrou que poucos estudos utilizaram mapas sonoros como instrumento para avaliar como parâmetros das edificações atuam nos níveis de ruído. A pesquisa de Guedes (2005) foi uma delas, onde foi avaliada a influência da forma urbana do bairro Jardins em Aracaju no ruído de tráfego produzido. A análise foi feita através de mapeamento sonoro gerado pelo *software* SoundPlan, o mesmo utilizado para o presente trabalho.

Os mapas de ruído dos estudos pesquisados são voltados aos níveis que incidem sobre os edifícios e seus residentes. A presente pesquisa aborda outra forma de visualizar o problema, através da contribuição da edificação na formação dos campos sonoros urbanos, pensando na população que transita pela cidade. Dessa forma, a recepção sonora é deslocada da altura padrão de mapeamento para a escala do cidadão.

2. OBJETIVO

Identificar a relação entre afastamentos frontais de edificações e a configuração de diferentes ambientes sonoros urbanos para o pedestre.

3. MÉTODO

A influência da alteração dos afastamentos frontais de edifícios nos níveis sonoros para o pedestre foi investigada através do mapeamento sonoro de diferentes cenários urbanos. O mapeamento por meio de programa computacional foi adotado como método devido à sua capacidade de modelar o meio urbano e a propagação sonora do mesmo, além de fornecer como resultado gráfico os níveis de pressão sonora distribuídos espacialmente pelo mapa da zona urbana.

Para a confecção dos mapas foi empregada a ferramenta SoundPlan. Os *softwares* de mapeamento realizam seus cálculos por meio da implantação das normas que descrevem a propagação sonora urbana. A norma alemã para predição de ruído de tráfego rodoviário, RLS90, foi adotada neste estudo, pois atende satisfatoriamente a pequena complexidade dos cenários desenvolvidos.

3.1. Situações avaliadas

Para a elaboração dos cenários urbanos, que são totalmente hipotéticos, tomou-se como referência a forma de determinação dos índices urbanísticos do Plano Diretor do Distrito Sede de Florianópolis (PMF, 1998), mais especificamente, da zona residencial ARP-7. Nessa legislação é possível observar como tais índices moldam a massa edificada: a volumetria básica das edificações é regida pelos indicadores taxa de ocupação e índice de aproveitamento e o posicionamento dos volumes edificados no lote é regulado através dos afastamentos mínimos frontal, lateral e de fundos, indicados esquematicamente na Figura 1.

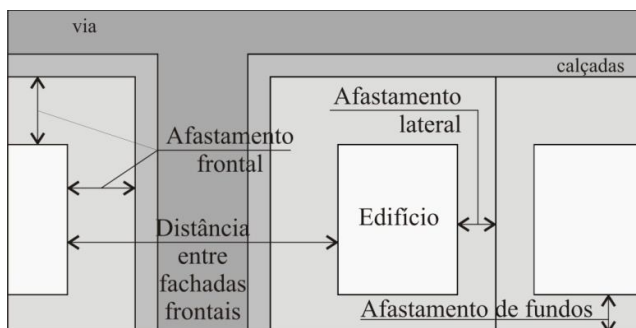


Figura 1 - Indicação em planta baixa esquemática de distância entre fachadas frontais, afastamentos frontais, laterais e de fundos.

Como dito anteriormente, o foco deste trabalho é o afastamento frontal, assim, todas as variáveis da forma urbana e do tráfego rodoviário foram mantidas constantes nas situações urbanas elaboradas para esta pesquisa, excetuando-se os afastamentos frontais, que se alteram em cada cenário.

Os cenários urbanos simulados são compostos por um conjunto de 49 quadras, cada uma delas com oito lotes de 30 x 34 m, que é o lote mínimo indicado para a zona ARP-7. Em todos os cenários a topografia foi considerada plana e as ruas com 18 m de largura, sendo 3 m

para cada calçada, 3 m de vagas de estacionamentos em cada lateral e 6 m para duas pistas de rodagem. Não foram considerados muros ou outras formas de barreiras no limite dos lotes.

As informações sobre o tráfego rodoviário, que alimentam os cálculos pela RLS90, são as mesmas em todos os casos. Os dados foram retirados da pesquisa de Nardi (2008) e se referem à Avenida Mauro Ramos, uma das mais importantes vias urbanas de Florianópolis. Assim, foram inseridos no programa 10.763 veículos como tráfego diário médio anualizado, 4,25% de veículos pesados diurno e 7,7% de noturno, 38 km/h para velocidade de veículos leves e 33 km/h para os pesados. O piso da via foi considerado como asfalto rugoso e a linha de emissão foi localizada no centro da via, como determinado pela RLS90. O nível de emissão de ruído diurno resultante foi de 60,9 dB(A).

Para a zona ARP-7, os afastamentos laterais e de fundos, indicados na Figura 1, devem ser de no mínimo 1/5 da altura proposta para o edifício. Dessa forma, tais afastamentos foram calculados nos cenários hipotéticos considerando o índice levantado. Os índices que remetem à volumetria do edifício, ou seja, taxa de ocupação e índice de aproveitamento, não são abordados neste artigo.

Em inúmeras zonas de planejamento de Florianópolis os afastamentos frontais são determinados por um ângulo formado entre o solo e uma reta que une o centro da via e o topo do edifício que está sendo projetado. Para a zona ARP-7 o valor desse ângulo é de 70°, conforme esquematizado na Figura 2, sendo que o afastamento não pode ser menor que 4 m.

