



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

BRUNO DE ANDRADE SIQUEIRA
JOÃO VICTOR DE SOUZA CAMPÊLO BRAGA
PEDRO HENRIQUE DE LUCENA SOARES MENDES

**IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO ACÚSTICO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

Recife

2019

BRUNO DE ANDRADE SIQUEIRA
JOÃO VICTOR DE SOUZA CAMPÊLO BRAGA
PEDRO HENRIQUE DE LUCENA SOARES MENDES

**IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO ACÚSTICO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
Grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Jeferson do Rêgo Silva.

Recife

2019

////

Catalogação na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S618i Siqueira, Bruno de Andrade.

Importância do mapeamento acústico através da simulação computacional / Bruno de Andrade Siqueira; João Victor de Souza Campêlo Braga; Pedro Henrique de Lucena Soares Mendes. - 2019.

87 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. José Jeferson do Rêgo Silva.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2019.

Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia civil. 2. Poluição sonora. 3. Mapeamento acústico.
4. CadnaA. 5. Ruído. I. Braga, João Victor de Souza Campêlo. II. Mendes, Pedro Henrique de Lucena Soares. III. Silva, José Jeferson do Rêgo (Orientador). IV. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2021-58

BRUNO DE ANDRADE SIQUEIRA
JOÃO VICTOR DE SOUZA CAMPÊLO BRAGA
PEDRO HENRIQUE DE LUCENA SOARES MENDES

**IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO ACÚSTICO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Federal de Pernambuco,
como requisito parcial para a obtenção do
Grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em: 20/08/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Jeferson do Rêgo Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Otávio Joaquim da Silva Júnior (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Tiago Ancelmo de Carvalho Pires de Oliveira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

////

Dedicamos esse trabalho a Deus e às nossas famílias, que sempre contribuíram muito com a nossa bagagem de conhecimentos.

////

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores, que foram essenciais nesse caminho, em especial ao Prof. Dr. José Jeferson do Rego Silva pelo apoio na elaboração deste trabalho.

Aos nossos amigos, por toda ajuda e apoio durante este período tão importante em nossa formação acadêmica.

À Tecomat Engenharia, pelo apoio e contribuição na concepção desta pesquisa.

RESUMO

O aumento populacional e, consequentemente, da quantidade de veículos nas ruas ocasionou o incremento da poluição sonora nos grandes centros urbanos. Essa poluição traz diversos malefícios para a população, afetando não só o sistema auditivo das pessoas, mas também provocando alterações comportamentais e orgânicas. Esse problema começou a afetar também as construções, que passaram a ter que se preocupar com o conforto acústico dentro das habitações. Com as regulamentações impostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a partir da Norma de Desempenho de Edificações, passou a ser obrigatório o mapeamento acústico das novas construções, podendo esse mapeamento ser feito através de simulação computacional (mais preciso) ou por simples medições em pontos específicos. O trabalho mostra através da avaliação do ruído de tráfego incidente em cada uma das fachadas de três empreendimentos localizados em Fortaleza/CE e Maceió/AL, a importância da utilização dos modelos computacionais na identificação e quantificação da poluição sonora nas áreas de construção. Para isso utilizou-se o software de simulação acústica CadnaA para o cálculo, a avaliação e a predição do ruído ambiental nas regiões. Obteve-se o nível de pressão sonora em cada uma das fachadas dos empreendimentos, relacionando-as de acordo com a classificação proposta pela Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. A partir desses resultados ficou exposta a importância da utilização da simulação computacional na avaliação de ruído em edificações, de modo a melhorar o bem-estar dos usuários e, de certa forma, contribuir com construções menos onerosas.

Palavras-chave: Poluição sonora. Mapeamento acústico. CadnaA. Ruído

ABSTRACT

The population increase and consequently the number of vehicles on the streets caused an increase in noise pollution in large urban centers. This pollution brings several harms to the population, affecting not only the hearing system of the people, but also causing behavioral and organic changes. This problem also began to affect the buildings, which had to be concerned with the acoustic comfort inside the housings. With the regulations imposed by the Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), from the Building Performance Standard, the acoustic mapping of new buildings became mandatory, and this mapping could be done through computer simulation (more precise) or simply by measurements at specific points. The work shows the importance of the use of computational models in the identification and quantification of noise pollution in the construction areas through the evaluation of traffic noise incident to each of the facades of three developments located in Fortaleza/CE and Maceió/AL. For this, the CadnaA acoustic simulation software was used for the calculation, evaluation and prediction of environmental noise in the regions. The sound pressure level was obtained in each of the facades of the buildings, relating them according to the classification proposed by the Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. From these results it was exposed the importance of the use of computational simulation in the evaluation of noise in buildings, in order to improve the well-being of the users and, somehow, to contribute to less costly constructions.

Keywords: Sound pollution. Noise mapping. CadnaA. Noise

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa Acústico de Belém/PA.....	17
Figura 2 – Medidor de Nível de Pressão Sonora SOLO Black (01dB).....	19
Figura 3 – Localização do Empreendimento A.....	23
Figura 4 – Projeto de implantação do Empreendimento A.....	24
Figura 5 – Planta de localização e pontos de medição em campo (Empreendimento A)...	25
Figura 6 – Ilustração tridimensional da avaliação computacional – indicação do Empreendimento A.....	28
Figura 7 – Localização do Empreendimento B.....	29
Figura 8 – Projeto de implantação do Empreendimento B.....	29
Figura 9 – Planta de localização e pontos de medição em campo (Empreendimento B)...	31
Figura 10 – Ilustração tridimensional da avaliação computacional – indicação do Empreendimento B.....	33
Figura 11 – Localização do Empreendimento C.....	34
Figura 12 – Projeto de implantação do Empreendimento C.....	35
Figura 13 – Planta de localização e pontos de medição em campo (Empreendimento C)..	36
Figura 14 – Ilustração tridimensional da avaliação computacional – indicação do Empreendimento C.....	38
Figura 15 – Fachadas do Empreendimento A.....	39
Figura 16 – Planta Baixa do pavimento tipo (Empreendimento A).....	42
Figura 17 – Fachadas do Empreendimento B.....	43
Figura 18 – Planta Baixa do pavimento tipo (Empreendimento B).....	45
Figura 19 – Fachadas do Empreendimento C.....	46
Figura 20 – Planta Baixa do pavimento tipo (Empreendimento C).....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).....	20
Tabela 2 – Resultado das medições (Empreendimento A).....	25
Tabela 3 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento A (período diurno).....	26
Tabela 4 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento A (período noturno).....	26
Tabela 5 – Resultado das medições (Empreendimento B).....	30
Tabela 6 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento B (período diurno).....	31
Tabela 7 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento B (período noturno).....	32
Tabela 8 – Resultado das medições (Empreendimento C).....	36
Tabela 9 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento C (período diurno).....	37
Tabela 10 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento C (período noturno).....	37
Tabela 11 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento A (diurno).....	40
Tabela 12 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento A (noturno).....	40
Tabela 13 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, D2m,nT,w para ensaios em campo.....	41
Tabela 14 – Nível de pressão sonora para as classes de ruído da NBR 15575 – Manual ProAcústica.....	41
Tabela 15 – Classe de ruído de cada uma das fachadas do Empreendimento A.....	42
Tabela 16 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento B (diurno).....	44
Tabela 17 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento B (noturno).....	44
Tabela 18 – Classe de ruído de cada uma das fachadas do Empreendimento B.....	44

Tabela 19 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento C (diurno).....	46
Tabela 20 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento C (noturno).....	47
Tabela 21 – Classe de ruído de cada uma das fachadas do Empreendimento C.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa e motivação	13
1.2	Objetivos gerais e específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	Poluição sonora.....	16
2.2	Mapeamento acústico.....	17
2.3	Legislações	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	Software CadnaA	23
3.2	Empreendimento A	23
3.2.1	Descrição do Empreendimento A	24
3.2.2	Medições de campo	25
3.2.3	Fontes de ruído consideradas	27
3.2.4	Simulação computacional	28
3.3	Empreendimento B.....	29
3.3.1	Descrição do Empreendimento B	29
3.3.2	Medições de campo	31
3.3.3	Fontes de ruído consideradas	32
3.3.4	Simulação computacional	33
3.4	Empreendimento C	34
3.4.1	Descrição do Empreendimento C	34
3.4.2	Medições de campo	36
3.4.3	Fontes de ruído consideradas	38
3.4.4	Simulação computacional	39
4	RESULTADOS E ANÁLISES	40
4.1	Empreendimento A	40
4.2	Empreendimento B.....	44
4.3	Empreendimento C	46
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS	52

ANEXO A – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS MEDIÇÕES EM	
CAMPO	55
ANEXO B - REGISTROS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL	65

///

1 INTRODUÇÃO

A evolução das grandes cidades tem evidenciado o crescimento do número de habitantes por metro quadrado e a presença cada vez mais irreversível de meios de transporte, principalmente automóveis de uso particular. Esse crescimento desenfreado traz graves consequências à vida da sociedade, um deles é a poluição sonora. A poluição sonora ocorre quando o som altera a condição normal de audição em um determinado ambiente (VICENTINI, 2019). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o nível de ruído recomendável para a audição é de até 50 decibéis (dB) (JORNAL DO SENADO, 2015), mas o que se verifica principalmente nas grandes vias urbanas é um nível muito acima disso.

Com o objetivo de aumentar a qualidade das habitações brasileiras, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) pôs em vigor em maio de 2012 a NBR 15575, mais conhecida como Norma de Desempenho de Edificações, que estabelecia níveis obrigatórios para alguns requisitos essenciais em uma edificação. A norma era válida para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, então em julho de 2013 a ABNT fez uma revisão e a norma passou a ser válida para todos os edifícios novos do país (EMARKET, 2017).

As mudanças obrigaram as construtoras a se atentarem ao atendimento das exigências quanto ao conforto acústico. Para adequar as novas construções às novas medidas, passou-se a realizar um mapeamento acústico na região das edificações. Esse mapeamento pode ser feito de duas maneiras: da forma simplificada ou através da simulação computacional. O mapa acústico é uma ferramenta fundamental para estudo, diagnóstico e gestão do ambiente sonoro. Através de modelos computacionais, ficam claros os pontos críticos de uma região e pelo estudo dos resultados obtidos é possível a tentativa de controle da poluição sonora. Daí verifica-se a importância da utilização desses modelos, visto que possibilitam com precisão a realização de cálculos e análises.

1.1 Justificativa e motivação

A poluição sonora é um dos maiores problemas ambientais que ocorrem nas grandes cidades em todo o mundo. É um problema de saúde pública, visto que causa danos à saúde, à fauna e à qualidade de vida das pessoas. Pode gerar estresse, insônia, agressividade e até perda de audição em casos mais graves. Para a Organização Mundial de Saúde, a poluição sonora de 50 dB já prejudica a comunicação e, a partir de 55 dB, pode causar estresse e outros



efeitos negativos. Ao alcançar 75 dB, a poluição sonora apresenta risco de perda auditiva se o indivíduo for exposto a ela por períodos de até oito horas diárias (CERRI, 2016).

No Brasil, a poluição sonora sempre foi pouco debatida, mas após entrar em vigor a Norma de Desempenho de Edificações, que estabelece exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais, as empresas de engenharia tiveram que se adequar a novos critérios de qualidade e segurança. A Norma prevê que a edificação deve oferecer proteção acústica, devendo abafar sons externos dentro de uma medida pré-determinada, e a partir do mapeamento acústico, é possível saber o quanto a estrutura precisa isolar para oferecer um maior conforto sonoro aos usuários.

O mapeamento acústico das cidades é apenas o primeiro passo para o início de um processo de gestão de ruídos urbanos. Esses ruídos trazem repercussão à saúde e desde que as autoridades passaram a se atentar a esse fato, maneiras de estabelecer controles de forma a reduzir a poluição sonora passaram a ser estudadas não só pela saúde pública, mas também por outras áreas, entre elas a engenharia. Fortaleza foi a primeira cidade brasileira a ter sua Carta Acústica, concluída em 2012, com o objetivo de combater e prevenir a poluição sonora na cidade (PROACÚSTICA, 2013). É tarde, se observado que em 2004 a cidade de Lisboa, em Portugal, já contava com mapeamento acústico, o que serviu de inspiração para o trabalho realizado na capital cearense pelo especialista em acústica, Francisco Aurélio Chaves Brito. Desde então houve um avanço tímido no mapeamento das cidades brasileiras, e atualmente a maioria dos estudos se restringem a áreas de construção.

A simulação computacional é uma solução para redução de custos na implantação de um Empreendimento, olhando do ponto de vista das empresas de engenharia, e principalmente oferecendo mais conforto para os consumidores. Este trabalho tem a motivação de apresentar detalhadamente os benefícios da realização desses estudos em edificações, através da apresentação de dados técnicos de campo obtidos de 3 Empreendimentos, sendo 2 localizados em Maceió, Alagoas, e 1 em Fortaleza, Ceará.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O trabalho tem por objetivo geral avaliar o impacto sonoro gerado pelo ambiente em três Empreendimentos, sendo dois localizados no bairro de Ponta Verde, na cidade de Maceió/AL, e um localizado no bairro de Cocó, em Fortaleza/CE, apresentando a importância

do mapeamento acústico em uma simulação computacional tridimensional. Os objetivos específicos serão:

- a) Caracterizar a área de cada um dos Empreendimentos;
- b) Realizar medições de campo e mapeamento acústico no entorno dos Empreendimentos analisados;
- c) Realizar a modelagem computacional, utilizando o software CadnaA;
- d) Apresentar as vantagens da realização do mapeamento acústico através de simulação computacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico serão abordados os principais tópicos relacionados à poluição sonora e mapeamento acústico em edificações, caracterizando conceitos fundamentais, problemas existentes e suas perspectivas.

2.1 Poluição sonora

Convivemos com sons em qualquer ambiente, alguns agradáveis como uma música, um pássaro cantando ou o barulho do mar, outros irritantes e angustiantes como buzinas, roncos de motores e gritarias. A industrialização e urbanização ocasionaram em uma maior concentração populacional nas áreas urbanas e isso trouxe consequências, uma delas a poluição sonora. Segundo Ising e Kruppa (2004), a poluição sonora é o efeito danoso provocado por sons em determinado volume que superem os níveis considerados normais para os seres humanos.

O maior vilão é o trânsito. O rápido aumento do número de veículos motorizados em cidades cada vez mais desorganizadas tem causado um sensível acréscimo no número de reclamações da população em relação ao ruído gerado nas cidades, tanto no Brasil como no resto do mundo. Estudos realizados em várias cidades têm mostrado que o ruído de tráfego é o maior contribuinte para os níveis sonoros medidos e a maior causa de incômodo em áreas urbanas (FIDEL, 1978). Com isso “[...], o ruído, que antes era tratado como um problema de saúde apenas nos ambientes industriais – levando trabalhadores sob condições insalubres a apresentar problemas graves como perda auditiva –, atravessou as paredes das fábricas.” (RONCOLATO et al, 2016).

Mota (1981) considera que há algumas medidas que podem ser adotadas para atenuar o ruído proveniente o tráfego, como a melhoria dos equipamentos dos veículos, algo que já vem acontecendo atualmente, com carros cada vez mais silenciosos, principalmente os híbridos ou elétricos, restrição ao tráfego de veículos pesados em determinadas áreas da cidade, melhoria do fluxo de veículos, com objetivo de evitar acelerações e desacelerações, execução de barreiras arquitetônicas, disciplinamento do uso do solo, isolamento dos edifícios verticais e projeto adequado para as vias e áreas adjacentes.

A poluição sonora traz impacto na vida das pessoas, principalmente no que se refere à saúde. Nos grandes centros urbanos, os níveis de ruído podem ultrapassar os 90 dB, quando a

Organização Mundial de Saúde considera que 50 dB é o limite para não prejudicar a audição. Decibéis (dB) é uma unidade logarítmica usada para mostrar a pressão do som em um ambiente. Em entrevista, o otorrinolaringologista Arnaldo Guilherme afirma que muito barulho provoca grande agitação, além de dificultar a concentração. Essa excitação costuma levar a quadros de hiperatividade, agressividade, mau humor, depressão e até bipolaridade (MOÇO, 2008). Segundo Perez (2014), a poluição sonora causa doenças como “stress, depressão, surdez, agressividade, perda de atenção e concentração, perda de memória, dores de cabeça, insônia (dificuldade de dormir), aumento da pressão arterial, AVC, cansaço, medo, gastrite e úlcera, queda de rendimento escolar e no trabalho, taquicardia, redução da libido, arritmia, desequilíbrios dos níveis de colesterol e hormonais e outras perturbações psíquicas e até tendências suicidas”, além de trazer também malefícios à fauna e flora do ambiente.

