

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO RUÍDO DE TRÁFEGO COMO VALIDAÇÃO PARA MAPEAMENTO ACÚSTICO

Débora Florêncio (1); Tamáris Brasileiro (2); Eduardo Araújo (3); Virgínia Araújo (4); Bianca Araújo (5)

(1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, deboranpinto@gmail.com

(2) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, tamarisbrasileiro@gmail.com

(3) Doutor, Professor do Departamento de Ciências Atuariais, ehsa@ccet.ufrn.br

(4) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, virginiamdaraújo@gmail.com

(5) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, dantasbianca@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cx Postal 1524, Natal-RN, CEP 59078-970, Tel (84) 3215 3721

RESUMO

O desenvolvimento urbano foi acompanhado pelo crescimento acelerado das cidades e aumento da circulação de veículos automotores, causando maiores níveis de poluição sonora. Em meio a esse contexto, surgem as ferramentas para o controle do ruído urbano que permitem representar, através dos mapas acústicos, os níveis sonoros resultantes em determinada área. Nesse estudo, foram realizados mapas acústicos no software SoundPLAN®, no entanto a coleta de dados é realizada em pontos estratégicos da área em estudo, não abrangendo todas as vias. Em decorrência disso, desenvolveu-se uma análise estatística dos dados de volume de tráfego das variáveis envolvidas para caracterizar o perfil estatístico do ruído da área das vias locais, de forma confiável e precisa. Assim, esse trabalho objetiva avaliar estatisticamente o ruído urbano e suas variáveis de vias locais no bairro Capim Macio, em Natal/ RN, a partir dos dados obtidos em 14 medições em campo. Como resultado, avaliou-se estatisticamente e acusticamente as variáveis que influenciam no ruído urbano, por meio de mapeamento sonoro, correlações estatísticas e teste de hipóteses. Verificou-se que dados de volume de tráfego podem ser significativos para estabelecer um valor médio representativo, no qual a simulação com dados reais e as medidas em campo real possuem diferença de níveis de pressão sonora menor que 2 dB, aferindo assim o modelo para ambos casos. Para os valores simulados máximos com a média, obteve-se diferença de 4.6dB, o qual ainda o torna um valor representativo. No caso entre os valores mínimos e médios, não obteve-se uma boa correlação, no entanto mostram que o cenário acústico considerado representa a situação de maior gravidade. Assim, foram encontrados dados médios representativos com a simulação real e com dados coletados em campo.

Palavras-chave: ruído urbano, mapeamento sonoro, tráfego, análise estatística.

ABSTRACT

Urban development was accompanied by the accelerated growth of cities and increased circulation of vehicle, causing higher levels of noise pollution. In this context, the tools for the control of urban noise appear that allow to represent, through acoustic maps, the resulting sound levels in a certain area. In this study, acoustic maps were made in SoundPLAN® software, however, data collected is performed at strategic points in the study area, not covering all pathways. As a result, a statistical analysis of the traffic volume data of the variables involved was developed to characterize the statistical profile of the noise of the local area, in a reliable and precise way. Thus, this work aims to statistically evaluate the urban noise and its local path variables in the Capim Macio neighborhood, in Natal / RN, based on data obtained from 14 field measurements. As a result, the variables influencing urban noise were evaluated statistically and acoustically, through sound mapping, statistical correlations and hypothesis testing. It was verified that traffic volume data can be significant to establish a representative average value, there is no simulation with

real data and as measurements in real field, with differences in sound pressure levels lower than 2 dB, as a model for both Cases. For the maximum simulated values with a mean, we obtained a difference of 4.6dB, which is still a representative value. In the case between the minimum and average values, a good correlation was not obtained, however, more than the acoustic scenario considered represents a situation of greater gravity. Thus, representative mean data were found with the real simulation and data collected in the field.

Keywords: urban noise, acoustic mapping, traffic, statistical analysis.

1. INTRODUÇÃO

O ruído ambiental, também denominado ruído urbano, é decorrente da combinação entre as diferentes fontes sonoras, a exemplo do ruído proveniente de fábricas e veículos automotivos (BRÜEL & KJÆR, 2000). Kessler (1982) apresenta quatro categorias de fontes sonoras existentes no espaço urbano, que constituem o ruído ambiental: transporte (aéreo, rodoviário e ferroviário), indústria, construção civil e o doméstico. Além dessas, Berglund et al. (1999), acrescentam o ruído proveniente do comércio e serviço, atividades militares e de lazer.

Dentre as fontes sonoras atuantes no espaço urbano, a que mais incomoda a população é o ruído de tráfego, gerado, especialmente pelos veículos automotivos, sejam estes leves ou pesados (OUI, 2001). Contudo, Niemeyer (2007) afirma que os veículos leves, embora, individualmente, menos ruidosos que os veículos de grande porte, são, em conjunto, a maior fonte de ruído urbano.

