UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUÍ

JACIELE SCHIRMER STRIEDER

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO RUÍDO URBANO – ESTUDO DE CASO – IJUÍ/RS

Ijuí

2014

JACIELE SCHIRMER STRIEDER

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO RUÍDO URBANO – ESTUDO DE CASO – IJUÍ/RS

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Cristina Eliza Pozzobon

Ijuí

2014

JACIELE SCHIRMER STRIEDER

MAPEAMENTO E ANÁLISE DO RUÍDO URBANO – ESTUDO DE CASO – IJUÍ/RS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ.

Ijuí, 10 de dezembro de 2014.

Cristina Eliza Pozzobon
Mestre – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Orientadora

Raquel Kohler
Mestre – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Co-orientadora

BANCA EXAMINADORA

Tarcísio Dorn de Oliveira
Mestre – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Cristina Eliza Pozzobon
Mestre – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Orientadora

Dedico este trabalho aos meus pais, Valdir Marcos e Carmem, que sempre estiveram comigo.

AGRADECIMENTOS

Essa dissertação só foi possível diante a colaboração e auxilio de algumas pessoas. Expresso meu profundo agradecimento a algumas delas:

Primeiramente agradecer aos meus pais, Valdir Marcos Strieder e Carmem Strieder, pelas inúmeras colaborações nas medições dos níveis de ruído, nas sugestões, na companhia e no incentivo. Por se fazerem sempre presentes, onde encontro carinho, atenção, apoio, compreensão, e base de exemplos sólidos para continuar em frente. Agradecer a meu irmão, Rafael, pelo incentivo e conselhos, sendo sempre um exemplo e um espelho para mim. Assim, como minha família, que depositou confiança em mim e nas decisões que tomei além do incentivo.

Agradeço a Orientadora, Mestre, Professora e Amiga, Cristina Eliza Pozzobon, a qual me acolheu em uma linha de pesquisa divergente a ela. A qual batalhou muito para a execução deste trabalho, desde a tentativa de interação com outras universidades e professores até as conversas necessárias para a execução do mesmo. Logo, sendo como uma amiga-irmã, e estendendo sempre a mão quando necessário, disponibilizando-se sempre, para conversas, conselhos e amparo, representando um dos maiores exemplos profissionais a qual devo me espelhar.

À Amiga, Co-orientadora, Mestre e Professora, Raquel Kohler, que diante a distância sempre se fez presente para a execução de uma linha de pesquisa a qual compartilhamos durante algum tempo. E além de tudo, apresentava-se como, não só uma amiga, nos momentos de dificuldade, mas nunca me deixou ser vencida por qualquer dificuldade aparente. Um grande exemplo profissional e pessoal.

Agradeço em especial a grandes amigos, os quais me deram forças, palavras de apoio em horas difíceis, alguns um pouco distantes, mas sempre presentes, sendo eles: Vinicios Sparremberger, Thiana Herrmann, Luiza Scortegagna, Jéssica Zborovski Rodrigues, Elisa Megier, Frederico Heemann, Thaís Schunemann e tantos outros.

Aos professores que contribuíram para a minha formação acadêmica.

A Cassiana, Secretaria do departamento e amiga.

Ao departamento de Engenharia Civil ao qual disponibilizou o uso dos equipamentos necessários para execução das medições dos níveis de pressão sonora.

E a todos os outros que de certa forma cooperaram para este momento.

Meu muito obrigada!

“Não basta dar os passos que nos devem levar um dia ao objetivo, cada passo deve ser ele próprio um objetivo em si mesmo, ao mesmo tempo, que nos leva para diante.”

Johann Goethe.

RESUMO

STRIEDER, J. S. **Mapeamento e análise do ruído urbano – Estudo de caso – Ijuí/RS**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2014.

A preocupação com o ruído e seus efeitos se inicia no começo da Revolução Industrial, com o surgimento de maquinários de grande porte, tanto nas fábricas quanto na construção, assim como de novos modelos de transporte. As áreas centrais, onde normalmente predomina o uso comercial e de prestação de serviços, apresentam diversos incômodos para a população, como por exemplo, congestionamentos no trânsito, poluição atmosférica, visual e sonora. Esta última é causada principalmente por diferentes fontes de ruído, as quais estão diretamente relacionadas ao uso e a ocupação do solo, a saúde da população, ao meio ambiente e a economia. No Brasil, embora exista legislação específica que determina os limites de emissão de ruídos e estabelece as medidas protetoras, sendo elas as Normas Brasileiras, NBR 10.151 e NBR 10.152, ambas de 2000, constata-se que nos centros urbanos, os níveis de ruído se encontram acima de valores recomendados. Neste trabalho apresenta-se um estudo de caso com medições e avaliações de ruído urbano na área central de Ijuí/RS, para identificar os níveis de pressão sonora a que os indivíduos estão submetidos. Desta forma, o resultado incidiu em um mapeamento do território e seus níveis de pressão sonora, ou seja, uma cartografia do ruído urbano local. A metodologia adotada segue alguns parâmetros descritos pelas Normas Brasileiras, além de um estudo do tráfego presente nas vias, medições adicionais de velocidade do vento, pressão do ar, umidade relativa do mesmo e temperatura local, completado pela aplicação de questionários aos moradores, trabalhadores ou transeuntes da área analisada. O estudo foi composto por medições 12 (doze) de uma malha retangular, durante os horários de pico, entre as 11:30 e 12:30 horas, entre as 12:30 e 13:30 horas, e entre as 17:30 e 18:30, nas terças, quartas e quintas-feiras, totalizando 108 medições. Sendo que, foram executadas essas medições, nos dias em que o tráfego comporta-se de maneira mais uniforme e de maior intensidade, como foi possível perceber através de análise previa. Diante os valores obtidos através das medições de pressão sonora, foi possível a verificação de que os mesmo não se encontram em acordo com a NBR 10.151 (ABNT, 2000), não garantindo os níveis de pressão sonora para aceitabilidade da comunidade, não garantindo conforto à mesma. Os resultados desta etapa da pesquisa possibilitaram afirmar a importância do tema para garantir à qualidade de vida urbana, assim como a cartografia do ruído torna-se

necessária para o desenvolvimento da gestão do ambiente acústico, que posteriormente poderá servir para a delineação dos necessários Planos de Redução de Ruído.

Palavras-chave: Pressão Sonora; Ruído Urbano; Mapeamento; Zoneamento acústico.