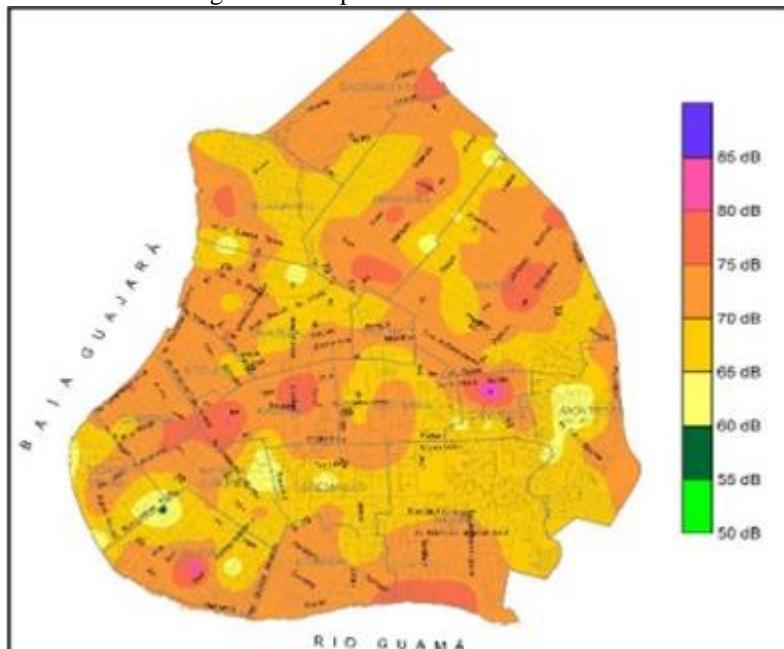
2.2 Mapeamento acústico

O mapeamento acústico pode ser definido como a representação gráfica, por curvas isofônicas, dos níveis de pressão sonora atuantes no espaço urbano (JOAQUIM, 2018). Para Santos e Valado (2004) o mapeamento acústico “é a representação gráfica das áreas cujo nível de ruído se situa numa dada gama de valores”. Já Moraes e Lara (2005) definem como “clima de ruído que identifica e caracteriza as principais fontes de ruído e as zonas de maior intensidade sonora”. A melhor definição, pelo menos a mais fácil de entender, talvez seja a dada por Ventura et al (2008):

O mapeamento acústico é uma ferramenta fundamental para o estudo do ruído ambiental. Baseado no levantamento dos níveis de ruído de uma cidade, através da medição ou através do uso de método prediccional, o mapa acústico, nada mais é do que a representação de curvas isofônicas (similar às curvas topográficas dos mapas convencionais) – pontos de ruído com a mesma intensidade – de certa área geográfica. Os diversos níveis de intensidade sonora são separados por zonas com cores padronizadas em trechos de 5 dB.

A Figura 1 apresenta o Mapa Acústico da cidade de Belém, no Pará, como exemplo.

Figura 1 – Mapa Acústico de Belém/PA



Fonte: Moraes; Lara (2005).

As definições são diversas, mas o objetivo e importância são um só: aumentar o conforto acústico dos usuários, protegendo-os de possíveis problemas de saúde e também melhorar as características das construções.

O mapeamento sonoro permite levantar dados e realizar simulações que servem de apoio para o desenvolvimento dos projetos com objetivo de buscar soluções, materiais e sistemas construtivos que proporcionem melhor desempenho acústico. Os mapas sonoros são realizados com a ajuda de cartografia e simulações de computador, além de softwares que simulam o impacto das diversas fontes de ruído no novo Empreendimento, abrangendo desde pequenos quarteirões até cidades inteiras (EMARKET, 2014).

“O ruído externo precisa ser controlado de modo que não adentre na edificação, sendo necessário, para isso, determinar barreiras (isolamentos) que garantam esse impedimento. Não existe um projeto padrão que proporcione o conforto que as construtoras e o consumidor final desejam. É preciso que seja realizado um mapeamento acústico personalizado, para funcionar de acordo com as necessidades do Empreendimento, a partir das características de cada região” (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013, p. 22).

Segundo Morais e Simón (2009), alguns procedimentos metodológicos são necessários para a criação dos mapas do campo acústico local, como modelagem geométrica da região, inserção de dados de tráfego, inserção das principais fontes sonoras, coleta dos dados para a

alimentação do software, calibração do modelo acústico da região, através de medições e cálculo dos mapeamentos acústicos.

No Brasil, o que se faz em ampla escala é a medição da área em que o edifício será erguido, para que seja determinado um valor predominante em decibéis. Por meio desse levantamento, o projetista tem parâmetros suficientes para determinar quais são as barreiras acústicas e isolamentos necessários para assegurar um bom desempenho (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2013, p. 22).

Para Dacol (2013), “o mapa acústico é uma ferramenta fundamental para estudo, diagnóstico e gestão do ambiente sonoro. O resultado é um conjunto de pontos que apresenta a disposição dos diferentes níveis sonoros em uma determinada área geográfica”. A partir de um edifício existente ou futuro, realizam-se medições nesse entorno e de vários pontos, em dias e horários diferentes, principalmente nos horários de maior pico nas principais ruas e avenidas no entorno do Empreendimento em questão. Em posse das informações, as construtoras sabem exatamente o tipo de projeto que a edificação pode receber para atingir o melhor conforto acústico.

Há duas formas de realizar o mapeamento acústico: pelo método simplificado ou por simulação computacional.

No mapeamento simplificado as medições são realizadas em campo, e a partir dos valores das intensidades sonoras em cada ponto de medição (de preferência próximas ao Empreendimento a fim de uma melhor caracterização) é determinada a classe de ruído do Empreendimento em questão. A desvantagem desse método em comparação à simulação computacional é justamente a pobreza de detalhes, já que através da simulação computacional, há a possibilidade de caracterizar melhor o Empreendimento e avaliar cada fachada, podendo o Empreendimento possuir mais de uma classe de ruído.

A simulação computacional é realizada utilizando o CadnaA, software que permite estudar o mapeamento acústico (emissão de ruído) de plantas industriais, estacionamentos, rodovias, ferrovias ou até mesmo de cidades inteiras e áreas urbanizadas (CADNA DATAKUSTIK GMBH, 2008). No software CadnaA são inseridas as vias e as edificações existentes no entorno do Empreendimento avaliado, bem como o edifício do Empreendimento (ou os edifícios, no caso de ser um conjunto habitacional), proporcionando uma simulação mais próxima da realidade.

O mapeamento é realizado através de medidores de ruído, como mostrado na Figura 2, através desse mapeamento é possível identificar o nível de pressão sonora do

Empreendimento e sua(s) respectiva(s) classe(s) de ruído. Esses medidores devem estar calibrados junto à RBC (Rede Brasileira de Calibração) do Inmetro, para que os resultados obtidos possam estar de acordo com o exigido. Após o mapeamento de ruído ser feito, devem ser elaborados laudos, relatórios detalhados e estudos de impactos sonoros em ambientes de trabalho e áreas habitadas (AVEN ENGENHARIA TERMO ACÚSTICA, 2018).

Figura 2 – Medidor de Nível de Pressão
Sonora SOLO Black (01dB)



Fonte: N.H.O Brasil (20--?)

2.3 Legislações

O Brasil não conta com uma legislação específica para a poluição sonora, fica a cargo dos Municípios legislarem sobre os aspectos aplicáveis à convivência urbana, baseando-se nas normas técnicas editadas por órgãos normatizadores. Conforme o artigo 30 da Carta Magna da Constituição Federal (1988), a obrigação de legislar sobre assuntos de interesse local são de responsabilidade dos Municípios:

Art. 30. Compete aos Municípios:

I – legislar sobre assuntos de interesse local;

V – organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;

VIII – promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua primeira resolução de 01 de março de 1990 determina que a emissão de ruído causada por atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, incluindo propaganda política, deve obedecer aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta resolução atendendo aos interesses da saúde e sossego público.

Na mesma resolução fica determinado que os valores e os limites a serem seguidos em relação à emissão de ruído são os estabelecidos pela NBR 10151 da ABNT, com o intuito de garantir o sossego público, a saúde da população e o conforto da comunidade (AVEN ENGENHARIA TERMO ACÚSTICA, 2017).

A NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003, p. 3) apresenta uma tabela com o nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, um limite padrão por tipo de área em decibéis. A Tabela 1 apresenta a classificação feita pela ABNT.

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

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

Fonte: ABNT (2003).

Com isso, algumas cidades criaram leis próprias (como é o caso de Fortaleza/CE) e formaram estruturas adequadas para combater o problema. Segundo a Coordenadoria de Comunicação Social do MPSC (2018):

A Resolução nº 001/1990 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) regula os critérios para a emissão de ruídos em atividades comerciais, industriais, sociais ou recreativas, incluindo as de propaganda política. Conforme indica a Resolução, os ruídos considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público são estabelecidos pela norma NBR 10152 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas -, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma estipula valores, em decibéis, para ambientes como hospitais, escolas, bibliotecas, locais de circulação, residências, restaurantes, igrejas e templos e locais para esporte. Já a emissão de ruídos produzidos por veículos automotores, ou aqueles no interior dos ambientes de trabalho, obedecem às normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

Está em tramitação na Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania (CCJ), o Projeto de Lei nº 1402/2019, de autoria do Senador Veneziano Vital do Rêgo (PSB-PB), que torna crime perturbar a qualidade do meio ambiente por meio da produção de sons, ruídos ou vibrações que estejam fora dos limites legais. O Projeto apresentado pelo Senador Veneziano propõe que seja considerado crime a perturbação da qualidade ambiental provocada pela produção de sons, ruídos ou vibrações em desacordo com as prescrições legais ou regulamentares, ou desrespeitando as normas sobre emissão e imissão de ruídos e vibrações resultantes de quaisquer atividades (PBAGORA, 2019).

A proposta prevê detenção de três meses a um ano, além de multa, para quem perturbar o meio ambiente com a emissão de sons ou ruídos fora das normas.

Além das legislações e normas nacionais, cada município possui especificidades a respeito de limites de decibéis e horários.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados e métodos utilizados para elaborar o estudo são expostos em separado de cada um dos Empreendimentos. Primeiramente são descritos os Empreendimentos, local, tipo da edificação e suas características, e logo após os métodos de medição empregados, juntamente com a simulação computacional. Para realizar a modelagem e simulação computacional dos Empreendimentos foi usado o Software CadnaA.

No Anexo A estão as imagens de cada ponto de medição de cada um dos Empreendimentos e no Anexo B estão outras ilustrações retiradas do mapeamento acústico realizado no Software.

3.1 Software CadnaA

Para elaboração dos mapas acústico foi utilizado o software CadnaA. O CadnaA é um software comercial desenvolvido pela empresa alemã DataKustik GmbH para cálculo, avaliação, predição e representação do impacto sonoro no meio ambiente. Para a utilização do software é preciso obter os dados da área de estudo, sendo estes: fluxo de veículos, velocidade das vias, a quantidade de veículos leves por hora e a porcentagem de veículos pesados em relação aos veículos leves. Para iniciar o uso do software e gerar mapas sonoros é importante que se tenha o arquivo do mapa do objeto de estudo. Após a importação do mapa topográfico para o software, inicia-se a delimitação das vias de estudo e a inclusão dos dados coletados em cada obra e suas respectivas fontes receptoras do ruído.

3.2 Empreendimento A

Foi realizada uma avaliação do ruído de tráfego nas imediações do Empreendimento denominado Empreendimento A, através de medições realizadas em campo, caracterizando assim o ruído de tráfego incidente nas fachadas do Empreendimento sob análise.

3.2.1 Descrição do Empreendimento A

O Empreendimento, localizado no Bairro de Cocó, Fortaleza/CE, é caracterizado por um edifício residencial que possui 1 pavimento subsolo, 1 pavimento térreo, 2 pavimentos sobressolos, 2 pavimentos lazer, 18 pavimentos tipo e coberta.

O edifício possui 7 apartamentos por andar, discriminados em um apartamento tipo A e um tipo D, com dois quartos, dois banheiros, uma copa e uma sala; dois apartamentos tipo C também com dois quartos, dois banheiros, uma copa e uma sala; e três apartamentos tipo B com um quarto, um banheiro, uma copa e uma sala.

O Empreendimento possui piscina adulto e infantil, gourmet, terraço, copa, salão de festas e sala de ginástica.

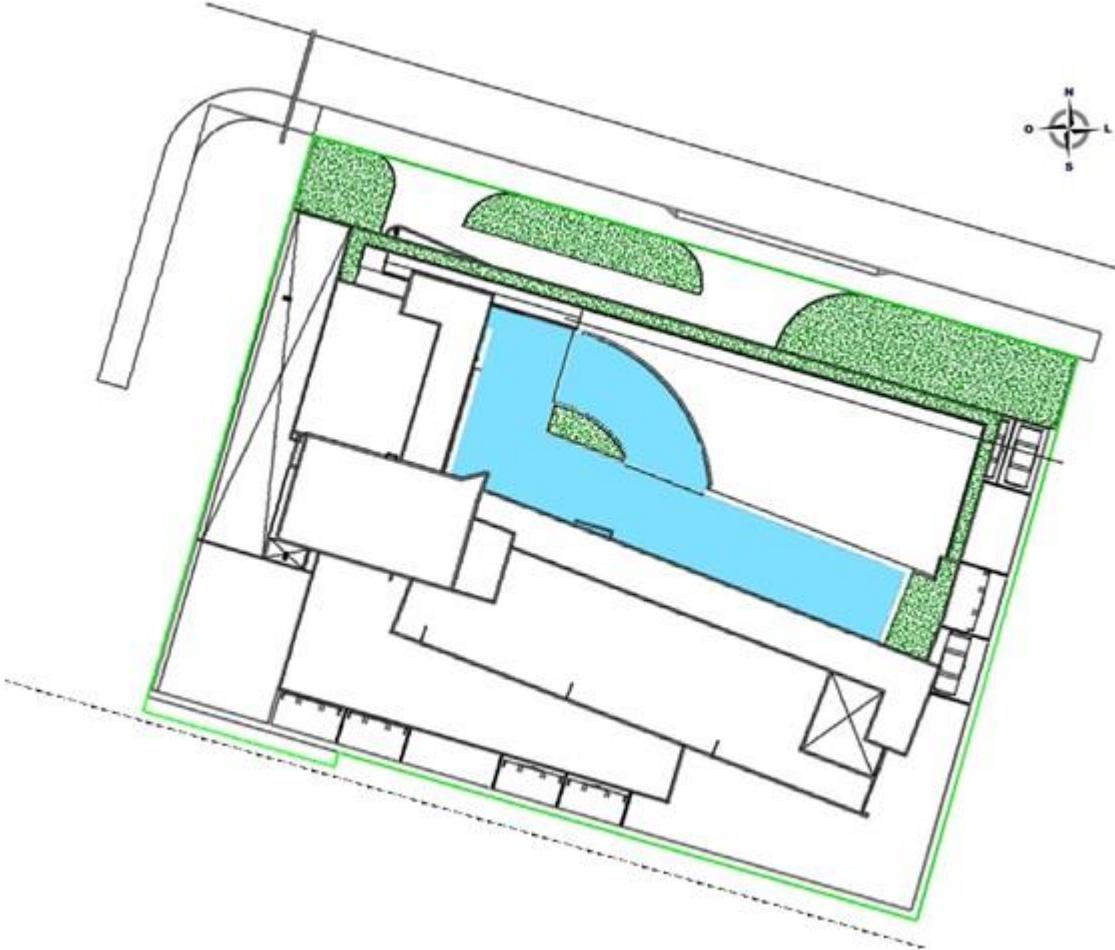
A Figura 3 e a Figura 4 ilustram, respectivamente, a área de localização e o projeto de implantação do Empreendimento avaliado.

