



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Wilma Celeste Fernandes

ANÁLISE DO RUÍDO URBANO NA ÁREA CENTRAL DE LUANDA.

Rio de Janeiro
2013



Wilma Celeste Fernandes

ANÁLISE DO RUÍDO URBANO NA ÁREA CENTRAL DE LUANDA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Julio Cesar Boscher Torres

Rio de Janeiro
2013

Fernandes, Wilma Celeste.

Análise do Ruído Urbano na Área Central de Luanda/ Wilma Celeste Fernandes.

F.:68; il; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, 2013.

Orientador: Julio Cesar Boscher Torres

1. Poluição sonora. 2. Mapa de ruído. 3. Ruído de Tráfego. 4. Simulação Acústica. I. Torres, Julio Cesar Boscher. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. III. Título.

– Rio de Janeiro: UFRJ/POLI, 2013.

Orientador: Julio Cesar Boscher Torres

Dissertação (mestrado) – UFRJ/POLI/ Engenharia Urbana, 2013.



ANÁLISE DO RUÍDO URBANO NA ÁREA CENTRAL DE LUANDA.

Wilma Celeste Fernandes

Julio Cesar Boscher Torres

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Prof. Julio Cesar Boscher Torres, D. Sc.

Prof. Fernando Augusto de Noronha Castro Pinto, Dr.-Ing.

Profa. Maria Lygia Alves de Niemeyer, D. Sc.

Rio de Janeiro
2013

*Aos meus pais, Carlos António e Felícia Inês
pelo simples fato de me terem trazido ao mundo.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria e permissão para enxergar que sem o equilíbrio entre o lado material e espiritual nada é possível.

Ao professor Júlio Cesar, pela disponibilidade, paciência, orientação e dedicação, foram importantes para início e conclusão da dissertação.

Ao meu filho Teixeira Lukenie, pelo sorriso, carinho e companhia em todas as horas.

Ao meu amigo, parceiro e amuleto da sorte, Edson Manuel, obrigada por trazer luz para minha vida, nos momentos em que tudo parece tão escuro.

A todos os professores, funcionários e colegas do Mestrado, em especial ao Glauston Pinheiro e ao professor Fernando Pinto pelo apoio.

À professora Lygia pela bibliografia indicada e disponibilizada.

Aos meus pais pela educação, apoio incondicional e amor, em especial ao Ferreira Quixito.

Ao Gil Famoso, Hélio Cunha, Joelson Cunha, Célia Patrícia, Danílson Ribeiro, Hugo Vasconcelos, pelo levantamento e organização de dados, sem os quais não seria possível.

Aos amigos, Yari Moura, Celeste Baptista, Carina Baptista, Isabel Garcia, Yolanda Francisco, Yahara Lima, Maristela Celeste, Jandira Manuel, Cássia Sofia, Mario Orlando, Suely Carlos, Yussef Leonel, Emerson Dovala, Larissa Paredes, Urânia do Carmo e Walter Lukeny, muito obrigada, a vossa amizade tem contribuído para meu aprendizado.

Aos tios Helder, Beto, Caiovo, Belo, Piris, Eraldite, Marisa Tuta, Eduarda.

A todos os que acreditaram e acreditam em mim, em especial a Reginilde Maseca.

"Um trabalho incompleto pode ser útil por um curto período, mas não tornará uma grande realização nem ira perdurar". (Ensinamentos de Ouro, pag. 180) Kotama Okada

RESUMO

FERNANDES, Wilma. **Análise do Ruído Urbano na área Central de Luanda**. Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

A poluição sonora é um mal que atinge os habitantes das cidades. Constitui-se do ruído capaz de causar incômodo ao bem-estar ou malefícios à saúde. O ruído passou a constituir um dos principais problemas ambientais dos grandes centros urbanos. O tráfego de veículos é certamente a maior fonte de ruído. Em Luanda, a falta de legislação e de normas para redução da poluição sonora, resultam no aumento dos níveis de ruído e no comprometimento da qualidade de vida da população. Neste contexto, a simulação acústica é uma ferramenta importante que serve como subsídio para intervenções, ordenamento do solo e controle da poluição sonora. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para análise do ruído no centro urbano de Luanda, com base em coleta de dados *in loco* e na simulação acústica, comparando os resultados obtidos e analisando o cenário acústico sob a ótica da engenharia urbana. Assim pode-se avaliar o impacto que o tráfego existente na área central de Luanda, em Angola, tem sobre os níveis de ruído urbano. Foram coletados dados de tráfego, tais como quantidade de veículos por hora e velocidades médias. Foram feitas medições dos níveis de pressão sonora na área de estudo. Também são avaliadas as características geométricas, sociais e culturais da área com o objetivo de identificar outras fontes de ruído. Os resultados obtidos a partir da simulação acústica são analisados e comparados.

Palavras-chave: Poluição sonora, ruído urbano, qualidade de vida, tráfego de veículos, legislação, simulação acústica.

ABSTRACT

FERNANDES, Wilma. **Analysis of Urban Noise in the Central area of Luanda.** Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Noise pollution is a disease that affects city dwellers. Constitutes noise likely to cause nuisance to the welfare or health hazards. The noise has become one of the main environmental problems of large urban centers. The vehicle traffic is certainly the largest source of noise. In Luanda, the lack of legislation and standards for noise reduction, resulting in increased levels of noise and compromised quality of life. In this context, the acoustic simulation is an important tool that serves as a subsidy for operations, spatial soil and control of noise pollution. This work aims to present a methodology for the analysis of noise in the urban center of Luanda, based on data collection in situ and acoustic simulation, comparing the results and analyzing the acoustic scene from the perspective of urban engineering. Thus one can assess the impact that the existing traffic in the central area of Luanda in Angola, has on levels of urban noise. Traffic data, such as number of vehicles per hour and average speeds were collected. Measurements of sound pressure levels were made in the study area. Are also evaluated the geometric, social and cultural characteristics of the area in order to identify other sources of noise. The results obtained from the acoustic simulation are analyzed and compared.

Keywords: Noise pollution, urban noise, quality of life, vehicular traffic, legislation, acoustic simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ouvido do homem.....	20
Figura 2: Canal auditivo.	20
Figura 3: Difração na copa das árvores, acima da barreira.	24
Figura 4: Mapeamento Acústico do Morro Santa Marta - RJ - Programa CADNAA.	32
Figura 5: Mapeamento Acústico de Copacabana - RJ.....	33
Figura 6: Expansão de Luanda: (a) Planta Geral de Luanda no Séc. XVII e (b) Vista aérea em 2013.	34
Figura 7: Delimitação da área de estudo e os principais serviços.	37
Figura 8: Mapa da Cidade de Luanda.....	38
Figura 9: Trânsito na área central de Luanda, conflito entre veículos e pedestres na Rua da Missão.....	39
Figura 10: Má conservação de vias no centro de Luanda, calçada degradada na Rua Frédéric Engels.	39
Figura 11: Tráfego na Rua Amílcar Cabral: (a) Parada final de ônibus e (b) Tráfego intenso.....	41
Figura 12: Obra na Av. 4 de Fevereiro (Marginal) no período da tarde.....	42
Figura 13: Boate Palo's Night Club e Bar.	43
Figura 14: Veículo parado na via, de forma irregular.	44
Figura 15: Veículos estacionados na calçada.	44
Figura 16: "Zungueiras" (Vendedoras ambulantes) na Rua da Missão.....	45
Figura 17: Zungueiras (vendedoras ambulantes).....	46
Figura 18: Visualização da área na janela do Autocad.....	47
Figura 19: Tela de Configuração do software CADNAA.	50
Figura 20: Delimitação da área de estudo e pontos de medição.....	51
Figura 21: Tela de Configuração de Ruas - CADNAA.....	53
Figura 23: Diferença entre níveis medidos e simulados - Dia.....	54
Figura 24: Mapa de Ruído - Diurno.	56
Figura 25: Mapas das ruas com níveis na ordem de 65 - 80 dB(A).	57
Figura 26: (a) Rua dos Coqueiros e (b) Escola do ensino primário à direita.	58
Figura 27: Resultado da simulação acústica na área, em destaque a Rua dos Coqueiros.	58
Figura 29: Simulação para o período diurno, locais com níveis abaixo de 55 dB(A).....	60
Figura 30: Diferença entre Medição e Simulação - Noite.	62
Figura 32: Vias que contribuem para o ruído - Noturno.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Conversão de dB para dB(A).....	23
Tabela 2: Dados de Tráfego das principais vias do centro urbano de Luanda, em Maio de 2013.	49
Tabela 3: Identificação dos pontos de medição e níveis obtidos.....	52
Tabela 4: Diferenças entre dados medidos e simulados - Dia.	55
Tabela 5: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A) - NBR 10.151/2000.	58
Tabela 7: Diferenças entre níveis medidos e simulados - Noturno.	61

LISTA DE ABREVIATURAS

dB	Decibel
dB(A)	Decibel ponderado pela curva “A”
CAD	<i>Computer Aided Designe</i>
CADNAA	<i>Computer Aided Noise Abatement</i>
DNVT	Direção Nacional da Viação e Trânsito
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
<i>f</i>	Frequência
LAeq	Nível de Ruído Equivalente, em dB(A)
Leq	Nível de Ruído Equivalente
NCA	Nível de Critério de Avaliação
NPS	Nível de Pressão Sonora
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1 INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS	18
1.2. JUSTIFICATIVA	18
1.3. METODOLOGIA.....	18
2 . CONCEITOS BÁSICOS.....	19
2.1. O CONCEITO DE SOM	19
2.2. SOM E RUÍDO	19
2.3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA AUDITIVO DO SER HUMANO	20
2.4 IMPACTO DO RUÍDO NO SER HUMANO.....	21
2.4.1 Nível de Pressão Sonora.....	21
2.4.2 Nível de Pressão Sonora Equivalente (Leq).....	22
2.4.3 Curvas de ponderação.....	22
2.5 PROPAGAÇÃO SONORA EM MEIO URBANO	23
2.5.1 Fontes de ruído urbano	23
2.5.2 Reflexão, Transmissão, Difração e Interferência.	24
2.6 EFEITOS NA SAÚDE	25
2.7 LEGISLAÇÃO SOBRE RUÍDO EM ANGOLA.....	25
2.8 LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL	26
2.9 MODELOS INTERNACIONAIS PARA AVALIAÇÃO DO RUÍDO	29
2.10 NORMA ISO 9613.....	30
2.11 ESTUDO S DE POLUIÇÃO SONORA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO.....	31
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
3.1 URBANIZAÇÃO E CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO DA CIDADE DE LUANDA .	34
3.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.3 FONTES DE RUÍDO EM LUANDA	40
3.3.1 Tráfego no centro de Luanda.....	40
3.3.2 Construção - Obras	42
3.3.3 Boates e casas noturnas	42
3.3.4 Candongueiros	43
3.3.5 Vendedores Ambulantes (Zunga).....	45
4 SIMULAÇÃO	47
4.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO GEOMÉTRICO	47
4.2 DEFINIÇÃO DAS EMISSÕES DAS VIAS	48
4.3 AFERIÇÃO DO MODELO ACÚSTICO (CALIBRAÇÃO).....	50
5 RESULTADOS	54
5.1 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO – DIURNO	54
5.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO – NOTURNO	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
7 BIBLIOGRAFIA	66

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade o ruído é considerado um problema para o homem. Na antiga Roma, por exemplo, já existiam restrições para o ruído emitido pelas rodas das carruagens, que rodavam pelas ruas calçadas de pedra causando transtorno ao sono dos moradores (OMS, 1999).

Com a revolução industrial, no século XIX, surgem preocupações com os efeitos nocivos do ruído, tal como a perda de audição das pessoas nos postos de trabalho com altos níveis de ruído gerados pelas máquinas. Nesta época o surgimento de bairros de classes operária afastados dos centros urbanos e a criação de linhas férreas próximas às residências causavam incômodo à população.

O ruído permeia as atividades humanas 24 horas por dia e vem sendo apontado como uma das principais causas da deterioração da qualidade de vida, principalmente nas grandes cidades.

O incômodo e as perdas causados pelo ruído dependem do seu tipo (impulsivo, contínuo ou intermitente), da sua intensidade, duração e das características auditivas do ser humano. Segundo Niemeyer (2007), a poluição sonora torna-se um problema mais grave à medida que aumentam o volume de tráfego, o porte das cidades e a densidade da estrutura urbana. As vozes e o ruído produzido por atividades humanas são características da paisagem sonora urbana.

As características de adaptação do ser humano favorecem uma acomodação das pessoas ao ruído, fazendo com que não reclamem ou se mobilizem no sentido de evitá-lo. Outro aspecto muito relevante na falta de iniciativa dos cidadãos, quanto à cobrança de providências ao poder público, é o desconhecimento dos males que a alta dose de ruído pode provocar à saúde.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1999) os níveis sonoros não devem ultrapassar 55 dB (A). A exposição contínua a níveis de ruído acima de 80 dB (A) durante 8h ao dia, podem provocar reações fisiológicas no ser humano, tal como a perda gradativa da audição. Aproximadamente 40% da população da União Europeia é exposta ao ruído de tráfego rodoviário com níveis de pressão sonora excedentes a 55 dB (A) no período noturno e cerca de 20% a níveis superiores a 65 dB (A).

Apesar de haver diversos estudos sobre o ruído urbano, estes ainda são poucos se comparados com a quantidade de pesquisas desenvolvidas sobre os demais tipos de poluição. Esses estudos têm mostrado os danos que a exposição ao ruído pode causar à saúde (Pinto & Mardones, 2009). A grande maioria desses estudos é na área de ciências da saúde.

Os efeitos podem ser classificados como diretos ou indiretos. Dentro dos diretos, podem-se destacar as restrições auditivas, dificuldades de comunicação com as pessoas, dores de ouvidos etc. (Farias, 2007). Os efeitos indiretos podem ser notados através de alterações orgânicas, de comunicação, neurológicas, cardiovasculares e comportamentais (Seligman, 1993). Estudos desenvolvidos no Brasil também comprovam que a exposição contínua ao ruído na infância pode ser fator de risco para o desenvolvimento do sistema auditivo (Trombeta *et al*, 2005).

Os problemas relativos ao ruído também estão associados ao crescimento das cidades. Como o nível de ruído nas cidades está diretamente relacionado com o tráfego, seja pelo excesso de veículos, pela velocidade ou por congestionamentos, pode-se afirmar que o nível de ruído nas cidades também tem se elevado nos últimos anos. O tráfego (rodoviário, ferroviário e aéreo) e as instalações (industriais, comerciais e sociais) podem ser identificados como as principais fontes geradoras de ruído urbano. Em algumas situações as fontes de ruído podem variar de acordo com hábitos e costumes locais de cada cidade. Na medida em que a cidade cresce demograficamente, aumentam as atividades urbanas, recreativas e de transportes e, conseqüentemente, o ruído.

Com a aglomeração dos centros urbanos, as vias passam a abrigar grandes fluxos de veículos, além de outras fontes sonoras. O aumento dos níveis de ruído é certamente gradual, tal fato mascara os problemas relativos ao ruído, pois as pessoas tendem a se acostumar com a sua elevação. Essa é uma situação completamente distinta de quando, repentinamente ou por curto período de tempo, uma nova fonte de ruído é inserida no ambiente urbano. Seria, por exemplo, o caso de uma obra na via ou inauguração de um supermercado, shopping ou casa de shows, que altere o tráfego ao redor ou produza indevidamente mais ruído.

Devido às diferentes características das cidades, com topologias e adensamentos variados, os tipos de fontes que predominam no ruído urbano são muito variados. Essa variação exige que sejam adotadas metodologias específicas para a análise e compreensão do cenário acústico das áreas urbanas envolvidas, o que dificulta uma uniformização da análise do impacto do ruído sobre a população da cidade.

De forma a caracterizar e quantificar a exposição do homem aos níveis excessivos de ruído, normas internacionais foram desenvolvidas para medir e modelar a propagação do som (ou ruído) em ambientes urbanos. Estas normas, em geral, estabelecem os critérios e equipamentos necessários para avaliação da quantidade de ruído em determinados locais (recintos ou áreas abertas).

Além disso, diversas normas internacionais foram estabelecidas para quantificar o ruído provocado exclusivamente pelo volume de tráfego em uma via (NMPB Routes 96, RLS90, entre

outras). O ruído de tráfego viário depende do fluxo de veículos, onde devem ser consideradas a velocidade e a quantidade de veículos por hora.