ABSTRACT

The concern with the noise and its effects starts at the beginning of the Industrial Revolution, with the emergence of large machinery, both in factories and in construction as well as new models of transport. The central areas, where usually the predominant commercial and service use, have several uncomfortable for the population, such as traffic congestion, air pollution, visual and sound. The latter is mainly caused by different noise sources, which are directly related to the use and land use, population health, the environment and the economy. In Brazil, although there is specific legislation that determines the noise emission limits and establishes protective measures, and they the International Standards NBR 10.151 and 10.152, both 2000, it appears that in urban areas, the noise levels are above recommended values. In this work we present a case study with measurements and urban noise assessments in central the Ijuí / RS to identify the sound pressure levels to which individuals are subjected. Thus, the result focused on a mapping of the territory and its sound pressure levels, a map of the local urban noise. The methodology follows some parameters described by the International Standards as well as a study of this traffic on the roads, additional measurements of wind speed, air pressure, humidity and even local temperature, completed by the application of questionnaires to residents, workers or passers of the analyzed area. The study consisted of measurements twelve (12) of a rectangular grid during peak hours, between 11:30 and 12:30 hours, between 12:30 and 13:30 and between 17:30 and 18:30, on Tuesdays, Wednesdays and Thursdays, totaling 108 measurements. Since these measurements were performed on days that traffic behaves more evenly and more intense, as it was revealed through analysis provided. Given the values obtained through the sound pressure measurements, it was possible to verify that the same are not in accordance with NBR 10.151 (ABNT, 2000), by failing to ensure the sound pressure levels for acceptability of the community, not ensuring comfort to it. The results of this phase of the research made it possible to affirm the importance of the issue to ensure the quality of urban life, as well as noise mapping becomes necessary for the development of the management of environmental noise that can later be used for the delineation of the necessary plans Noise Reduction.

Keywords: Sound Pressure; Urban Noise; Mapping; Acoustic Zoning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Variação de pressão sonora 24

Figura 02 – Intervalos da psicoacústica 26

Figura 03 – Fatores de exposição ao ruído e dano 27

Figura 04 – Transmissão de ondas sonoras e a presença de obstáculos 32

Figura 05 – Localização do Município de Ijuí no Estado do Rio Grande do Sul 43

Figura 06 - Local delimitado da área estudada 44

Figura 07 – Malha retangular dos locais de medição 45

Figura 08 - Locais de Medição Pontos 01, 02, 03 e 04 47

Figura 09 - Locais de Medição Pontos 05, 06, 07 e 08 47

Figura 10 - Locais de Medição Pontos 09, 10, 11 e 12 48

Figura 11 - Escala de cores das pressões sonoras 49

Figura 12 – Equipamentos de uso na pesquisa 50

Figura 13 – Decibelímetro DEC 490 51

Figura 14 – Termo-Higromêtro HT 270 52

Figura 15 – Anemômetro AD 250 53

Figura 16 - Mapa dos resultados das medições entre 12:30 e 12:30 horas 56

Figura 17 - Mapa dos resultados das medições entre 12:30 e 13:30 horas 58

Figura 18 - Mapa dos resultados das medições entre 17:30 e 18:30 horas 60

Figura 19 - Mapeamento de pressão sonora da região central do Município de Ijuí/RS 63

Figura 20 - Volume de Ruído Urbano é incomodo à população da área central de Ijuí 65

Figura 21 - Tipo de incomodo 66

Figura 22 - Sintomas por influência do ruído 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Níveis de critério da avaliação (NCA) para ambientes externos em dB(A) 30

Tabela 02 - Níveis de pressão sonora em alguns locais específicos, em dB(A) 31

Tabela 03 - Parâmetros para medições e mapeamento acústico em diferentes metodologias 34/35

Tabela 04 – Mecanismos de atenuação sonora.....41

Tabela 05 - Volume de tráfego nos pontos de medições entre 11:30 e 12:30 horas 57

Tabela 06 - Volume de tráfego nos pontos de medição entre 12:30 e 13:30 horas.....59

Tabela 07 - Volume de tráfego nos pontos de medição entre 17:30 e 18:30 horas.....61

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONTRAN – Conselho Nacional de Transito

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

f – Frequência

Hz – Hertz

I – Intensidade

LCD – Display de Cristal Liquido

NBR – Normas Brasileiras

NCA – Níveis de Critério da Avaliação

NR – Norma Regulamentadora

OMS – Organização Mundial de Saúde

T – Período

UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **16**

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **20**

2.1 SOM E/OU RUÍDO 20

2.2 ONDAS SONORAS 21

2.3 EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO 26

2.4 NORMATIVAS 28

2.5 METODOS DE ANÁLISE DO RUÍDO 32

2.6 O ZONEAMENTO ACUSTICO COMO INSTRUMENTO DO PLANEJAMENTO URBANO 38

2.7 MITIGAÇÃO DO RUÍDO 39

3 MATERIAIS E MÉTODOS **42**

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO 42

3.2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO 42

3.3 ESTUDO DE CASO 44

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS **55**

5 CONCLUSÕES **68**

6 PERSPECTIVAS FUTURAS **71**

REFERÊNCIAS **72**

ANEXOS **76**

ANEXO I 77

ANEXO II 78

ANEXO III 79

ANEXO IV 80

ANEXO V 82

I N T R O D U Ç Ã O

O ruído pode ser caracterizado como um som desagradável e indesejável, constituindo-se como poluição sonora. Nota-se, no entanto, que a discriminação entre ruído e sons dados como agradáveis e/ou suportáveis é uma ação puramente subjetiva de classificação de cada indivíduo, tornando assim a determinação objetiva de incomodidade uma árdua tarefa. Exemplos típicos de emissores de ruído urbano são todos os tipos de tráfego (principalmente rodoviário, ferroviário e aéreo) e maquinaria utilizada em construções, atividades de carácter industrial, fontes de ruído móvel e fixas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) (1993) salienta que a exposição dos seres humanos a altos níveis de ruído ocasiona respostas involuntárias do organismo a esse estímulo. Ainda para a OMS (1993), o limiar da incomodidade para ruído contínuo situa-se por volta de 50 dB(A), no turno diurno. No período noturno os níveis sonoros devem situar-se 5 a 10 dB(A) abaixo dos valores diurnos para garantir um ambiente sonoro equilibrado para o individuo.

A preocupação com o ruído e seus efeitos começou na Revolução Industrial devido à aparição de maquinários de grande porte para substituição dos métodos artesanais para a produção em máquinas, tanto nas fábricas quanto na construção, assim como o surgimento de novos modelos de transporte. Conforme Burgess (1996), a preocupação com o ruído começou apenas a partir da década de 70, começando a ganhar maior atenção como um fator importante para avaliar o desconforto e a insalubridade nos centros urbanos. O desenvolvimento da indústria e o crescimento das cidades resultaram atualmente em um mundo essencialmente urbano, composto por vários problemas de poluição, qualquer que seja eles.

Nas cidades, em sua maioria, predomina a localização do comércio e serviços nas áreas centrais, ocasionando assim diversos incômodos, entre eles transito de veículos, poluição visual e sonora. A poluição sonora é causada principalmente por diferentes fontes de ruído, sendo que, o nível de ruído em um local está diretamente relacionado com o uso e

ocupação do solo, saúde do homem, meio ambiente e a economia. Considerando que o crescimento demográfico descontrolado, que ocorre nos centros urbanos, acarreta em uma concentração de diferentes níveis de pressão sonora.