Diante disso, afirma-se que o ruído gerado pelos veículos de pequeno porte provém, predominantemente, dos componentes veiculares: motor, escape, pneus e admissão do ar. No entanto, o atrito do pneu com a estrada é responsável pela maior emissão do ruído veicular (HANSON et al., 2004)

Segundo Villaça (2001), o crescimento das cidades é altamente influenciado pelas vias – rodovias e ferrovias – regionais, no qual parece haver íntima relação entre as vias regionais de transporte e o tamanho físico das cidades. O sistema de circulação é um elemento essencial na mobilização da força de trabalho, considerando-se a separação física entre os locais de moradia, trabalho, e de realização de atividades necessárias à reprodução.

A expansão das cidades provocou o rápido crescimento no número dos veículos e, conseqüentemente, o aumento de reclamações e denúncias por parte da população em relação ao ruído gerado nas cidades, tanto no âmbito internacional quanto nacional. Nesse sentido, foram desenvolvidos sistemas de gestão urbana com o intuito de detectar fontes de poluição sonora e estabelecer estratégias de controle e redução do ruído (SIMÓN et al., 2008).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição sonora está em segundo lugar no ranking das poluições que causam maior impacto à população, perdendo apenas para a poluição do ar (WHO, 2016). Entretanto, em virtude da sua dificuldade de percepção e aceitação imediata de seus efeitos, ela é apresenta grande perigo, podendo interferir na saúde da população. Sendo uma ação psicológica, a influência do ruído afeta as pessoas de maneiras diferentes. Conforme Silva (2005), um indivíduo normal precisa dispensar mais ou menos 20% de energia extra para efetuar uma tarefa, sob efeito de um ruído perturbador intenso.

Para avaliação e gestão do ruído ambiental, surgem as ferramentas de análise acústica do espaço urbano, a exemplo do mapeamento e predição sonora. O mapeamento acústico refere-se a uma ferramenta de análise sonora do espaço urbano adequada ao estudo da poluição sonora, pois permite a localização dos principais pontos críticos de ruído de uma determinada área e tem como objetivo principal o controle, a melhoria e a preservação da qualidade sonora urbana (GARAVELLI et al., 2010). Ao avaliar uma possível solução nesse sentido, a fim de minimizar os efeitos da poluição sonora, Ventura et al (2008, p.3), definem:

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

Para que os *softwares* computacionais gerem os mapas sonoros, é necessário que seja informada uma série de vários dados referentes à área do estudo: parâmetros morfológicos, de tráfego e acústicos. Os

parâmetros de tráfego são obtidos através da contagem do volume do tráfego, classificando-os em veículos leves e pesados. Os parâmetros acústicos, por sua vez, também obtidos por meio de medições em campo, são usados para calibrar o modelo, isto é, comparar os valores medidos em campo com os cálculos gerados pelo programa.

A representação do cenário sonoro urbano é constituída por variáveis quantitativas e qualitativas. Dentre as variáveis quantitativas destacam-se os parâmetros de tráfego (contagem dos veículos) e os parâmetros acústicos (níveis de pressão sonora). Os parâmetros morfológicos, por sua vez, (a exemplo da topografia, hierarquia das vias, tipo de recobrimento do solo, áreas verdes e gabarito das edificações) representam as variáveis qualitativas. As variáveis quantificadas auxiliam na etapa de calibração do modelo, ao mesmo tempo em que qualitativamente realizam-se as análises a partir da leitura visual dos dados gerados.

O conhecimento dos volumes veiculares incidentes na área objeto de estudo é informação preponderante para o estabelecimento de um diagnóstico da situação de tráfego e para a formulação de alternativas de melhorias ambientais, seja no combate à poluição sonora ou relacionada a outras vertentes.

Em cada cidade se materializa um sistema espacial complexo, compreendendo uma montagem interdependente de áreas funcionais, sejam privadas ou públicas. Essa demanda de informações representa, para o setor de pesquisas de campo, picos de trabalho que se traduzem em demoras na prestação dos serviços com consequentes prejuízos no desenvolvimento dos projetos. Tais regras dizem respeito a resultados com grau de confiança de 95%, isto é, a probabilidade de que os erros sejam reais é de 95%.

Para realizar a pesquisa foram coletados diversos dados estatísticos, entre eles a média aritmética, a mediana, o coeficiente de variância, o desvio padrão e o nível de significância.

A média aritmética é a soma dos valores observados, dividida pelo número de observações. Conforme Ulysses Filho (1999), a medida que o tamanho da amostra aumenta, há maiores chances de aparecer um valor extremo e deslocar a média em sua direção.