Figura 3 - Localização do Empreendimento A



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

Figura 4 - Projeto de implantação do Empreendimento A



Fonte: Os Autores (2019).

3.2.2 Medições de campo

As medições em campo foram realizadas nos dias 10 e 11 de dezembro de 2018 no período diurno, entre 7h e 9h, e no período noturno, entre 17h e 19h, com duração de 15 minutos em cada ponto de medição.

Foi feita uma média do nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} , através do Medidor de Nível de Pressão Sonora SOLO Black (01dB) e respectivo calibrador.

A Tabela 2 apresenta a L_{Aeq} em decibéis ponderados em “A” medidas em cada ponto, conforme detalhado na Figura 5.

Tabela 2 – Resultado das medições (Empreendimento A)

Ponto	Local	L_{Aeq}	
		Média	Média
		(Dia)	(Noite)
P1	Rua Bento Albuquerque esquina com a Rua Dr. Zamenhof	71,0	70,0
P2	Rua Andrade Furtado esquina com a Rua Dr. Zamenhof	71,0	67,0
P3	Rua Andrade Furtado esquina com a Av. Padre Antônio Tomás	70,0	68,0
P4	Rua Dr. Gilberto Studart esquina com a Rua Almeida Prado	71,0	69,0
P5	Rua Bento Albuquerque esquina com a Rua César Fonseca	73,0	73,0
P6	Rua Andrade Furtado esquina com a Rua José Borba Vasconcelos	72,0	72,0
P7	Rua Dr. Gilberto Studart esquina com a Rua José Borba Vasconcelos	69,0	70,0
P8	Rua Bento Albuquerque esquina com a Rua Dr. Francisco Matos	72,0	68,0

Fonte: Os Autores (2019).

Figura 5 – Planta de localização e pontos de medição em campo (Empreendimento A)



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

3.2.3 Fontes de ruído consideradas

A entrada de dados no Software foi realizada a partir do fluxo de veículos que transitam nas vias próximas ao Empreendimento. Este fluxo das vias foi definido através de contagem realizada durante 15 minutos em cada via e extrapolado para a quantidade de veículos por hora.

A Tabela 3 e a Tabela 4 apresentam os resultados da contagem de veículos nos períodos diurno e noturno, respectivamente, realizada nas principais vias próximas ao Empreendimento sob análise.

Tabela 3 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento A (período diurno)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual
		de veículos pesados (%)
Rua Bento Albuquerque	1112	2
Rua Dr. Zamenhof	258	5
Rua Andrade Furtado	1076	3
Av. Padre Antônio Tomás	878	3
Rua Dr. Gilberto Studart	336	12
Rua Almeida Prado	372	4
Rua César Fonseca	432	1
Rua José Borba Vasconcelos	300	5
Rua Dr. Francisco Matos	572	8

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 4 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento A (período noturno)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual
		de veículos pesados (%)
Rua Bento Albuquerque	1280	2
Rua Dr. Zamenhof	312	1

(continuação)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual de veículos pesados (%)
Rua Andrade Furtado	1446	3
Av. Padre Antônio Tomás	1458	1
Rua Dr. Gilberto Studart	570	4
Rua Almeida Prado	912	0
Rua César Fonseca	400	1
Rua José Borba Vasconcelos	394	5
Rua Dr. Francisco Matos	900	4

Fonte: Os Autores (2019).

3.2.4 Simulação computacional

A simulação computacional realizada no Software permite estudar o mapeamento acústico (emissão de ruído) de plantas industriais, estacionamentos, rodovias, ferrovias ou até mesmo de cidades inteiras e áreas urbanizadas.

Foram inseridas no software as vias e as edificações existentes no entorno do Empreendimento, bem como o edifício sob análise, proporcionando uma simulação mais próxima da realidade. A Figura 6 ilustra a modelagem computacional do entorno.

Figura 6 – Ilustração tridimensional da avaliação computacional – indicação do Empreendimento A



Fonte: Os Autores (2019).

3.3 Empreendimento B

Está descrita aqui a avaliação do ruído de tráfego nas imediações do edifício denominado Empreendimento B, com o objetivo de caracterizar o ruído de tráfego incidente nas fachadas do Empreendimento sob análise.

3.3.1 Descrição do Empreendimento B

O Empreendimento está localizado no Bairro de Ponta Verde, Maceió/AL. O edifício possui 15 pavimentos, sendo 01 pavimento subsolo, 01 pavimento pilotis, 02 pavimentos garagem e 11 pavimentos tipo.

O pavimento tipo possui 03 apartamentos, sendo cada um deles composto por sala de estar/jantar, cozinha, três suítes, um vestiário de serviço, um lavabo social e varanda.

O Empreendimento ainda possui playground, jardim, área para recreação infantil, minicampo, fitness, depósito, estudos, espaço gourmet, piscina adulto e infantil, jogos open, fitness open, espaço grill e copa.

A Figura 7 e a Figura 8 ilustram, respectivamente, a área de localização e o projeto de implantação do Empreendimento avaliado.

Figura 7 – Localização do Empreendimento B



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

Figura 8 – Projeto de implantação do Empreendimento B



Fonte: Os Autores (2019).

3.3.2 Medições de campo

As medições em campo foram realizadas nos dias 03 e 04 de abril de 2019 no período diurno, entre 7h e 9h, e no período noturno, entre 17h e 19h, com duração de 15 minutos em cada ponto de medição.

Para as medições do L_{Aeq} foi utilizado o sonômetro digital Impac IP – 170L.

A Tabela 5 apresenta a média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), em decibéis ponderados em “A” medidas em cada ponto, conforme detalhado na Figura 9.

Tabela 5 – Resultado das medições (Empreendimento B)

Ponto	Local	L_{Aeq}	
		Média (Dia)	Média (Noite)
P1	Av. Dr. José Sampaio Luz esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo	71,0	70,0
P2	Rua Professor Sandoval Arroxelas esquina com a Rua José Cabral Acioli	71,0	67,0
P3	Rua Professor Sandoval Arroxelas esquina com a Rua Gaspar Ferrari	70,0	68,0
P4	Rua Professor Vital Barbosa esquina com a Rua Carlos Tenório	71,0	69,0
P5	Rua Professor Sandoval Arroxelas esquina com a Rua Carlos Tenório	73,0	73,0
P6	Rua Dr. Antônio Cansanção esquina com a Rua Carlos Tenório	72,0	72,0

Fonte: Os Autores (2019).

Figura 9 – Planta de localização e pontos de medição em campo (Empreendimento B)



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

3.3.3 Fontes de ruído consideradas

A entrada de dados no Software foi realizada a partir do fluxo de veículos que transitam nas vias próximas ao Empreendimento. Este fluxo das vias foi definido através de contagem realizada durante 15 minutos em cada via e extrapolado para a quantidade de veículos por hora.

A Tabela 6 e Tabela 7 apresentam os resultados da contagem de veículos nos períodos diurno e noturno, respectivamente, realizada nas principais vias próximas ao Empreendimento sob análise.

Tabela 6 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento B (período diurno)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual de veículos pesados (%)
Av. Dr. José Sampaio Luz	316	1
Rua João Gualberto Pereira do Carmo	518	0

///

(continuação)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual de veículos pesados (%)
Rua Professor Sandoval Arroxelas	714	0
Rua José Cabral Acioli	448	0
Rua Gaspar Ferrari	198	0
Rua Professor Vital Barbosa	154	0
Rua Carlos Tenório	372	0
Rua Dr. Antônio Cansanção	64	9

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 7 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento B (período noturno)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual de veículos pesados (%)
Av. Dr. José Sampaio Luz	572	1
Rua João Gualberto Pereira do Carmo	840	1
Rua Professor Sandoval Arroxelas	968	1
Rua José Cabral Acioli	596	0
Rua Gaspar Ferrari	264	0
Rua Professor Vital Barbosa	318	0
Rua Carlos Tenório	444	0
Rua Dr. Antônio Cansanção	180	0

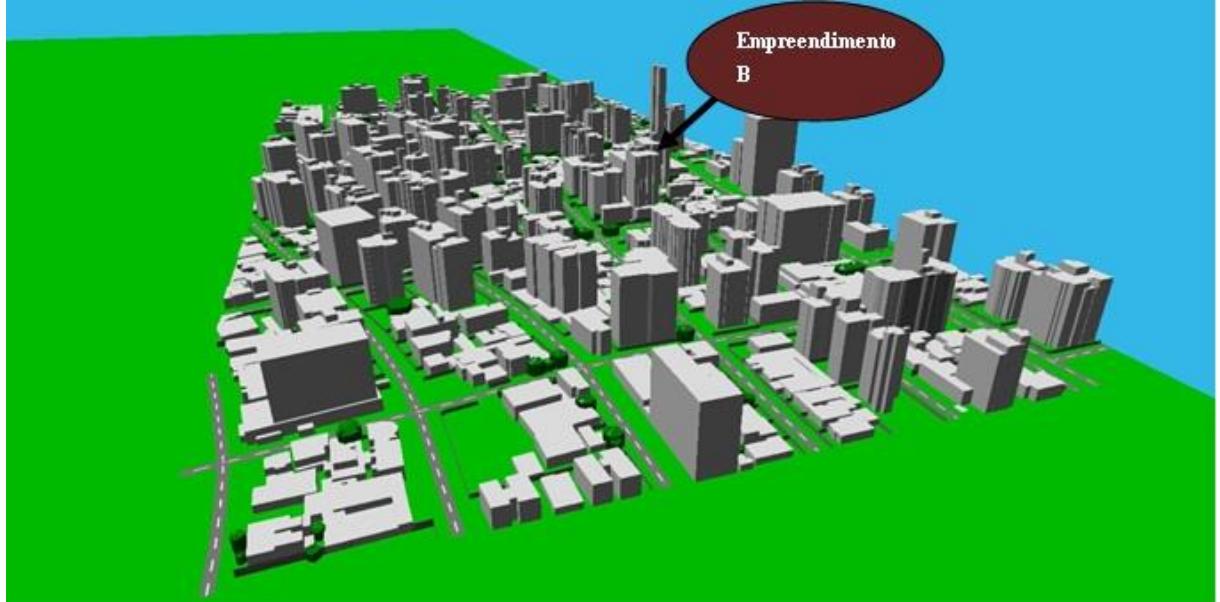
Fonte: Os Autores (2019).

3.3.4 Simulação computacional

Com a simulação computacional realizada no Software podemos estudar o mapeamento acústico do Empreendimento.

Foram inseridas no software as vias e as edificações existentes no entorno do Empreendimento, bem como o edifício sob análise, proporcionando uma simulação mais próxima da realidade. A Figura 10 ilustra a modelagem computacional do entorno.

Figura 10 – Ilustração tridimensional da avaliação computacional – indicação do Empreendimento B



Fonte: Os Autores (2019).

3.4 Empreendimento C

Nesta seção será descrita a avaliação do ruído de tráfego nas imediações do edifício denominado Empreendimento C.

Assim como nos outros dois Empreendimentos a avaliação o Software CadnaA foi utilizado de modo a realizar a modelagem e simulação computacionais dos Empreendimentos situados no entorno do edifício.

3.4.1 Descrição do Empreendimento C

O Empreendimento, localizado no Bairro de Ponta Verde, Maceió/AL, possui 1 pavimento subsolo, 1 pavimento pilotis, 2 pavimentos garagem, 1 pavimento mezanino, 8 pavimentos tipo e 1 pavimento cobertura. O pavimento tipo possui 15 apartamentos por andar, sendo cada um deles composto por sala de estar/jantar, cozinha/serviço, uma suíte reversível, um banheiro e uma varanda.

O Empreendimento ainda possui home office, espaço artes, sport bar, berçário, salão de festas, copa, espaço gourmet, home cine, pilates, academia, zeladoria, garage band, jogos coberto, espaço massagem, área zen, brinquedoteca, mini quadra, churrasco gourmet, praça das babás, minigolf, praça dos jogos, jardineira, playground, piscina adulto e infantil, deck e sauna.

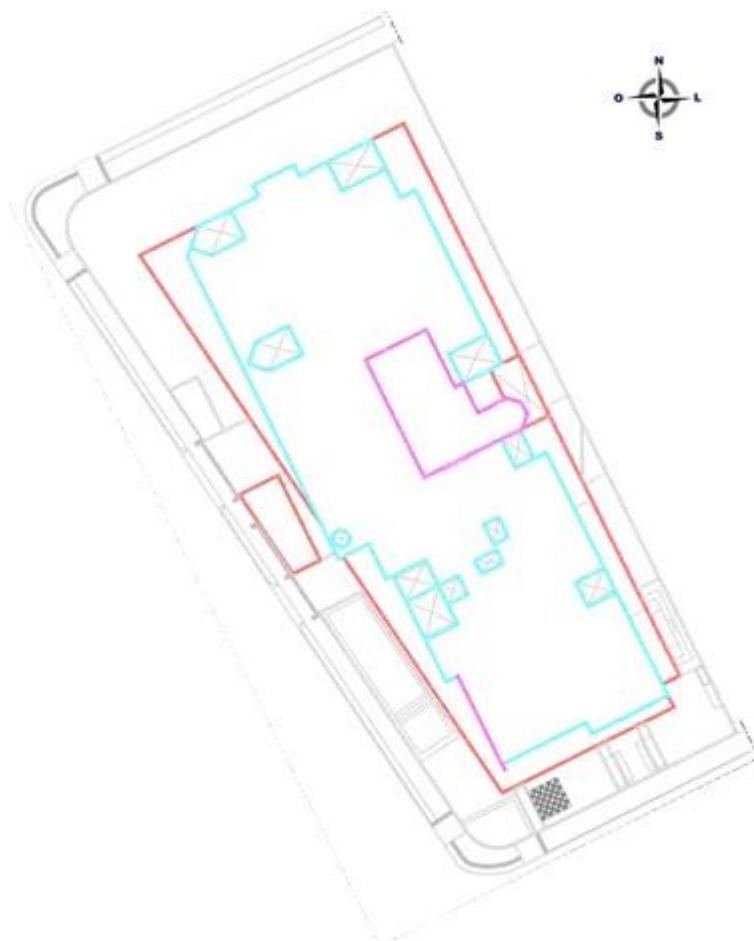
A Figura 11 e a Figura 12 ilustram, respectivamente, a área de localização e o projeto de implantação do Empreendimento avaliado.

Figura 11 – Localização do Empreendimento C



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

Figura 12 – Projeto de implantação do Empreendimento C



Fonte: Os Autores (2019).

3.4.2 Medições de campo

As medições em campo foram realizadas nos dias 09 e 10 de abril de 2019 no período diurno, entre 7h e 9h, e no período noturno, entre 17h e 19h, com duração de 15 minutos em cada ponto de medição.

Para as medições do L_{Aeq} foi utilizado o sonômetro digital Impac IP – 170L.

A Tabela 8 apresenta a média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), em decibéis ponderados em “A” medidas em cada ponto, conforme detalhado na Figura 13.

Tabela 8 – Resultado das medições (Empreendimento C)

Ponto	Local	L_{Aeq}	
		Média	Média
		(Dia)	(Noite)
P1	Rua Quintino Bocaiuva esquina com a Rua Geraldo Patury Accioly	62,0	58,0
P2	Rua Dr. Antônio Cansanção esquina com a Rua Geraldo Patury Accioly	60,0	58,0
P3	Rua Luiz Campos Teixeira esquina com a Rua Geraldo Patury Accioly	60,0	58,0
P4	Rua Luiz Campos Teixeira esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo	61,0	62,0
P5	Rua Dr. Antônio Cansanção esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo	62,0	59,0
P6	Rua Quintino Bocaiuva esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo	65,0	65,0

Fonte: Os Autores (2019).

Figura 13 – Planta de localização e pontos de medição em campo (Empreendimento C)



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

3.4.3 Fontes de ruído consideradas

A entrada de dados no Software foi realizada a partir do fluxo de veículos que transitam nas vias próximas ao Empreendimento. Este fluxo das vias foi definido através de contagem realizada durante 15 minutos em cada via e extrapolado para a quantidade de veículos por hora.

A Tabela 9 e a Tabela 10 apresentam os resultados da contagem de veículos nos períodos diurno e noturno, respectivamente, realizada nas principais vias próximas ao Empreendimento sob análise.