Levando em conta ainda, que o problema da poluição sonora se agrava ao longo do tempo, principalmente nas áreas urbanas, e que o som em excesso é considerado como uma ameaça à saúde, ao bem estar publico e a qualidade de vida (BRASIL, 1990). O nível de ruído acusa grau de desconforto muito alto, que a poluição sonora urbana passou a ser considerada como o meio de poluição que mais atinge as pessoas residentes em áreas centrais do município (NUNES, 1995), sendo fundamental o estabelecimento de normas, métodos e ações de controle.

A legislação específica que determina os limites de emissão de ruídos e estabelece as medidas protetoras, compostas pelas Normas Regulamentadoras, constata-se que nos centros urbanos, os níveis de ruído se encontram acima de valores recomendados.

Justifica-se o estudo pela baixa predominância de estudos na área, a qual é tratada no Brasil pelas Normas Brasileiras NBR 10.151 (ABNT, 2000), a qual estabelece os níveis de critério de avaliação para ambientes externos; NBR 10.152 (ABNT, 2000), que estabelece os valores aceitáveis de acordo com o tipo de ocupação nos espaços internos das edificações e legislações municipais, especialmente no caso de Ijuí.

A cartografia de ruído é um instrumento poderoso para o diagnóstico e gestão do ambiente sonoro bem como para a redução e controle dos níveis de ruído ambiente. Constitui-se como uma fonte de informação estruturada para os cidadãos, para os departamentos municipais, estaduais e federais, diante as decisões a serem tomadas na gestão do ambiente urbano. Sendo assim, a cartografia de ruído revela-se de uma importância crucial no âmbito das recentes políticas de gestão do ambiente sonoro e do espaço construído, apresentando os detalhes necessários para o desenvolvimento da gestão do ambiente acústico, que posteriormente poderá servir para a delineação do Plano de Redução de Ruído.

Como apresentado, a poluição sonora é nociva ao ser humano, ao meio ambiente e a economia. Sendo que o problema econômico, influenciado através da poluição sonora, compreende perdas altíssimas, não só na desvalorização imobiliária a partir do zoneamento (SANDBERG, 2001). Tais problemas são da mais variada importância. Constituindo a necessidade de estudar os níveis de pressão sonora a que os cidadãos de dada localidade estão

submetidos, visando saúde e bem estar dos mesmos, para buscar soluções futuras é pertinente. Assim como para garantir à qualidade de vida urbana, o zoneamento acústico torna-se necessária para o desenvolvimento da gestão do ambiente urbano e imobiliário.

A qualidade de vida, mesmo que de forma relativa, é perdida, em decorrência de mudanças ambientais. Ou seja, a degradação do meio ambiente do homem, provoca um prejuízo dessa qualidade de vida, tanto no âmbito social como biológico, e para manter essa qualidade, é necessário assegurar que o indivíduo possa desempenhas suas mais diversas atividades com bem estar.

A execução das atividades cotidianas do individuo, de forma que atribua um bem estar ao mesmo, envolve no âmbito biológico, ao qual o individuo desempenha atividades tais como descanso e lazer, e o ambiente social no quais envolvem atividades que necessitam de concentração e desempenho do mesmo. Visto que dessa forma, o indivíduo passa a privilegiar a aquisição de empreendimentos que lhe proporcionam esse “bem estar”. Passando a influenciar diretamente na gestão imobiliária, prevalecendo o conforto como uma das alternativas de compra e aquisição de empreendimentos. Ribeiro (2003) acrescenta que não é agradável viver em um local com transito intenso, odores desagradáveis, barulho excessivo e a poluição do ar, que possa vir a causarem doenças aos seres humanos.

Da mesma forma, Paixão e Freitas (2004) salientam a necessidade de melhoria da qualidade acústica das cidades e zonas urbanas, diante o grau de reinvindicação social, da evolução da ciência, da tecnologia e da evolução da legislação perante o assunto, pois o ser humano necessita de descanso, repouso e lazer, visto que o ruído pode influencia-lo, afetando a sua saúde.

O trabalho de conclusão de curso teve como objetivo geral a geração de um mapeamento da área central do município de Ijuí/RS com os níveis de pressão sonora, de modo a avaliar se o nível de ruído que os indivíduos estão submetidos está de acordo com as normas brasileiras. O estudo visa responder as seguintes perguntas: Qual a pressão sonora a que os indivíduos da área central de Ijui/RS estão submetidos? A pressão sonora ou nível de ruído que os indivíduos da região central do Município de Ijuí são submetidos está de acordo com as Normas Brasileiras vigentes?

Para realização do objetivo geral, foram executadas medições de pressão sonora através de equipamentos como decibelímetros, análise gráfica dos dados coletados em campo

para o desenvolvimento cartográfico de ruído, indicando as áreas que apresentam ruído acima do permitido pela legislação, proporcionando uma análise critica sobre o Plano Diretor local, desenvolvendo um mapeamento do Ruído central do município, o qual permitirá a realização de um plano de contenção do mesmo. Além da execução das medições ocorreu a aplicação de um questionário aos cidadãos da área central, com o objetivo de comparar as medições à opinião pública, de modo que a mesma contribuiria para execução do plano de contenção de ruído.

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo composto pela INTRODUÇÃO que consiste em uma breve apresentação do estudo, importância do tema, objetivos gerais e específicos e a própria estruturação do mesmo. O capítulo dois apresenta a REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, a qual explana assuntos para a melhor compreensão da pesquisa, em que se destacam autores como Nunes (1995), Beristáin (1998), Nagem (2004), Casali (2000) e outros. No terceiro capítulo se encontram as REFERÊNCIAS DE ELABORAÇÃO, o qual apresenta a classificação do estudo, a que foi elaborado e executado o estudo em questão, contemplando os ensaios realizados na malha urbana selecionada, já o quarto capitulo compreende os RESULTADOS que se fundaram com o estudo. Finalmente o ultimo capítulo, as CONSIDERAÇÕES FINAIS, com respectivos comentários e uma análise de continuidade ao trabalho apresentado. Completado por uma lista de REFERÊNCIAS em que apresenta todos os grandes pensadores, que serviram de embasamento para a realização deste trabalho, e os ANEXOS que completam o trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SOM E/OU RUÍDO

O som é formado através das vibrações das partículas do ar ou do meio elástico, que se propagam em sentido longitudinal, essas vibrações se encontram em determinados limites de frequência. Essas vibrações sonoras como também podem ser chamadas, transmitem-se em velocidade uniforme em todas as direções, desde que as propriedades elásticas do meio ambiente forem iguais. O som também pode ser classificado como uma variação da pressão ambiente perceptível ao sistema auditivo (BISTAFA, 2011).