Observando a Figura 2, percebe-se que quando o centro da via coincide com o ponto médio da distância entre fachadas frontais, o ângulo proposto como estratégia para determinação de afastamento frontal pode ser traduzido como sendo uma relação entre a distância entre fachadas frontais e a altura do prédio em questão. Essa razão entre as duas medidas já foi citada anteriormente, sendo um dos objetos de estudo da pesquisa de Van Renterghem, Salomons e Botteldooren (2006). Esse parâmetro, conhecido como proporção WH, do inglês *width and height*, vem sido discutido de forma relevante em pesquisas de conforto ambiental no meio urbano (OLIVEIRA e ROMERO, 2007). Assim, a elaboração dos cenários hipotéticos partiu da definição de proporções WH específicas, que podem ser analisadas também por seus ângulos correspondentes.

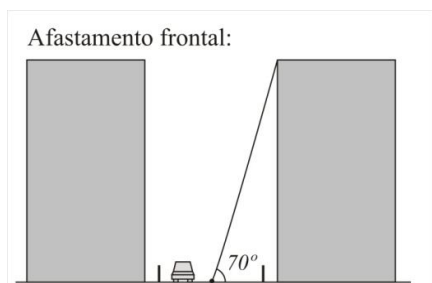


Figura 2 - Esquema utilizado para determinação de afastamento frontal na zona ARP-7 do Plano Diretor do Distrito Sede de Florianópolis.

Primeiramente as proporções WH 1:0,5; 1:0,75; 1:1; 1:1,5 e 1:2 foram escolhidas por serem razões mais simples do ponto de vista matemático. Como o foco do trabalho são os afastamentos frontais, os grupos de comparação entre cenários consideram uma mesma altura de edificações, variando, portanto, apenas as distâncias entre fachadas frontais. Inicialmente as situações foram pensadas para a altura de 18 m, ou seja, 6 pavimentos, já que essa medida possui relação direta com a largura de via. Considerando as proporções citadas tem-se 36, 24, 18, 12 e 9 m para as distâncias entre fachadas frontais, respectivamente. Mas, lembrando que a largura da via considerada nos cenários é de 18 m, as distâncias de 12 e 9 m foram descartadas, pois as edificações avançariam sobre as calçadas.

De forma análoga, foram desenvolvidos cenários considerando 24, 27 e 36 m de altura para os prédios. Considerando as proporções WH citadas, para 24 m de altura tem-se 48, 32, 24, 16 e 12 m como distância entre fachadas, para 27 m de altura tem-se 54, 36, 27, 18 e 13,5 m e para 36 m de altura tem-se 72, 48, 36, 24 e 18 m. As distâncias de 48, 54 e 72 m foram descartadas já que os afastamentos frontais, respectivamente de 15, 18 e 27 m, seriam muito grandes para os lotes dos cenários. Outras distâncias descartadas foram as de 16, 13,5 e 12 m, pois são menores do que a largura da via.

Com a intenção de considerar mais algumas proporções na configuração dos cenários, fez-se um cruzamento entre as alturas de edifícios, 18, 24, 27 e 36 m, e as distâncias entre fachadas frontais, 18, 24, 27, 32 e 36 m, consideradas e obtidas até este ponto de desenvolvimento das situações. Desta operação foram incluídos mais dois casos que possuem como proporção WH 1:0,67 e mais dois com razão de 1:1,34. Os quinze cenários hipotéticos elaborados definitivamente são detalhados nas tabelas 1 e 2. Na tabela 1 são identificados os grupos A e B de comparações entre resultados de mapeamentos sonoros, e na tabela 2 os grupos C e D.

Tabela 1 - Grupos A e B de comparações contendo oito cenários hipotéticos definitivos

Grupos de comparações	Altura de edifício [m]	Distância entre fachadas frontais [m]	Afastamento frontal [m]	Proporção wh	Ângulo correspondente aproximado	Afastamento lateral (1/5 da altura do edifício) [m]
A	18	18	0	1:1	63°	3,6
	18	24	3	1:0,75	56°	3,6
	18	27	4,5	1:0,67	53°	3,6
	18	36	9	1:0,5	45°	3,6
B	24	18	0	1:1,34	69°	4,8
	24	24	3	1:1	63°	4,8
	24	32	7	1:0,75	56°	4,8
	24	36	9	1:0,67	53°	4,8

Tabela 2 - Grupos C e D de comparações contendo sete cenários hipotéticos definitivos

Grupos de comparações	Altura de edifício [m]	Distância entre fachadas frontais [m]	Afastamento frontal [m]	Proporção <i>wh</i>	Ângulo correspondente aproximado	Afastamento lateral (1/5 da altura do edifício) [m]
C	27	18	0	1:1,5	71°	5,4
	27	27	4,5	1:1	63°	5,4
	27	36	9	1:0,75	56°	5,4
D	36	18	0	1:2	76°	7,2
	36	24	3	1:1,5	71°	7,2
	36	27	4,5	1:1,34	69°	7,2
	36	36	9	1:1	63°	7,2

3.2. Forma de apresentação e análise dos dados

O procedimento de análise foi composto pela geração de mapas de ruído a 1,5 m de altura do solo para cada cenário proposto, procurando-se, portanto, os níveis de pressão sonora na escala do ser humano. Além das características de tráfego rodoviário, volumetria e disposição de elementos urbanos já mencionados, outras variáveis necessárias a modelagem no programa computacional SoundPlan são a perda por reflexão das fachadas, *reflection loss*, e a adição por múltiplas reflexões, *multiple reflection addition*. O primeiro fator foi estabelecido como um, referindo-se a fachadas constituídas por materiais não absorventes, como ocorre na maioria dos edifícios urbanos. O parâmetro *multiple reflection addition* é acrescentado na potência de emissão sonora, representando a contribuição das reflexões das fachadas, e é calculado conforme a proporção WH de cada cenário. Na elaboração dos mapas foram adotados os seguintes valores para os parâmetros de cálculo: *grid* de 3 m, *field size* de 3x3, *min/max* de 5 dB, *difference* de 0,15 dB e *reflection order* igual a 1.