As normas brasileiras não definem os modelos de “conversão” do fluxo viário em nível de pressão sonora, porém estabelecem os níveis toleráveis para cada tipo de zona urbana ou rural em função dos tipos de atividades econômicas (NBR 10151).

Embora haja diversas legislações sobre o ruído no mundo, a maior parte diz respeito às fontes provenientes dos transportes (rodoviário e ferroviário), da construção civil e dos ruídos industriais. A Europa coloca-se na vanguarda neste processo, pois inclui na Diretiva 2002/47 (Quartieri, *et al.* 2009) a preocupação com incômodo provocado pelo ruído nas comunidades.

Com base nas regulamentações e legislações sobre o ruído e métodos de propagação do som, pode-se desenvolver ferramentas capazes de criar mapas acústicos para determinadas áreas (cidades, bairros, lotes, etc.). Tais mapas auxiliam no estudo do comportamento acústico das cidades e nas soluções dos problemas relativos ao ruído urbano.

Uma cidade que cresce sem planejamento adequado do uso do solo, sem parâmetros de verticalização e de ocupação, principalmente em países que dispõem de poucos recursos acaba comprometendo a qualidade de vida dos seus habitantes (Niemeyer, 1998).

1.1. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para análise do ruído no centro urbano de Luanda, com base em coleta de dados *in loco* e na simulação acústica, comparando os resultados obtidos e analisando o cenário acústico sob a ótica da engenharia urbana. Nessa análise pretende-se identificar os principais mecanismos geradores de ruído na área de estudo.

1.2. JUSTIFICATIVA

A cidade de Luanda, devido a fatores históricos e culturais, apresenta diversos aspectos urbanísticos, relativos à distribuição espacial, ao uso do solo e à infraestrutura urbana, que contribuem para que as condições de ruído urbano não sejam ideais. Nesse sentido, uma análise do cenário atual e a proposição de melhorias tornam-se necessárias como ferramentas que podem auxiliar a gestão do espaço urbano.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento da dissertação consta da fundamentação teórica em relação ao tema proposto e do levantamento das características morfológicas e acústicas da área, através da captação de imagens e vídeos para efetuar a contagem de veículos e definir o nível de potência acústica das vias. Esses dados são inseridos no simulador acústico CADNA-A e para validação da simulação os valores obtidos por simulação são confrontados com medições do ruído em diversos locais do centro da cidade.

A fundamentação teórica engloba assuntos sobre ruído urbano e conforto acústico, com referências bibliográficas atualizadas, revistas científicas, artigos, dissertações, teses, pesquisas na internet e consultas às normas e leis.

Foi realizada uma coleta de dados relativos ao tráfego e as condições das vias. Os veículos foram quantificados por tipos (leves e pesados) e velocidade média. O tipo de pavimentação e a largura das vias também foram observados para posterior inserção no simulador.

Através da simulação foram gerados mapas que permitiram uma análise dos resultados, comparando os níveis medidos e simulados, bem como uma análise do comportamento diário do ruído.

2. CONCEITOS BÁSICOS

2.1. O CONCEITO DE SOM

Associa-se o som à perturbação mecânica do meio ambiente que ocorre devido às vibrações de um corpo emitente. Tais vibrações provocam variações de pressão no ar, o que resulta em um movimento vibratório especial da matéria transmitido através de um meio elástico, capaz de impressionar o órgão auditivo do homem e dos animais (Déoux & Déoux, 1996).

O som necessita de um meio elástico para se propagar, a exemplo do ar, da água, do concreto ou de qualquer outro meio. Esse meio sofre repetidas compressões e expansões moleculares que se propagam sob a forma de ondas, a partir da fonte sonora. Explicando-se assim o fato do som não se propagar no vácuo. Portanto, caso não exista matéria, não há o que possa ser deslocado para propagar a energia sonora.

2.2. SOM E RUÍDO

Segundo Bistafa (2011), o ruído é um som indesejável, em geral de conotação negativa. Logo, um som que gera incômodo nas pessoas. Há diversas formas ou tipos de ruído. Mardones (2009) define como Ruído de Fundo todo e qualquer som proveniente de uma ou mais fontes sonoras, que esteja sendo captado durante um período de medições e que não seja proveniente da fonte que está sendo objeto das medições. De um modo geral, pode-se considerar ruído como um som que interfere negativamente na compreensão da informação ou que não traz informação relevante. Um exemplo é o motor de um avião que pode ser visto como ruído, mas também como uma valiosa fonte de informação de que o avião está no ar. Portanto, o ruído possui um caráter subjetivo, tornando-se necessário estabelecer correlações entre os valores associados às grandezas que medem o ruído e as características da percepção auditiva do ser humano.

2.3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA AUDITIVO DO SER HUMANO

O canal auditivo possui aproximadamente 25 mm de comprimento, 7 mm de diâmetro e 1 cm³ de volume. Quanto à frequência, os sons audíveis estão na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz (Costa, 2003). Na Figura 1 pode-se observar o ouvido do homem.

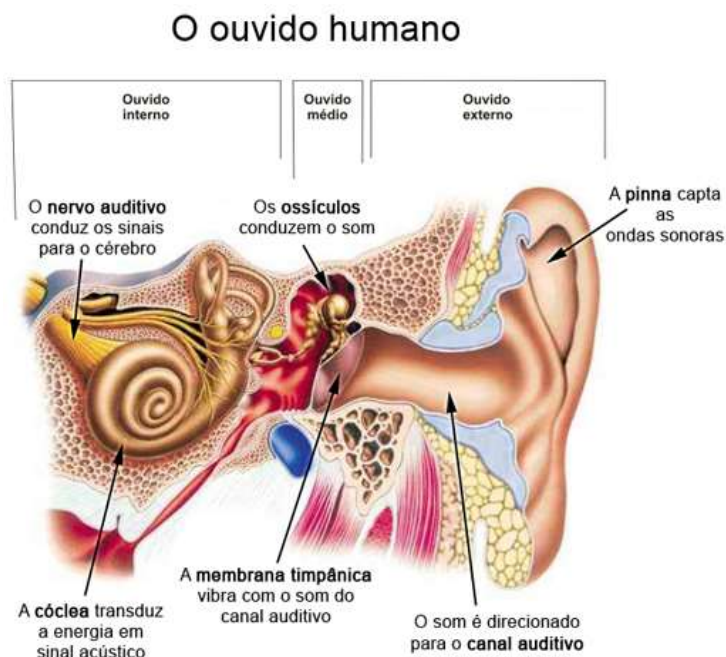


Figura 1: Ouvido do homem.

Fonte: www.aparelhosauditivosecia.com.br

A orelha capta os sons e retransmite os sinais através do sistema nervoso do cérebro. O ouvido humano subdivide-se em: ouvido externo, médio e o interno (vide Figura 2).

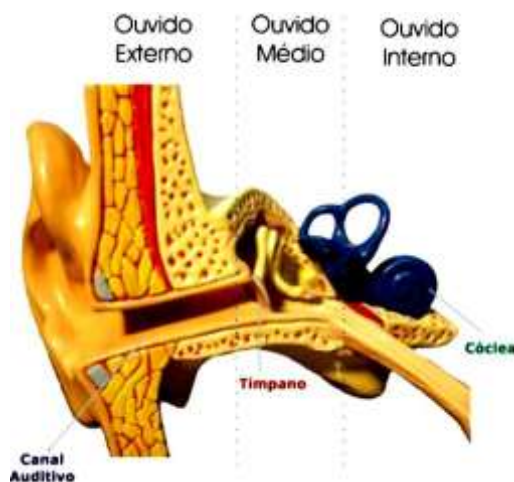


Figura 2: Canal auditivo.

O ouvido externo é constituído por um pavilhão, que serve como uma corneta que recolhe (capta) o som externo e o conduz pelo canal auditivo até o ouvido interno. O ouvido humano tem a capacidade de distinguir a frequência, a intensidade e o timbre de um som.

2.4 IMPACTO DO RUÍDO NO SER HUMANO

O som é caracterizado por deslocamentos das partículas de um meio elástico, em relação as suas posições de equilíbrio. As compressões e expansões do meio causam flutuações de pressão, que estão diretamente relacionadas com a intensidade da fonte sonora. Como essas flutuações ocorrem devido à propagação de um som, recebem denominação de pressão sonora (Gerges, 2000).

Para que se possa avaliar o perigo ou a perturbação causada por uma fonte sonora, a grandeza mais indicada é a pressão, podendo ser medida através de um medidor de nível de pressão sonora.

2.4.1 Nível de Pressão Sonora

O ouvido humano é capaz de perceber variações de pressão em uma faixa muito ampla de pressões, que varia desde o limiar da audição, correspondente à pressão de $20\mu\text{Pa}$ ($0,00002\text{ Pa}$), até ao limiar da dor com 60Pa . Além disso, a sensibilidade do sistema auditivo do homem é dependente do nível de estímulo, o que se traduz em uma não-linearidade.

Uma forma eficiente de lidar com essas não-linearidades é a adoção de relações logarítmicas, que transformam funções exponenciais em lineares, tal qual ocorre com o sistema auditivo. Utiliza-se, portanto, o Bel (B) para expressar a relação de ganho ou perda entre duas potências sonoras. Para pressões sonoras, foi mais adequadamente definido o uso de um submúltiplo do Bel, o decibel [dB], por estar mais relacionado com as pequenas variações percebidas pelo ouvido humano do que o Bel.

A expressão matemática geral que define o **nível de uma potência** qualquer, em Bel ou decibel, é a seguinte (Calixto, 2012):

$$N = \log \frac{W_1}{W_0}, \quad (1)$$

Onde N é o Nível de potência, W_1 é o valor da potência a ser comparada e W_0 é a potência de referência.

Através de diversas considerações sobre a propagação das ondas sonoras e dos campos acústicos, pode-se relacionar o nível de potência sonora com a pressão sonora através da equação:

$$NPS = 10 \log \frac{P_1^2}{P_0^2} \quad \text{ou} \quad NPS = 20 \log \frac{P_1}{P_0}, \quad (2)$$

Onde NPS é o Nível de pressão sonora, P_1 é o valor da pressão sonora a ser comparada e P_0 é o valor de referência da pressão sonora. Neste caso, o valor de referência é considerado o limiar inferior da audição ($20\mu\text{Pa}$) e o nível de pressão dado em decibéis.

2.4.2 Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{eq})

O *Nível de pressão sonora Equivalente* (L_{eq}) é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora, referente a todo o intervalo de medição em decibéis, e é dado por:

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{p(t)}{p_0} \right]^2 dt \right\} \quad (3)$$

Onde:

T ($t_2 - t_1$) é o tempo total de medição; $p(t)$ é a pressão sonora instantânea e $p_0(t)$ é a pressão de referência.

A expressão acima mostra que o **nível equivalente** é representado por um valor constante que, durante um período de tempo (T), resultaria na mesma energia acústica produzida pelos valores instantâneos variáveis da pressão sonora. Portanto, um nível equivalente L_{eq} tem o mesmo potencial de lesão auditiva que um nível variável considerado nesse mesmo intervalo de tempo. Os critérios para lesão permitem essa equivalência até aproximadamente 115 dB(A) de nível máximo, a partir do qual pode ocorrer lesão com exposição de curta duração (Calixto, 2013).

Este índice baseia-se no princípio de equivalência de energia. O L_{eq} é usado pela Agência de Proteção Ambiental (AGENCY, 1974) como métrica para avaliação de fontes de ruído ambiental e pela ISO (1996/2 1987) para as medições de ruído urbano. O L_{eq} pode ser usado para medir sons contínuos como ruído de tráfego veicular, servindo também para comparação de duas situações semelhantes de ruído (OMS, 1999).

2.4.3 Curvas de ponderação

Como a sensibilidade do ser humano não é a mesma para todas as frequências, são utilizados pesos diferenciados para determinadas faixas de frequências. Esses pesos compensam as diferenças de

sensação do som em função do seu nível e da faixa de frequência, tornando cada faixa de frequência com o mesmo grau de percepção ou lesão. Uma dessas curvas de compensação é a “ponderação A”, cujos valores são apresentados na Tabela 1 e devem ser adicionados aos níveis medidos nas respectivas faixas de frequência.

Tabela 1: Conversão de dB para dB(A)

63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
-25	-15	-8	-3	0	+1	+1	-1

A escala em dB (A) relaciona de uma forma mais adequada o nível de pressão que é medido por um instrumento de medição com a percepção ou incômodo causado por esse mesmo nível no ser humano.

2.5 PROPAGAÇÃO SONORA EM MEIO URBANO

Devido à ação de forças de fricção e à trajetória do som, a energia que se propaga diminui com o tempo e com a distância da fonte sonora. As características físicas dos obstáculos influem na quantidade do som que é refletido, absorvido ou transmitido.

O ruído emitido pelos veículos automotores encontra diversos obstáculos representados pelas formas urbanas, fazendo com que o caminho das ondas sonoras seja alterado e modifique o nível de percepção de ruído (Niemeyer, 1998). Marco (1982) destaca que em qualquer local de uma grande cidade existe ruído de fundo contínuo produzido pela superposição dos ruídos dos veículos.

De acordo com Cortês (2013), além da influência dos veículos, fatores como características físicas da forma urbana, tais como densidade construtiva, superfícies refletoras, altura entre os edifícios, tipo de pavimentação das vias e calçadas, revestimento e relevo das fachadas, áreas verdes, traçado e declividade do solo influenciam diretamente no ruído que chega às pessoas.

Embora a vegetação não seja um material isolante nem barreira acústica, a presença de vegetação nas ruas, através da arborização ou como revestimento das calçadas e fachadas, é recomendada porque aumenta a difusão e a absorção do som que incide sobre os planos horizontais e verticais que limitam o cânion urbano.

2.5.1 Fontes de ruído urbano

Em um ambiente urbano, podemos caracterizar as fontes como fixas (indústrias, construção civil e atividades de lazer) ou móveis, tais como veículos automotores ou pessoas. No que diz respeito ao

ruído urbano, a via de tráfego também pode ser considerada uma fonte sonora. De acordo com (Golebiewski, *et al.* 2003), uma rodovia de tráfego intenso, com grande número de veículos, pode chegar a gerar níveis sonoros de cerca de 80 dB (A) próximo à margem da mesma. As emissões sonoras do tráfego rodoviário são determinadas principalmente pelo ruído dos motores e dispositivos de escapes.

O tráfego e a indústria não são as únicas fontes de ruído. A atividade humana, por consequência do aumento da densidade populacional, é uma importante fonte que vem contribuindo para o aumento do nível de ruído em áreas urbanas. Com a aglomeração dos centros urbanos, as vias passam a abrigar grandes fluxos de veículos, entre outras fontes sonoras. Esses fatores, aliados à disposição e à volumetria das edificações, tornam o tráfego rodoviário um poluidor acústico responsável por níveis de pressão sonora altamente prejudiciais à saúde (Balzan, 2011).

2.5.2 Reflexão, Transmissão, Difração e Interferência.

Segundo Calixto (2013), uma onda sonora ao encontrar um obstáculo tem parte de sua energia refletida, absorvida ou transmitida. De um modo geral, quanto mais rígido, denso e de superfície lisa for o obstáculo, maior será a parcela refletida da onda.

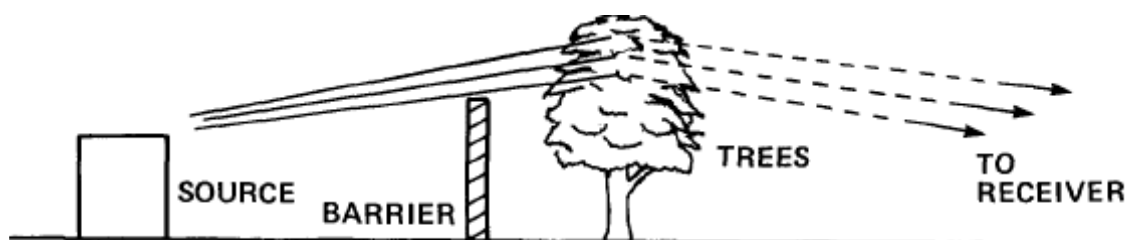


Figura 3: Difração na copa das árvores, acima da barreira.

Difração é o processo físico que permite que um som chegue ao receptor, mesmo na presença de um obstáculo, que impeça a sua propagação direta, conforme se pode observar na Figura 3.