Tabela 9 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento C (período diurno)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual
		de veículos pesados (%)
Rua Quintino Bocaiuva	748	2
Rua Geraldo Patury Accioly	574	0
Rua Dr. Antônio Cansanção	252	1
Rua Luiz Campos Teixeira	218	1
Rua João Gualberto Pereira do Carmo	634	0

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 10 – Contagem de veículos nas principais vias no entorno do Empreendimento C (período noturno)

Vias no entorno do Empreendimento	Quantidade de veículos por hora	Percentual
		de veículos pesados (%)
Rua Quintino Bocaiuva	610	1
Rua Geraldo Patury Accioly	468	3
Rua Dr. Antônio Cansanção	252	3
Rua Luiz Campos Teixeira	262	1
Rua João Gualberto Pereira do Carmo	750	0

Fonte: Os Autores (2019).

3.4.4 Simulação computacional

De forma a chegar à simulação, inseriu-se no Software CadnaA o referido edifício bem como as vias e edificações contidas no entorno do Empreendimento. A modelagem computacional do entorno está representada na Figura 14.

Figura 14 – Ilustração tridimensional da avaliação computacional – indicação do Empreendimento C



Fonte: Os Autores (2019).

4 RESULTADOS E ANÁLISES

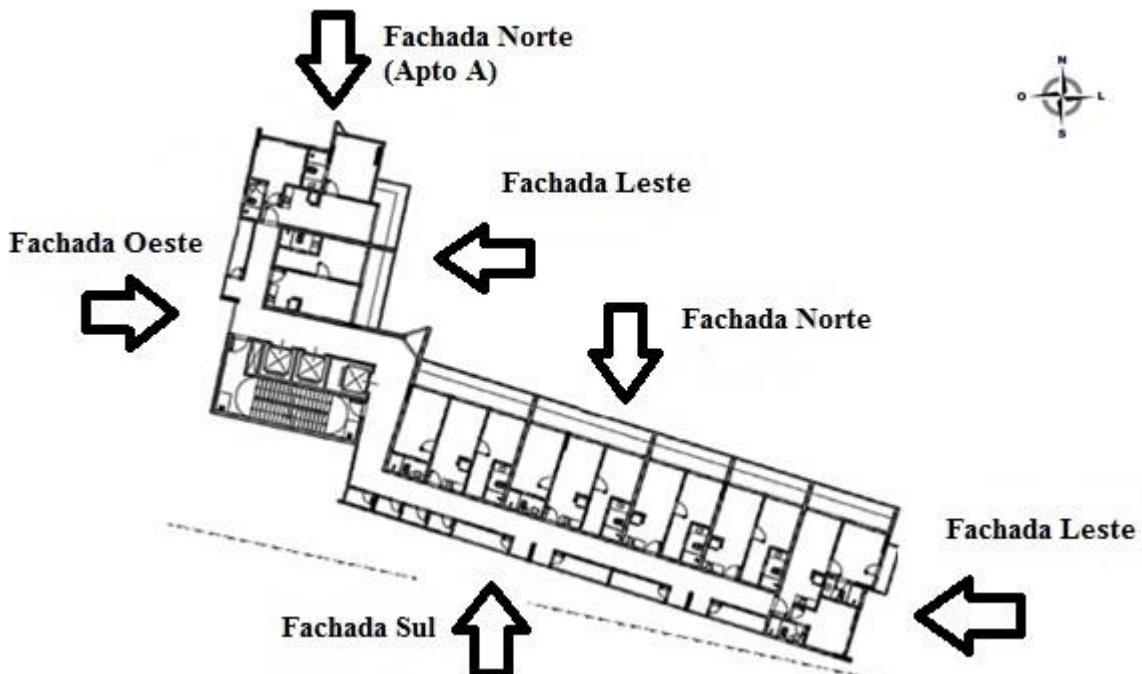
Os resultados alcançados possibilitaram a visualização das áreas críticas em cada Empreendimento, analisando-se separadamente cada fachada. Com essa apuração é possível visualizar a importância da simulação computacional na análise dos níveis de pressão sonora nas edificações, de modo a trazer conforto para os usuários e diminuir os gastos nas construções.

4.1 Empreendimento A

Os resultados apresentados foram obtidos a partir da simulação computacional realizada com o supracitado Software.

A fim de caracterizar o nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento, foi definida cada fachada do edifício, como mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Fachadas do Empreendimento A



Fonte: Os Autores (2019).

A avaliação do ruído incidente nas fachadas foi realizada nas alturas de 1,20m, altura de medição, e 36,00m, altura com maior incidência de ruído nas fachadas, caracterizando assim o nível de pressão sonora do Empreendimento.

A Tabela 11 e a Tabela 12 apresentam os valores do nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento nos períodos diurno e noturno, respectivamente.

Tabela 11 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento A (diurno)

Nível de Pressão Sonora – L_{Aeq} (dB)				
Fachada Norte (apto A)	Fachada Norte (Demais aptos)	Fachada Sul	Fachada Leste	Fachada Oeste
66	62	62	62	63

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 12 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento A (noturno)

Nível de Pressão Sonora – L_{Aeq} (dB)				
Fachada Norte (apto A)	Fachada Norte (Demais aptos)	Fachada Sul	Fachada Leste	Fachada Oeste
66	62	63	63	64

Fonte: Os Autores (2019).

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) “Desempenho das edificações – requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas” estabelece valores mínimos de índice de redução sonora ponderado para vedações verticais externas (fachadas) de acordo com a localização da respectiva habitação, denominadas classes de ruído. A Tabela 13 apresenta os critérios de diferença padronizada de nível ponderada, a 2 metros da vedação externa (D2m,nT,w) para cada classe de ruído.

Tabela 13 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, D2m,nT,w para ensaios em campo

Classe de ruído	Localização da habitação	D2m,nT,w (dB)	Nível de desempenho
I	Habitação localizada longe de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 20	Mínimo
		≥ 25	Intermediário
		≥ 30	Superior
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	Mínimo
		≥ 30	Intermediário
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 30	Mínimo
		≥ 35	Intermediário
		≥ 40	Superior

Fonte: ABNT (2013).

No entanto, a NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) não estabelece níveis de pressão sonora que permitam definir a classe de ruído da edificação. Isto posto, a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica – ProAcústica, elaborou o “Manual ProAcústica sobre a norma de desempenho”, onde consta uma tabela que apresenta níveis de pressão sonora máximos recomendados para cada classe de ruído. A Tabela 14 apresenta os níveis de pressão sonora recomendados pela ProAcústica para cada classe de ruído.

Tabela 14 – Nível de pressão sonora para as classes de ruído da NBR 15575 – Manual ProAcústica

Classe de ruído	Nível de pressão sonora equivalente L _{Aeq} - dB
I	Até 60 dBA
II	61 a 65 dBA
III	66 a 70dBA

Fonte: PROACUSTICA (2017).

OBS.: Para valores de níveis de pressão sonora acima de 70 dBA, recomenda-se a consulta da NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017) e realização de estudos específicos.

De acordo com os níveis de pressão sonora incidentes nas fachadas, obtidos no software CadnaA e mostrados na Tabela 11 e Tabela 12 e os valores recomendados pela ProAcústica, descritos na Tabela 14, foram determinadas as classes de ruído de cada uma das fachadas avaliadas.

A Tabela 15 apresenta as classes de ruído da fachada do edifício, considerando-se o maior nível de pressão incidente na respectiva fachada.

Tabela 15 – Classe de ruído de cada uma das fachadas do Empreendimento A

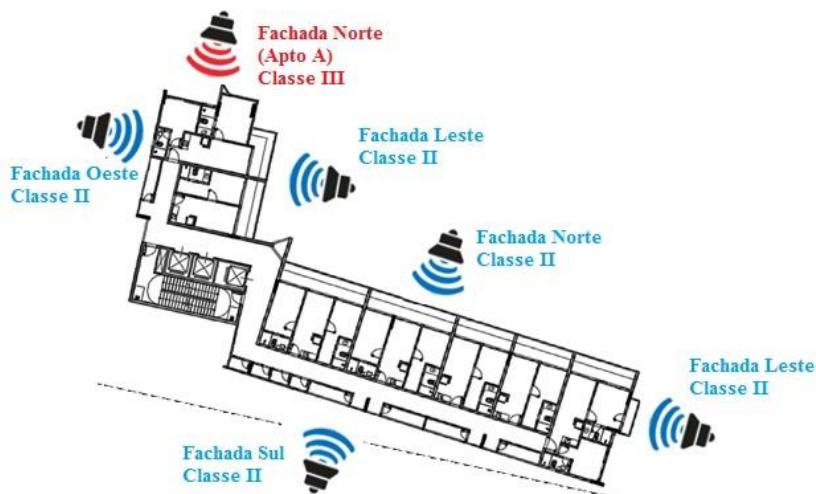
Classe de Ruído – (NBR 15575-4)				
Fachada Norte (apto A)	Fachada Norte (Demais aptos)	Fachada Sul	Fachada Leste	Fachada Oeste
Classe III	Classe II	Classe II	Classe II	Classe II

Fonte: Os Autores (2019).

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) estabelece requisitos exclusivamente para vedações verticais externas de dormitórios, não sendo os demais ambientes avaliados na respectiva norma.

Desta forma, conforme resultados apresentados na Tabela 15 e posicionamento constante na Figura 16, a fachada norte do apartamento A está enquadrada na classe de ruído III ($D_{2m,nT,w} \geq 30\text{dB}$) e as demais fachadas estão enquadradas na classe de ruído II ($D_{2m,nT,w} \geq 25\text{dB}$).

Figura 16 – Planta Baixa do pavimento tipo (Empreendimento A)



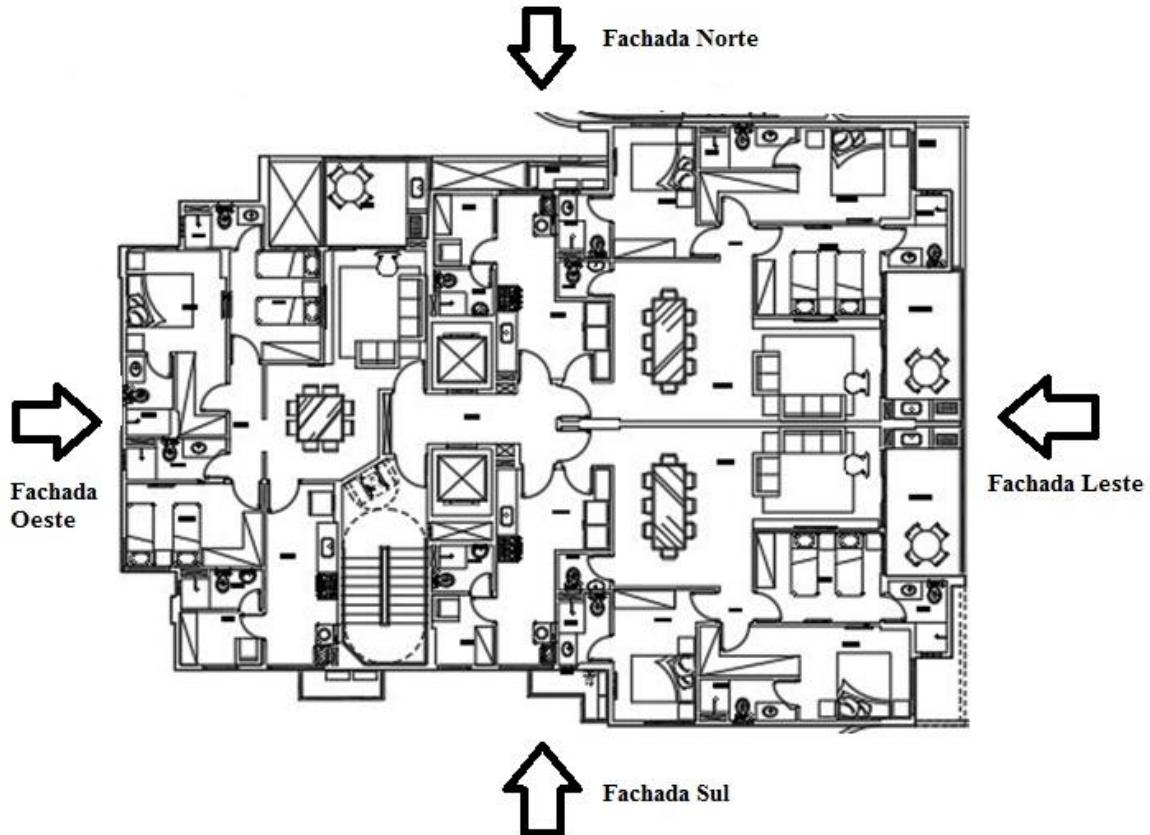
Fonte: Os Autores (2019).

4.2 Empreendimento B

Bem como no Empreendimento apresentado no tópico acima, foi utilizado o supracitado Software para obter os resultados a partir da simulação computacional.

As fachadas foram definidas como mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Fachadas do Empreendimento B



Fonte: Os Autores (2019).

A avaliação do ruído incidente nas fachadas foi realizada nas alturas de 1,20m, altura de medição, e 16,00m, altura com maior incidência de ruído nas fachadas, caracterizando assim o nível de pressão sonora do Empreendimento.

A Tabela 16 e a Tabela 17 apresentam os valores do nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento nos períodos diurno e noturno, respectivamente.

Tabela 16 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento B (diurno)

Nível de Pressão Sonora – L_{Aeq} (dB)			
Fachada Norte	Fachada Sul	Fachada Leste	Fachada Oeste
60	56	61	53

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 17 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento B (noturno)

Nível de Pressão Sonora – L_{Aeq} (dB)			
Fachada Norte	Fachada Sul	Fachada Leste	Fachada Oeste
61	57	62	55

Fonte: Os Autores (2019).

A NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) “Desempenho das edificações – requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas” estabelece valores mínimos de índice de redução sonora ponderado para vedações verticais externas (fachadas) de acordo com a localização da respectiva habitação, denominadas classes de ruído. A já apresentada Tabela 13 apresenta o critérios de diferença padronizada de nível ponderada, a 2 metros da vedação externa ($D_{2m,nT,w}$) para cada classe de ruído.

Porém, como a NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) não estabelece níveis de pressão sonora que permitam definir a classe de ruído da edificação, a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica – ProAcústica, elaborou uma tabela que apresenta níveis de pressão sonora máximos recomendados para cada classe de ruído, apresentada na Tabela 14.

Com isso, foram determinadas as classes de ruído de cada uma das fachadas avaliadas. A Tabela 18 apresenta as classes de ruído da fachada do edifício, considerando-se o maior nível de pressão incidente na respectiva fachada.