Para diminuir o espaço ocupado pela apresentação dos mapas sonoros, os mesmos serão recortados em torno apenas da quadra central, que já demonstra o comportamento no restante do cenário. Visando facilitar a comparação entre os resultados, a forma de apresentação gráfica se dará através do impacto sonoro que a inserção dos edifícios provoca na situação desocupada. Mais detalhadamente, os mapeamentos de cada um dos quinze cenários foi subtraído do mapa de ruído do cenário desocupado. Pretende-se assim, observar de forma mais direta o quanto aquelas edificações daquele cenário específico, com seus afastamentos frontais, aumentou ou diminuiu os níveis de pressão sonora em relação à situação em que não havia prédios. A Figura 3 exemplifica a operação para o cenário contendo edifícios com 18 m de altura e 18 m de distância entre fachadas frontais.

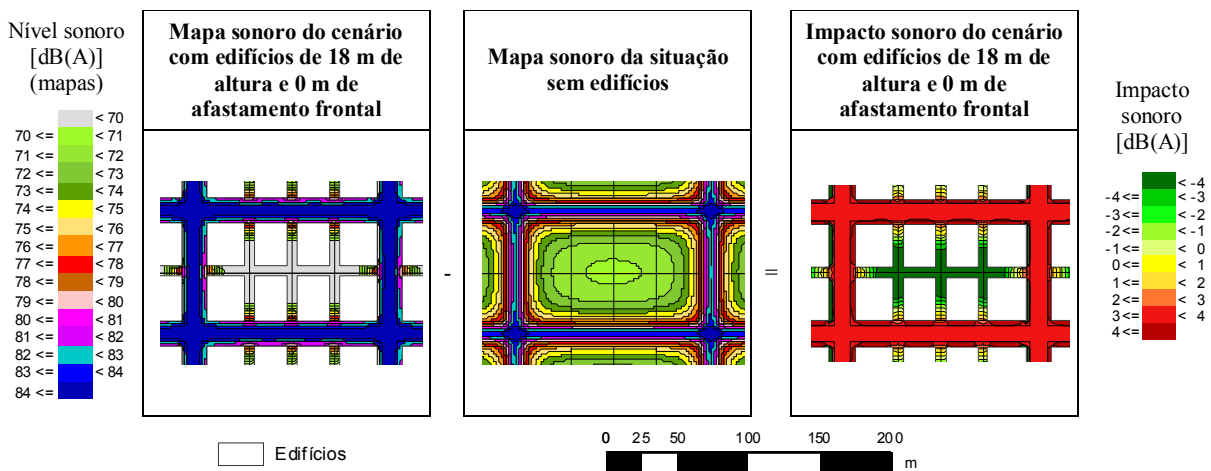


Figura 3 - Exemplo de obtenção dos mapas de impacto sonoro sobre a situação sem edificações.

4. RESULTADOS

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam os mapas de impacto sonoro dos cenários distribuídos conforme os grupos de comparação A, B, C e D citados anteriormente nas tabelas 1 e 2. É importante salientar que os níveis sonoros de impacto especificados na legenda colorida se tratam de acréscimos, quando o valor é positivo, e reduções, quando o valor é negativo, obtidas através da subtração entre o cenário em questão e a situação desocupada. Pode-se afirmar, então, que a introdução das edificações ocasiona tanto impactos de cunho negativo, com acréscimo para a poluição sonora, como de aspecto positivo, diminuindo os níveis de ruído de tráfego. Outra questão a ser ressaltada é que pequenos valores de impacto na verdade correspondem a contribuições importantes para a sensação acústica humana, lembrando que, por exemplo, 3 dB(A) de acréscimo ocorre quando somamos duas fontes de mesma emissão sonora, ou seja, quando dobramos a energia acústica da fonte.

Observando a Figura 4, nota-se que, considerando edifícios com 18 m de altura, quanto maior o afastamento frontal, menor é o acréscimo no nível sonoro para o pedestre que transita no espaço público, ou seja, pelas calçadas e vias, variando desde um impacto acima de 4 dB(A) para o cenário em que as edificações estão localizadas no limite do lote, até um aumento entre 1 e 2 dB(A) para o cenário com maior afastamento no grupo A: 9 m. As zonas de maior impacto negativo estão localizadas próximas às fachadas frontais dos edifícios em todos os casos deste grupo, devido às reflexões sonoras nessa superfície. Assim, um usuário localizado no afastamento frontal, dentro do lote e próximo ao prédio, pode receber 1 dB(A) à mais de nível de pressão sonora do que se estivesse na calçada. Já o indivíduo que percorrer o caminho composto pelo afastamento lateral no sentido da calçada ao fundo do lote terá uma experiência de diminuição em sua percepção sonora do ruído de tráfego, tanto por causa do distanciamento da fonte sonora, como também pelo aspecto de barreira sonora que o edifício desempenha. Pelos resultados das simulações, essa zona de amortecimento dos níveis de ruído no afastamento lateral se inicia antes mesmo do alinhamento dos edifícios, ocorrendo um peculiar avanço dessa região por sobre a calçada no cenário com 3 m de afastamento frontal. Nos pontos mais internos dos lotes é observado um impacto positivo ultrapassando a redução de -4 dB(A) nos quatro cenários. Analisando os resultados sob a ótica das proporções WH, pode-se afirmar que a via com perfil mais estreito deste grupo, 1:1, ocasionou um impacto negativo maior sobre os níveis para o transeunte do espaço público do que a de perfil mais largo, 1:0,5, enquanto que para um indivíduo na parte posterior dos edifícios não houve diferenças.