Em relação à transmissão, o som pode atravessar uma parede, ainda que esta não apresente nenhuma abertura. Uma parede, ao ser atingida por uma onda sonora, vibra e passa a funcionar como uma nova fonte, transmitindo o ruído. A transmissão do som, em caso de paredes simples, obedece à Lei de Massa: quanto mais pesada a parede, maior a sua capacidade de se opor à transmissão de ruído.

2.6 EFEITOS NA SAÚDE

A cerca de pelo menos dois mil e quinhentos anos, os efeitos da poluição sonora já eram conhecidos, através de textos que relatavam a surdez no Egito. Com a urbanização das cidades, a partir do século passado, a poluição sonora começou a se destacar como problema de vizinhança e posteriormente como uma questão relativa à qualidade de vida e saúde do ser humano (BORGES, 1976).

O ruído vem sendo apontado como umas das principais causas da deterioração da qualidade de vida, principalmente nas grandes cidades. Grande parte das pessoas é mais afetada pela exposição ao ruído do que por qualquer outro poluente. Porém, como os problemas de saúde causados pelo ruído não põem tanto a vida em perigo quanto os poluentes do ar, das águas e o lixo químico, o ruído encontra-se em ultimo lugar na lista das prioridades ambientais (Bistafa, 2011).

Vale ressaltar que um dos principais efeitos do ruído considerado como um dos mais negativos é a perturbação do sono. O sono ininterrupto é um requisito básico para o bom funcionamento fisiológico e mental. A perturbação tem efeitos primários durante o sono e secundários após o dia seguinte da exposição. Podem-se destacar como efeito imediato da perturbação do sono, as dificuldades para dormir e acordar, alterações na fase do sono, aumento da pressão sanguínea, no ritmo cardíaco e as mudanças na respiração (Mardones, 2009).

Os efeitos do ruído sobre o ser humano dependem do tipo, da sua intensidade, duração e das características da pessoa exposta. Além disso, o mesmo ruído, pode perturbar de formas diferentes duas pessoas ou ser incômodo mesmo que o nível não seja considerado elevado.

2.7 LEGISLAÇÃO SOBRE RUÍDO EM ANGOLA

O controle da poluição sonora na cidade de Luanda é regulamentado através da Lei n.º 12/11 (D.R. n.º 31, de 16 de Fevereiro de 2011) – Lei das transgressões administrativas – que revogou a Lei n.º 10/87, de 26 de Setembro (Advogados, 2011).

Ambas as leis não definem objetivamente os critérios relacionados ao ruído. Trazem apenas considerações sobre a prevenção contra os comportamentos humanos que perturbem a sua específica atividade de organização, gestão e ordenamento da sociedade ou que coloquem em risco a segurança de pessoas e bens.

A Lei Constitucional proíbe no seu artigo 2º:

- a) Alterar a ordem dos espetáculos públicos, nos estabelecimentos hospitalares, educacionais e comerciais, nos serviços e transportes públicos, ou em outros locais de concentração de pessoas;
- b) Realizar espetáculos sem devida autorização;
- c) Perturbar com diferentes familiares ou sociais, ou com barulhos evitáveis o descanso, o sossego e a tranquilidade das pessoas em geral e dos vizinhos em particular;
- d) Realizar ou participar em festas, além dos horários permitidos e das regulamentares ou expressamente autorizadas pelas autoridades competentes, ou que, por qualquer forma, provoquem ruídos exagerados que prejudiquem o descanso dos vizinhos;
- e) Proceder à venda de bens fora dos locais autorizados;

Caso haja descumprimento nos itens acima, são aplicadas multas estabelecidas pelas autoridades policiais, de inspeção e de fiscalização. Sendo estabelecido o prazo voluntário de 30 dias para pagamento da multa, a contar da data da notificação.

As transgressões administrativas prescrevem no prazo de dois anos, a contar da data da autuação (Advogados, 2011).

2.8 LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

Os modelos de cálculos matemáticos de ruído surgiram há cerca de 50 anos, levando em consideração o fluxo de veículos, características viárias e distâncias entre fontes e receptores. Esses modelos destinam-se para diversas finalidades, dentre as quais avaliarem o impacto de uma infraestrutura nova, ou já existente, como forma a criar medidas para atenuação do ruído.

Surgiu em 1950/1960 o primeiro modelo de previsão de ruído inicialmente considerava o fluxo contínuo, e não havia diferenciação de tipos de veículos. Com o decorrer dos anos novos modelos foram surgindo, e hoje existem diversos modelos, como, CORTN (modelo inglês), RLS90 (modelo alemã), CNR (modelo italiano) e o NMPB-Routes-96 (modelo francês), (Quartieri, Mastorakis, Iannone, Guarnaccia, D'Ambrodio, & Troisi, 2009).

Segundo Lessa (2012), diversas pesquisas têm sido realizadas a fim de melhorar a precisão dos cálculos, e os softwares baseados na previsão do ruído se tornaram a ferramenta mais importante para verificar a aceitabilidade dos projetos, no que se refere ao ruído e à avaliação de medidas de prevenção e redução de ruído.

Em países como Portugal, onde as maiores queixas relativas ao ambiente são devidas ao ruído, a legislação é mais completa. O decreto-lei Nº 292/2000, de 14 de novembro estipula que:

- a) A proibição de decolagens e aterragens dos aviões nos aeroportos nacionais ficam condicionadas entre as 00 e as 6 horas, devendo os aeroportos a implementação de medidas para minimização do ruído;
- b) Os alarmes contra roubo dos automóveis têm de ter um sistema de controle de modo a não funcionarem mais de 20 minutos. Caso contrário podem ser removidos da via pública;
- c) Normas para a construção de edificações devem possuir um estudo de impacto ou certificado de uma firma credenciada pelo Ministério do Ambiente quanto à insonorização das construções.

Esse decreto-lei faz uma separação de zonas, sendo as zonas sensíveis (próximas a escolas, hospitais e zonas de recreação) onde os ruídos não devem ultrapassar 55 dB (A) durante o dia e 45 dB(A) durante a noite, não devendo ser realizados espetáculos de diversão, feiras, mercados ou jogos esportivos, a menos que haja autorização por licença especial; já nas zonas mistas, onde o ruído poderá chegar até 55 dB (A) de noite e 65 dB (A) de dia. Caso se venha a implantar algum equipamento, devem-se providenciar medidas para redução de ruído, sendo de responsabilidade de administrações municipais.

As zonas classificadas como sensíveis, automaticamente proíbem a instalação de equipamentos que produzam ruído permanente acima do permitido, na mesma.

No artigo nono da Lei portuguesa (lei Nº 292/2000) são estabelecidos os deveres dos órgãos municipais para redução do ruído, recomenda-se a identificação das áreas onde se faz necessário à redução do ruído ambiente no exterior; quantificar a redução necessária nos demais horários; indicação de medidas de redução de ruído e respectiva eficácia quando a entidade responsável pela sua execução é o município.

A Resolução Nº 001 de 08 de março de 1990 do CONAMA dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, determinando padrões e diretrizes. Considera que os problemas dos níveis excessivos de ruído estão incluídos entre os sujeitos ao Controle da poluição de Meio Ambiente.

Para a medição dos níveis de ruídos na Cidade do Rio de Janeiro são seguidas as determinações da Lei Municipal N.3.268 de 29/08/2001, alterada pela Lei N.3.342 de 28/12/2001,

e, em especial, as do Decreto Municipal N. 29.881 de 18/09/2008 [32] no seu Regulamento n.º 2 - Da Proteção Contra Ruídos.

Posteriormente, a Lei N.º 3268, de 29 de agosto de 2001, que altera o Regulamento n.º15 [33], e o Decreto N.º 5.412 [34], indica os níveis máximos para sons e ruídos externos, em dB(A), vinculados ao Zoneamento Municipal. A NBR 10151/2000 é a norma brasileira que trata sobre ruído urbano, “Avaliação de Ruído em Áreas habitadas Visando o Conforto da Comunidade”, indicando os níveis máximos aceitáveis em diferentes áreas. A última versão dessa norma, recentemente revisada, vigora desde 1º de agosto de 2000. Esta norma fixa condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidade. Especifica um método para medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores. A norma estabelece os níveis máximos permitidos, em decibel, conforme os horários (diurno e noturno) e o zoneamento da cidade.

No período diurno (de 7:00 às 21:59 horas) os níveis tabelados são mais permissivos em relação aos do período noturno (22:00 às 6:59 horas). Já nos Domingos e feriados o período diurno é considerado das 08:00 às 21:59h. As zonas residenciais apresentam níveis mais restritos enquanto áreas industriais, centros de bairro, de comércio, de turistas, têm os níveis mais permissivos. Os ruídos e sons que venham de cerimônias religiosas, no interior dos estabelecimentos serão permitidos em qualquer área do zoneamento, desde que seja respeitado o limite máximo de 75 dB(A).

A norma recomenda também que a medição de emissões sonoras seja feita no mínimo 1.50 m da divisa do lote onde ocorre o ruído, ou realizada no recinto onde é percebido o incômodo. Pela lei do Rio de Janeiro, para que providências sejam tomadas, é necessário que se faça denúncia. Posteriormente, é feita vistoria e são aplicadas multas progressivas, caso de reincidência, se faz a cassação do alvará de licença do referido estabelecimento, ou mesmo apreensão do equipamento e encaminhamento do processo à Procuradoria Geral do Município, cabendo recurso às multas, que podem variar de 200 a 2000 reais.

Após a análise das legislações, de Portugal e do Rio de Janeiro, observa-se que ambas as legislações estabelecem parâmetros para que sejam regulamentados os níveis de ruído. Através da definição de horários e níveis, bem como punições devidas para o seu descumprimento. Porém, na legislação angolana observa-se certa subjetividade, falta de critérios, o que acaba deixando brechas para o agravamento da situação atual do ruído.

2.9 MODELOS INTERNACIONAIS PARA AVALIAÇÃO DO RUÍDO

Foram desenvolvidos diversos modelos para caracterizar a emissão de diversas fontes de ruído de tráfego (rodoviário, ferroviário e aéreo) e avaliar o nível equivalente a uma determinada distância dessas fontes de ruído, considerando também as propriedades acústicas das áreas urbanas, industriais ou rurais, tais ganhos e atenuações devido às reflexões no solo ou em edificações.

O método de cálculo francês NMPB – Routes96 (2ª geração) para o ruído de tráfego rodoviário leva em conta parâmetros como fluxo de tráfego, tipo de veículo (leve e pesado), velocidade média dos veículos, tipo de pavimento, tipo de superfície, geometria da rodoviária/pavimento, largura e inclinação da via e número de faixas de rodagem em cada sentido. O cálculo é dado pelas equações 4 e 5:

$$L_{x,i} = LA_{wi'} + 10 \log(\text{comprimento}) + R(i) \quad [dB(A)] \quad (4)$$

$$L_r = L_x + A_{div} + A_{atm} + A_{sol} \left(\frac{H}{F} \right) + A_{dif} \left(\frac{H}{F} \right) - RL \quad [dB(A)] \quad (5)$$

Onde:

$LA_{wi'}$ é o espectro de emissão em banda de oitava dB(A); $R(i)$ é o valor do espectro de referência para ruído de rodovias; A_{div} é a atenuação devido divergência; A_{atm} é o índice de absorção atmosférica; A_{solH} é a atenuação do solo por condições homogêneas; A_{solF} é a atenuação do solo por condições favoráveis; A_{difH} é a atenuação devido à difração por condições homogêneas; A_{difF} é a atenuação devido à difração por condições.

O Método de Cálculo Corten (Modelo Inglês) Desenvolvido pelo departamento de transportes e pesquisas rodoviárias do Reino Unido (1975). Os parâmetros deste modelo envolvem fluxo de tráfego, velocidade média dos veículos, gradiente das vias e tipo de pavimentação.

Este método é feito em cinco etapas:

- Divisão da via em um ou mais segmentos, e a variação de ruído deverá ser inferior a 2 dB (A);
- Cálculo do nível básico de ruído a 10 metros de distancia, dependendo da velocidade de trafego, fluxo e composição, sendo o trafego uma fonte linear;
- Avaliação do nível de ruído para cada segmento, levando em consideração a atenuação devido a distancia da linha de origem;
- Ajuste do nível de ruído levando em conta a reflexão devido aos edifícios e fachadas;

- Após seguir todos os itens acima listados. Chega-se a um nível de ruído mais preciso (QUARTIERI, 2010).

O modelo Alemão RLS90 foi desenvolvido como uma melhoria do padrão já existente RLS81, é um modelo mais preciso do que o anterior utilizado pela Alemanha. Este modelo requer a inserção de dados em relação ao fluxo de tráfego médio por hora, diferenciados entre motocicletas, veículos leves e pesados, tipologia da via, tipo de obstáculos e pessoas singulares (Quartieri *et al*, 2009).

Nesse modelo são levados em conta aspectos que interferem na propagação do ruído, como, a vegetação, absorção do ar, reflexões e difração. Sugere a redução do ruído através de barreiras acústicas. Faz avaliação da emissão de som de estacionamento de veículos, levando em conta para o cálculo à distância de 25m a partir do centro da via, em função da quantidade de veículos por hora e a percentagem de veículos pesados.

É dado pelas equações 6 e 7 descritas abaixo:

$$L_x = L_{m,E} - D_{refl} + K + 10\log(\text{comprimento}) [dB(A)] \quad (6)$$

$$L_r = L_x + D_s + D_{bm} + D_z - R_l [dB(A)] \quad (7)$$

Onde:

$L_{m,E}$ é o nível de emissão; D_{refl} é o nível de aumento devido às reflexões múltiplas; K é a correção para cruzamentos e entroncamentos com semáforos; D_s é a atenuação devido à divergência; D_{bm} é a atenuação devido à meteorologia e solo; D_z é a atenuação de barreira.

2.10 NORMA ISO 9613

A descrição do método utilizado para os cálculos de ruído industrial (Quartieri *et al.*, 2009), permite a previsão dos níveis de ruído ambiente a uma dada distancia proveniente de diversas fontes através do calculo da atenuação do som durante a sua propagação em campo livre. Os níveis de emissão sonora em relação ao receptor são descritos pelas equações 8 e 9:

$$L_x = L_w + D_t + K + 10\log(\text{comprimento ou área}) dB(A) \quad (8)$$

(9)

$$L_r = L_x + K_0 + D_c - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} - A_{fol} - A_{hous} - A_{bar} - C_{met} - RL \text{ dB}(A)$$

Onde:

L_w é o nível de potência sonora da via; D_t é a correção do tempo de operação; K_0 é o índice de direcionalidade; D_c é a correção de direcionalidade; A_{div} é a atenuação devido atmosfera; A_{atm} é o índice de absorção atmosférica; A_{gr} é a atenuação devido a absorção do solo; A_{fol} é a atenuação devido a folhagem; A_{hous} é a atenuação devido às construções; A_{bar} é a atenuação devido ao rastreo; C_{met} é a correção meteorológica.

2.11 ESTUDO S DE POLUIÇÃO SONORA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Atualmente existem diversos softwares comerciais que podem ser utilizados na simulação acústica em ambientes externos, visando a avaliação do impacto ambiental, como SoundPlan, CADNA-A, Predictor, etc. Independente dos tipos de dados de entrada ou das formas em que esses dados se apresentam (ou são importados), os simuladores acústicos utilizam métodos de simulação da propagação da onda baseados em teorias já bem consolidadas e também com base nas normas internacionais.

Diversos trabalhos sobre ruído vêm sendo desenvolvidos por toda parte do mundo, onde são descritas as mais variadas metodologias que vêm sendo aplicadas, com objetivo de avaliar o nível de ruído dos grandes centros urbanos (Lessa 2012).

No trabalho desenvolvido por Lessa (2012), por exemplo, verificou-se a necessidade da criação de uma nova metodologia que se adequasse a uma característica urbana da área de estudo, onde tratava-se de uma comunidade onde diversas fontes precisaram ser adaptadas pois não havia no software tais modelos pré-estabelecidos. Esses simuladores geralmente levam mais em conta modelos de rodovias, ferrovias e estacionamentos.

Diversas medições foram feitas no local de estudo (Morro Santa Marta - RJ), através de monitoramento de longo prazo em locais fixos. Em seguida os dados como geometria da via, tipo de superfície da via, tipo de rodovia, fluxo e velocidade média dos veículos foram inseridos no simulador acústico CadnaA.