Tabela 18 – Classe de ruído de cada uma das fachadas do Empreendimento B

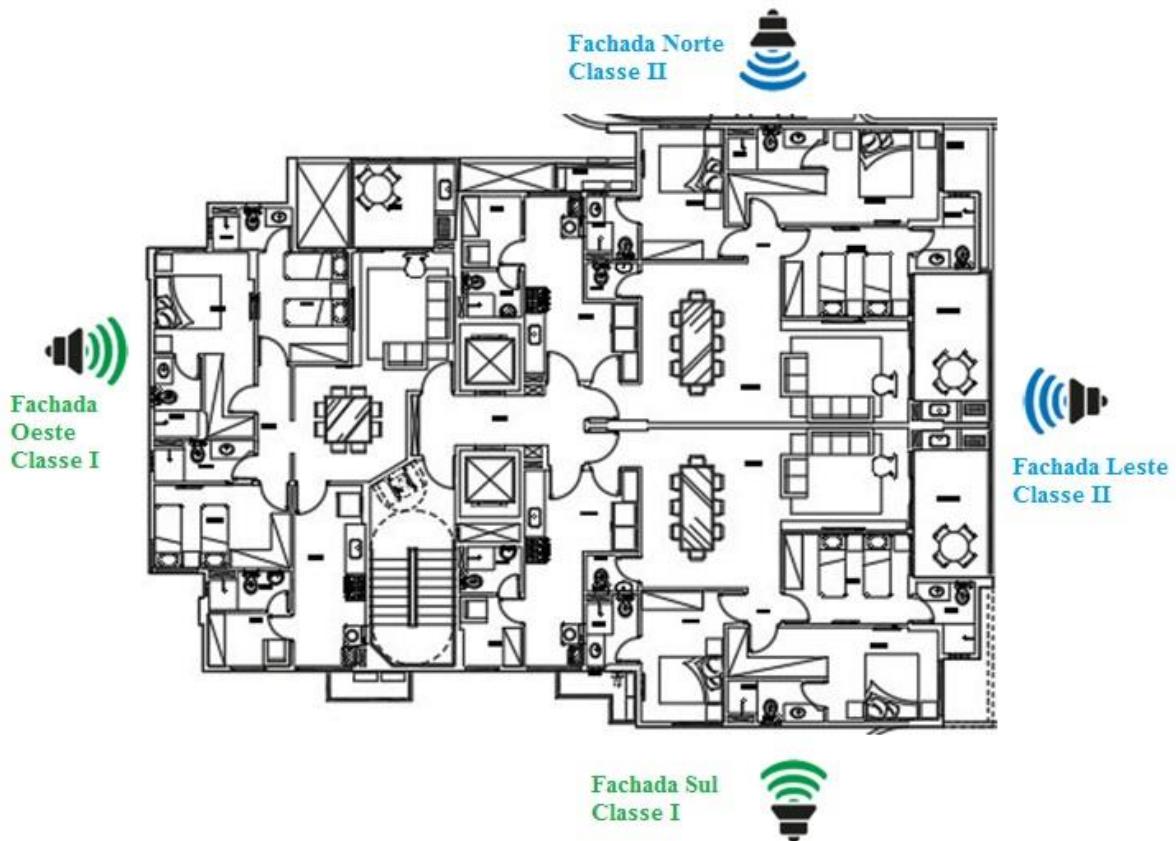
Classe de ruído – (NBR 15575-4)			
Fachada Norte	Fachada Sul	Fachada Leste	Fachada Oeste
Classe II	Classe I	Classe II	Classe I

Fonte: Os Autores (2019).

A NBR 15575-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) estabelece requisitos exclusivamente para vedações verticais externas de dormitórios, não sendo os demais ambientes avaliados na respectiva norma.

Desta forma, conforme resultados apresentados na Tabela 18 e posicionamento constante na Figura 18, as fachadas norte e leste estão enquadradas na classe de ruído II ($D_{2m,nT,w} \geq 25\text{dB}$) e as fachadas sul e oeste estão enquadradas na classe de ruído I ($D_{2m,nT,w} \geq 20\text{dB}$).

Figura 18 – Planta Baixa do pavimento tipo (Empreendimento B)



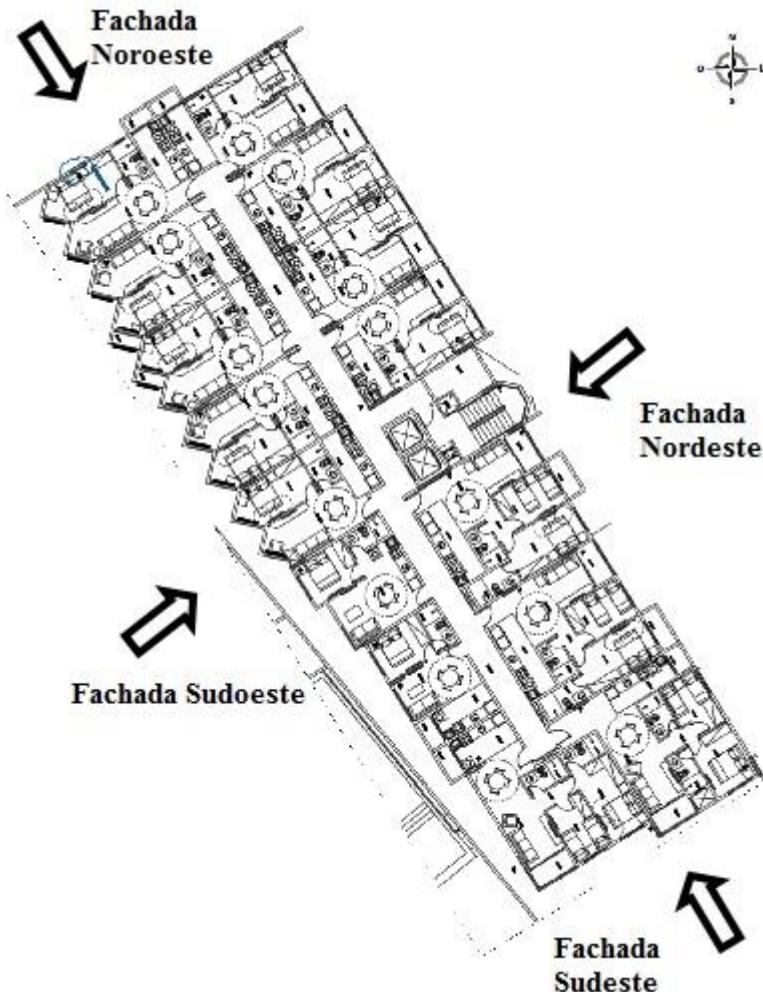
Fonte: Os Autores (2019).

4.3 Empreendimento C

Mais uma vez os resultados apresentados neste relatório foram obtidos a partir da simulação computacional realizada com o supracitado Software.

A fim de caracterizar o nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento, as fachadas foram identificadas como apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Fachadas do Empreendimento C



Fonte: Os Autores (2019).

A avaliação do ruído incidente nas fachadas foi realizada nas alturas de 1,20m, altura de medição, e 14,10m, altura com maior incidência de ruído nas fachadas, caracterizando assim o nível de pressão sonora do Empreendimento.

Os valores do nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento nos períodos diurno e noturno estão apresentados na Tabela 19 e na Tabela 20, respectivamente.

Tabela 19 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento C (diurno)

Nível de Pressão Sonora – L_{Aeq} (dB)			
Fachada Nordeste	Fachada Sudoeste	Fachada Sudeste	Fachada Noroeste
58	62	64	59

Fonte: Os Autores (2019).

Tabela 20 – Nível de pressão sonora incidente nas fachadas do Empreendimento C (noturno)

Nível de Pressão Sonora – L_{Aeq} (dB)			
Fachada Nordeste	Fachada Sudoeste	Fachada Sudeste	Fachada Noroeste
57	61	62	60

Fonte: Os Autores (2019).

De acordo com os níveis de pressão sonora incidentes nas fachadas, obtidos no software CadnaA e mostrados na Tabela 19 e Tabela 20 e os valores recomendados pela ProAcústica, descritos na Tabela 14, foram determinadas as classes de ruído de cada uma das fachadas avaliadas.

Na Tabela 21 estão apresentadas as classes de ruído da fachada do edifício, considerando-se o maior nível de pressão incidente na respectiva fachada.

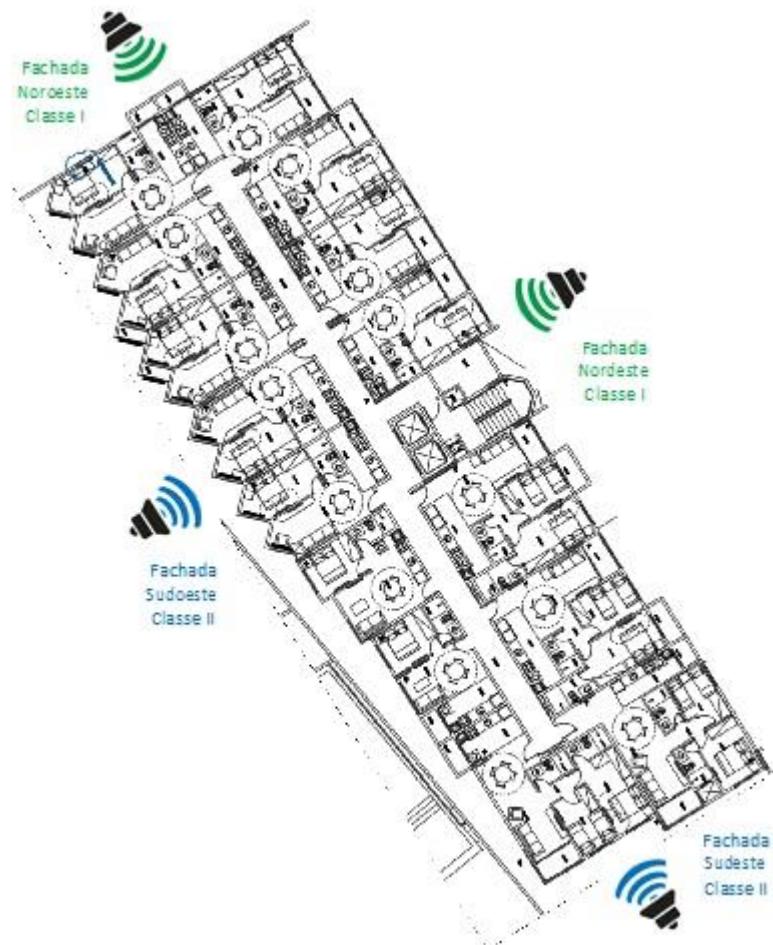
Tabela 21 – Classe de ruído de cada uma das fachadas do Empreendimento C

Classe de ruído – (NBR 15575-4)			
Fachada Nordeste	Fachada Sudoeste	Fachada Sudeste	Fachada Noroeste
Classe I	Classe II	Classe II	Classe I

Fonte: Os Autores (2019).

Conforme resultados apresentados na Tabela 21 e posicionamento constante na Figura 20, as fachadas nordeste e noroeste estão enquadradas na classe de ruído I ($D2m,nT,w \geq 20dB$) e as fachadas sudoeste e sudeste estão enquadradas na classe de ruído II ($D2m,nT,w \geq 25dB$).

Figura 20 – Planta Baixa do pavimento tipo (Empreendimento C)



Fonte: Os Autores (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho de conclusão de curso buscou-se apresentar a importância da realização do mapeamento acústico através da avaliação do ruído de tráfego e utilização do Software CadnaA para simulação computacional em três Empreendimentos, sendo um localizado na cidade de Fortaleza, Ceará e outros dois localizados na cidade de Maceió, Alagoas. Foram avaliados se os níveis de pressão sonora (NPS) coletados “in situ” estão de acordo com as normas e legislações que garantem a saúde pública.

Para o edifício denominado como Empreendimento A, observou-se que o mesmo está localizado em uma área predominantemente residencial, com áreas comerciais e de lazer. Com as medições sendo feitas nos horários de pico, das 7h às 9h e das 17h às 19h, o tráfego de veículos constituiu a principal fonte de ruído, apesar da quantidade de veículos pesados ser pouca, alcançando valores elevados de nível de pressão sonora, principalmente na Fachada Norte (Apto A), que chegou a uma classe de ruído III, pela tabela do Manual ProAcústica. As outras fachadas foram classificadas como classe II.

Para o Empreendimento B, localizado no bairro de Ponta Verde, em Maceió, os resultados apresentaram um menor nível de pressão sonora, se comparado ao Empreendimento A. As Fachadas foram classificadas como classes de ruído I (Fachadas Sul e Oeste) e classe II (Fachadas Norte e Leste). As medições seguiram o mesmo horário, das 7h às 9h e das 17h às 19h, e o percentual de veículos pesados chegou a ser nulo em algumas ruas da medição.

O Empreendimento C apresentou resultados semelhantes ao Empreendimento anterior, localizado no mesmo bairro a cerca de 500 metros de distância. A medição seguiu o mesmo horário dos anteriores e as Fachadas foram caracterizadas como classe I (Nordeste e Noroeste) e classe II (Sudoeste e Sudeste), apesar de ter apresentado um maior percentual de veículos pesados, comparado ao Empreendimento B.

A diferenciação nas classes de ruído de cada fachada nos três Empreendimentos mostra a importância da realização do mapeamento acústico pelo método da simulação computacional. Por apresentar valores diferentes de nível de pressão sonora, as construtoras podem aperfeiçoar as construções, realizando intervenções nas áreas de vedações verticais internas, por exemplo. A NBR 15575 após a revisão estabeleceu o desempenho mínimo de 45 decibéis de isolamento acústico para paredes geminadas entre dormitórios e demais

ambientes, além da espessura das paredes de alvenaria, que agora passam de 9 para 15 centímetros.

Na aferição da modelagem realizada, foi comprovado que os resultados obtidos por meio dos cálculos horários nos pontos de medição, desenvolvidos pelo Software CadnaA, refletem a situação encontrada *in loco* a respeito do ambiente acústico. Desta forma, identificou-se que os dados obtidos com a simulação para o mapeamento acústico estavam próximos do comportamento que se observa na situação real.

Portanto, conclui-se que para evitar problemas decorrentes do aumento do ruído, o planejamento das cidades torna-se imprescindível, de modo a garantir melhor desempenho acústico nas construções e saúde para as pessoas. Com um mapeamento acústico realizado através de simulação computacional, utilizando softwares como o utilizado neste trabalho, os projetos acústicos podem ser adaptados ou modificados facilmente, deixando a construção mais eficiente e protegida acusticamente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- _____. **NBR 10152:** Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro. 1992.
- _____. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro. 2013.
- _____. **NBR 15575-2:** Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro. 2013.
- _____. **NBR 15575-3:** Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro. 2013.
- _____. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro. 2013.
- _____. **NBR 15575-5:** Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro. 2013.
- _____. **NBR 15575-6:** Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro. 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA. **Manual proacústica sobre a norma de desempenho.** 3. ed. São Paulo: PROACUSTICA, 2017.
- AVEN ENGENHARIA TERMO ACÚSTICA. **O que é um mapeamento de ruído?** [S. l.], 2018. Disponível em: <http://www.aven.com.br/o-que-e-um-mapeamento-de-ruido/>. Acesso em: 21 mai. 2019.
- _____. **Ruídos em áreas habitadas: tudo que você precisa saber sobre a NBR 10151.** [S. l.], 2017. Disponível em: <http://www.aven.com.br/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-a-nbr-10151/>. Acesso em: 21-05-19.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988).** Título III: Da Organização do Estado. Capítulo IV: Dos Municípios, Art. 30. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_03.07.2019/art_30_.asp. Acesso em: 15-05-19.
- CADNAA DATAKUSTIK GMBH. **Reference Manual Release 3.8.** Greifenberg, Alemanha: [s. n.], 2008. Disponível em: http://download.datakustik.com/download/CadnaA_Englisch_3_8_TEST.pdf. Acesso em: 21-05-19.

CERRI, Alberto. **O que é poluição sonora?**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2733-poluicao-sonora.html>. Acesso em: 15-05-19.

COORDENADORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DO MPSC. Poluição sonora e perturbação de sossego: saiba quais são os direitos e deveres dos cidadãos. Santa Catarina, 8 jan. 2018. Disponível em: <https://www.mpsc.mp.br/noticias/poluicao-sonora-e-perturbacao-de-sossego-saiba-quais-sao-os-direitos-e-deveres-dos-cidadaos>. Acesso em: 21-05-19.

DACOL, Karina. **Construtoras investem em mapeamento sonoro para garantir desempenho acústico das construções.** [S. l.], 14 fev. 2013. Disponível em: <http://piniweb17.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/construtoras-investem-em-mapeamento-sonoro-para-garantir-desempenho-acustico-das-277815-1.aspx>. Acesso em: 21-05-19.

EMARKET. **Conforto acústico e térmico em edifícios são garantidos pela NBR 15575.** [S. l.], 21 set. 2017. Disponível em: <http://www.amplitudeacustica.com.br/conforto-acustico-e-termico-em-edificios-sao-garantidos-pela-nbr-15-575/>. Acesso em: 15-05-19.

_____. **Importância do mapeamento sonoro em projetos acústicos.** [S. l.], 19 ago. 2014. Disponível em: <http://www.amplitudeacustica.com.br/mapeamento-sonoro-em-projetos-acusticos/>. Acesso em: 21-05-19.

FIDEL, IS. Nationwide urban noise survey. **Journal of the Acoustical Society of America** 1978; 64: 198-106, 1978.

GOOGLE MAPS. 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/>. Acesso em: 14 mai. 2019.