Alguns autores, como Sylvio R Bistafa (2011), associam o som como a sensação produzida no sistema auditiva, e o ruído como um som indesejável, em geral de conotação negativa, ou um som sem harmonia ou desagradável. A descriminação de um som como agradável, desagradável e/ou suportável é uma ação puramente subjetiva de classificação de cada individuo, e depende das preferências pessoais, de feições culturais, da atividade que se desenvolve no ambiente, do ânimo de quem o escuta ruído ou som e do interesse econômico, (BERISTÁIN, 1998), tornando-se assim a determinação objetiva de incomodidade uma árdua tarefa.

As fontes sonoras podem ser divididas em fontes fixas, como por exemplo: indústrias, casas comerciais, obras civis e obras públicas, entre outras. E fontes móveis, sendo essas compostas por: veículos no tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, por exemplo. (CAMPOS, CERQUEIRA & SATTLER, 2002).

Já as Normas Técnicas Brasileiras consideram três tipos de ruído, sendo eles:

1. Ruídos contínuos ou fixos – com flutuação dos níveis de pressão tão pequena dentro do período que podem ser desconsideradas. Podem ser ruídos causados por motores elétricos, compressores, ventiladores, e outros já citados.
2. Ruídos flutuantes – com níveis de pressão acústica variam continuamente num grau que perceptível ao tempo de observação. Esse tipo de ruído normalmente é

causado por fontes manuais, tais como soldagem, esmerilhamento de peças, transito de veículos, e outros.

3. Ruídos impulsivos ou de impacto – constituem ruídos em uma ou mais explosões acústicas, com durações menores que um segundo, podem ser considerados por sons de guilhotinas, explosões, prensas excêntricas e outros.

Diante essas formas de ruído, ainda é possível considerar o ruído de fundo, caracterizado pelo ruído do próprio ambiente, que não compreende os sons provindos dos equipamentos de utilização humana. Esse ruído pode ser relacionado até mesmo com o do vento, algo quase imperceptível ao ouvido humano.

Segundo Gerges (2006), o ruído é considerado um dos maiores problemas na vida moderna, especialmente o ruído nas áreas urbanas, causado por estabelecimentos (bares, boates, restaurantes, indústrias, entre outros) e o tráfego de veículos. O ruído é um poluente de complexo controle devido à diversidade de origens e por sua onipresença, verificada principalmente nas grandes metrópoles (LEONEL, 1994).

2.2 ONDAS SONORAS

Onda sonora pode ser qualquer perturbação que se propaga e transmite energia, mas não transmitindo matéria. Sendo classificadas conforme a sua natureza, direção da propagação e vibração, frente da onda e a classificação quanto à dimensão e direção de propagação da onda.

1. Classificação quanto a Natureza

Ondas Eletromagnéticas – ondas compostas por dois campos, o elétrico e o magnético, que se propagam no espaço de maneira perpendicular em relação ao outro campo, e com direção de propagação de energia. Por esse motivo a onda eletromagnética também é chamada de onda transversal.

Ondas Mecânicas – são ondas compostas por impulsos mecânicos e que se transmitem diante as partículas que constituem o meio, ou seja, é a perturbação que se propaga em um meio material. A descrição do comportamento desse tipo de onda é feita pela Lei de Newton.

2. Classificação quanto a Direção da Propagação e a Vibração

Ondas Longitudinais – são ondas que possuem a mesma direção de vibração das moléculas e direção de propagação, ou seja, são ondas que vibram na mesma direção do movimento (propagam).

Ondas Mistas – são ondas que as partículas vibram longitudinalmente e transversalmente.

Ondas Transversais – são ondas que a direção da propagação é perpendicular à direção do movimento vibratório das moléculas, ou seja, compreende ondas que a direção de propagação não é a mesma direção de vibração.

3. Classificação quanto a Frente da Onda

Ondas Circulares – a frente da onda é constituída por uma circunferência de comprimento igual à distância da fonte até um ponto considerado.

Ondas Esféricas – A propagação mais comum dos sons que ouvimos no dia a dia, se dá na forma de onda esférica. A frente da onda tem superfície igual à área de um circulo, onde o raio compreenderia a distância entre a fonte e o ponto considerado.

Ondas Planas – Constituída através de segmentos de retas. As ondas sonoras planas ocorrem em situações particulares, normalmente induzidas, em que o diâmetro do meio de propagação seja menor que o comprimento da onda, não representando ondas sonoras comuns.

4. Classificação quanto a Dimensão da Propagação da Onda

Bidimensional – Propaga-se ao longo de um plano.

Tridimensional – Propaga-se em todas as direções.

Unidimensional – Propaga-se em uma única direção.

Uma onda sonora que incide em uma superfície pode sofrer os seguintes fenômenos, em função das suas superfícies, sendo essas as propriedades da onda:

Absorção – Ocorre quando as ondas sonoras são absorvidas pelos materiais que constitui os obstáculos, não permitindo a reflexão da onda, nem a transmissão de ondas sonoras.

Difração – É um fenômeno que acontece quando uma onda encontra um obstáculo em sua trajetória, ou então encontra aberturas menores que seu comprimento de onda sofrendo modificações de direção e magnitude. Compreendendo uma aparente flexão das ondas decorrente por pequenos obstáculos. Os elementos estruturais e/ou arquitetônicos que podem proporcionar a difração são como janelas, pilares, vigas e outros.

Difusão – É desenvolvida pela irregularidade das superfícies refletoras, ou seja superfícies com rugosidade, capazes de espalhar a onda sonora em todas as direções, promovendo uma distribuição mais uniforme da pressão sonora.

Interferência – Compreende a superposição de duas ou mais ondas, resultando em uma nova função de onda.

Reflexão – Ocorrem quando a onda sonora entra em contato com superfícies relativamente lisa e duras, podendo originar o efeito de eco.

Refração – É quando uma onda sonora passa de um material para outro, comparado ao fenômeno de reflexão de luz, quando passa de um meio (ar, por exemplo) para outro (água, vidro ou outro material).

Reverberação – A reverberação é o som refletido que chega ao receptor do som, antes que o som original chegue ao receptor.

Transmissão – Ocorre quando as ondas sonoras atravessam o material que compreende o obstáculo, esse obstáculo por sua vez, apresenta características elásticas do material, e as ondas são “passadas” para o outro lado do material.

A variação da pressão ambiente perceptível ao ouvido humano na forma de um sinal sonoro é caracterizada por parâmetros físicos, sendo eles, a intensidade do som, a frequência do mesmo e o timbre.