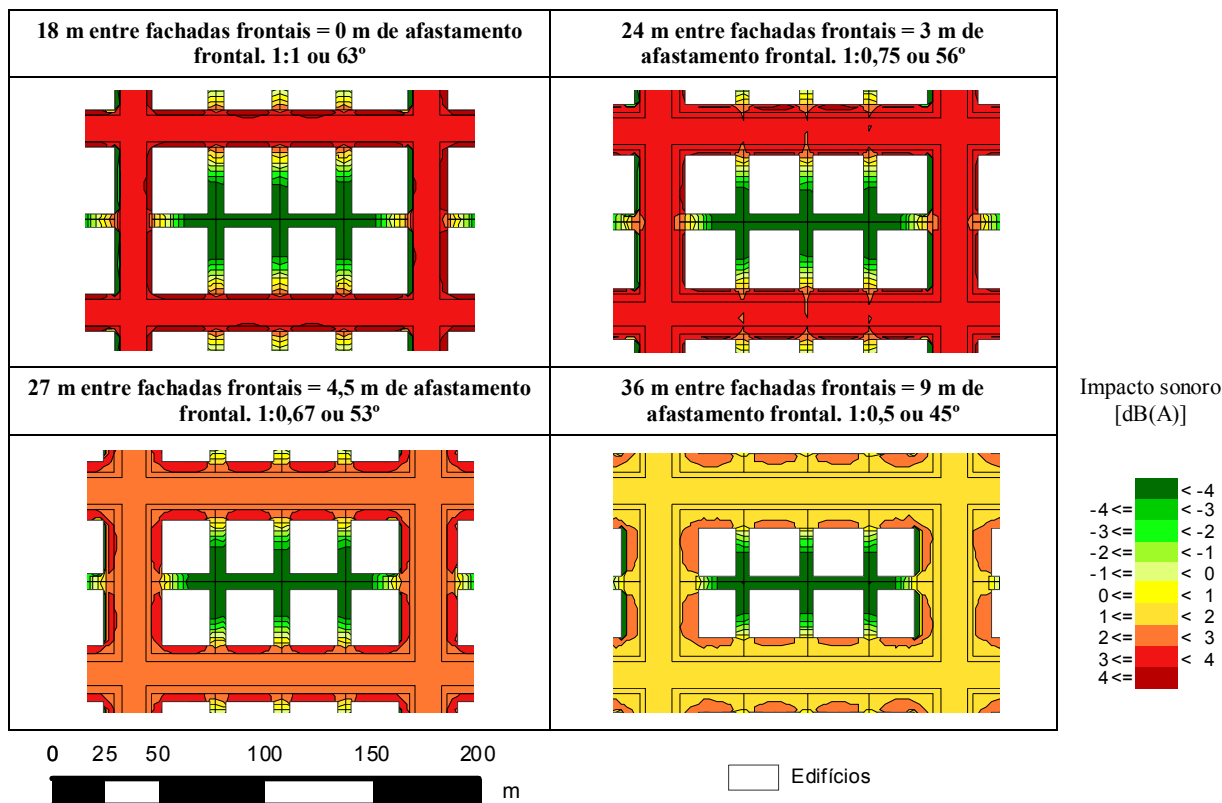


Figura 4 - Grupo A: cenários com edifícios de 18 m de altura e modificações nos afastamentos frontais (0, 3, 4.5 e 9 m).

Na Figura 5 observam-se os mapas de impacto dos quatro cenários com edifícios de 24 m de altura do grupo B. Percebe-se que, novamente, quanto maior o afastamento frontal, menor é o aumento no nível sonoro para o pedestre que transita no espaço público, variando desde um impacto acima de 4 dB(A) para o cenário sem afastamento frontal, até um aumento entre 2 e 3 dB(A) para o cenário que possui 9 m de afastamento frontal. Como ocorrido no grupo A, as áreas de maior impacto negativo estão localizadas próximas às fachadas frontais dos edifícios. Na situação com 7 m de afastamento frontal ocorre uma ampliação dessa região com maior impacto negativo, quando comparada com os outros três cenários. Nos afastamentos laterais dos cenários do grupo B também ocorre o que foi chamado anteriormente de zona de amortecimento de níveis sonoros. Percebe-se uma diferenciação na distribuição do impacto sonoro nos pontos mais internos dos lotes, relativa ao distanciamento das esquinas. Nos quatro lotes centrais da quadra a proteção sonora exercida pelo edifício é maior, chegando à uma redução acima de -4 dB(A) em todos os casos. Já para os lotes de esquina, observa-se que quanto maior o afastamento frontal, mais fraco é o papel do prédio como barreira acústica, embora ainda tenha ocorrido um impacto positivo de pelo menos o intervalo entre -3 e -2 dB(A).