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju – Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 5, n. 2, p. 40-51, 31 dez. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Construtoras investem em mapeamento acústico. **Revista Alumínio & Cia.**, [S. l.], p. 22-23, 12 mar. 2013.

ISING, H.; KRUPPA, B. **Health effects caused by noise:** evidence in the literature from the past 25 years. Noise & Health, Berlim, Alemanha, 2004.

JOAQUIM, Otávio. **Desempenho acústico.** [S. l.], 22 nov. 2018. Apresentação PPT.

JORNAL DO SENADO. Sintomas vão da dor de cabeça à perda da audição e pressão alta. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/noticias/jornal/cidadania/PoluicaoSonora/not03.htm>. Acesso em: 15 mai. 2019.

MOÇO, Anderson. Barulho de mais, saúde de menos: Estresse, insônia e infecções dos mais diversos tipos compõem a lista de encrèncias que a poluição sonora pode causar. Entrevistado: Arnaldo Guilherme. **Revista Saúde!**, [S. l.], Fevereiro 2008. Disponível em:

https://web.archive.org/web/20090608134343/http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/saude/conteudo_270282.shtml. Acesso em: 21-05-19.

MORAES, E.; LARA, N. **Mapa Acústico de Belém**. ENCAC, 2005.

MOTA, Suetonio. **Planejamento Urbano e Preservação Ambiental**. Universidade Federal do Ceará: Proedi, 1981.

N. H. O. BRASIL. Solo Black Sonômetro - Decibelímetro - 01dB. [S. l.], 20--?. Disponível em: <http://nhobrasil.com/index.php/ct-menu-item-77/ct-menu-item-83.html>. Acesso em: 21-05-19.

PBAGORA. **Proposta de Veneziano que quer criminalizar poluição sonora tem 86% de aprovação**. Paraíba, 15 maio 2019. Disponível em: <http://www2.pbagora.com.br/noticia/politica/20190514182124/>. Acesso em: 22-05-19.

PEREZ, Marco A. F. Poluição Sonora Mata: Efeitos Negativos da Poluição Sonora na Saúde dos Seres Humanos, Fauna e Flora. **Revista Ambiente Legal**, [S. l.], 2014. Disponível em: <http://www.ambientelegal.com.br/poluicao-sonora-mata-primeira-parte/>. Acesso em: 21-05-19.

PROACÚSTICA. **Fortaleza é a primeira cidade brasileira a ter sua Carta Acústica**. [S. l.], 2013. Disponível em: <http://www.proacustica.org.br/publicacoes/cases-sobre-acustica/fortaleza-primeira-cidade-brasileira-a-ter-sua-carta-acustica.html>. Acesso em: 15-05-19.

RONCOLATO, Murilo; PRADO, Guilherme; TONGLET, Ariel. **Os ruídos das cidades**. [S. l.], 21 jul. 2016. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/especial/2016/07/22/Os-ru%C3%ADdos-das-cidades>. Acesso em: 21-05-19.

SANTOS, L. C.; VALADO, F. **O mapa de ruído municipal como ferramenta de planeamento**. Acústica, 2004.

VENTURA, A.N; VIVEIROS, E; COELHO, J.L.B; NEVES, M.M. **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhança: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro**. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 2008, Belo Horizonte: SOBRAC, 2008.

VICENTINI, Bianca. **Poluição sonora: crime ambiental**. [S. l.], 11 abr. 2019. Disponível em: <https://www.politize.com.br/poluicao-sonora-crime-ambiental/>. Acesso em: 15-05-19.

ANEXO A – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS MEDIÇÕES EM CAMPO

– Empreendimento A

Figura A1 – Medição no Ponto 1 (P1) – Rua Bento Albuquerque esquina com a Rua Dr. Zamenhof



Figura A2 – Medição no Ponto 2 (P2) – Rua Andrade Furtado esquina com a Rua Dr. Zamenhof



////

Figura A3 – Medição no Ponto 3 (P3) – Rua Andrade Furtado esquina com a Av. Padre Antônio Tomás



Figura A4 – Medição no Ponto 4 (P4) – Rua Dr. Gilberto Studart esquina com a Rua Almeida Prado



Figura A5 – Medição no Ponto 5 (P5) – Rua Bento Albuquerque esquina com a Rua César Fonseca



Figura A6 – Medição no Ponto 6 (P6) – Rua Andrade Furtado esquina com a Rua José Borba Vasconcelos



Figura A7 – Medição no Ponto 7 (P7) – Rua Dr. Gilberto Studart esquina com a Rua José Borba Vasconcelos



Figura A8 – Medição no Ponto 8 (P8) – Rua Bento Albuquerque esquina com a Rua Dr. Francisco Matos



– Empreendimento B

Figura A9 – Medição no Ponto 1 (P1) – Av. Dr. José Sampaio Luz esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo



Figura A10 – Medição no Ponto 2 (P2) – Rua Professor Sandoval Arroxelas esquina com a Rua José Cabral Acioli



////

Figura A11 – Medição no Ponto 3 (P3) – Rua Professor Sandoval Arroxelas esquina com a Rua Gaspar Ferrari



Figura A12 – Medição no Ponto 4 (P4) – Rua Professor Vital Barbosa esquina com a Rua Carlos Tenório



////

Figura A13 – Medição no Ponto 5 (P5) – Rua Professor Sandoval Arroxelas esquina com a Rua Carlos Tenório



Figura A14 – Medição no Ponto 6 (P6) – Rua Dr. Antônio Cansanção esquina com a Rua Carlos Tenório



////

– Empreendimento C

Figura A15 – Medição no Ponto 1 (P1) – Rua Quintino Bocaiuva esquina com a Rua Geraldo Patury Accioly



Figura A16 – Medição no Ponto 2 (P2) – Rua Dr. Antônio Cansanção esquina com a Rua Geraldo Patury Accioly

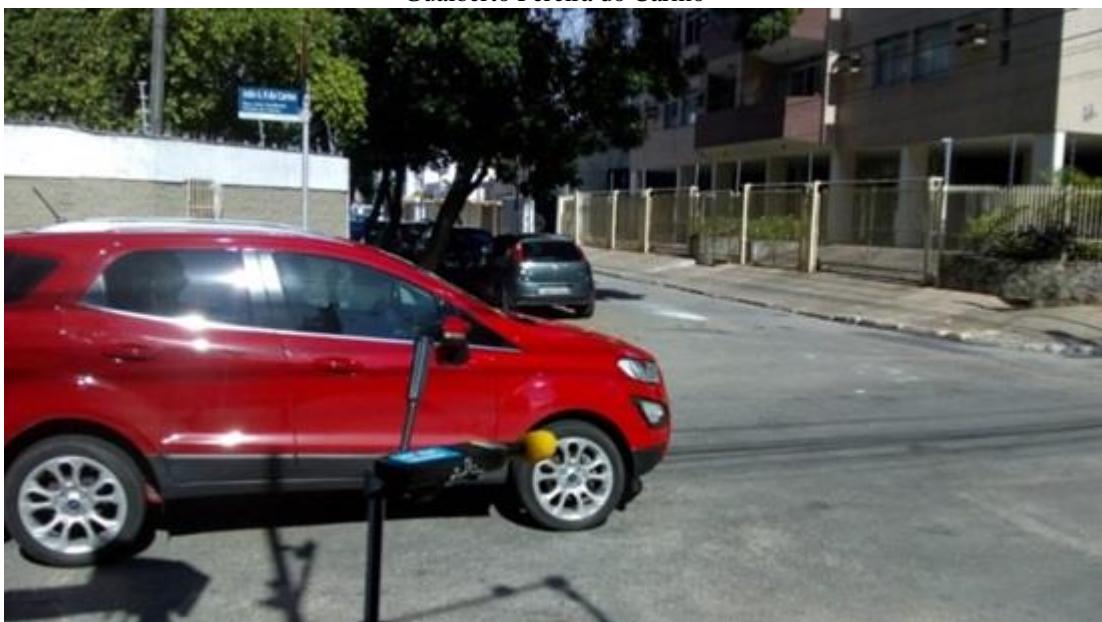


////

Figura A17 – Medição no Ponto 3 (P3) – Rua Luiz Campos Teixeira esquina com a Rua Geraldo Patury Accioly



Figura A18 – Medição no Ponto 4 (P4) – Rua Luiz Campos Teixeira esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo



////

Figura A19 – Medição no Ponto 5 (P5) – Rua Dr. Antônio Cansanção esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo



Figura A20 – Medição no Ponto 6 (P6) – Rua Quintino Bocaiuva esquina com a Rua João Gualberto Pereira do Carmo



////

ANEXO B - REGISTROS DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

– Empreendimento A

Figura B1 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento A – localização dos pontos de medição – Grid a 1,20m de altura (Dia)



Figura B2 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento A – localização dos pontos de medição – Grid a 1,20m de altura (Noite)



Figura B3 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento A – localização dos pontos de medição – Grid a 67,90m de altura (Dia)

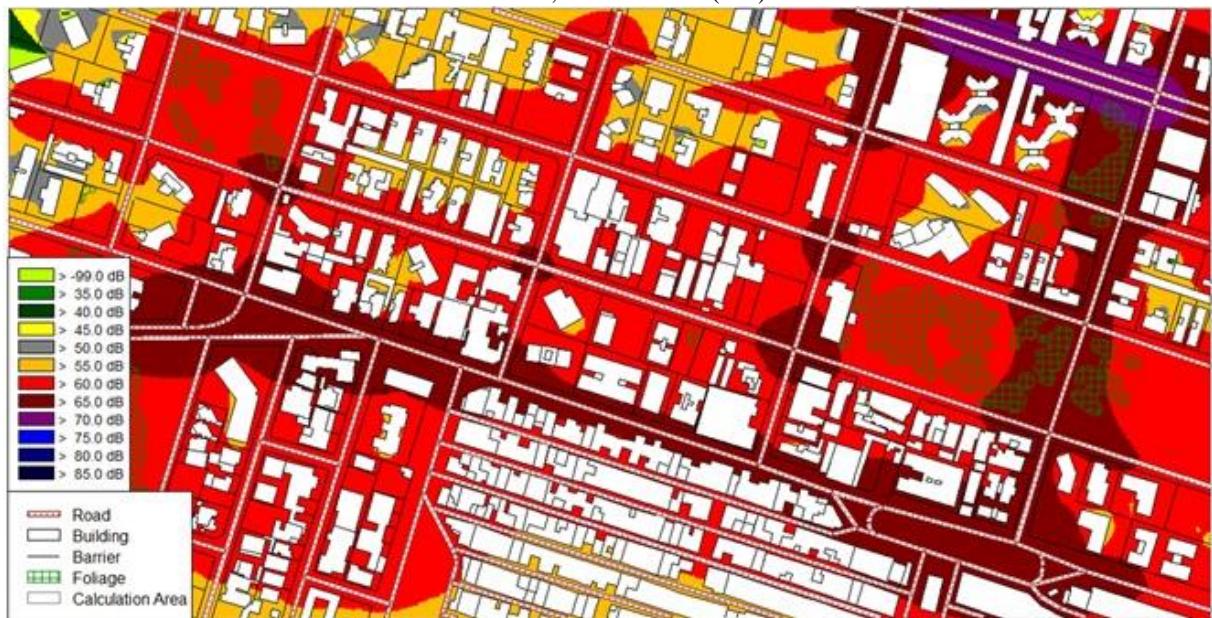


Figura B4 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento A – localização dos pontos de medição – Grid a 67,90m de altura (Noite)

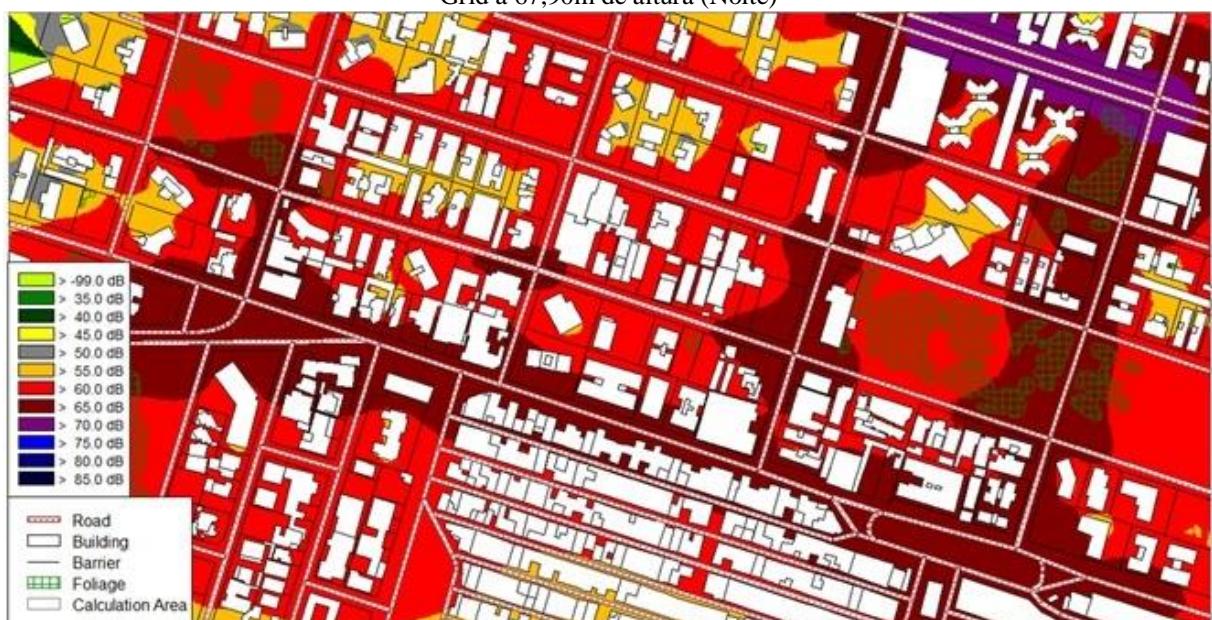


Figura B5 – Mapeamento acústico do Empreendimento A – Vista geral (diurno)



Figura B6 – Mapeamento acústico do Empreendimento A – Vista geral (noturno)