Os dados simulados e medidos foram comparados e observou-se uma boa concordância entre os mesmos. O resultado do estudo está demonstrado na Figura 4.

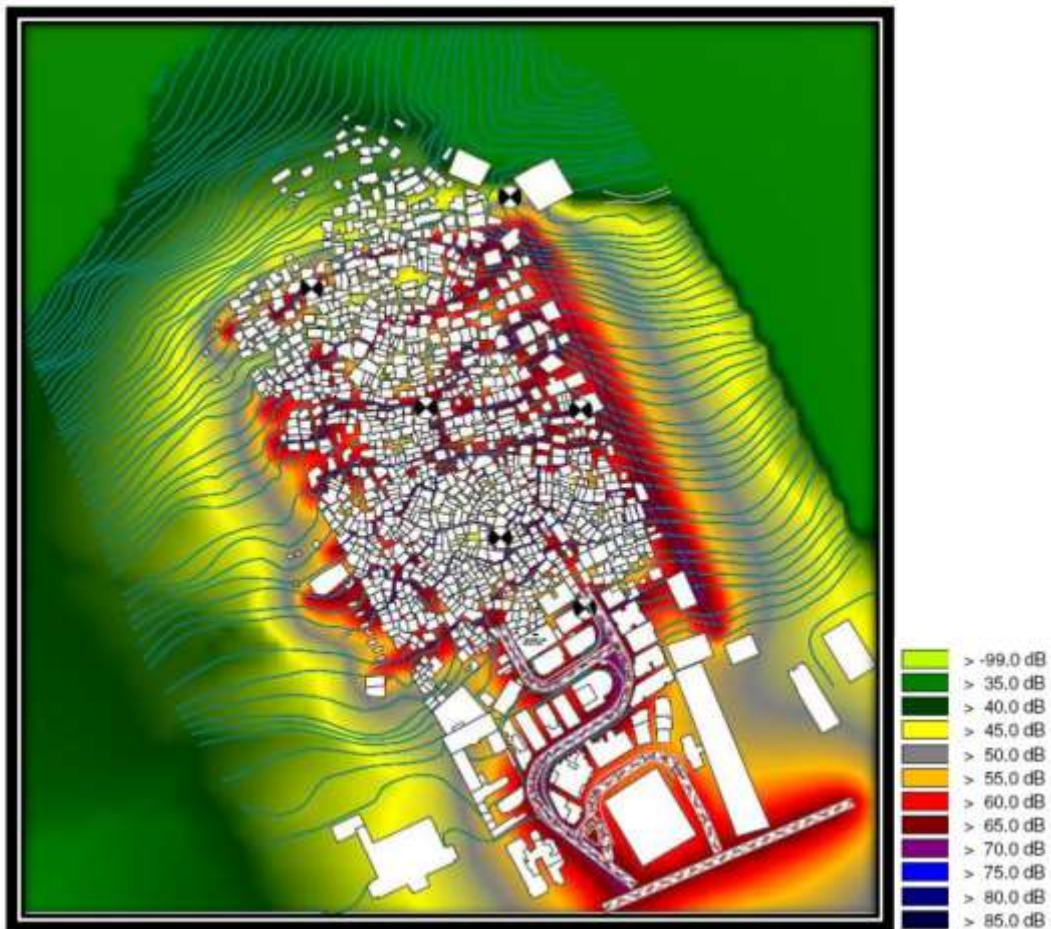


Figura 4: Mapeamento Acústico do Morro Santa Marta - RJ - Programa CADNAA.

Fonte: Lessa, 2012.

Em outro estudo realizado na cidade do Rio de Janeiro (Mardones, 2009), foi possível analisar os níveis de ruído que a população era exposta e quantificar a influência desses níveis naquela região, através do mapeamento acústico das principais avenidas (vide Figura 5).

O setor analisado se caracterizou por uma elevada densidade populacional e por um grande fluxo de veículos (leves e pesados). Os níveis sonoros encontrados foram maiores dos que os recomendados pelos regulamentos aplicáveis, fato que demonstrou que o ruído ambiental é uma questão importante em Copacabana.

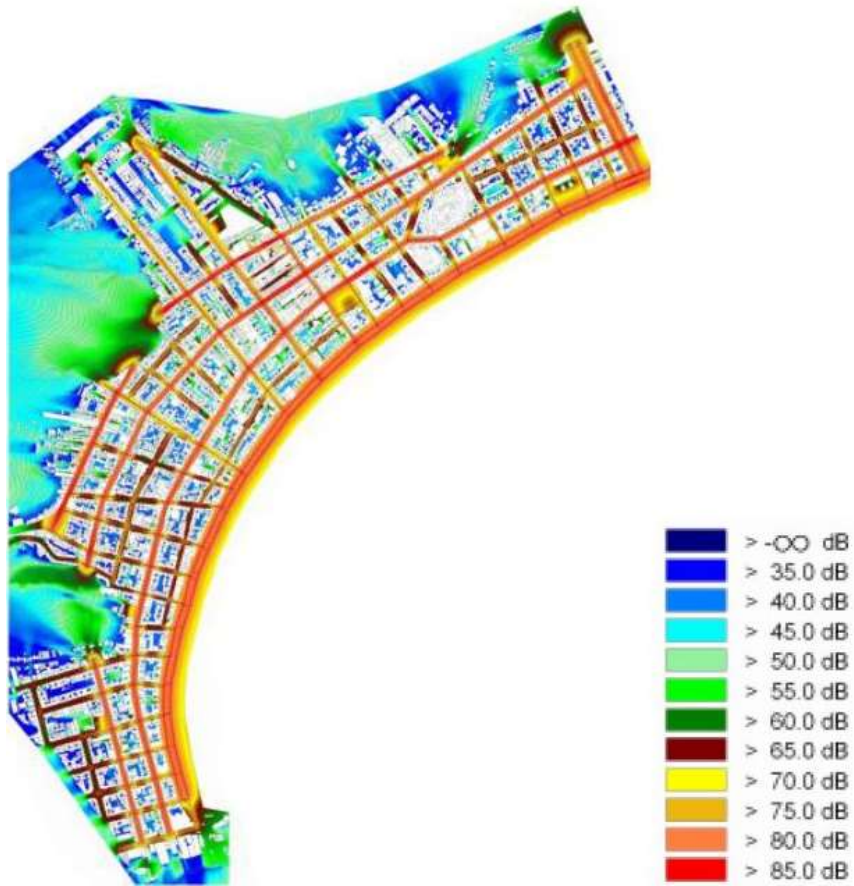


Figura 5: Mapeamento Acústico de Copacabana - RJ.

Fonte: Mardones, 2009.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 URBANIZAÇÃO E CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO DA CIDADE DE LUANDA

Luanda, capital de Angola, é a cidade onde se realizou o estudo de caso. É uma das 18 províncias e está localizada a noroeste do país, possui latitude 08°- 51S e longitude 013°-14E, topografia suave e sem muitas elevações. Fundada em 1572 pelo navegante Português Paulo Dias de Novais, foi entre os anos de 1550 a 1850 a capital de ‘Reino de Sebaste’. Tornou-se depois um importante centro de tráfico de escravos para o Brasil. Durante o período colonial, foi o Centro Administrativo de Angola e a partir da década de 60 teve uma explosão demográfica. Em pouco mais de 10 anos atingiu uma população com cerca de 880 mil habitantes (vide Figura 6).



Figura 6: Expansão de Luanda: (a) Planta Geral de Luanda no Séc. XVII e (b) Vista aérea em 2013.

O clima na maior parte do tempo é quente e úmido, e em alguns meses do ano é seco devido à corrente fria de Benguela que impede a condensação da umidade da chuva. Possui precipitação anual de 323 milímetros, as temperaturas variam de 21° mínimas (nos meses de Julho e Agosto) e 31° máxima (meses de Setembro a Maio).

Devido a sua condição de principal cidade da então Província Ultramarina de Angola, nome que os Portugueses adotaram para as suas colônias na África, foi também o núcleo das primeiras organizações na luta anticolonial nos anos 40.

Foi também em Luanda que no dia 4 de Fevereiro de 1961, um grupo de destacados angolanos realizou o ataque à Penitenciária de São Paulo, com o objetivo de libertar seus

compatriotas, presos pelo regime colonial. Esta data é marcada como o início da luta de libertação colonial. No dia 11 de Novembro de 1975, em Luanda, foi proclamada a independência de Angola pelo Presidente Agostinho Neto. Luanda tornou-se assim a capital da então República Popular de Angola. Devido à situação política e divergências nos três principais movimentos de luta de libertação nacional, Angola entrou logo após a independência numa guerra civil. Perante a esta situação, que afetou principalmente o interior do país, Luanda, como principal cidade do país, tornou-se destino da população migrante devido à guerra. Assim, a cidade que foi edificada para suportar uma população de 500 mil habitantes, possui atualmente cerca de seis milhões de habitantes.

O crescimento populacional nos arredores da cidade de Luanda está a criar problemas ao trânsito, que se avoluma nas principais vias de acesso ao centro da capital. Estimativas da Direcção Nacional de Viação e Trânsito apontam para que estejam a circular em Luanda dois milhões e meio de carros, um número muito superior à capacidade das estradas existentes, que apenas deviam suportar 600 mil veículos. (Belo, 2013)

Seu crescimento se deu de forma desordenada, o que acarretou uma superlotação e na falta de infraestrutura e de serviços básicos, como água e saneamento, interferindo diretamente na qualidade de vida e na prosperidade da população (Club-K, 2013).

O fato de Angola ter se tornado independente de Portugal apenas em 1975, o que evidentemente foi uma independência tardia, fez com que o desenvolvimento do país fosse comprometido. Questões internas fizeram com que houvesse uma guerra civil pós-independência, afetando principalmente as províncias do interior, e, por conseguinte, causando inchaço na cidade por esta ser o centro político e econômico do país. Em 2002, foram assinados acordos de paz, entretanto Luanda passa por um processo de reestruturação urbana.

A formação urbana das povoações antigas de Angola não foi meramente casual ou resultante da sorte, pois a análise retrospectiva das suas origens mostra-nos suficientemente a existência de poderosas determinantes de origem geográfica, econômica e política a condicionar a escolha do local ou a criação de aglomerado urbano, que se nos apresentam como produto dum móbil deliberado e consciente, germe da primeira colonização que nos tempos modernos se empreendeu no continente africano (Batalha, 2006).

As principais empresas do país se encontram sediadas em Luanda. Um exemplo é a Sonangol, empresa voltada a exploração de Petróleo, que é uma das maiores fontes de renda do país. O Porto, onde são feitas as principais movimentações de importações e exportações, se localiza no centro de Luanda, por este motivo há grande circulação de veículos pesados nessa área.

O centro de Luanda abriga os mais diversos usos: comercial, residencial e industrial, que atraem as mais diversas atividades e fazem com que o centro esteja sempre vivo. Essa característica é considerada essencial para que haja manutenção constante de fluxos, tornando assim o centro mais seguro que (Jacobs, 2000).

Apesar da recente criação de outros pólos comerciais e residenciais em Luanda, grande parte dos serviços ainda está concentrada no centro da cidade, o que acarreta a manutenção do atual fluxo de veículos no centro. A concentração de serviços no centro faz com que os moradores das demais áreas tenham que se deslocar ao centro para realizar diversas atividades, que não existem nas áreas mais afastadas do centro.

Como todo grande centro urbano, a cidade de Luanda apresenta problemas de infraestrutura, de mobilidade e de ruído, porém com algumas peculiaridades na distribuição espacial das atividades, hábitos e da cultura local.

Um dos principais motivos para o aumento do trânsito na cidade de Luanda é a falta de políticas para melhoria do transporte público. Em 2009, por exemplo, mais de dois milhões e 500 mil carros circularam em Luanda (Agonotícias, 2012). Como o nível de ruído nas cidades está diretamente relacionado com o tráfego, seja ele pelo excesso de veículos, pela velocidade ou por congestionamentos, pode-se afirmar que o nível de ruído na cidade de Luanda tem se elevado nos últimos anos.

Em Luanda não existe apenas o ruído do tráfego: a própria circulação de pessoas, os chamados candongueiros (vans), vendedores ambulantes, cambistas de rua (“kinguilas”), são também fontes de ruído, fora a constante violação das normas de trânsito pelos próprios condutores e pelos pedestres.

Apesar da pouca disponibilidade de dados sobre a exposição sonora da população, conforme dados sobre a saúde auditiva da população, obtidos nos órgãos sanitários, verifica-se que existe uma preocupação por parte das autoridades em reduzir a exposição da população ao ruído.

3.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A delimitação da área e do escopo desta pesquisa teve como base a experiência e a observação da autora - que já morou e frequenta o centro de Luanda, e considera essa área muito importante para a cidade. Além disso, a maioria dos moradores e frequentadores da área se encontram expostos a todos os problemas, inclusive o ruído.

A área escolhida compreende as principais vias do centro de Luanda (Rua Frédéric Engels, Missão, Major Kanhangulo, e as Av. Lenine, 4 de Fevereiro, Portugal Ho Chi Mi e a do 1º Congresso do MPLA). Nessa área, se encontram sediadas empresas petrolíferas, universidades, ministérios, estádio de futebol, museu, igrejas, clínicas, centro cultural, bancos e casas noturnas, conforme se pode observar na Figura 7.



Figura 7: Delimitação da área de estudo e os principais serviços.

Fonte: www.googleearth.com, 2013.

Apesar de ser uma área mista (habitação e de serviços), grande parte dos funcionários residem a uma distância de pelo menos 25 km e enfrentam horas de trânsito para chegar ao centro. Na Figura 8 se observam as principais vias da cidade de Luanda que conduzem os fluxos para o centro.



Figura 8: Mapa da Cidade de Luanda.

Fonte: googleearth.com

Apesar de existir o projeto de recuperação de vias de Luanda (executado pela empresa Odebrecht com início em maio de 2010 e em vigor até ao corrente ano), algumas ruas internas não são asfaltadas, o que acarreta grandes congestionamentos, como se pode observar na Figura 9 e 10.



Figura 9: Trânsito na área central de Luanda, conflito entre veículos e pedestres na Rua da Missão.



Figura 10: Má conservação de vias no centro de Luanda, calçada degradada na Rua Frédéric Engels.

Em algumas ruas do centro de Luanda não é permitida a circulação de veículos pesados durante os horários de maior fluxo (das 08 às 18h), somente em horários estabelecidos pelo código

de estrada de Angola (lei nº5/08 de 29 de Setembro) DNVT (2009). As vias do centro são pequenas e não comportam veículos pesados. Porém, devido às obras, veículos pesados circulam por estas vias, o que contribui para agravar a situação.

Apesar da construção de novas vias e recuperação das existentes, o sistema de transporte público ainda é precário. Algumas empresas como a de Transporte Coletivo Urbano de Luanda (TCUL) ampliaram recentemente a sua frota. Todavia, grande parte dos veículos encontram-se parquoados, por conta dos grandes congestionamentos, que se devem às péssimas condições das vias urbanas e à falta de locais para estacionar veículos.

As vias do centro da cidade são de pequeno porte, com duas faixas e largura de 3,50m por faixa, e calçadas de aproximadamente, 1,5m. A falta de locais apropriados para estacionar faz com que não se encontre alternativa, a não ser estacionar na via pública ou nas calçadas, estreitando assim as vias tanto para pedestres quanto para veículos.

A infraestrutura viária também é precária. Algumas vias não possuem esgoto, o que acaba causando alagamentos e demora no escoamento da água quando chove, causando ainda mais problemas no trânsito.

3.3 FONTES DE RUÍDO EM LUANDA

Além do tráfego (rodoviário, ferroviário e aéreo) e das atividades de construção civil, existem também outras fontes geradoras de ruído urbano, tais como instalações industriais, comerciais e sociais.

Devido a questões culturais, a cidade de Luanda possui outras fontes de ruído atípicas, como boates, vendedores ambulantes, obras na infraestrutura devido aos equipamentos usados e os “candongueiros” (vans). O grande fluxo de pessoas que circula diariamente na área central é uma importante fonte que contribui para o aumento do nível de ruído nessa área.

3.3.1 Tráfego no centro de Luanda

Por serem vias antigas e estreitas, o Governo provincial de Luanda proíbe o acesso de veículos pesados nos horários das 5h00 às 22h00, salvo na Avenida 4 de Fevereiro, que é de grande porte e onde se encontra o acesso principal ao Porto de Luanda (Angola, 2013). Atualmente a proibição de circulação de veículos pesados em determinadas ruas não se aplica, devido à grande quantidade de

obras que vêm sendo executadas no centro, e acaba resultando na circulação de veículos pesados, como, caminhões e tratores.