Segundo Díaz e Lopez (2007), a mediana é o valor central que divide a distribuição em duas partes iguais, ficando 50% dos valores posicionados abaixo da mediana e os outros 50% acima dela. Portanto, a mediana é uma medida baseada na ordenação dos dados.

Trata-se de desvio padrão a raiz quadrada da variância populacional, de modo a ser uma medida de dispersão que seja um número não negativo e que use a mesma unidade de medida dos dados fornecidos (DÍAZ; LOPEZ, 2007).

2. OBJETIVO

Validar estatisticamente dados de volume de tráfego veicular e níveis de pressão sonora para mapeamento acústico de vias locais, a partir de 14 medições em campo de uma parcela do bairro Capim Macio, inserido na cidade de Natal/ RN.

3. MÉTODO

O bairro Capim Macio, localizado na Zona Sul da cidade de Natal/ RN, é predominantemente constituído por edificações voltadas ao uso residencial. Seu traçado viário é marcado pela presença de vias com grande fluxo de veículos, a exemplo da Av. Roberto Freire (Figura 1).

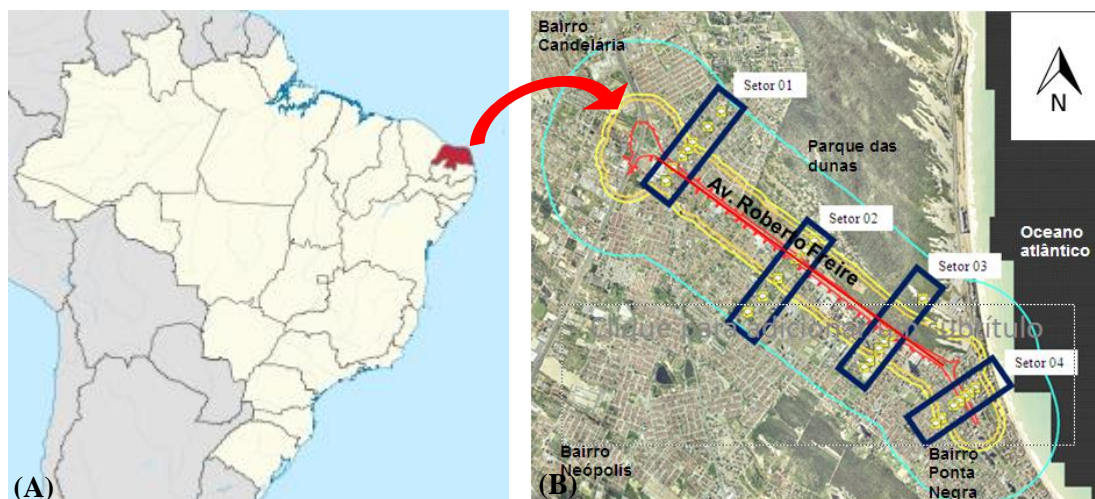


Figura 1 – Localização da área de estudo, Brasil e RN (A); Bairro Capim Macio com demarcação da área de estudo (B).

Para avaliar estatisticamente o volume do tráfego e identificar se é possível estabelecer um valor padrão para as vias locais, delimitou-se, inicialmente, uma área objeto de estudo e estabeleceu os critérios para a realização das simulações. Dessa forma, o bairro Capim Macio foi fragmentado em quatro zonas com pontos de medição, sendo instituída apenas uma para a análise de mapeamento acústico. Em relação aos dados coletados foram avaliados os seguintes cenários:

- Dados reais: valores coletados em campo;
- Simulação com os valores reais: representação sonora com os valores de tráfego coletados em campo;
- Simulação com os valores médios: as vias locais foram representadas pela média do volume veicular obtido na cidade de Natal/ RN¹ (matutino: 113 veículos leves e 11 pesados; vespertino: 85 veículos leves e 5 pesados);
- Simulação com os valores mínimos: as vias locais foram representadas pelo dado obtido na via de menor volume diário na cidade de Natal/ RN (matutino e vespertino: 6 veículos leves e 1 pesado);
- Simulação com os valores máximos: as vias locais foram representadas pelo dado obtido na via de maior volume diário na cidade de Natal/ RN (matutino: 556 veículos leves e 1 pesado; vespertino: 717 veículos leves e 10 pesados);

3.1. Método do mapeamento sonoro

Para avaliar os níveis de pressão sonora na área em estudo, foram coletados em campo os níveis sonoros e a contagem dos veículos. Posteriormente, foram elaborados os mapas sonoros da área no *software* acústico SoundPLAN®, versão 7.1, disponibilizado pelo Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

O medidor utilizado para os registros/medições da pressão sonora foi o Medidor de Nível Sonoro da marca 01dB, modelo SOLO SLM, Tipo 2. O equipamento possui recursos de medição de nível de pressão sonora equivalentes (LAeq), conforme a IEC 60804, medições paralelas de nível de pressão sonora (com 1 ponderação temporal): Start / Stop, 30-140 dBA em um único range. Possui ainda filtro de bandas de oitavas (1/1) em tempo real (16Hz-16kHz) - média, mínimo, máximo, e filtro de bandas de oitavas (1/3) em tempo real (12,5Hz-20kHz) - média, mínimo, máximo.