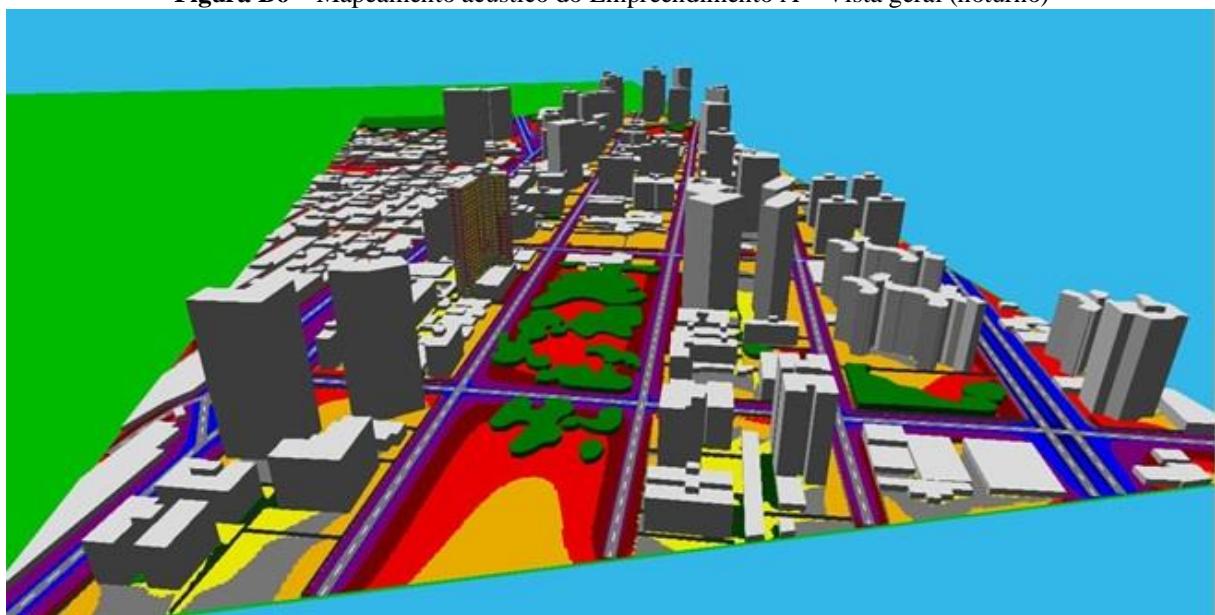


Figura B7 – Vista geral com a identificação dos cortes

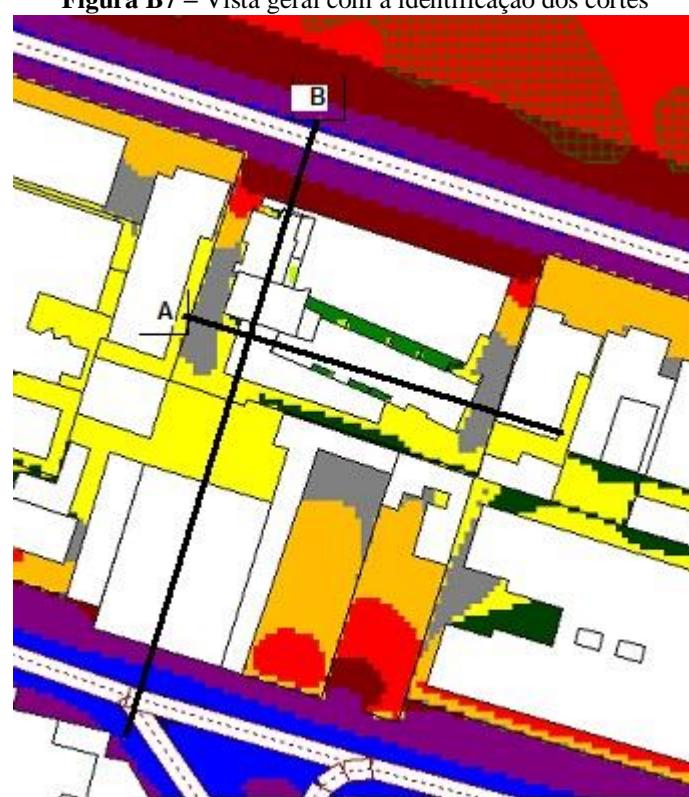


Figura B8 – Corte A

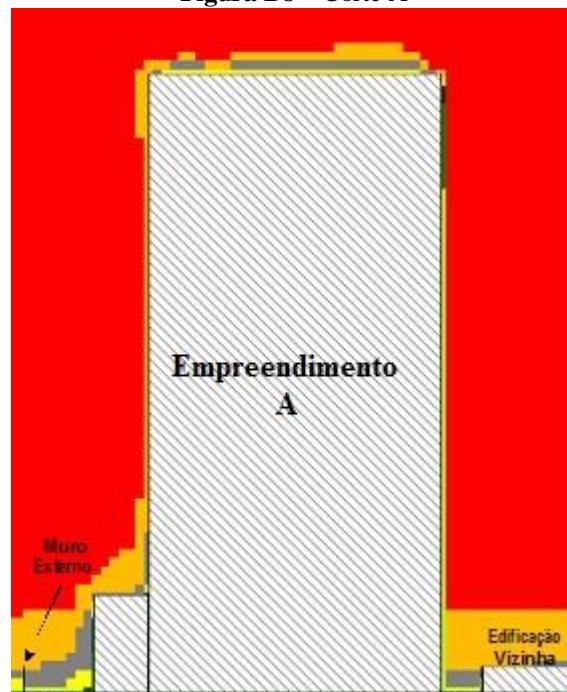


Figura B9 – Corte B

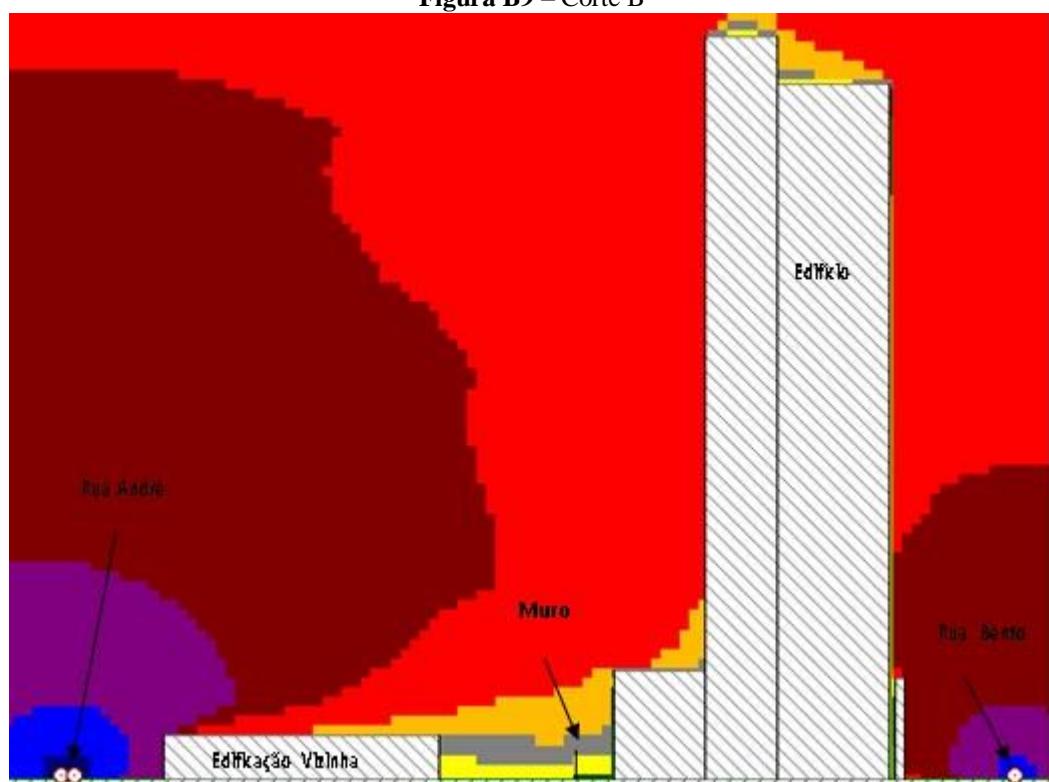
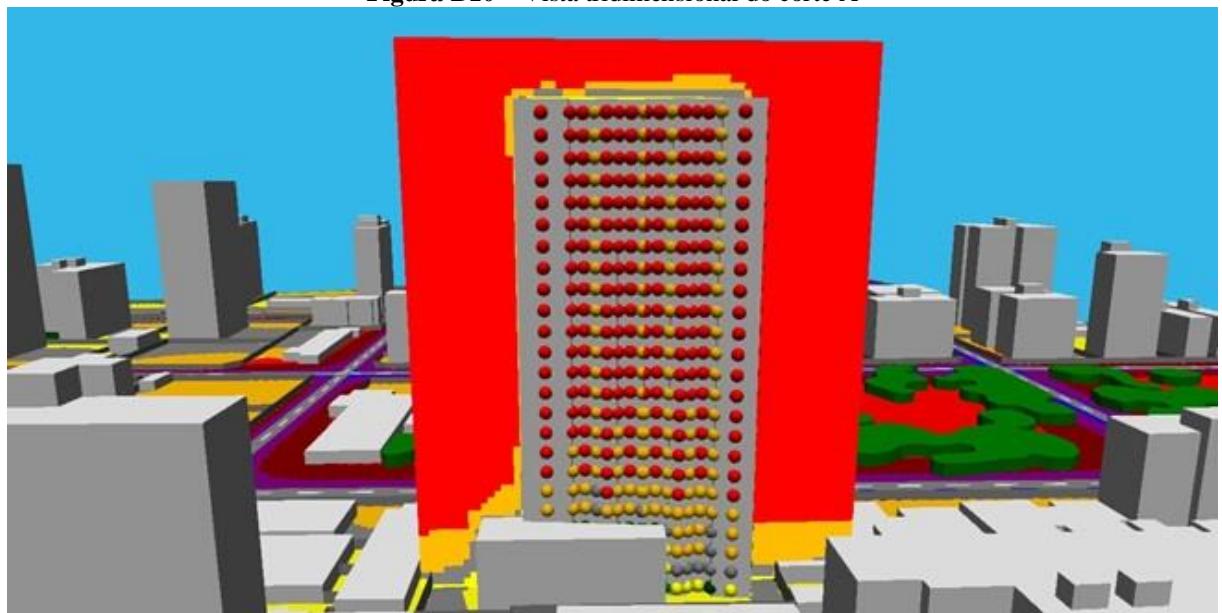


Figura B10 – Vista tridimensional do corte A



////

Figura B11 – Vista tridimensional do corte B

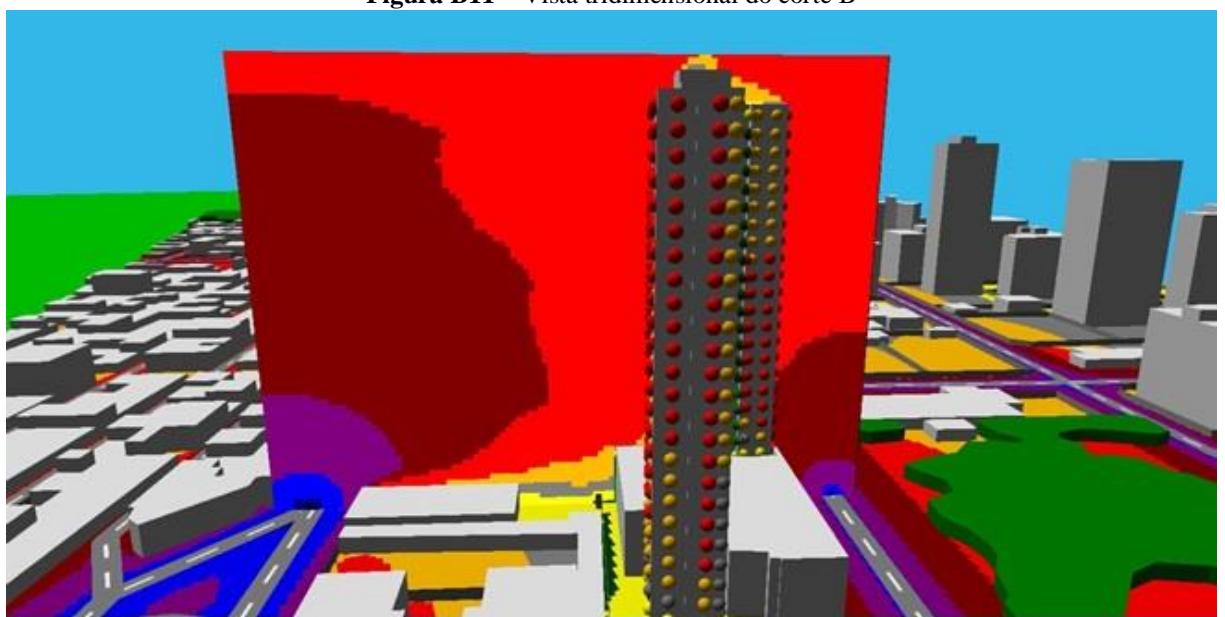


Figura B12 – Fachada Norte



Figura B13 – Fachada Sul



Figura B14 – Fachada Leste



////

Figura B15 – Fachada Oeste



– **Empreendimento B**

Figura B16 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento B – localização dos pontos de medição – Grid a 1,20m de altura (Dia)



Figura B17 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento B – localização dos pontos de medição – Grid a 1,20m de altura (Noite)



Figura B18 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento B – localização dos pontos de medição – Grid a 16,00m de altura (Dia)



////

Figura B19 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento B – localização dos pontos de medição – Grid a 16,00m de altura (Noite)



Figura B20 – Mapeamento acústico do Empreendimento B – Vista geral (diurno)

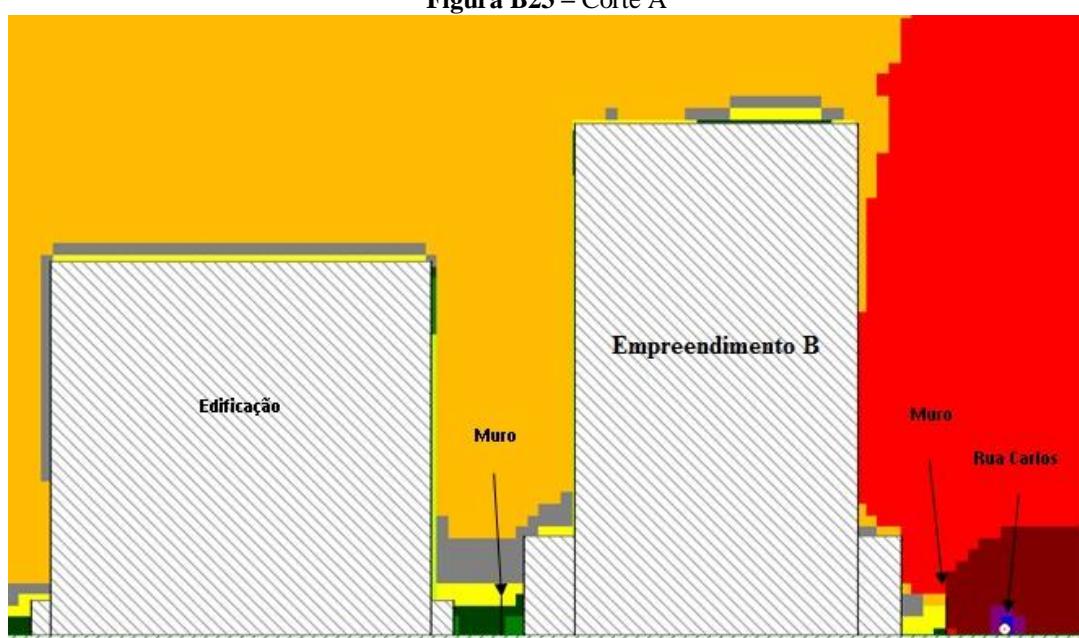
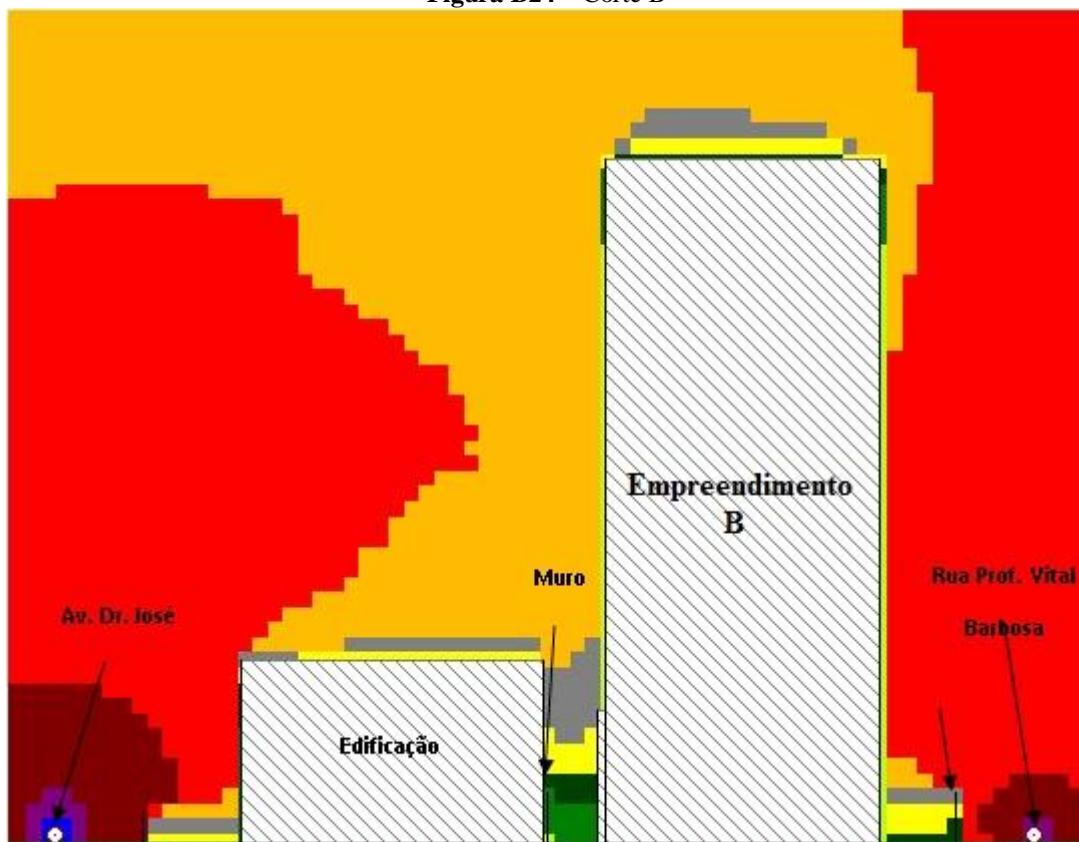