Frequência (f) – é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som, também caracterizada como o inverso do Período (T), que compreende um intervalo de tempo decorrido para que o ciclo se complete na curva da variação da pressão ambiente, ou seja, corresponde a frequência de um som que executa uma vibração completa ou ciclo. A unidade de medida da frequência é ciclos por segundo, ou Hertz (Hz), em homenagem a Heinrich Rudolf Hertz. Representada pela equação abaixo (Eq. 1).

$$f = \frac{1}{T} \qquad \text{[Eq. 1]}$$

O ouvido humano é capaz de captar sons de forma não linear, de 20 a 20000 Hz, sons enquadrados dentro dessa faixa de áudio são denominados sons audíveis, os sons com frequência inferior a 20 Hz são denominados infrassons e sons com frequência superior a da faixa de áudio são denominados ultrassons (BISTAFA, 2011).

O timbre pode ser relacionado diretamente com a composição harmônica do som, o que permite identificar a procedência do mesmo, ou seja, permite encontrar a fonte geradora do som, ou fonte sonora.

A intensidade sonora (I) caracteriza-se como a quantidade de energia, em um dado tempo, que atravessa uma área perpendicularmente à direção de propagação da onda (BISTAFA, 2011), sendo assim definida como uma energia contida num movimento vibratório. A pressão sonora da onda é medida em BAR (dina/cm²), já a energia na unidade de tempo é classificada como watts, sendo assim a intensidade sonora é representada por watts/m² (W/m²).

O intervalo de intensidades as quais o ouvido humano é sensível é muito grande, desde o som mais baixo perceptível até o som mais alto que o ser humano consegue detectar, sem sofrer por danos físicos. Sendo que a menor pressão detectável pelo sistema auditivo encontra-se na ordem de 2x10-5 Pa, já a maior pressão perceptível, também conhecida como o limiar da dor, está atribuída entre valores de 20 a 200 Pa. Desta forma a variação de pressão sonora audível situa-se entre 20 µPa e 20 Pa (Figura 01).

Figura 01 – Variação de Pressão Sonora

Fonte: Mapa de Ruído, Resumo não técnico, Aeroporto de Lisboa, 2012.

Diante desse enorme intervalo de valores da pressão sonora ou vibração ambiente e perceptível pelo ser humano, a intensidade de som é representada na escala logarítmica

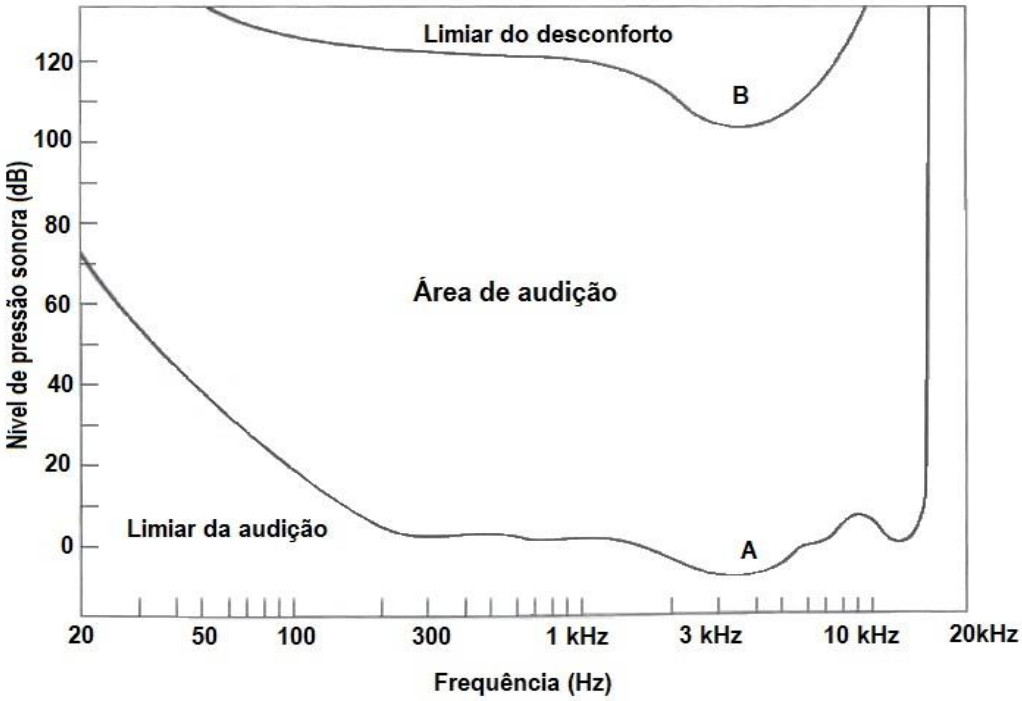
“Decibel”. O “Decibel” não compreende uma unidade de medida, mas sim, uma escala logarítmica, a qual leva essa denominação através da homenagem feita a Alexandre Graham Bell, um grande pesquisador da acústica, e inventor do telefone.

A Lei de Weber explica as sensações físicas de estímulos e a intensidade de estímulos com que são sentidos, a Lei recebeu o dado nome devido a Ernst Heinrch Weber, um grande pioneiro nos estudos da quantitativa de respostas humanas a estímulos físicos. Quer dizer a Lei de Weber faz uma relação entre a intensidade física de uma excitação e a intensidade com que a pessoa responde a essa excitação que está sendo submetida, podendo ser esse estimulo qualquer percepção sensorial (auditiva, visual, gustativa, olfativa ou térmica). A Lei de Weber também pode ser descrita como o aumento do estimulo necessário para provocar o mínimo de reações ou sensações ao ser humano.

Dessa forma, a psicoacústica estuda as sensações auditivas para diferentes estímulos sonoros, sendo assim, conforme se aumenta a intensidade sonora o ouvido humano fica menos sensível, ou ainda é necessário que o som seja aumentado de maneira exponencial para que ouvido o capte de maneira linear (CALLAI, 2008).

O som é caracterizado como grandezas físicas já a percepção e/ou sensações são classificadas como grandezas psicoacústicas, como já mencionado. Os sons audíveis e encontram se em áreas de audição, contida entre as curvas A e B (Figura 02).

Figura 02 – Intervalos da psicoacústica



Fonte: Extraído de Bistafa, 2011, p. 67.

2.3 EFEITOS DO RUÍDO NO CORPO HUMANO

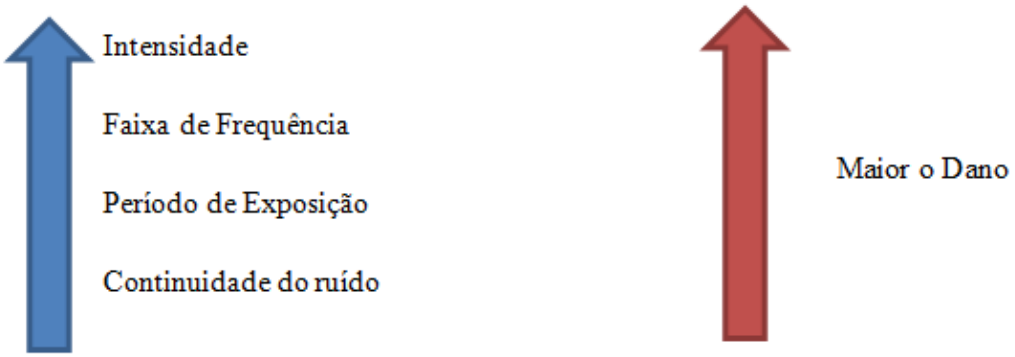
O incomodo causado pelo ruído é atributo extremamente relativo. Quer dizer, o som que para uns pode ser incomodo, para outros pode não ser, como já explanado por BERISTÁIN em 1998, anteriormente. O ruído pode incomoda os indivíduos de forma diferente ao ponto de interferir na conversação, no lazer, na concentração, no sono, e demais atividades humanas.