Seguindo as recomendações expostas na NBR 10151(2000), posicionou-se o medidor de nível sonoro a 1,2m do chão e a 2m das edificações. Nos canteiros, o aparelho foi posicionado no seu alinhamento para captar o ruído nos dois sentidos da via. Já nas calçadas foi colocado perpendicularmente à via. As medições foram realizadas sempre nas áreas entre os semáforos para evitar a aceleração ou desaceleração dos veículos.

Foram registrados os dados de LAeq - Nível de Pressão Sonoro Equivalente (frequência em bandas de oitava). Os níveis de pressão sonora foram medidos na escala A, expressa em dB (A) e utilizou-se a indicação de resposta lenta do medidor, conforme as Normas Técnicas adotadas. O equipamento está aferido dentro dos padrões requeridos para o ensaio, em função do Certificado de Calibração e tempo de aquisição do mesmo.

¹ Foram coletados dados aleatórios em 89 vias locais da cidade de Natal/ RN.

3.2. Método da análise estatística

Com o objetivo de realizar a exequibilidade da pesquisa, foram definidas as unidades e variáveis envolvidas diretamente nos mapeamentos sonoros.

UNIDADES:

- Unidade populacional: rua, inserida no extrato do bairro Capim Macio, em Natal/RN;
- Quantidade de unidades populacionais: 14 vias;
- Unidade amostral: rua, inserida no extrato do bairro Capim Macio, em Natal/RN;
- Quantidade de unidade amostral: 14 vias;
- Unidade de observação: rua, inserida no extrato do bairro Capim Macio, em Natal/RN.

VARIÁVEIS QUANTITATIVAS:

As variáveis quantitativas, juntamente com os dados coletados, o método e a categoria, estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Representação das variáveis quantitativas

Variável quantitativa	Dados coletados	Método	Categoria
Nível de pressão sonora	Nível de pressão sonora equivalente. Medições: 10 minutos por ponto por turno	Pesquisa de campo, por meio de medições	Valor do NPS coletado <i>in loco</i>
Volume do tráfego e velocidade dos veículos	Contagem do tráfego (veículos leves e pesados)	Pesquisa de campo com auxílio de contadores manuais e radares	Leves Pesados
Largura da via	Largura da via de tráfego, excetuando-se os canteiros	Mapa Natal	Valor da largura
Comprimento da via	Comprimento da extensão da via	Mapa Natal	Valor do comprimento

VARIÁVEIS QUALITATIVAS:

As variáveis qualitativas, juntamente com os dados coletados, o método e a categoria, estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Representação das variáveis qualitativas

Variável qualitativa	Dados coletados	Método	Categorias
Topografia	Mapa georreferenciado das curvas de nível do município de Natal	Pesquisa documental	Alta, média e baixa
Recobrimento do solo	Características da via quanto ao recobrimento do solo, categorizando em asfalto, paralelepípedo e solo natural	Pesquisa de campo, por meio de observações	Asfáltico, paralelepípedo solo natural
Áreas verdes	Localização das áreas verdes pertencentes à área objeto de estudo	Pesquisa bibliográfica e de campo, por meio de observações	Densa e não densa
Gabarito das edificações	Altura das edificações pertencentes ao bairro objeto de estudo	Pesquisa de campo, por meio de observações e anotações	Separado por cada número de pavimentos

Largura das vias e presença de canteiro	Largura de todas as vias pertencentes a área objeto de estudo, com demarcação dos canteiros	Pesquisa de campo, por meio de observações e anotações	Exatamente a largura da via
--	---	--	-----------------------------

Para o estudo, foi utilizado o coeficiente de variação expressa o desvio padrão como porcentagem do valor da média. Esse coeficiente permite evitar problemas de comparações entre distribuições, pois elimina a dimensionalidade das variáveis e tem em conta a proporção existente entre as médias e o desvio padrão (DÍAZ; LOPEZ, 2007).

Nos modelos de probabilidades para contagens, quando apresentamos uma medida de tendência central para representar um conjunto de dados, buscamos a variabilidade ou dispersão dos dados que é o modo como os dados se posicionam ao redor do ponto central. Para os métodos estatísticos, a medida de dispersão é de fundamental importância, pois a necessidade do uso da estatística é devida a existência de variabilidade nos dados observados.