De forma geral, nota-se que, para os cenários demonstrados na Figura 5, quanto maior o afastamento frontal, mais vulnerável fica o interior das quadras perante o ruído de tráfego rodoviário. Tal fato pode ser explicado pela forma de elaboração dos cenários hipotéticos, onde o aumento dos afastamentos frontais implicou na diminuição das dimensões dos edifícios, reduzindo a característica de proteção sonora do prédio, já que o ruído faz um menor caminho até a parte posterior do edifício. Considerando as proporções WH dos cenários do grupo B, observa-se que a via com perfil mais estreito, 1:1,34, acarretou um maior aumento nos níveis sonoros do espaço público, sendo que quanto mais larga a proporção, menor foi esse acréscimo. A gradação entre perfil mais estreito e mais largo possuiu efeito diferente nos níveis para um indivíduo na parte posterior dos edifícios: o impacto positivo, ou seja, diminuição do nível quando comparado com a situação desocupada, ficou cada vez menor.

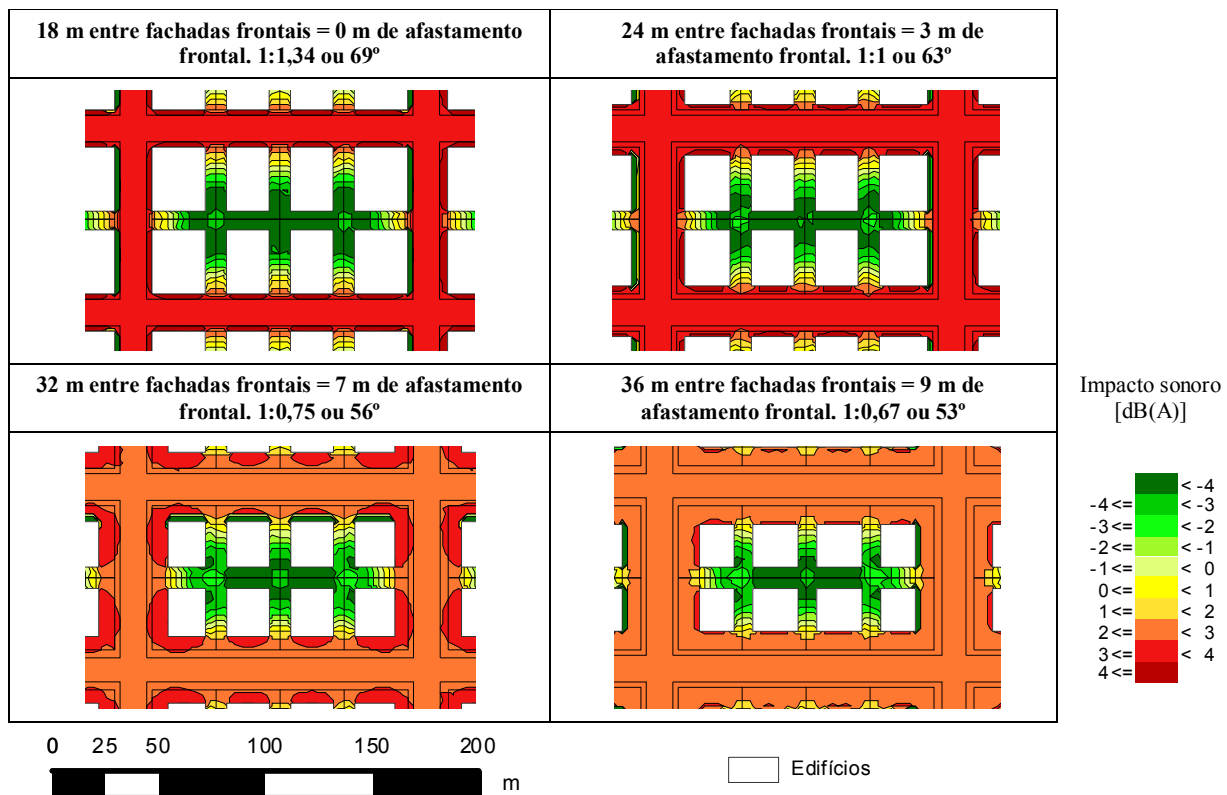


Figura 5 - Grupo B: cenários com edifícios de 24 m de altura e modificações nos afastamentos frontais (0, 3, 7 e 9 m).

A Figura 6 agrupa os mapas de impacto dos três cenários com edifícios de 27 m de altura do grupo C simulados para a pesquisa. Como nos grupos anteriores, quanto maior o afastamento frontal, menor é o impacto negativo no nível sonoro para o pedestre que transita na rua, variando desde um impacto acima de 4 dB(A) até um aumento entre 2 e 3 dB(A). Novamente, as áreas de maior impacto negativo estão localizadas

próximas às fachadas frontais dos edifícios. Nos afastamentos laterais dos cenários do grupo C também acontece a gradação do impacto, passando de aspecto negativo a positivo. No interior dos quatro lotes centrais a redução sonora chega a ser acima de -4 dB(A), mas nos lotes de esquina, o impacto positivo é um pouco menor, entre -2 e -1 dB(A), pelo mesmo motivo observado no grupo B. Avaliando os resultados pelas proporções WH, pode-se afirmar que a diferença dos efeitos nos níveis sonoros para o pedestre na via ou no afastamento de fundos, já discutido no grupo B, permanece neste grupo C.