É possível caracterizar os efeitos do ruído em um grupo de pessoas, sujeitas aos mais diversos tipos de ruído, para isso, segundo Bistafa (2011), foram realizados 55 estudos de caso de ruído em comunidades, com finalidade de verificar o efeito do ruído, de tráfego veicular e aéreo, que provoca nas pessoas. Os estudos em sua maioria apresentaram como resultados uma grande quantidade de pessoas perturbadas pelo barulho de tráfego veicular e aéreo. Além do tráfego há diversas outras atividades que perturbam, tais como, atividades comerciais, fabricas, subestações de energia elétrica, atividades de lazer, cultos religiosos,

escolas, atividades esportivas em grande escala, caracterizando essas atividades como incomodas dependendo dos níveis de ruído em que se encontram.

Segundo Mota (1997), a exposição do homem ao ruído, podendo comprometer a saúde auditiva do mesmo, depende de vários fatores (Figura 03):

Figura 03 – Fatores de exposição ao ruído e dano



Fonte: Adaptado de BISTAFA, 2011.

Segundo Gerges (2000), o primeiro efeito causado pela alta exposição ao ruído é a pequena perda da audição de forma temporária. Esse efeito pode ser perceptível com a sensação de ruído após o afastamento da fonte geradora do mesmo, que por sua vez, após algum tempo, o nível original do limiar da audição é recuperado.

São diversos os efeitos produzidos pela exposição ao ruído, entre eles podem ser citados alguns, tais como: Surdez temporária e/ou permanente, zumbidos no ouvido, falta de tranquilidade, intervenção na comunicação, irritabilidade, redução do desempenho e concentração, stress e agressividade são alguns dos danos fisiológicos e psicológicos que ocorrem na presença constante do ruído (BERISTÁIN, 1998).

A exposição continua a altos níveis de ruído podem levar aos problemas citados acima, mas a perda da audição está associada à sublimidade de níveis de ruído, normalmente, são função de ruídos intensos, o que pode causar lesões cocleares levando a perda de audição induzida pelo ruído. O zumbido uma das principais ocorrências compreende a perda da audição permanente, se manifestando de forma que a ausência de uma fonte sonora real

proporciona esse tipo de som, essa anomalia pode ser controlada através de tratamento, cirurgias ou mascaramento por ruído externo.

Segundo Carmo (1999), o ruído afeta o organismo humano de diversas formas, causando prejuízo ao funcionamento do sistema auditivo, mas também, o comprometimento das atividades psíquicas, fisiológicas e físicas do individuo.

Como apresentado, a poluição sonora é nociva ao ser humano, ao meio ambiente e a economia. Sendo que o problema econômico, influenciado através da poluição sonora, compreende perdas altíssimas, não só na desvalorização imobiliária a partir do zoneamento (SANDBERG, 2001), mas também na saúde do ser humano.

2.4 NORMATIVAS

As legislações brasileiras, a níveis federal, estadual e/ou municipal, de cunho ambiental, nas últimas décadas, lançam a necessidade da conservação do meio ambiente e a melhora na qualidade de vida, ao estabelecer essas normas, leis e regulamentações buscam controlar as intervenções humanas (NAGEM, 2004).

De maneira a tentar reduzir os problemas causados pelos níveis excessivos de ruído, tanto as legislações nacionais e quanto as internacionais estabelecem alguns limites sonoros para uma grande variedade de atividades, com caráter de garantir a segurança e o conforto dos indivíduos expostos ao ruído. Tendo como objetivo principal, dessas normativas, evitar o ruído indesejado e assegurar a saúde da comunidade como um todo.

No Brasil, há a Resolução n° 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 08 de março de 1990, que faz referencia a emissão de ruído no território brasileiro, como tentativa de delimitar os níveis sonoros decorrentes de qualquer tipo de atividade (industrial, comercial, social e recreativa), de maneira a assegurar o sossego público. Além de considerar que a poluição sonora é agravada continuamente através dos centros urbanos (BRASIL, 1990).

A Resolução n° 01, de 08 de março de 1990, estipula os problemas dos níveis excessivos de ruído para o controle da poluição do meio ambiente, estabelecendo critérios para esse controle em diversas situações (BRASIL, 1990). A Resolução estabelece que todas as atividades geradoras de ruído devem ser analisadas através da Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT) e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), no caso de ruído oriundos de veículos automotores.

A NBR 15.575 (ABNT, 2007) busca atender as necessidades e exigências dos usuários e suas ocupações, desde o conforto lumínico necessário em um ambiente, condições de segurança ou até a atenuação do ruído interno de empreendimentos, considerando as mais diversas necessidades para o bem estar de seu ocupante. Porém não apresenta itens e soluções para o isolamento acústico externo o qual causa alguns prejuízos ao bem estar do individuo. As normas NBR 10.151 e 10.152 ambas de ABNT, 2000, admitem faixas de conforto acústico para dados ambientes. De forma geral, o ocupante de dado ambiente necessita de conforto acústico para desempenhar as mais diversas atividades.

A ABNT através das normas NBR 10.151 – Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade e NBR 10.152 – Níveis de ruído para o conforto acústico, estipulam as condições de ruído ambiente. A primeira norma implanta os níveis de ruído para ambientes externos, ao ar livre, fixando as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído nas comunidades, independente da existência de reclamações sobre o ruído. Já a segunda norma fixa níveis de ruído para ambientes internos. No controle do ruído deveriam ser considerados os locais, horário e a natureza das atividades emissoras como forma de igualar as atividades e padronizar a forma de preservação da saúde e do sossego público (BRASIL, 1990a).

A NBR 10.151 (ABNT, 2000) fixa os seguintes valores para avaliação do ruído externo (Tabela 01):

Tabela 01 – Níveis de critério da avaliação (NCA) para ambientes externos em dB(A)

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

Fonte: Extraído de ABNT, NBR 10.151, (2000, p.3).