Utilizou-se o programa IBM SPSS Statistics versão 20, com o auxílio do banco de dados, para realizar análises estatísticas inferenciais dos testes de hipótese. Para o objetivo da análise estatística, isto é, comparar as médias do ruído dos dados reais com os dados simulados nas vias pesquisadas de Natal, foi utilizado o t Student, que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula, testando assim as hipóteses científicas nula (H_0) e alternativa (H_A) abaixo discriminadas. Estas hipóteses foram transformadas em hipóteses estatísticas: $H_0: \mu_{\text{GrupoA}} = \mu_{\text{GrupoB}}$. Utilizando um nível de significância de 0,05 ($\alpha=5\%$). Essa hipótese de nulidade é rejeitada caso o valor-p seja inferior a 5%.

- H_0 : Não existe diferença entre as médias do fluxo para os dados reais comparados com os dados estimados;
- H_A : Existe diferença entre as médias do fluxo para os dados reais comparados com os dados estimados.

De acordo com o coeficiente de variação, pode-se afirmar que os dados relativos ao turno do dia, o fluxo de valor máximo tráfego são mais homogêneos que os demais dados, ou seja, tem uma menor variabilidade em relação à média. Já para o turno da tarde, conforme o coeficiente de variação, pode-se ratificar que os dados relativos ao fluxo real são mais homogêneos que os demais dados, ou seja, tem uma menor variabilidade em relação à média.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Estatística de correlações

Para que o *software* SoundPLAN® elabore os mapas sonoros é necessário que seja informada uma série de dados referentes à área objeto de estudo, em especial os de natureza de tráfego e acústica. Sendo assim, foram coletados os dados de tráfego (volume de veículos leves e pesados) e os dados acústicos (níveis de pressão sonora), nos períodos matutino e vespertino, nas 14 vias analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Dados de tráfego e acústico coletados em campo

Rua	Tráfego	Tráfego	TOTAL	Tráfego	Tráfego	TOTAL	Comprimento da via (m)	Largura da via (m)	RUIDO REAL		RUIDO SIMULADO		RUIDO MÍNIMO		RUIDO MEDIO		RUIDO MÁXIMO	
	horário matutino	horário matutino		horário vespertino	horário vespertino				Ruído pico mat	Ruído pico vesp	Ruído pico mat	Ruído pico vesp	Ruído pico mat	Ruído pico vesp	Ruído pico mat	Ruído pico vesp	Ruído pico mat	Ruído pico vesp
	o/h	o/h		o/h	o/h				L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)	L _{eq} dB(A)
Rua João Machado	62	1	63	37	1	38	865	7	58	53	57	55	54	54	63	62	68	67
Rua João Ferreira de Melo	185	1	186	74	1	75	1149	7	61	55	60	58	56	56	63	64	65	65
Av. Gov. José Varela	581	1	582	585	12	597	1203	12	63	63	63	63	58	58	61	63	66	66
Rua Coronel Milton Freire	62	1	63	111	1	112	458	7	57	60	61	62	61	61	63	64	67	66
Rua Ismael F da Silva	408	1	409	482	1	483	1726	7	65	63	61	59	56	56	61	63	66	67
Rua Ind. João Mota	136	1	137	111	1	112	1562	7	64	61	64	61	57	57	64	62	66	67
Rua presb. Porfilo Gomes	111	1	112	210	1	211	1591	7	59	60	60	58	54	54	61	63	66	66
Rua Ilce Marinho	87	1	88	161	1	162	386	6	59	60	61	63	60	59	64	65	68	69
Rua Luciano Bahia	136	1	137	137	1	138	386	6	64	58	59	58	56	56	62	64	68	67
Rua Alcindo D Oliveira	222	12	234	284	1	285	156	6	63	61	62	63	54	54	61	63	67	66
Rua João Rodrigues	87	1	88	62	1	63	143	6	53	63	57	56	54	54	62	63	67	67
Rua Helio Galvão	12	1	13	37	1	38	625	6	53	59	59	60	57	58	63	64	68	67
Rua Pedro F Filho	49	1	50	74	1	75	1629	6	59	61	64	63	62	62	63	64	66	66
Rua Praia Areia Branca. Obs.: Via de ônibus	161	62	223	284	12	296	520	8	67	64	70	64	55	55	62	63	67	68

Nas análises estatísticas, de acordo com os objetivos, foram encontradas as correlações entre as variáveis citadas na tabela 1.