Figura B21 – Mapeamento acústico do Empreendimento B – Vista geral (noturno)



Figura B22 – Vista geral com a identificação dos cortes



Figura B23 – Corte A**Figura B24 – Corte B**

////

Figura B25 – Vista tridimensional do corte A



Figura B26 – Vista tridimensional do corte B



Figura B27 – Fachada Norte



Figura B28 – Fachada Sul

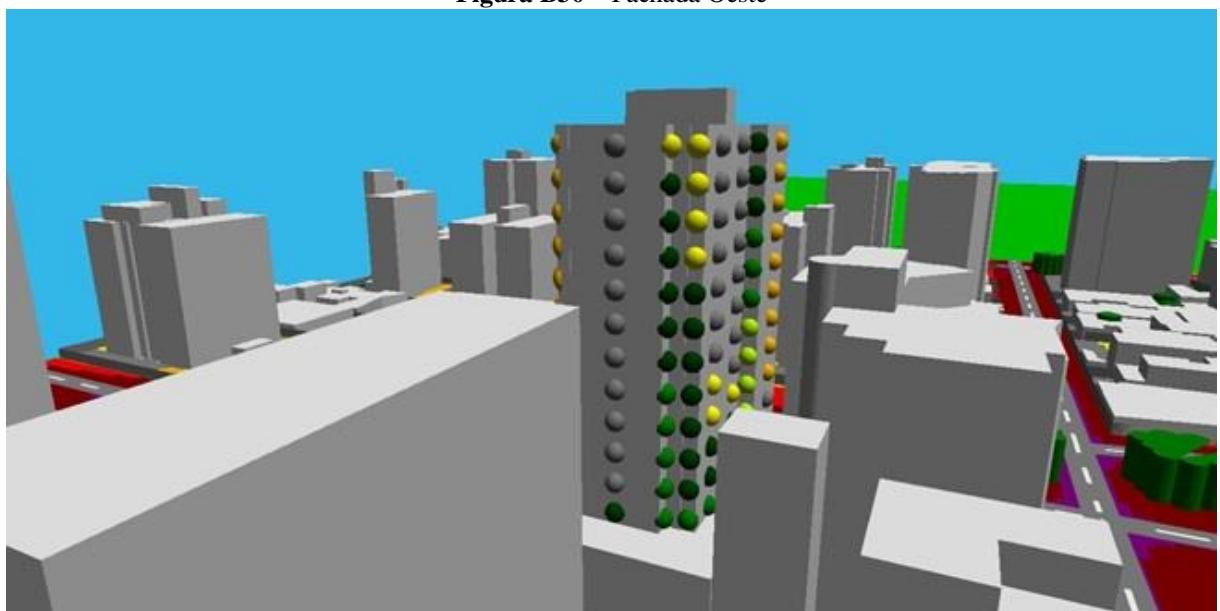


////

Figura B29 – Fachada Leste



Figura B30 – Fachada Oeste



////

– Empreendimento C

Figura B31 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento C – localização dos pontos de medição – Grid a 1,20m de altura (Dia)



Figura B32 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento C – localização dos pontos de medição – Grid a 1,20m de altura (Noite)



////

Figura B33 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento C – localização dos pontos de medição – Grid a 14,10m de altura (Dia)



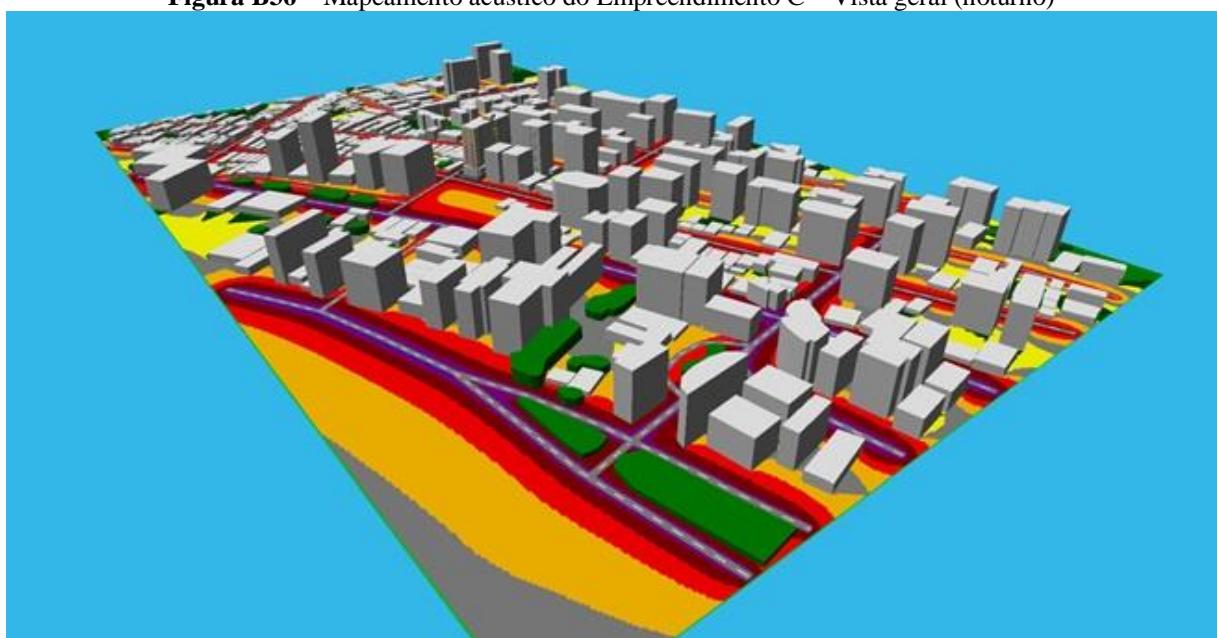
Figura B34 – Mapeamento acústico do entorno do Empreendimento C – localização dos pontos de medição – Grid a 14,10m de altura (Noite)



Figura B35 – Mapeamento acústico do Empreendimento C – Vista geral (diurno)



Figura B36 – Mapeamento acústico do Empreendimento C – Vista geral (noturno)

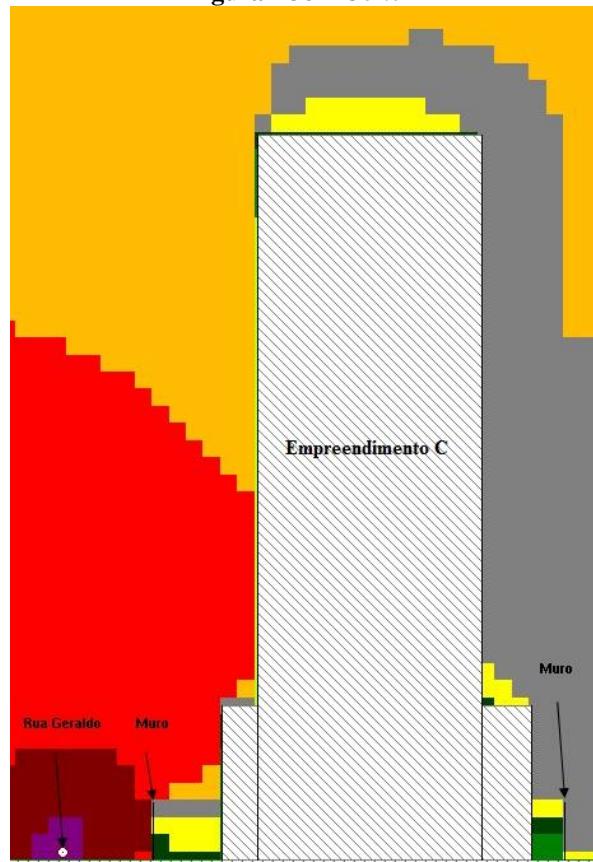


////

Figura B37 – Vista geral com a identificação dos cortes



Figura B38 – Corte A



////

Figura B39 – Corte B

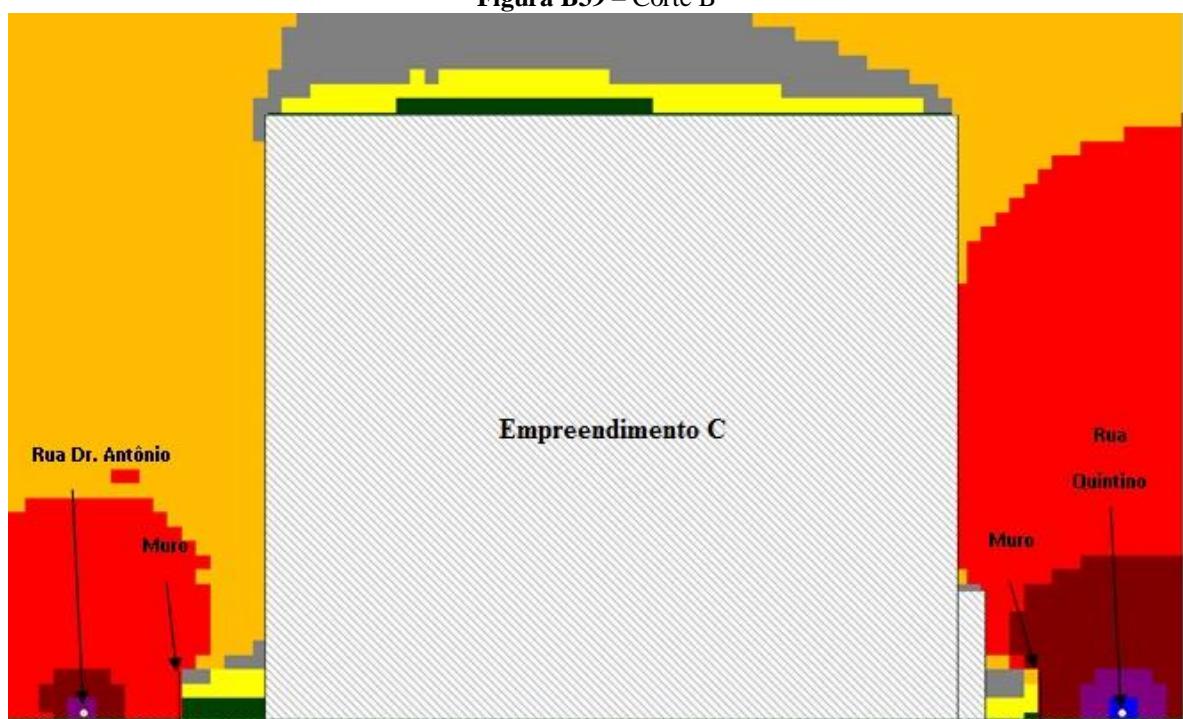
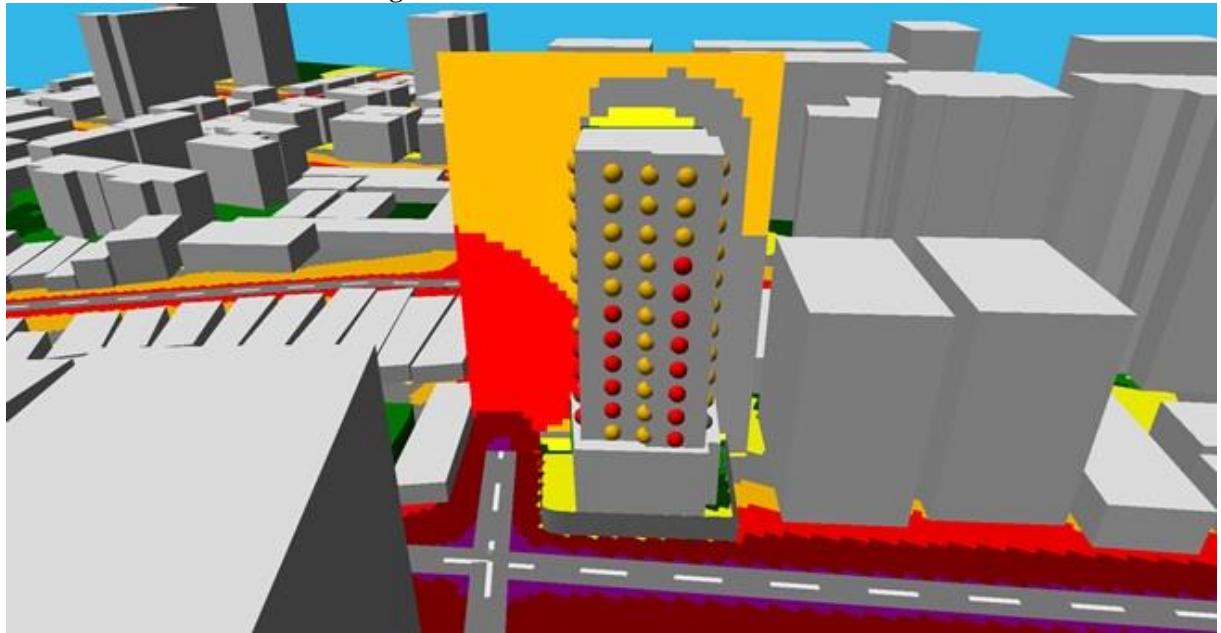


Figura B40 – Vista tridimensional do corte A



////

Figura B41 – Vista tridimensional do corte B



Figura B42 – Fachada Nordeste

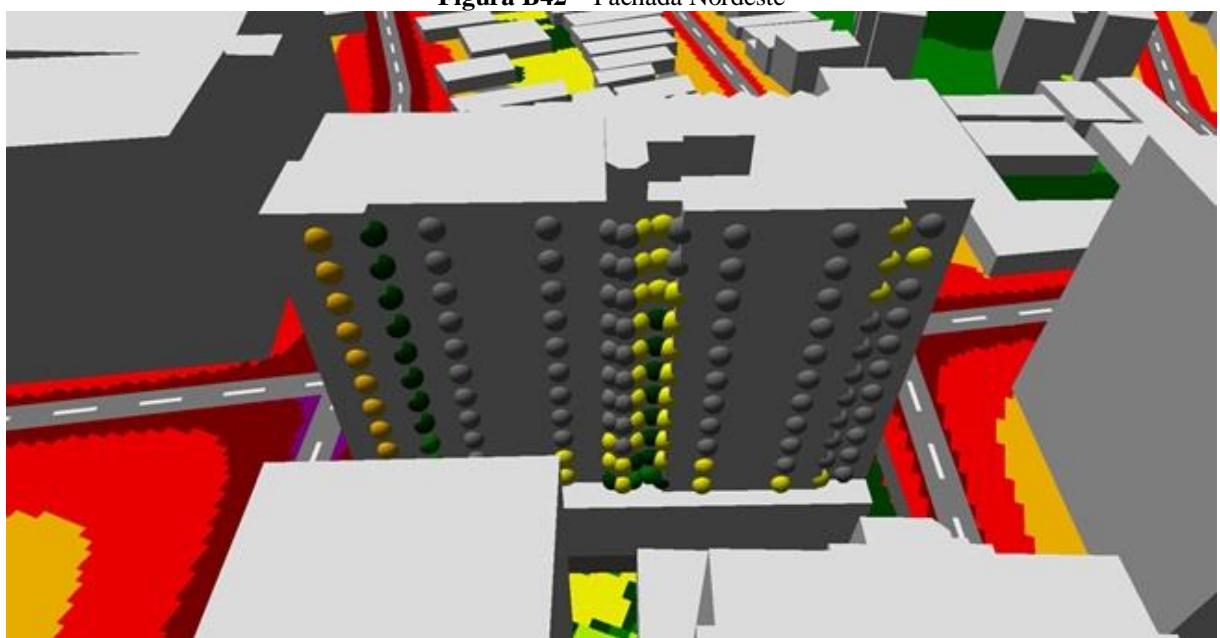


Figura B43 – Fachada Sudoeste



Figura B44 – Fachada Sudeste



Figura B45 – Fachada Noroeste



////