Já a NBR 10.152, (ABNT, 2000), estabelece alguns valores específicos para alguns locais (Tabela 02):

Tabela 02 – Níveis de Pressão sonora em alguns locais específicos, em dB(A)

Locais		dB(A)	NC
Hospitais	Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35-45	30-40
	Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50	35-45
	Serviços	45-55	40-50
Escolas	Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35- 45	30-40
	Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
	Circulação	45-55	40-50
Hotéis	Apartamentos	35-45	30-40
	Restaurantes, Salas de Estar	40-50	35-45
	Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências	Dormitórios	35-45	30-40
	Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios	Salas de concertos, Teatros	30-40	25-30
	Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes		40-50	35-45
Escritórios	Salas de reunião	30-40	25-35
	Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
	Salas de computadores	45-65	40-60
	Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)		40-50	35-45
Locais para esporte	Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: Extraído de ABNT, NBR 10.152, (2000, p.2).

Diante a importância dos impactos que a poluição sonora gera no cotidiano das pessoas, o ruído urbano é pouco estudado no Brasil. Isto dificulta a elaboração de diretrizes de uso e ocupação do solo, além de documentos normativos e legislações aplicáveis à realidade do país (SATTLER, ROTT e CORADINI, 1995).

A norma NBR 10.151, (ABNT, 2000), estabelece um método para medição do ruído, de acordo com as características do mesmo, são estabelecidas correções para os níveis medidos. Essa comparação entre o nível corrigido e o nível de critério, indica se o nível sonoro encontra-se em uma faixa tolerável ou se serão adotadas medidas necessárias para contenção ou redução do próprio.

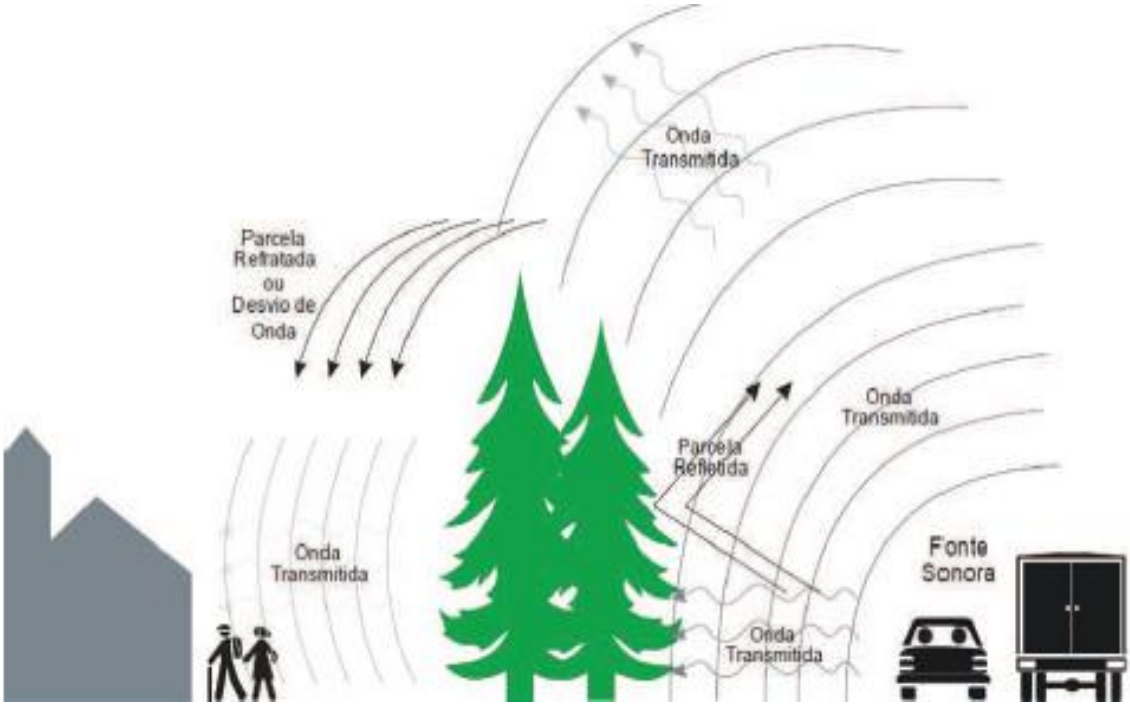
Apesar da existência de normativas nacionais e internacionais relacionadas ao ruído, não há uma metodologia específica para o mapeamento do ruído ambiental (NAGEM, 2004).

2.5 METODOS DE ANÁLISE DO RUÍDO

São diversos os fatores que afetam os níveis de ruído e os resultados obtidos pelas medições de uma mesma fonte, dependendo da sua trajetória de transmissão e o receptor. Segundo Bistafa (2011), a propagação sonora ao ar-livre pode sofrer alterações dependendo de seus próprios componentes, como a fonte sonora, a trajetória de transmissão e a recepção.

Devido à forma de propagação do som, é necessária uma escolha minuciosa da área que será estudada, uma definição dos pontos em que serão realizadas as medições acústicas, evitando barreiras sonoras ou fontes de reverberação do som, sendo assim, a localização e o número de medições depende das características do local que será estudado (Figura 04). Desta maneira, compreende uma etapa importante para o mapeamento sonoro da região. Os locais em que serão executadas as medições de pressão sonora podem ter distâncias aproximadamente iguais.

Figura 04 – Transmissão de ondas sonoras e a presença de obstáculos



Fonte: DNIT, 2006.

A escolha de uma amostra torna se um processo complexo que depende da disponibilidade dos envolvidos no estudo, das condições financeiras, dos equipamentos disponíveis, da área de análise e de alguns dados estatísticos (CASALI, 2000).

As malhas de amostragem, as quais geram o mapa acústico, podem ser aleatórias ou regulares, dependendo da distribuição dos pontos, que pode ocorrer de forma casual ou regular (LANDIM, 2002).

Para o mapeamento do ruído ambiental, normalmente são utilizadas malhas de amostragem regulares, com seus pontos distribuídos homogeneamente pelo espaço. Mapeamentos realizados em Portugal, para avaliação do ruído em que a população é exposta e para avaliação do ruído ambiental, utilizam distâncias de 500 a 2.000m entre os pontos desejados, já em outras metodologias de medições do mapeamento do tráfego veicular utilizam malhas com distância entre pontos de 10 a 1.000m, (NAGEM, 2004), entre outras metodologias utilizadas para medições (Tabela 03).