O gráfico de dispersão da Figura 2 mostra que estatisticamente existe correlação significativa entre volumes veicular e tipologia viária, nos quais segue-se um padrão entre vias próximas e grupos de vias criados conforme características semelhantes. Com os dados obtidos, foi gerada a correlação, com o intuito de testar a hipótese de que o mapeamento de ruído possui alta correlação com os dados coletados das vias. Para isso foram relacionados os dados de comprimento da via e fluxo veicular, obtendo-se correlação fraca positiva.

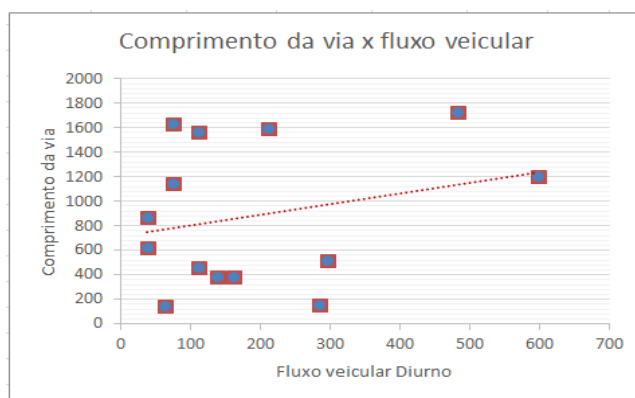


Figura 2 - Correlação entre comprimento da via e Fluxo veicular diurno

Já para a largura e fluxo veicular, observou-se uma correlação moderada positiva, sendo a largura da via ainda mais positiva do que o comprimento da via, se correlacionado com o fluxo veicular. No qual o gráfico demonstra a íntima relação que ocorre quando há aumento da largura da via, ocorre também o aumento do fluxo veicular, tornando a via mais atrativa (Figura 3).

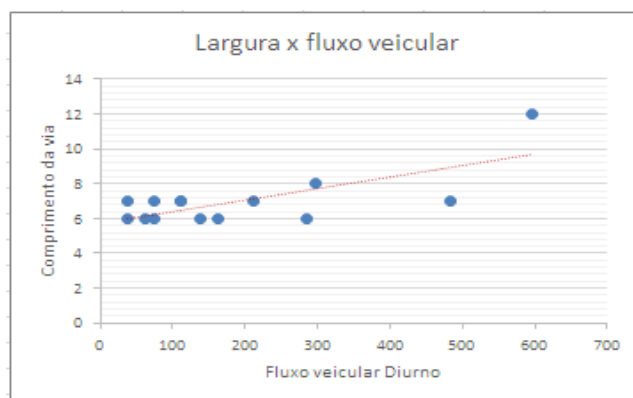


Figura 3 - Correlação entre largura da via e Fluxo veicular diurno

Para analisar as correlações (parâmetro r), tomou-se como base os parâmetros estabelecidos por Ulysses Filho (1999) (Tabela 4). A partir dos dados obtidos, foi traçada uma tabela com as correlações entre todas as variáveis analisadas (tabela 5).

Tabela 4 – Níveis de correlações (FILHO, 1999)

Valor de r	classificação
$r=1$ ou $r=-1$	Perfeita (positiva ou negativamente)
$r > 0,75$	Forte
$0,5 < r < 0,75$	Média
$r < 0,5$	Fraca
$R= 0$	Inexistente

Tabela 5 – Correlações entre variáveis

	Fluxo viário Matutino	Fluxo viário Vespertino	Ruído (Leq)	Largura via (m)	Comprimento via
Fluxo viário Matutino					
Fluxo viário Vespertino	0,95				
Ruído (Leq)	0,60	0,57			
Largura via (m)	0,79	0,73	0,27		
Comprimento via	0,28	0,25	0,02	0,27	

Para o meio urbano a diferença ideal entre os dados medidos e simulados, segundo Licitra e Memoli (2008), deve possuir desvio padrão máximo de 4,6dB(A) para mais ou para menos, para ter 95% de confiabilidade. Entretanto, a pesquisa desenvolvida por Simón et al. (2008) obteve desvio de ± 2 dB(A) em 95% de pontos medidos. Assim, foram realizadas comparações apresentadas nos testes de hipóteses (Tabela 6).

Na tabela 6, percebe-se que a simulação com dados reais e as medidas em campo real possuem diferença de níveis de pressão sonora menor que 2 dB, aferindo assim o modelo para ambos casos (2dB e 4.6dB). Considerando que o ruído torna-se mais prejudicial nos maiores níveis de pressão sonora, o fato dos dados não estarem correlacionados entre os valores mínimo e médio, e sim correlacionados entre o médio e o máximo, mostram que o cenário acústico considerado representa a situação de maior gravidade, podendo ser considerado um período de pico.