Os principais veículos que circulam nessa área central são automóveis particulares e motocicletas. Na Rua Amílcar Cabral há circulação de ônibus e é onde se localizam os pontos finais (terminal de ônibus) (vide Figura 11).

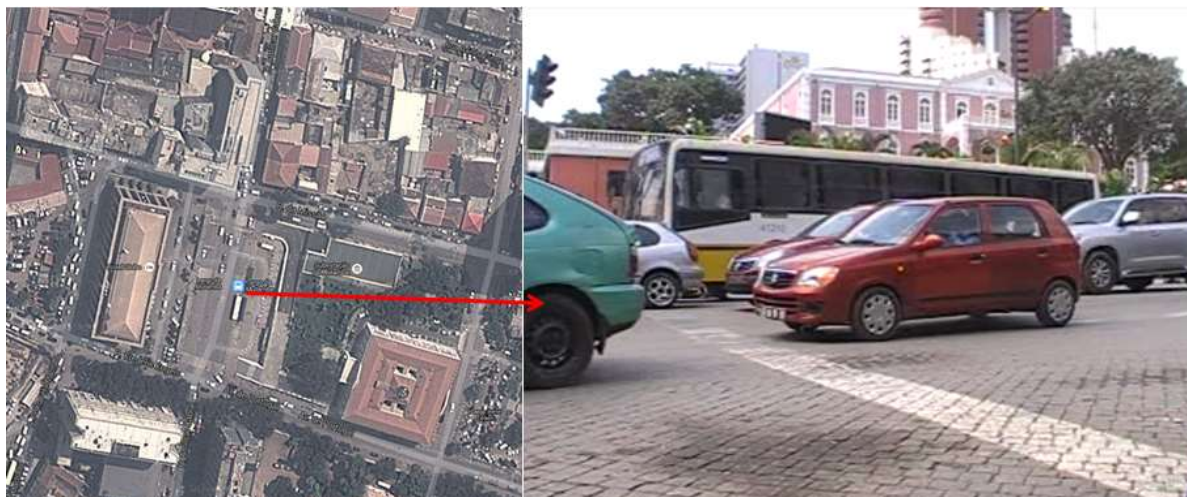


Figura 11: Tráfego na Rua Amílcar Cabral: (a) Parada final de ônibus e (b) Tráfego intenso.

Apesar da recente criação de outros centros comerciais e residenciais, grande parte dos serviços ainda está concentrada no centro da cidade, o que acarreta a manutenção do atual fluxo de veículos no centro. A concentração de serviços no centro faz com que os moradores das demais áreas tenham que se deslocar para realizar diversas atividades que poderiam estar descentralizadas.

As vias alternativas que ligam as novas centralidades à cidade de Luanda, onde funcionam os principais serviços, são escassas, pelo que se torna necessário asfaltar estradas terciárias que ajudem a escoar os intensos engarrafamentos que todos os dias se formam. (Belo, 2013)

A falta de transportes públicos ainda é um problema a ser enfrentado diariamente pelos moradores da cidade de Luanda. Devido a essa dificuldade, o uso de carro em Luanda não é considerado um objeto de luxo, mas algo necessário, onde cada família acaba tendo em média três carros para se locomover (Sapo.Pt, 2010).

3.3.2 Construção - Obras

Durante a guerra civil que teve duração de 30 anos, grande parte da infraestrutura angolana foi "destruída", e atualmente existem obras de reestruturação por toda parte de Luanda. A circulação constante de veículos pesados e as máquinas de grande porte usadas nas obras, não só de edificações como de vias, se tornaram uma das principais fontes de ruído, pois não têm horário estabelecido para o funcionamento, conforme se pode observar na Figura 12, onde existem máquinas funcionando no período da tarde.



Figura 12: Obra na Av. 4 de Fevereiro (Marginal) no período da tarde.

Essas obras acabam impactando na mobilidade da cidade, pois grande parte das ruas se encontram interditadas, obrigando o motorista a procurar outras ruas, ou alternativas para circular no interior do centro. Isto se deve ao projeto urbanístico inicial que não previu o crescimento da cidade e à falta da elaboração e acompanhamento do plano diretor.

3.3.3 Boates e casas noturnas

Bares e casas noturnas são tidos como fontes causadoras da poluição sonora e são alvos de frequentes reclamações de moradores. Apesar disso, pouco é feito, pois não existe clareza nas normas quanto à precisão dos níveis, horários e locais. Essa é uma fonte típica dos grandes centros

urbanos, pois é objeto de diversão de muitas pessoas. Diversas boates e casas noturnas estão construídas nas proximidades de escolas, hospitais, órgãos públicos e universidades, sem o devido tratamento/isolamento acústico. Um exemplo é a boate localizada no centro de Luanda, o Palo's, que vem sendo motivo de reclamações dos moradores, pois os níveis altos da música geram grande incômodo. Apesar das frequentes queixas nenhuma providencia é tomada (conforme indicado na Figura 13).



Figura 13: Boate Palo's Night Club e Bar.

3.3.4 Candongueiros

Os “candongueiros” são uma das principais fontes de ruído existentes, não só no centro de Luanda, como também em diversas outras áreas da cidade, pois servem para locomoção das pessoas. Devido a poucas opções de transporte público acaba sendo a alternativa encontrada por parte da população para se locomover pela cidade.

Ao escolher um taxi “candongueiro”, a opção do passageiro é um carro descontraído, que tenha boa música, por causa do estresse enfrentado durante o trajeto (trânsito excessivo). Além de circularem com música alta no interior do veículo, o método usado para atrair clientes é o famoso “cobrador de taxi”, que fica entrando e saindo do interior do veículo chamando em tom alto o destino.

A falta de pontos de parada bem definidos pelas autoridades responsáveis pela gestão da cidade faz com que os motoristas parem em qualquer lugar para deixar ou pegar passageiros. Muitas das vezes param no meio da via, causando ainda mais trânsito, conforme se pode observar na Figura 14. O “cobrador de taxi” fica apoiado na porta do veículo, que ocupa a faixa de rolagem e obriga os outros veículos a trafegarem na faixa contrária. Das Figura 14 e Figura 15 observa-se a quantidade de veículos que ocupam as calçadas, extremamente degradadas.



Figura 14: Veículo parado na via, de forma irregular.



Figura 15: Veículos estacionados na calçada.

3.3.5 Vendedores Ambulantes (Zunga)

Logo pela manhã no centro de Luanda, são vistas vendedoras ambulantes com suas bacias na cabeça que vão de casa em casa levar diversos produtos para consumo doméstico. Como os mercados de Luanda são pequenos e não comportam a quantidade de vendedoras existentes para a demanda da população, muitas não têm local fixo e acabam tendo que “zungar” (vender de forma itinerante).

Os vendedores ambulantes surgem como fonte alternativa de sobrevivência, devido às elevadas taxas de desemprego e ao escasso acesso à formação escolar ou profissional. É uma atividade exercida na sua maioria por mulheres pobres, geralmente solteiras e recém-saídas da adolescência (vide Figura 16 e Figura 17).



Figura 16: "Zungueiras" (Vendedoras ambulantes) na Rua da Missão.

Para que sejam notadas ao passar de porta em porta e divulgar o produto, elas gritam em tom alto ou utilizam megafones. Para muitos não é um incômodo, pois têm na porta de casa o produto desejado sem precisar se dirigir a um mercado.



Figura 17: Zungueiras (vendedoras ambulantes).

Fonte: www.camacuva.com

4 SIMULAÇÃO

Atualmente existem diversas ferramentas de simulação acústica, que possibilitam uma análise confiável em curto tempo. Para realizar a simulação proposta e fazer um estudo sobre o impacto do ruído na área, diversas etapas foram necessárias. Estas etapas envolveram uma caracterização geométrica e acústica das edificações, das demais áreas urbanas e das fontes de ruído.

Para fazer a simulação no CADNA-A (DataKustik, 2010), os dados geométricos e os dados do tráfego foram inseridos através da importação de um arquivo DXF (Drawing Exchange Format), gerados pelo programa AutoCAD.

4.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO GEOMÉTRICO

Para caracterizar geometricamente a área foram necessárias informações sobre as edificações e as vias da cidade. Tais informações foram obtidas e construídas com base em uma imagem do Google Earth. Devido ao fato da cidade de Luanda não possuir um mapa da base disponível em Autocad, foi necessário a produção de um mapa da área para que se pudesse fazer a simulação. Foi possível através da captação de imagem satélite, do Google Earth, importado para o Autocad, posteriormente salvo como DXF (ver Figura 18).

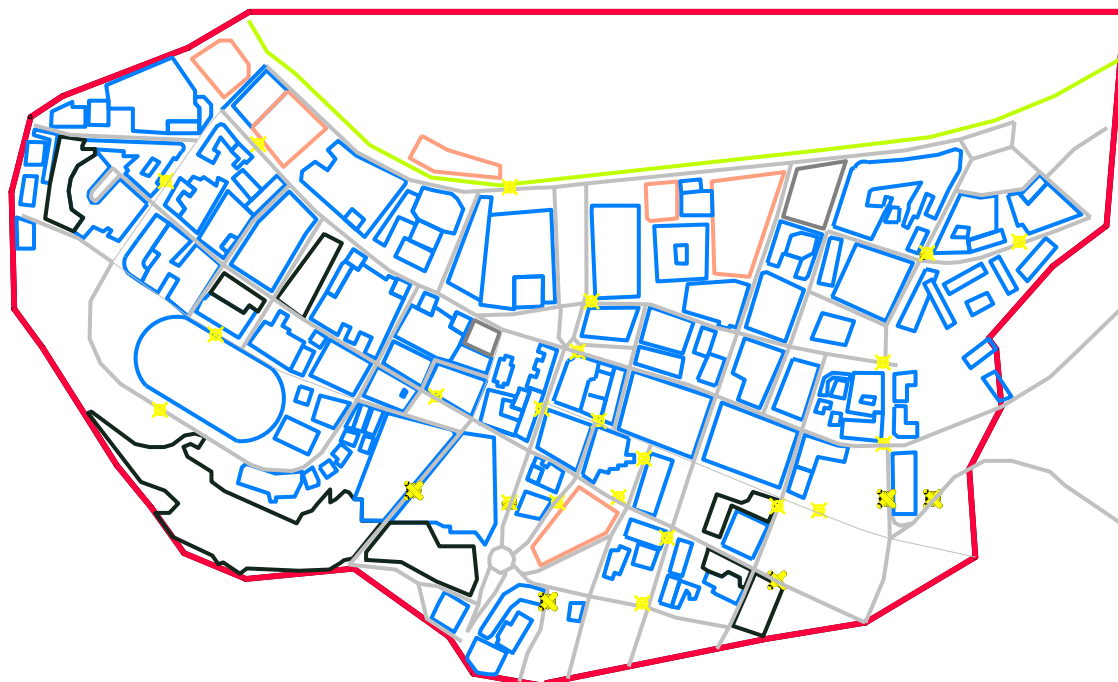


Figura 18: Visualização da área na janela do Autocad.

O simulador utilizado foi o CADNA-A, que possui um módulo de importação de arquivos CAD, em formato Drawing Exchange Format (DXF). No simulador, os limites de uma edificação são dados por objetos gráficos denominados polilinhas (*polylines*).

A definição das vias também é feita através de polilinhas, porém se uma via possui trechos com diferentes fluxos, cada trecho deve ser uma nova polilinha. Por outro lado, duas vias adjacentes que possuam o mesmo fluxo de veículos podem ser representadas por uma única linha. Esse procedimento facilita a atribuição das respectivas propriedades das vias no simulador.

Como essa área é praticamente plana, não foi necessária a caracterização do relevo, que teria sido feito através das curvas de nível. Isso, porém, não foi abordado nesse estudo, pois se considerou irrelevante essa influência na área. Fatores como clima, vegetação, gradiente de vento não foram também levados em conta.

Os dados da edificação já estão definidos nos atributos das poligonais e são importados juntamente com as informações geométricas. As polilinhas definidas no DXF são organizadas em layers, de modo a facilitar a importação no CADNA-A.

4.2 DEFINIÇÃO DAS EMISSÕES DAS VIAS

Para inserção dos dados de tráfego no simulador, foram realizadas contagens de veículos através de câmera filmadora e registro fotográfico. O período diurno foi considerado das 07h00min às 17h59min, e o noturno de 18h00min às 06h59min. Observa-se que no período noturno, existe uma queda na circulação de veículos leves, e um aumento na circulação de veículos pesados, fora a quantidade de estabelecimentos que funcionam durante a parte da noite, como as boates.

Para a contagem de veículos nas vias foram feitas captações de vídeo por períodos de 30 minutos à uma hora. Posteriormente, foram contados os veículos, separando-os por tipos (carros, motos, caminhões, ônibus, vans e tratores) calculando a média de cada tipo em função do tempo de gravação. Na Tabela 2 estão descritos os dados relativos ao fluxo de veículos nas principais vias do centro de Luanda, para os períodos diurno e noturno.

Tabela 2: Dados de Tráfego das principais vias do centro urbano de Luanda, em Maio de 2013.

RUA	DATA	PERÍODO	CARROS	MOTOS	VEÍCULOS PESADOS	VANS	ÔNIBUS
1º Congresso do MPLA	03/mai	14:30 -15:00	70	106	9	19	5
Frédéric Engels	03/mai	15:26-15:55	339	154	1	30	-
Engrácia Fragoso	04/mai	20:41-21:01	10	-	-	-	-
Major Kanhangulo	04/mai	21:06-21:27	10	2	-	-	-
Conde Cunha	06/mai	10:11-10:23	20	12	-	14	-
Rainha Ginga	06/mai	10:25-11:00	137	53	-	11	-
Amílcar Cabral	06/mai	11:29-11:45	40	9	2	5	-
N. Sra. da Muxima	06/mai	15:48-16:24	59	5	-	-	-
Da Missão (York) ambas	07/mai	15:42-16:03	312	51	2	64	1
Rainha Ginga (início)	07/mai	16:27-16:42	202	50	8	12	-
Dos Coqueiros (Estádio)	08/mai	12:58-13:45	108	15	-	2	1
Tipografia Mama Tita (Igreja do Carmo)	08/mai	14:18-15:00	236	50	4	47	1
Higino Aires	09/mai	15:45-16:16	200	40	-	40	-
Cirilo da Conceição da Silva	09/mai	18:16-19:00	241	29	1	13	-
Avenida de Portugal	10/mai	17:13-17:42	310	50	-	60	-
Da Missão	10/mai	18:27-18:41	174	18	3	16	2
Frédéric Engls (02)	10/mai	19:05-19:35	245	15	5	-	-
Franc. das Necessidades Castelo Branco	13/mai	11:00-11:40	147	31	4	4	-
Congresso do MPLA (Lusíadas)	13/mai	11:54-12:31	235	65	3	22	-
Dos Coqueiros (02)	13/mai	16:03-16:38	294	61	13	28	10
Major Kanhangulo	13/mai	16:51-17:21	225	36	1	-	-
Félix Pedro Machado	14/mai	16:24-17:20	429	40	10	-	-
Av. do 1º Congresso do MPLA	15/mai	00:45-01:15	47	8	13	-	-
Av. Marginal 4 de Fevereiro (Duas Faixas)	16/mai	17:03-18:10	1569	119	50	114	14

Os dados relativos ao fluxo de veículos foram inseridos no simulador, individualmente (vias, tipologia de veículos, velocidade média).

O programa CADNA-A considera normas internacionais para efetuar os cálculos, e pode ser considerado uma ferramenta importante para projetos urbanos e de impacto ambiental. Como a legislação angolana não prevê regras para obtenção de mapas de ruído, este trabalho foi feito com base na Diretiva Europeia sobre o ruído ambiental, norma NMPB - Routes - 96, que atende a ISO 9613. Na Figura 19 pode-se observar a tela de configuração do programa CADNAA.