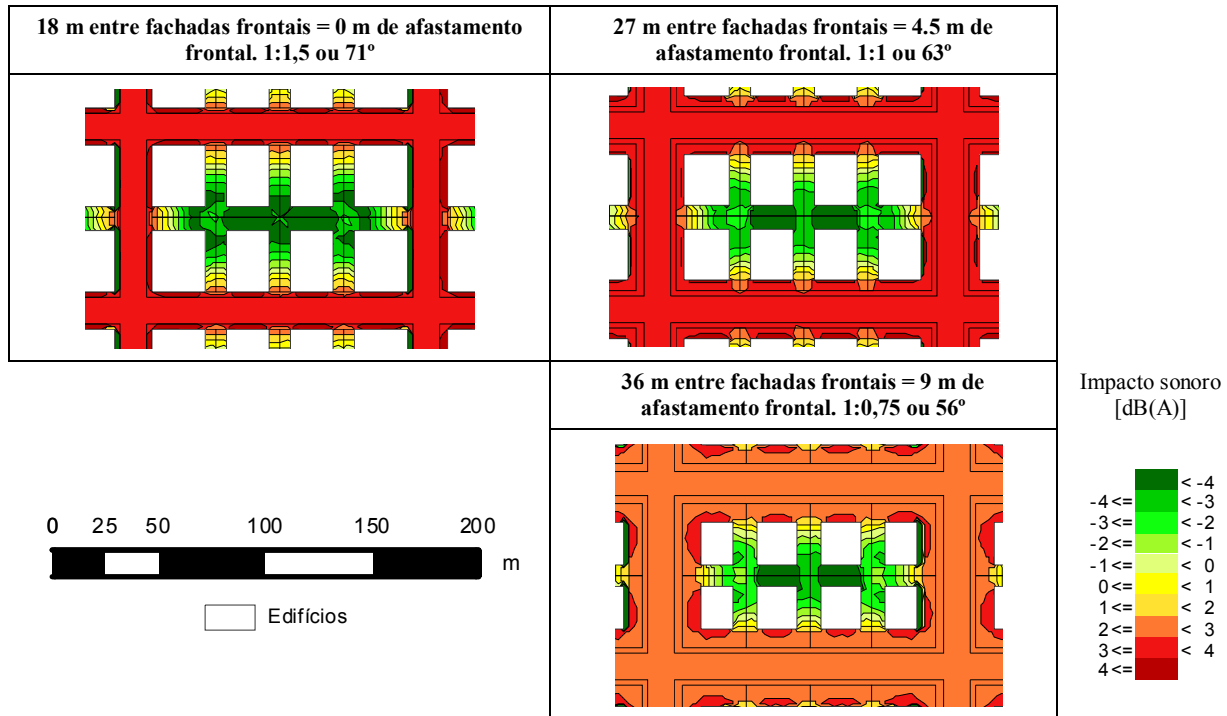


Figura 6 - Grupo C: cenários com edifícios de 27 m de altura e modificações nos afastamentos frontais (0, 4,5 e 9 m).

Os mapas de impacto dos quatro cenários com edifícios de 36 m que compõem o grupo D estão apresentados na Figura 7. Observa-se a mesma relação dos grupos antecessores entre afastamento frontal e impacto negativo no nível sonoro para o transeunte, que variou desde um impacto acima de 4 dB(A) até um aumento entre 2 e 3 dB(A). O pedestre localizado nos afastamentos laterais dos quatro cenários também notará uma diminuição do ruído de tráfego enquanto caminha para o fundo do lote, sendo que a redução alcançada é maior quanto menor o afastamento frontal, como ocorrido nos grupos anteriores. No interior dos quatro lotes centrais a redução sonora chega a ser acima de -4 dB(A), mas nos lotes de esquina, o impacto positivo fica, no mínimo, entre -1 e 0 dB(A), no cenário com maior afastamento frontal. As mesmas observações para a gradação das proporções WH realizadas para os grupos B e C podem ser refeitas para o agrupamento D.

A princípio, a comparação entre cenários pertencentes a grupos diferentes não pode ser realizada, já que, além de possuírem alturas de edifícios diferentes, os afastamentos laterais também são divergentes. Mas, tendo em vista que um edifício elaborado para a zona ARP-7 do Plano Diretor do Distrito Sede de Florianópolis, deverá cumprir os índices urbanísticos indicados para todos os parâmetros envolvidos, como um pacote de requisitos, pode-se especular o que aconteceria se um projetista utilizasse o ângulo máximo de 70° de duas diferentes formas: diminuindo o afastamento frontal e produzindo um edifício mais baixo, ou aumentando o afastamento para elevar a altura. Para tanto, comparou-se os dois cenários que possuem ângulo de via de 69°, que são apresentados na Figura 8. Se a escolha projetual fosse trabalhar com afastamento frontal nulo, a altura do edifício seria de 24 m, enquanto que se houvesse a consideração de 4,5 m de afastamento frontal, a altura poderia ser de 36 m. Comparando os mapas de impacto sonoro das duas situações, pode-se observar que a primeira opção, ou seja, edifício mais baixo com afastamento frontal menor, seria mais interessante para o indivíduo no lote, enquanto que a segunda idéia, com edifício mais alto e maior afastamento frontal seria mais apropriada para se resguardar o pedestre na via pública.