Tabela 6 – Valores resultantes nos testes de hipóteses

Ruído - Tarde	Real	Simulada	Mínimo	Médio	Máximo
Real					
Simulada	≤ 2 dB				
Mínimo	$\leq 4,6$ dB	$\leq 4,6$ dB			
Médio	$\leq 4,6$ dB	$\leq 4,6$ dB	Não ($> 4,6$ dB)		
Máximo	Não ($\geq 4,6$ dB)	Não ($\geq 4,6$ dB)	Não ($\geq 4,6$ dB)	$\leq 4,6$ dB	

4.2. Mapeamento acústico em vias locais

Os dados coletados foram inseridos no programa SoundPLAN, e foi gerado dados de receptores pontuais (SPS), mapeamento sonoro da área para o ano de 2016. Os dados de receptores pontuais (SPS) foram gerados no programa SoundPLAN nos mesmos pontos nos quais se realizou medições dos níveis de pressão

sonora simulados. Já o mapeamento acústico (figura 04) foi realizado para os 4 cenários descritos no método. Na aferição da modelagem realizada, foi comprovado que os resultados obtidos por meio dos cálculos horários nos pontos de medição, desenvolvidos pelo software SoundPLAN, refletem a situação encontrada in loco a respeito do ambiente acústico. Desta forma, identificou-se que os dados obtidos com a simulação para o mapeamento sonoro estavam próximos do comportamento que se observa na situação real.

Supondo que a área pode possuir baixo tráfego, foi realizada, inicialmente, a simulação com os dados de tráfego com valores mínimos nas ruas locais (Figura 4a). Observa-se que os níveis sonoros variam em até 50dB(A) na maior parcela da área, tendo aumento considerável, atingindo 77dB(A), nas proximidades da Av. Roberto Freire, no qual em todos os cenários, esta avenida possui níveis de pressão sonora sempre iguais nas simulações e medições em campo de sua calçada.

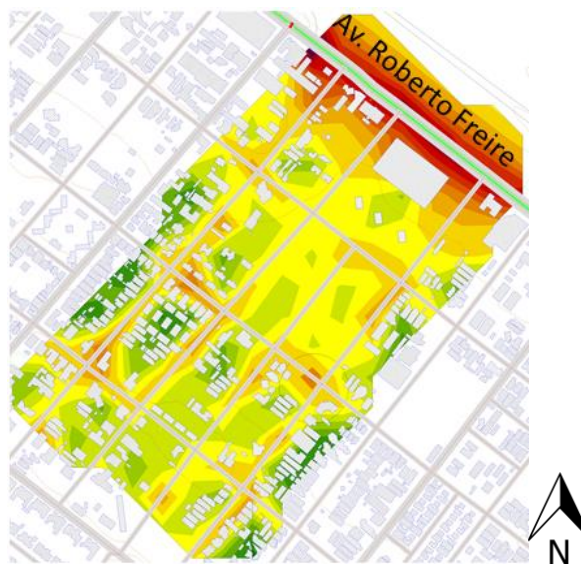
Levando em consideração que a área possui vias locais com alto fluxo viário, realizou-se a simulação considerando maiores valores de níveis de pressão sonora (Figura 4d), no entanto não tão diferentes do cenário simulado real (figura 4c). Os níveis de pressão sonora encontrados nessa situação atingem, aproximadamente, 70dB(A) na maior parcela do bairro.

Buscando um valor representativo de dado único de entrada de volume viário, foi realizada a média dos dados viários coletados em campo e, em seguida, inseridos na simulação (figura 4b). O resultado demonstra semelhança entre as curvas de níveis de pressão sonora do cenário simulado com o cenário real (figura 4c).