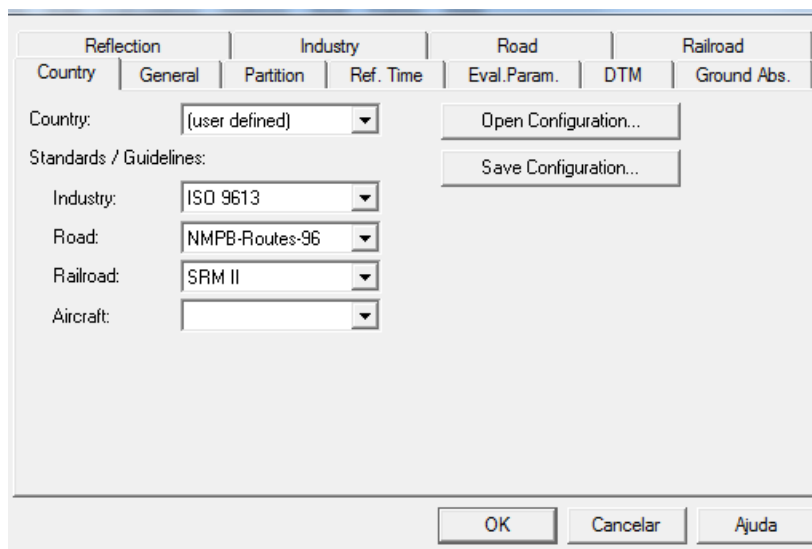


Figura 19: Tela de Configuração do software CADNAA.

Os dados das principais vias que foram mostrados na Tabela 2 foram colocados manualmente, considerando os períodos diurno e noturno, conforme descritos na seção anterior. Na tela de configuração do CadnaA são definidos também o nome da rua, largura da rua, velocidade limite em km/h, veículos por hora e tipo de pavimentação.

4.3 AFERIÇÃO DO MODELO ACÚSTICO (CALIBRAÇÃO)

A fim de aferir o modelo e verificar se os valores obtidos pela simulação são confiáveis e representam corretamente a situação que ocorre no centro de Luanda, foram realizadas diversas medições na área. As medições dos níveis de ruído foram feitas durante diversos períodos do dia (diurno e noturno) durante a semana e os finais de semana, através de um medidor de nível de pressão sonora, modelo MSL - 1354, dentro da área delimitada para estudo, onde estão localizadas as principais vias estruturantes, conforme Figura 20.



Figura 20: Delimitação da área de estudo e pontos de medição.

Fonte: Google Earth, 2012

As medições ocorreram em pontos pré-estabelecidos (vide Figura 20), onde em destaque representam os pontos medidos nos períodos diurno (em amarelo e vermelho) e noturno (em azul), respectivamente.

O medidor foi colocado a uma altura aproximada de 1,20 a 1,50 m do nível da rua. As medições iniciaram no dia 03 de Maio de 2013 e terminaram dia 16 de Maio de 2013, num total de 14 dias, com 26 pontos de medição. Os valores do Leq de 30 min obtidos das medições podem ser observados na Tabela 3.

Optou-se pela utilização de um Leq que 30 minutos pois permite uma melhor avaliação do carácter estatístico do ruído na via, uma vez que realiza a média temporal por um período prolongado.

Tabela 3: Identificação dos pontos de medição e níveis obtidos.

PONTO	NOME DA RUA	MEDIÇÃO DB (A)
1	Avenida do 1º Congresso do MPLA (Sonangol)	72,2
2	Rua Frédéric Engels (01)	65,2
3	Rua Engrácia Fragoso	71,1
4	Rua Major Kanhangulo (Boate)	68,6
6	Rua Rainha Ginga (02)	70,3
7	Rua Amílcar Cabral (Ponto de ônibus)	69,9
8	Rua N. Sra. da Múxima	63,3
9	Rua Rainha Ginga (De Bears 03)	64,5
10	Rua da Missão (York)	68,6
11	Rua Rainha Ginga (01)	69,0
12	Rua dos Coqueiros (Estádio)	59,8
13	Rua Tipografia Mama Tita	67,1
14	Rua Higino Aires	72,1
15	Rua Cirilo da Conceição da Silva	66,4
16	Avenida de Portugal	73,6
17	C. Do Pelourinho	69,2
18	Rua da Missão (Meditex)	70,0
19	Rua Frédéric Engels (02)	74,4
20	Rua Franc. das Necessidades Castelo Branco	71,3
21	Avenida 1 Congresso do MPLA (Lusíadas)	71,2
22	Rua dos Coqueiros (01)	70,6
23	Rua Major Kanhangulo	65,3
24	Rua Pedro Félix Machado	69,7
25	Avenida do 1º Congresso do MPLA (Chá de Caxinde)	65,2
26	Avenida 4 Fevereiro (Marginal de Luanda)	72,1

Na Figura 21 observa-se a janela de configuração de ruas no CadnaA de acordo com a NMPB-Routes-96. Nesta janela são definidos nome e largura da via, velocidade limite em km/h, contagem de veículos por horas e tipo de pavimentação.

Name:	Av. 4 de Fevereiro		OK
<input checked="" type="checkbox"/> ID:	road 26	Speed Limit. (km/h):	Cancel
SCS/Dist. (m):	RQ 16	Auto: 70	Truck: 70
Emission:		Road Surface:	Enrobé bitumé
<input type="radio"/> Counts, MDTD:	0	Traffic Flow:	Fluide continu
Road Type:	Federal Road	Road Gradient: Input (%)	0.0
<input checked="" type="radio"/> Exact Count Data:			
Number of Vehicles/Hour Q:			
D:	1683.0	E:	1683.0
N:	336.00		
Percentage heavy vehicles p (%):			
D:	4.0	E:	4.0
N:	16.0		
<input type="radio"/> Emission: LAw' dB(A)			
D:	87.2	E:	87.2
N:	82.4		
	Day	Evening	Night

Figura 21: Tela de Configuração de Ruas - CADNAA.

A área em estudo para o mapeamento foi definida através de um polígono. Os receptores, pontos onde foram calculados os níveis de ruído foram colocados nos mesmos locais da medição. O número de veículos foi estabelecido de acordo com período (diurno e noturno), e a velocidade de acordo com tipo de via.

O resultado da importação e da definição das vias com os respectivos receptores é mostrado na Figura 22. Cabe observar que nessa figura ainda não foi realizada a simulação acústica. Nela apenas se apresenta a importação dos dados geométricos.



Figura 22: Visualização da área importada para o CADNAA.

5 RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO – DIURNO

Após a simulação foi feita uma tabela comparativa para que se pudesse aferir se esses dados relativos aos níveis de pressão sonora, calculados para os pontos de medição estavam próximos aos reais. Na Figura 23 e na Tabela 4 são apresentadas as diferenças entre os níveis medidos e simulados para o período do dia.

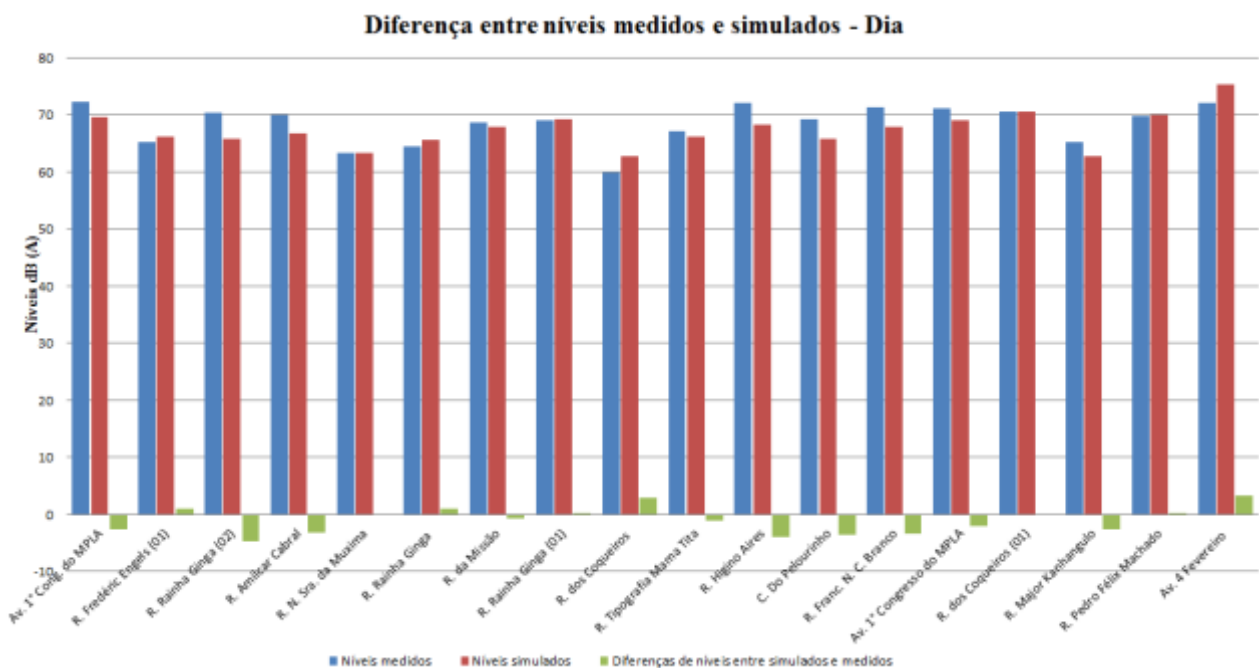


Figura 23: Diferença entre níveis medidos e simulados - Dia.

A Av. 4 de Fevereiro foi a que teve uma diferença maior, na ordem de 3.3 dB(A), enquanto a rua N.Sra. da Muxima apresentou o menor erro (0,0).

Tabela 4: Diferenças entre dados medidos e simulados - Dia.

NOME DA RUA	NÍVEIS MEDIDOS	NÍVEIS SIMULADOS	DIFERENÇAS
Avenida do 1º Congresso do MPLA (Sonangol)	72,2	69,6	-2,6
Av. 4 Fevereiro (Marginal)	72,1	75,4	3,3
Avenida 1 Congresso do MPLA (Lusíadas)	71,2	69,1	-2,1
C. Do Pelourinho	69,2	65,7	-3,5
Rua Amílcar Cabral (Ponto de ônibus)	69,9	66,8	-3,1
Rua da Missão (York)	68,6	67,9	-0,7
Rua dos Coqueiros (01)	70,6	70,6	0,0
Rua dos Coqueiros (Estádio)	59,8	62,7	2,9
Rua Franc. das Necessidades Castelo Branco	71,3	67,9	-3,4
Rua Frédéric Engels (01)	65,2	66,2	1,0
Rua Higinio Aires	72,1	68,2	-3,9
Rua Major Kanhangulo	65,3	62,8	-2,5
Rua N. Sra. da Muxima	63,3	63,3	0,0
Rua Pedro Félix Machado	69,7	69,9	0,2
Rua Rainha Ginga (01)	69	69,3	0,3
Rua Rainha Ginga (02)	70,3	65,7	-4,6
Rua Rainha Ginga (De Bears 03)	64,5	65,6	1,1
Rua Tipografia Mama Tita	67,1	66,1	-1,0

O erro médio obtido na comparação entre os dados medidos e simulados foi de -1,0 dB(A) enquanto o erro médio absoluto (média dos valores absolutos dos erros) foi de apenas 2,1 dB(A). Esse erro é muito baixo se comparado a outros trabalhos, pois geralmente há necessidade de ajustes do modelo para que os valores se aproximem dos medidos. Neste caso, não houve necessidade de ajustes, pois se utilizou um Leq de 30 minutos, o que gerou valores medidos bastante confiáveis. Esse tempo de medição do Leq favorece o caráter estatístico dos modelos de simulação, pois faz médias mais prolongadas em vez de medições de curta duração.

Considerando que não houve necessidade de ajustes nos valores dos dados de tráfego e que os erros foram de um modo geral bastante baixos, pode-se afirmar que, para o período diurno, os valores obtidos por simulação são bastante confiáveis e próximos dos valores que seriam medidos em outros locais, além daqueles medidos.

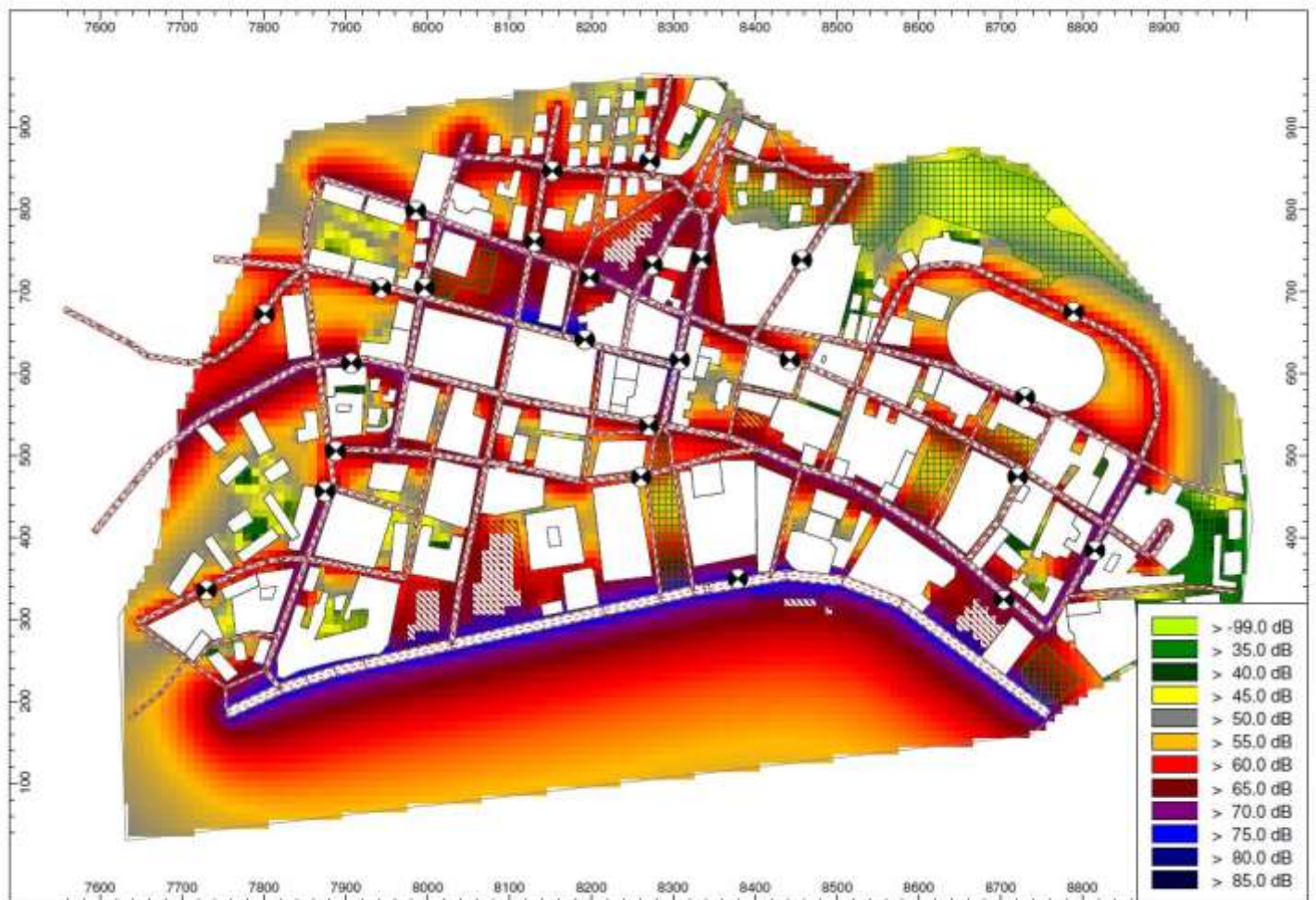


Figura 24: Mapa de Ruído - Diurno.

Analisando os resultados mostrados através da Figura 24, podem-se identificar os locais onde há excesso de ruído e onde não há, de acordo com a distribuição urbana do centro. Cabe ressaltar que o mapa foi obtido através de simulação computacional baseada em valores de fluxo de veículos, velocidades medias, tipos de pavimentação, servindo assim como base para caracterizar a exposição contínua ao ruído pela população ao longo do período definido como diurno.