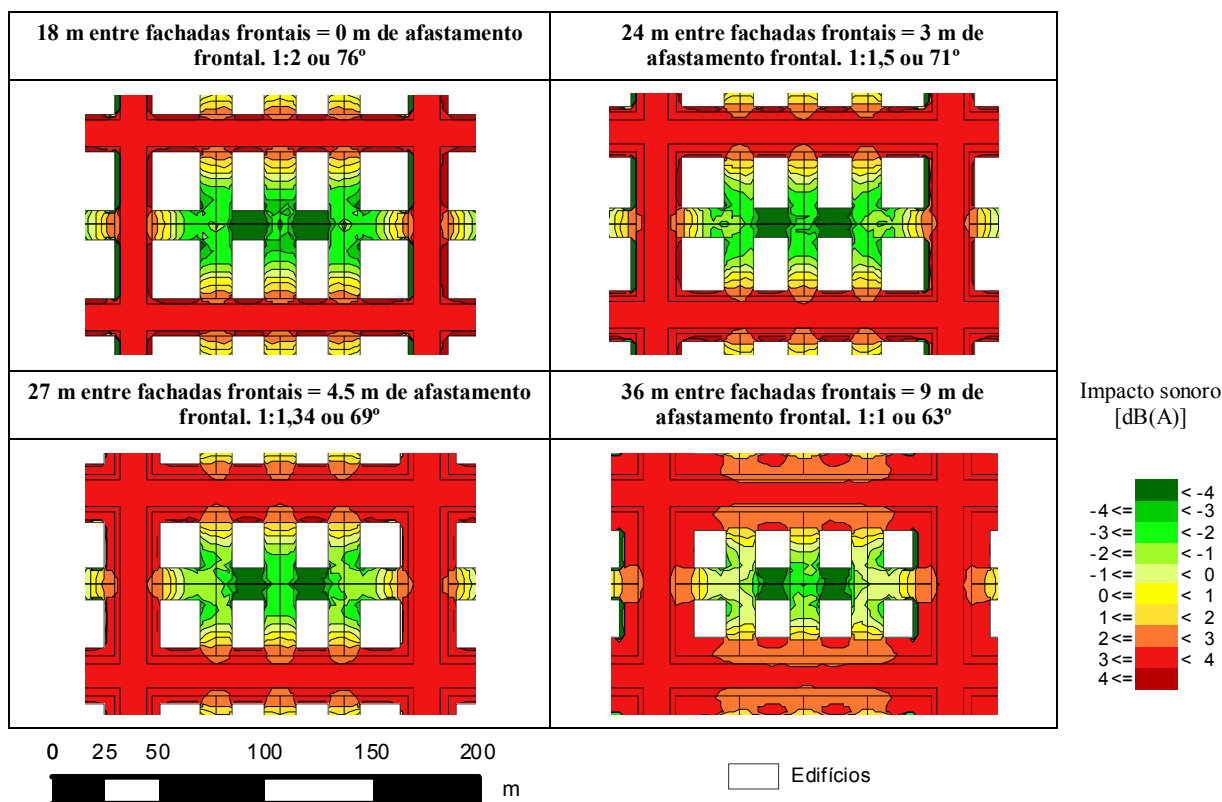


Figura 7 - Grupo D: cenários com edifícios de 36 m de altura e modificações nos afastamentos frontais (0, 3, 4,5 e 9 m).

É importante salientar que, aparentemente, os níveis sonoros para o pedestre localizado no lote são muito influenciados pelo tamanho do afastamento lateral, que não é foco deste estudo. Confrontando as outras situações que possuem mesma proporção WH e, portanto, ângulos de via iguais entre si observa-se que a tendência verificada na comparação entre os dois cenários com 69° de via da Figura 8 se reforça.

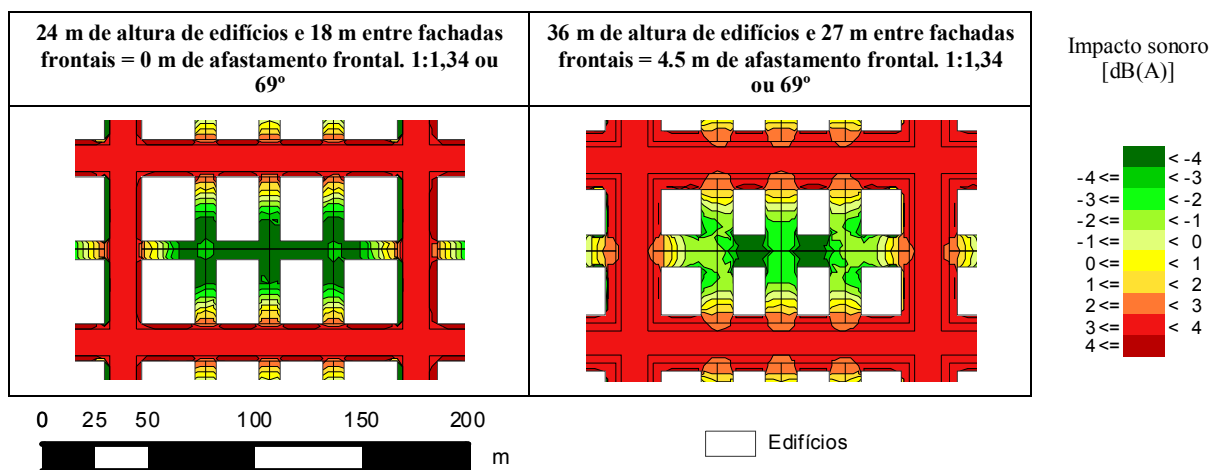


Figura 8 - Comparação entre cenários com 69° de ângulo de via.

5. CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados é possível identificar as relações entre afastamentos frontais de edificações e a configuração de diferentes ambientes sonoros urbanos para o pedestre, nas situações investigadas. Uma questão evidente são os efeitos acústicos inversos que a alteração dos afastamentos frontais acarreta nos níveis sonoros para o indivíduo localizado na via pública e no lote, posteriormente aos

edifícios. A ampliação do afastamento frontal mostrou-se benéfica para o transeunte, ocorrendo diminuição do impacto negativo sobre a poluição sonora, ou seja, redução do acréscimo nos níveis sonoros ocasionado pela inserção da massa edificada. Já o impacto positivo que a edificação traz para os níveis sonoros para o indivíduo atrás do edifício fica menor quanto maior o afastamento frontal considerado. Essas conclusões vêm confirmar as indicações levantadas na revisão bibliográfica.

Observando o aumento dos afastamentos frontais sob a ótica da proporção WH, ou seja, a razão entre distância entre fachadas frontais, W, e altura de edifícios, H, pode-se reafirmar os efeitos sonoros divergentes citados. Determinações conjugadas entre altura de edifício e afastamento frontal foram especuladas ao fim dos resultados, com a comparação entre cenários de mesma proporção. As situações com edifícios mais baixos e menores afastamentos frontais foram mais interessantes para o indivíduo localizado posteriormente ao edifício, enquanto os cenários, de mesma proporção, mas contendo edifícios mais altos e maiores afastamentos frontais foram mais adequados ao pedestre na via. Contudo, a análise sobre a influência da proporção WH da via nos ambientes sonoros está incompleta nesta pesquisa, já que não houve comparação entre cenários que possuam o mesmo afastamento frontal e modifiquem as alturas edificadas.

A realização da presente pesquisa indica a importância das decisões projetuais, como a definição do afastamento frontal, na configuração de ambientes sonoros urbanos. Dependendo da forma dos edifícios e da localização do pedestre, os prédios atuaram como reforçadores da poluição sonora com o acréscimo de mais de 3 dB(A) em alguns casos ou como barreiras sonoras atingindo reduções acima de -4 dB(A).

As conclusões desta pesquisa aplicam-se aos cenários hipotéticos simulados e, portanto, indicam uma tendência, não podendo ser expandidos a todas as ocasiões urbanas. Como estudo futuro vislumbra-se a possibilidade de se investigar como a forma de determinação dos afastamentos laterais em Florianópolis pode afetar os campos acústicos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSEJO, M. et al. Study of precision, deviations and uncertainty in the design of the strategic noise map of the macrocenter of the city of Buenos Aires, Argentina. **Environmental Modeling and Assessment**, v. 15, n. 2, p. 125-135, 2010.
- BARRIGÓN MORILLAS, J. M. et al. An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain. **Applied Acoustics**, v. 63, n. 10, p. 1061-1070, 2002.
- EL DIEN, H. H.; WOLOSZYN, P. The acoustical influence of balcony depth and parapet form: experiments and simulations. **Applied Acoustics**, v. 66, n. 5, p. 533-551, 2005.
- FORSSEN, J.; THORSSON, P. **Road traffic noise propagation to na inner yard - Measurements before and after the construction of gap filling buildings**. Euronoise 2009. Edinburgh, Scotland: [s.n.]. 2009.
- GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: Um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. 115 p.
- HINCU, G. Computer assisted evaluation of traffic noise level. **Electronic Journal Technical Acoustics**, v. 19, 2003.
- HORNIX, M.; FORSSÉN, J. Noise abatement schemes for shielded canyons. **Applied Acoustics**, v. 70, n. 2, p. 267-283, 2009.
- MORAES, E. L.; SIMÓN, F.; GUIMARÃES, L. H. **Mapa de predicción del ruido ambiente en Belém - Brasil**. X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Natal: ENCAC. 2009. p. 1609-1618.
- NARDI, A. S. L. V. **Mapeamento sonoro em ambiente urbano. Estudo de caso: área central de Florianópolis**. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2008.
- 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 conseqüências**. IX Encontro Nacional e V Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, MG: [s.n.]. 2007.
- PEREIRA, E. M. **Leis que desenham cidades**. Anais do 15º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico - IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - GRAPHICA 2001. São Paulo: [s.n.]. 2001.
- PINTO, F. N. C.; MARDONES, M. M. Noise mapping of densely populated neighborhoods - example of Copacabana, Rio de Janeiro - Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 155, n. 1, p. 309-318, 2009.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Plano Diretor do Distrito Sede**. IPUF: Prefeitura Municipal de Florianópolis. Lei Complementar nº 001/97 1998.
- SALOMONS, E. et al. **Sound propagation in cities**. Euronoise. Edinburgh, Scotland: [s.n.]. 2009.
- TSAI, K.; LIN, M.; CHEN, Y. Noise mapping in urban environments: A Taiwan study. **Applied Acoustics**, v. 70, n. 7, p. 964-972, 2009.
- VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. The importance of roof shape for road traffic noise shielding in the urban environment. **Journal of Sound and Vibration**, v. 329, n. 9, p. 1422-1434, 2010.
- 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.