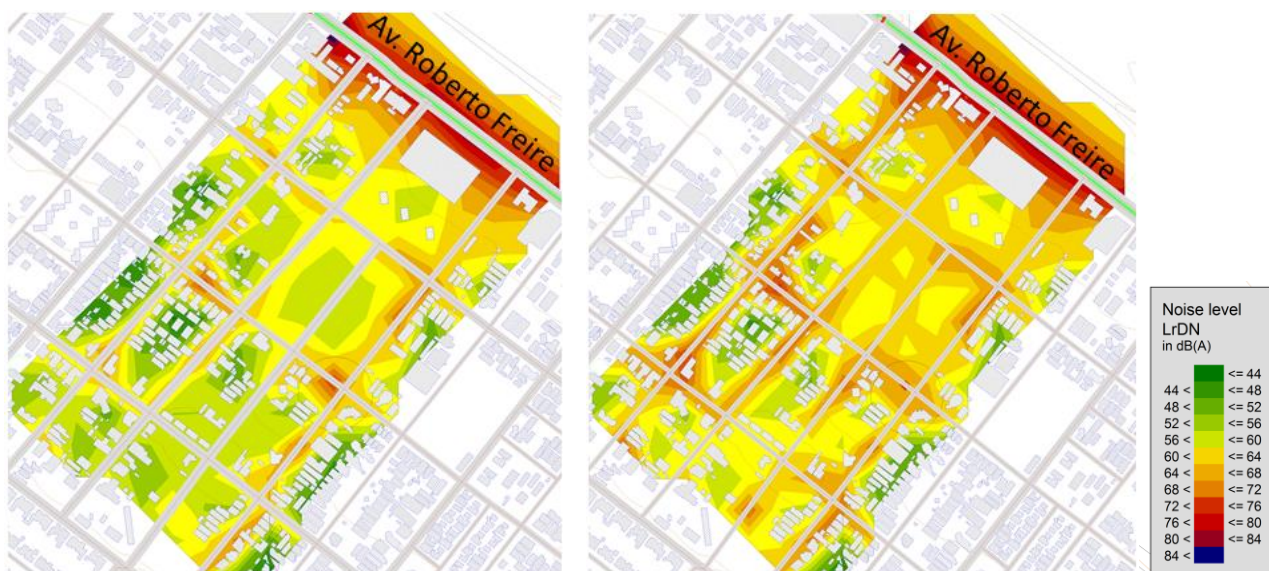
Vale ressaltar que em todas as simulações analisadas, a Av. Roberto Freire e seu entorno imediato mantiveram-se com o mesmo nível de pressão sonora, tanto visivelmente nos mapas, quanto em dados nela aferidos.



(A) Tráfego mínimo



(B) Tráfego médio



(C) Tráfego simulado real

(D) Tráfego máximo

Figura 4 – Mapas acústicos

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa constatou que os dados médios da variável ruído podem ser representativos estatisticamente em determinadas áreas que possuem diversidade de fluxo veicular comparando-se aos dados simulados reais. No entanto, em áreas que se comportam de forma homogênea, somente com baixo fluxo ou apenas com elevado fluxo de veículos, há um cenário acústico estatisticamente diferente e não representativo.

Considerando que o ruído é mais prejudicial nos maiores níveis de pressão sonora, conclui-se que os resultados encontrados, apesar de não estarem correlacionados entre os valores mínimo e médio, representam a situação de maior intensidade sonora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D.H. (Eds.). **Guidelines for community noise**. World Health Organization, 1999.
- BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement, 2000.
- DÍAZ, Francisca Rius; LÓPEZ, Francisco Javier Barón. **Bioestatística**. São Paulo, Thomson Learning, 2007.
- HANSON, D. I.; JAMES, R. S.; NESMITH, C. **Tire/ pavement noise study**. Auburn: NCAT – National Center for Asphalt Technology, Report n. 04-02, 2004.
- FILHO, Ulysses. **Introdução a Bioestatística**. São Paulo, Elsevier, 1999.
- GARAVELLI, ; MORAES, ; NASCIMENTO, ; NASCIMENTO; MAROJA. **Mapa de ruído como ferramenta de gestão da poluição sonora: estudo de caso de águas claras – DF**. In: Pluris. 4 Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável, Anais...Faro, Portugal, 2010.
- KESSLER F. M. Community noise. In: CROCKER, M. J.; KESSLER, F. M. **Noise and noise control**. Flórida, CRC press, 1982.
- LICITRA, G.; MENOLI, G.; **Limits and advantages of Good Practice Guide to Noise Mapping**. Paris: Euronoise. Disponível em: < <http://www.conforg.fr/acoustics2008/cdrom/data/articles/002677.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- NIEMEYER, Maria Lygia Alves de. **Conforto Acústico e Térmico, em situação de verão, em Ambiente Urbano: uma proposta metodológica**. 2007. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- OUIS, D. Annoyance from road traffic noise: a review. **Journal of Environmental Psychology**, 21, p. 101–120, 2001.
- SILVA, Pérides. **Acústica Arquitetônica & Condicionamento de ar**. 5.ed. Belo Horizonte, Empresa Termo Acústica, 2005.
- OSIMÓN, Francisco; MORAES, Elcione; GUIMARÃES, Luis; FERNANDEZ, Maria José. **Caracterización del ruído de la ciudad de Belém**. In: V Congresso Ibérico de Acústica, XXXIX Congreso Español de Acústica TecniAcústica, Acoustics European Symposium, ExpoAcústica, Anais... Coimbra, 2008.
- VENTURA, A.N; VIVEIROS, E; COELHO, J.L.B; NEVES, M.M (2008). **Uma contribuição para o aprimoramento do Estudo de Impacto de Vizinhança: a gestão do ruído ambiental por mapeamento sonoro**. In: SOBRAC, 2008, Anais... Belo Horizonte.