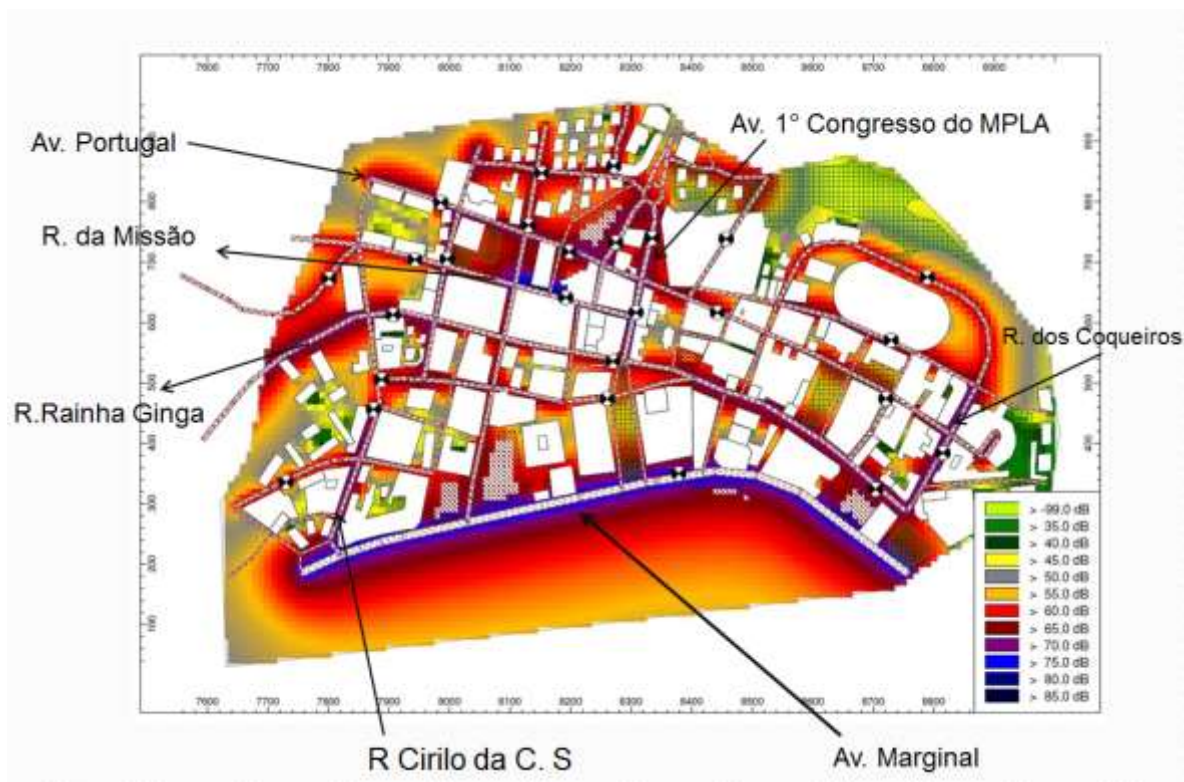


Figura 25: Mapas das ruas com níveis na ordem de 65 - 80 dB(A).

As ruas Frédéric Engels, Tipografia Mama Tita, Rainha Ginga, Francisco das Necessidades Castelo Branco, Cirilo da C. Silva, e as avenidas Portugal e 1º Congresso do MPLA, são as que constituem as principais fontes de ruído, produzindo níveis na faixa de 65 – 80 dB (A), conforme se pode observar na Figura 25.

Observa-se ainda, que a via principal a Avenida 4 de Fevereiro, apesar de não estar confinada entre edificações, é a que possui maiores níveis de ruído na faixa de 75 – 80 dB(A). Isto se deve principalmente ao maior fluxo de veículos, cuja velocidade é de 60km/h durante a tarde, e a circulação de veículos pesados durante o dia todo. A Rua da Missão, também é uma das que mais contribui sob o ponto de vista da poluição sonora, com valores na ordem de 70 - 75 dB(A).

Os níveis de ruído encontrados nessa área podem ser considerados ruins, pois sendo uma área mista, os níveis não deveriam ultrapassar os 55 dB(A) no período do dia. Pode-se constatar que no centro de Luanda é produzido um nível intolerável ao ouvido humano, pois ultrapassam a ordem de 80dB(A) durante o dia, conforme se pode observar na Tabela 5, que indica os níveis máximos de ruído externo, em dB(A), em função do tipo do solo, segundo a NBR10151/2000.

Tabela 5: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A) - NBR 10.151/2000.

Tipo De Uso	Perido Diurno dB(A)	Periodo Noturno dB(A)
Residencial Urbano	55	50
Zona de Negócios e Comercio	65	60

Portanto, se levarmos em consideração a NBR10151, pode-se constatar que os níveis se encontram acima do nível de ruído permitido.



Figura 26: (a) Rua dos Coqueiros e (b) Escola do ensino primário à direita.

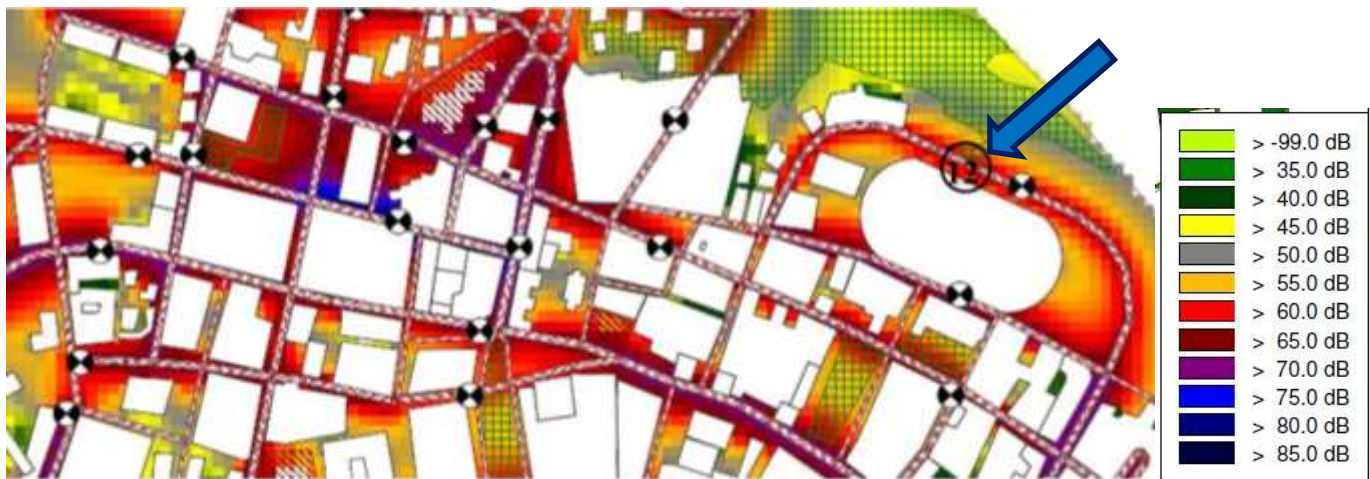


Figura 27: Resultado da simulação acústica na área, em destaque a Rua dos Coqueiros.

No ponto (12), localizado na rua dos coqueiros (vide Figura 26), onde existe uma Escola do Ensino de Primário, há pouco fluxo de veículos, e ao redor da via existe um paredão de vegetação e a velocidade máxima permitida é de 40 km/h. Na Figura 27 tem-se o mapa resultante da simulação acústica da área de entorno.

A rua está devidamente sinalizada e com quebra-molas, forçando assim a redução da velocidade naquela via. Durante o dia pode-se observar uma grande quantidade de veículos

estacionados nas calçadas (vide Figura 28). Observa-se ainda, que essa via é responsável por produzir um nível de 65 dB(A) dado pela simulação. Fazendo uma comparação entre os níveis medidos e simulados, observa-se a diferença de 2,9 dB(A), onde Leq medidos estão na ordem de 59,8 dB(A) e os simulados 62,7dB(A).

Mas se levarmos em consideração os níveis toleráveis em ambientes externos durante período diurno dados pela tabela 6, estes níveis estão acima do recomendado.

Tabela 6: Nível de critério de avaliação para ambientes externos, em dB (A).

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas e 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 mistas, com vocação recreacional.	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Os níveis variam entre 45 a 55 dB (A), segundo a norma estes valores estariam acima do recomendado, sofrendo um acréscimo de 5 dB(A).



Figura 28: Paredão de vegetação e veículos estacionados na Rua dos Coqueiros.

As demais vias são responsáveis conferir níveis médios acima de 60 dB(A) nas áreas adjacentes das vias. Valores inferiores a 55 dB(A), por exemplo, são encontrados próximos ao

Largo do Infanti D. Henrique (1), ao redor da Universidade(2), da praça (3), do Estádio (4), e em locais mais internos das quadras (vide Figura 29).

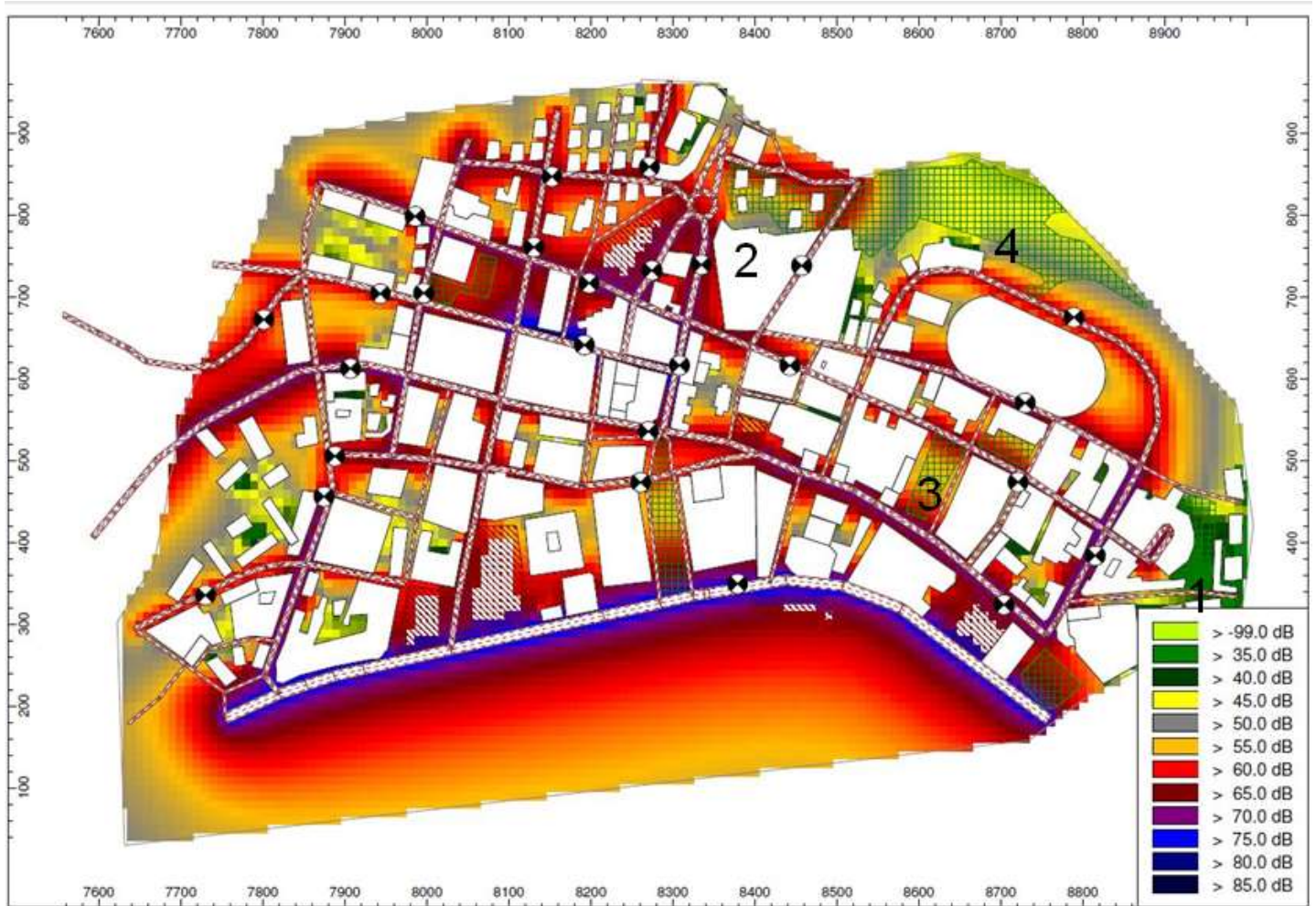


Figura 29: Simulação para o período diurno, locais com níveis abaixo de 55 dB(A).

As faixas de cor cinza na parte superior e nas laterais da Figura 29 estão fora dos limites da área de estudo. Porém nestas áreas encontram-se a Fortaleza de São Miguel (área militar) e área com bastante presença de vegetação.

5.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO – NOTURNO

Foi feita também a medição e simulação para o período noturno em diversos pontos da área, (vide Tabela 7).

Tabela 7: Diferenças entre níveis medidos e simulados - Noturno.

NOME DA RUA	NÍVEIS MEDIDOS	NÍVEIS SIMULADOS	DIFERENÇAS DE NÍVEIS
	Noturno	Noturno	Noturno
Av. de Portugal	73.6	68.3	-5.3
Av. do 1º Congresso do MPLA	65.2	67.3	2.1
R. Cirilo da Conceição da Silva	66.4	65.6	-0.8
R. da Missão (Meditex)	70.0	66.7	-3.3
R. Engrácia Fragoso	71.1	65.1	-6.0
R. Frédéric Engels (02)	74.4	66.9	-7.5
R. Major Kanhangulo (Boate)	68.6	55.2	-13.4

Observa-se que houve uma redução de até 13.4 dB(A) nos níveis simulados em relação aos níveis medidos. Nota-se ainda, que a média diurna foi de no máximo 3,3 dB(A). A Av. do 1º Congresso teve um acréscimo de 2.1 dB(A) em relação aos níveis medidos para o período noturno.

Analisando os dados obtidos para o período noturno, notam-se algumas diferenças entre os níveis medidos e simulados. Verifica-se ainda, que essa variação na sua maioria deve-se ao fato de existirem outras fontes de ruído que não foram consideradas para simulação. A exemplo, a Rua Major Kanhangulo que teve a maior diferença entre o nível medido e simulado, na faixa de 13.4 dB(A), no local existe uma casa noturna (Boate Dom Quixote), que no período em que ocorriam as medições se encontrava em funcionamento, fato esse que pode ter interferido diretamente no resultado da medição. Na Rua Frédéric Engels, próximo ao local que ocorria a medição existia uma obra e um fluxo considerável de pessoas, o que pode ter influenciado diretamente nos resultados.

Na Figura 30 onde os dados medidos e simulados são comparados, observam-se as diferenças. No geral a área toda para o período da noite teve uma diferença de 5,7 dB(A).

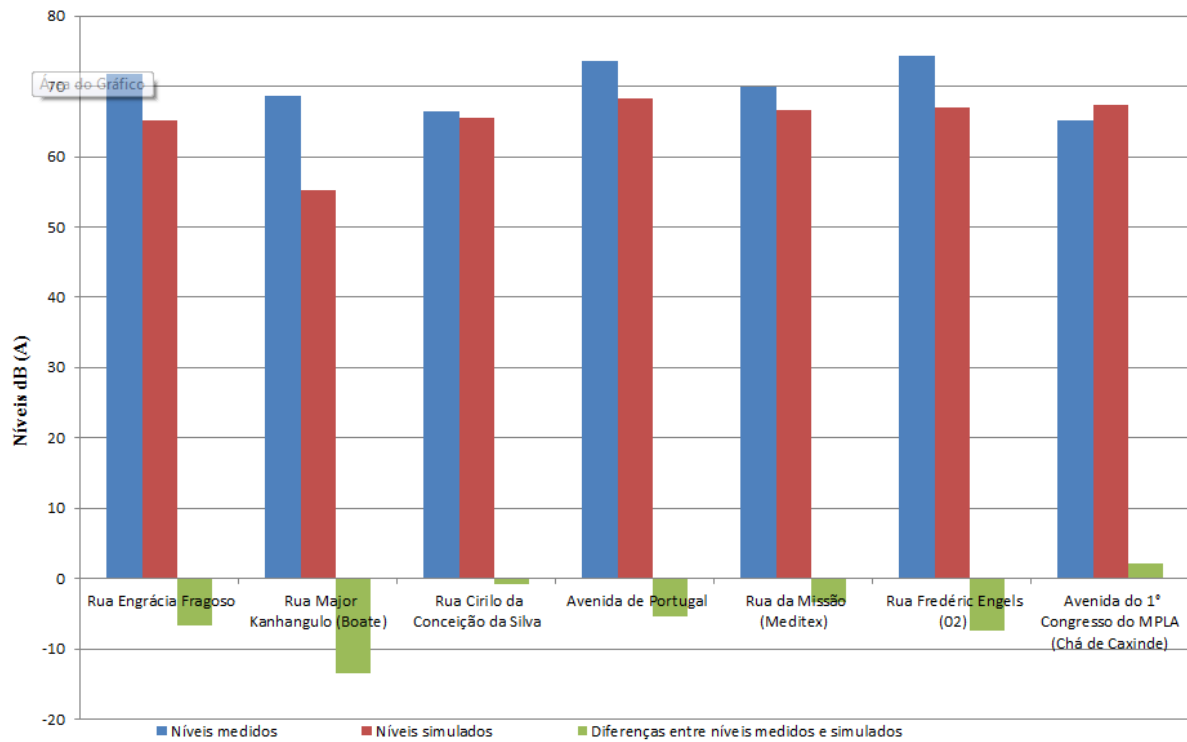


Figura 30: Diferença entre Medição e Simulação - Noite.

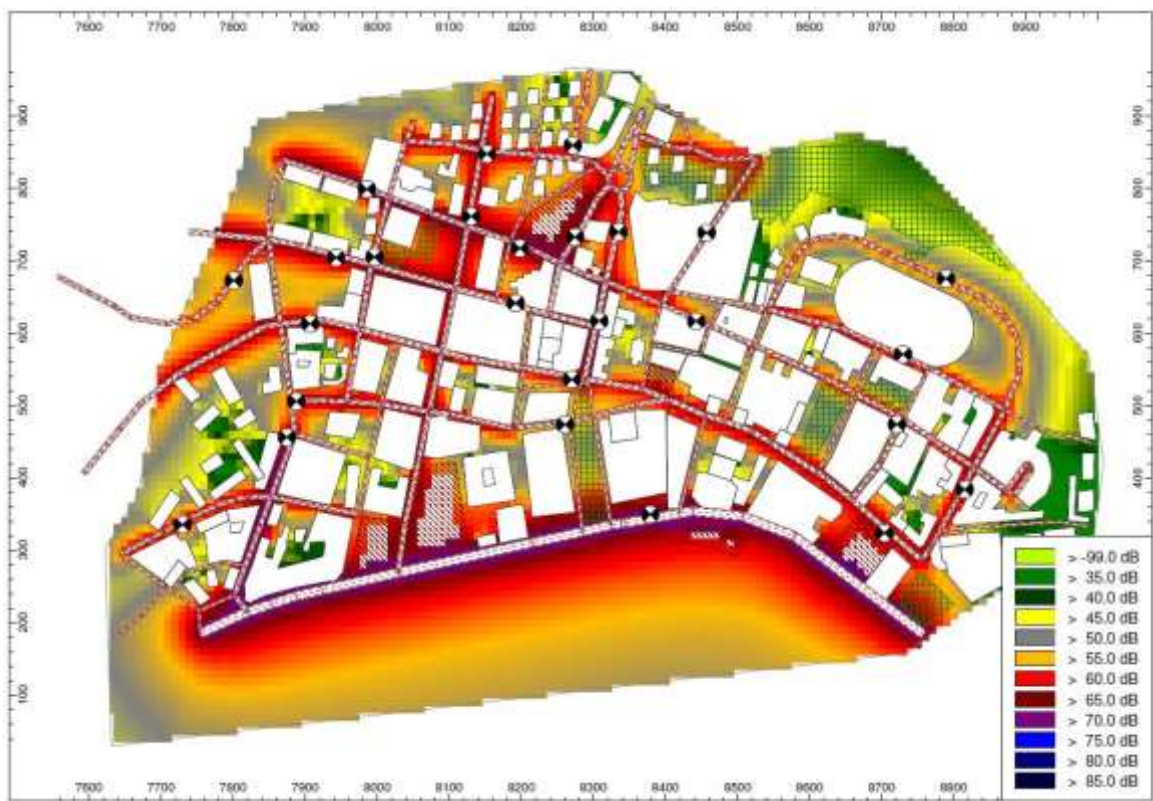


Figura 31: Mapa de ruído, período Noturno.

Na Figura 31 tem-se o mapa gerado para o período noturno, onde é possível identificar claramente os locais onde há excesso de ruído e onde é menos ruidoso, de acordo com a distribuição urbana do centro.

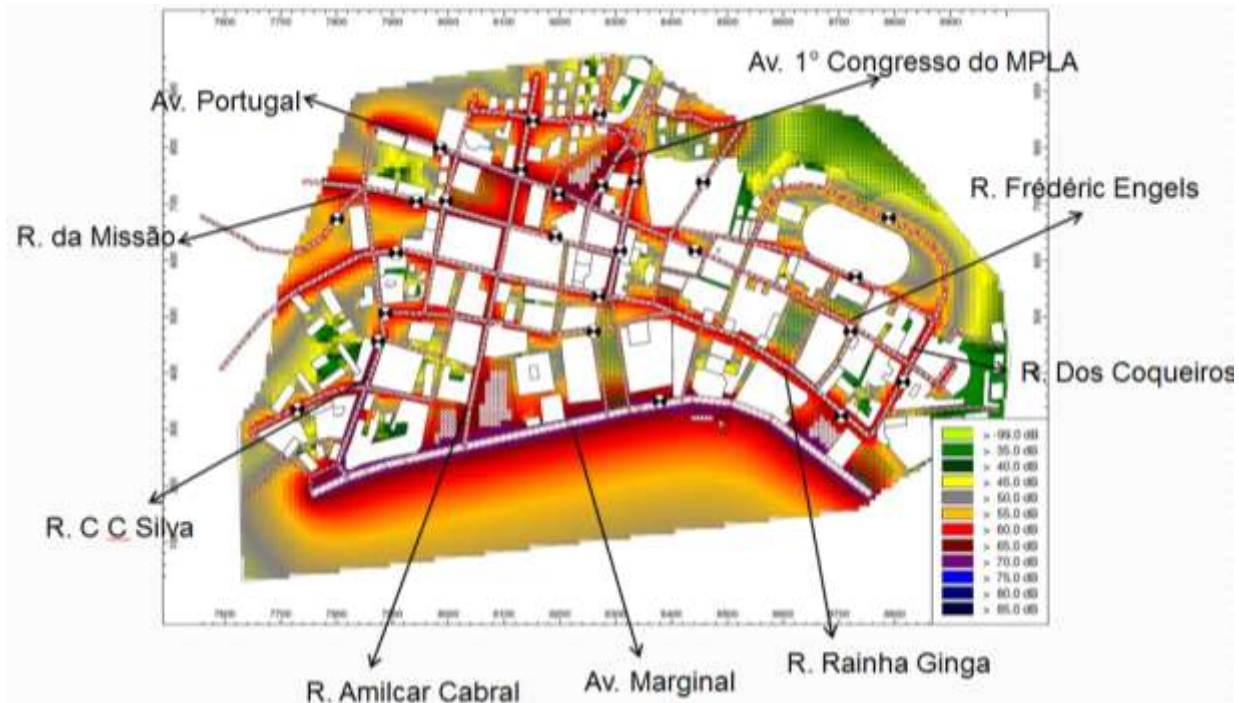


Figura 32: Vias que contribuem para o ruído - Noturno.

Na Figura 32 onde se tem as ruas Rainha Ginga, avenidas Portugal, 1º Congresso do MPLA e Marginal constituem as principais fontes de ruído para o período da noite contribuindo com níveis na faixa de 65 – 75 dB(A). De um modo geral, observa-se que as demais vias, dentro da área de estudo sofrem uma redução de 10 - 15 dB(A), tendo níveis na ordem de 55 - 60 dB(A), inclusive nas áreas centrais e mais afastadas das vias principais.

Na sua maioria as vias do centro se encontram com níveis acima do recomendado, de acordo com tipo de zoneamento (serviços e residencial). Para este tipo de zona os níveis não deveriam ultrapassar os 50 dB(A). Mas apesar do fluxo de veículos (leves) e de pessoas terem uma queda no período da noite, tem-se maior circulação de veículos pesados, o que contribui para que não haja redução nos níveis de ruído.

Na área toda existe uma mistura de uso, onde se pode verificar a existência de áreas sensíveis ao ruído, como hospitais, escolas, universidades e hotéis. Caso esses níveis fossem encontrados em uma área não habitada seriam irrelevantes. Mas constata-se que grande parte da população tanto residente quanto frequentadora se encontra exposta a esses níveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O centro urbano de Luanda caracteriza-se por alta densidade populacional e grande fluxo de veículos. Para que se pudessem obter dados mais precisos, foram necessários 14 dias de medição, no total de 26 pontos. A análise dos resultados mostra que na maioria dos pontos medidos do centro se encontram acima dos níveis recomendados pela OMS, e pode-se constatar que a principal causa disso é o tráfego.

Este trabalho visou demonstrar que a tecnologia de mapeamento de ruído pode ser uma ótima ferramenta para auxiliar as construtoras e poder público na tomada de decisões no que se refere ao planejamento urbano, sob o ponto de vista do conforto acústico na área central.

Vale ressaltar que as análises feitas com as medições, proporcionaram melhor entendimento da região e forneceram informações importantes do comportamento acústico e futuras intervenções na área central de Luanda. No geral, observa-se que as ferramentas de simulação permitem simular um ambiente acústico de uma determinada área caracterizando as fontes e o entorno.

Foi considerado apenas o ruído dos automóveis. Obras, candongueiros, fluxo de pessoas não foram levados em consideração, pois não houve condições de modelar tais fontes, devido a uma necessidade de uma caracterização acústica muito maior. Mesmo assim, os resultados foram excelentes, exceto em alguns pontos no período da noite, quando essas fontes, principalmente boates e obras, interferiram na medição e não foram consideradas na simulação.

O ruído urbano ainda é um problema nas grandes cidades, em Luanda, pode ser considerado um problema grave, que afeta gradativamente a saúde da população, exposta a altos níveis de ruído, conforme mostrado no trabalho.

Luanda não dispõe de uma legislação específica para os níveis de ruído nem a indicação de uma norma internacional.

Apesar da recente criação de outros pólos comerciais e residenciais, em Luanda grande parte dos serviços ainda está concentrada no centro da cidade, o que acarreta a manutenção do atual fluxo de veículos no centro. A concentração de serviços no centro faz com que os moradores das demais áreas tenham que se deslocar ao centro para realizar diversas atividades que poderiam estar descentralizadas. A falta de transportes públicos ainda é um problema a ser enfrentado diariamente pelos moradores da cidade de Luanda.

Conclui-se ainda, que este estudo apontou para resultados esperados. Ainda que em pequena escala, o mapa de ruído da área central de Luanda (Angola), constitui um passo importantíssimo para que, futuramente possa ser feito um trabalho em toda a região de Luanda.

Como sugestão para a continuação de pesquisas nesta área, outros trabalhos poderiam ser desenvolvidos em outras cidades que se assemelhem à cidade de Luanda, sob o ponto de vista climático ou topográfico, ou ainda construtivo. Sugere-se a comparação dos resultados obtidos neste mapeamento com os resultados obtidos de outras áreas, com diferenças, em termos de população, tráfego e demais fontes sonoras. Deste modo, será possível propor alternativas para melhorar o ruído urbano no centro de Luanda e demais áreas.

7 BIBLIOGRAFIA

NBR-10151: **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade.** ABNT. Rio de Janeiro, 2000.

Balzan, Katiane Laura. **Avaliação do ruído de tráfego veicular na área central de Chapecó - SC. Santa Maria.** Dissertação (Mestre em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

Batalha, Fernando. Angola - **Arquitetura e História.** Lisboa: Nova Veja, 2006.

Bistafa, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** São Paulo: Blucher, 2011.

Calixto, Alfredo. **“Apostila de Conceitos fundamentais: Vibração, Som e Luz.”** 2013.

Calixto, Alfredo. **O Ruído gerado pelo tráfego de veículos em "rodovias-grandes avenidas" situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, Analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental.** Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) - Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

Cortês, Marina Medeiros. **Morfologia e Qualidade Acústica do Ambiente Construído: Estudo de caso em Petrópolis, Natal/RN.** Dissertação (Mestrado em Ciências em Arquitetura) - PROARQ/FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DATAKUSTIK. Datakustik. 2010. Disponível em <<http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa> > Acesso em: 12 de out. 2013.

Déoux, Suzanne, e Pierre Déoux. **Ecologia é a Saúde: o impacto da deterioração do ambiente na saúde.** Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

DNVT Estima que mais de dois milhões de carros circulam em Luanda. **Angonotícias, Angola,** 10 dez. 2012.

Disponível em < <http://www.angonoticias.com/artigos/item/36827/dnvt-estima-que-mais-de-dois-milhoes-de-carros-circulam-em-luanda> >. Acesso em: 20 dez. 2012.

Filho, Armando Carlos de Pina. **“Sound Pressure Measurements in Urban Areas.”** 2010.

Golebiewski, R, R Makarewick, M Nowak, e A Preis. **“Traffic Noise Reduction due the porous Road Surface.”** Applied Acoustics, 2003: 481-494.

ISO 1996/2. “Description and measurement of environmental noise - Part 1: Basic quantities and procedures.” Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, International Standard ISO 1996, 1987.

Jacobs, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

Lessa, Bruna Pereira do Valle. **Avaliação da Poluição Sonora em Comunidade Carente da Cidade do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro/COOPE, Rio de Janeiro, 2012.

LUANDA a caminho dos seis milhões de habitantes. **Club-K**. 19 fev. 2013. Disponível em <http://club-k.net/index.php?option=com_content&view=article&id=14361:luanda-a-caminho-dos-seis-milhoes-de-habitantes&catid=41026:nacional&Itemid=150> Acesso em: 01 out. 2013.

LUANDA atual. Sapo. Pt. 26 ago. 2010. Disponível em <http://kuribeka.com.sapo.pt/Luanda_atual.htm> Acesso em: 10 out. 2013.

Lynch, Kevin. **A boa forma da cidade**. Lisboa: Edições 70, 1981.

Marco, Conrado S. de. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.

Mardones, Maysa Daniela Moreno. **Mapeamento dos Níveis de Ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, Através da Simulação Computacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio de Janeiro/COOPE, Rio de Janeiro, 2009.

Mascaró, Luis Juan. **Infraestrutura da Paisagem**. Porto Alegre, SC: Masquatro, 2008.

Niemeyer, Maria Lygia Alves de. **Conforto Acústico e térmico, em situação de verão, em ambiente urbano: uma proposta metodológica**. Tese (Doutor em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/COOPE, Rio de Janeiro, 2007.

Niemeyer, Maria Lygia Alves de. **Ruído urbano e arquitetura em clima tropical úmido**. Dissertação (Mestre em Ciências em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/FAU, Rio de Janeiro, 1998.

Pinto, Fernando Augusto de Noronha, e Maysa Daniela Moreno Mardones. **“Noise mapping of densely populated neighborhoods example of Copacabana, Rio de Janeiro Brazil.”** Environmental Monitoring and Assessment, 2009: 309-318.

Quartieri, J., N E Mastorakis, G Iannone, C Guarnaccia, S D'Ambrodio, e A Troisi. **“A Review of Traffic Noise Predictive Models.”** The 5th WSEAS International Conference on APPLIED and THEORETICAL MECHANICS (MECHANICS'09). Porto de La Cruz, Canary Islands, 14-16 de Dezembro de 2009.

Schafer, Murray. **O ouvido pensante**. São Paulo: Unesp, 1991.

Seligman, José. **“Efeitos não-auditivos e aspectos psicossociais no indivíduo submetido ao ruído intenso.”** Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 1993: 257-259.

SOCIEDADE Circulação de veículos pesados está proibida. **Jornal de Angola**, Angola, 19 mai. 2013. Disponível em <http://jornaldeangola.sapo.ao/sociedade/circulacao_de_veiculos_pesados_esta_probida> Acesso em: 10 out. 2013.

Trânsito. Angolabelezabelo, Angola, 15 abr. 2013. Disponível em <<http://www.angolabelazabelo.com/category/transito/>> Acesso em: 14 out. 2013).

Trombeta, Paulo Henrique, Elaine Carvalho Paz, e Andressa Maria Coelho Ferreira. “**Estudo comparativo da percepção do ruído urbano.**” Saúde Pública, 2005.

WHO: Guidelines for community noise, 1999. Disponível em < <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html> >. Acesso em: 10 out. 2013.