Tabela 03 – Parâmetros para medições e mapeamento acústico em diferentes metodologias

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das medidas	Fonte bibliográfica
5 pontos com monitores acústicos fixos	Medição constante durante todos os dias dos anos de 1998, 1999 e 2000	24 horas por dia	Dados de hora em hora	BORTOLI e KRÜGER, 2003
17 pontos	Terças, quartas e quintas Dias típicos	14:00 às 16:00	4 medidas de 12 minutos para cada ponto	LOURA e VALADARES, 2003
14 pontos distribuídos em diferentes bairros	Dia de semana típico Terça, quarta e quinta-feira	24 horas de medição	Dados horários e de 15 em 15 minutos	MAIA e SATTLER, 2003
Quadrícula de 400x400m		7:00 às 22:00 7:00 às 11:00 11:00 às 15:00 15:00 às 19:00 19:00 às 22:00	15 minutos de medição a cada hora	MORAES e LARA, 2003
9 pontos 250m uns dos outros	Dias úteis. Segunda à sexta-feira	Horário comercial 8:00 às 18:30 manhã 8:00 -11:00 intermediário 12:00-15:00 tarde 16:00-18:00	30 minutos a cada hora	MORAES et al, 2003
22 no período diurno e 5 no período noturno	Dias úteis	11:40 às 13:40 21:00 às 23:00	10 em 10 segundos durante 2 horas calculados, depois, de hora em hora	SOUZA, ANDRADE e CRUZ, 2003
		6:00 às 8:00 18:00 às 19:00 19:00 às 20:00 21:00 às 23:00	Amostras a cada 10 minutos 6 horas diárias	VALADARES e PAULA, 2000
	Dias úteis	18:00 às 19:00		SCHIMITT et al, 2000
		8:00 às 9:00 11:00 às 12:00 19:00 às 20:00 22:00 às 23:00	Em cada hora 20 minutos de gravação 5, 10 e 15 minutos	GAVINOWICH e RUFFA, 2000

Continuação da Tabela 03 – Parâmetros para medições e mapeamento acústico em diferentes metodologias

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das medidas	Fonte bibliográfica
Desvio de 6 dB: 300m entre os pontos > 6 dB: pontos mais próximos < 6 dB: pontos mais dispersos	Dias com e sem movimento	Horário de pico em sua totalidade Medidas representativas dos períodos diurno e noturno	15 em 15s leitura instantânea durante 15 minutos 60 leituras por medida	MENDEZ e BASSO, 1998
Lugares sensíveis		7:00 às 10:00 18:00 às 22:00 1:00 às 5:00	10 a 15 minutos de medição	BUCHI e NUÑEZ, 1998
Malha triangular: 450m entre os nós	Terças, quartas e quintas	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	5 minutos	PALHARES, VECCI e PAVANELLO, 1998
		7:00 às 11:00 - manhã 18:00 às 21:00 - tarde 0:00 às 3:00 - noite	10 a 15 minutos	SUÁREZ e PÉREZ, 1998
	Dias com e sem movimento	8:00 às 14:30 17:00 às 21:00 0:00 às 4:00	10 minutos durante todas as horas	DIAZ et al, 1998
	Sábado-diurno Sábado-noturno Terça / quinta-noturno	3 horários em cada ponto	3 medidas de 5 a 15 minutos em cada ponto	SATTLER, 1998
Malha triangular: 10 a 1000m entre os nós	Terça, quarta e quinta sem feriados	Horário de pico		PALHARES et al, 1996
Malha triangular: 500 a 2000m dependendo da densidade da população	Dias úteis	Durante o período diurno	Medições de curta duração	COELHO, VALADAS e GUEDES, 1996
	Dia típico Dias da semana	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	30 a 45 minutos	BELDERRAIN, 1995
	De segunda a sexta	8:00 às 18:00	10 em 10s durante 15 minutos 90 medições	ALVARES e SOUZA, 1992

Fonte: Nargem, 2004.

Segundo Nargem (2004), a Tabela 03 mostra algumas metodologias com a forma de malha e/ou disposição dos pontos de medição, dias e horários de medição. Os horários das medições podem ser escolhidos de acordo com as características do ambiente e da fonte sonora que é ou será estudada. Em alguns momentos é optado fazer as medições em horários de pico, dependendo da finalidade do estudo.

O horário de pico, derivado da hora do rush, compreende o intervalo de tempo ou do dia em que a cidade ou zona está com ruas e o tráfego congestionado ou parado, devido ao fluxo intenso de veículos que se desloca em uma mesma direção. Sendo que o mesmo classifica-se como a pior situação a que os indivíduos são submetidos ao ruído no local de estudo. Em sua maioria, o horário de pico compreende horário como: entre as 11:00 as 14:00 horas e entre as 17:00 e 19:00 horas.

A escolha do dia, mês, ano, horários para executar a medição, dependem do objetivo que consiste o estudo, como já mencionado. Em alguns estudos utilizam-se medições em dias uteis, ou em dias típicos, dias médios anuais. A seleção do estudo e a forma com que o mesmo será realizado influenciarão no sucesso do estudo. Cada pesquisador utiliza, assim, uma metodologia própria obtendo, como resultado, uma diversidade de parâmetros e de procedimentos para a coleta de dados para o mapeamento sonoro (NAGEM, 2004).

Alguns fatores podem influenciar a medição da pressão sonora pelos aparelhos do tipo decibelimêtro, sendo eles desde a velocidade do vento, até a presença de obstáculos próximos.

Visto que a NBR 10.151 (ABNT, 2000), salienta no Item 5.2, que: “No exterior das edificações que contem fonte, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 metros do piso, e pelo menos 2 metros do limite da propriedade e de qualquer outra superfície refletora, como muros, paredes e etc.”. A NBR 10.151 (ABNT, 2000), menciona a necessidade da não presença de obstáculos próximos aos locais de medições, para que os mesmos não influenciem de forma a reverberar o som proveniente da fonte, ou então mudarem a trajetória de transmissão do mesmo.

A norma NBR 10.151 (ABNT, 2000), também enfatiza que a expressão para o cálculo do nível de pressão sonora equivalente em dB(A), deve ser (Equação 03):

$$LAeq = 10\log\frac{1}{n}\sum_{i=I}^{n} 10\frac{Li}{10} \qquad \text{[Eq. 03]}$$

Onde:

Li é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído.

O nível de pressão sonora é comprometido pelas condições meteorológicas, especialmente quando a distância da fonte até o receptor é grande, devendo ser medidas (ISO 1996/1, 1982).

Já os gradientes de temperatura e velocidade do vento são variações que ocorrem devido à altitude do local, também são conhecidos como efeitos de refração. A refração é uma função que encurva os raios sonoros na direção de menor velocidade de propagação. Para que ocorra a realização de medições sonoras confiáveis é necessário entender os efeitos de refração na propagação sonora, uma medição representativa do nível sonoro equivalente, essas deveriam ser feitas quando os efeitos de refração são mínimos, por exemplo, dia nublado e sem ventos (BISTAFA, 2011).

Outra forma de alteração nos níveis de pressão sonora é a presença de desfiladeiros urbanos no local em estudo. Os desfiladeiros urbanos podem amplificar o som de tráfego viário perante as reflexões das fachadas de edificações que margeiam as vias de tráfego. As condições das fachadas dessas edificações restringem a divergência do som, causando a reverberação o que amplia os níveis sonoros. Devido a essa condição, o local que ocorre o estudo deve ser bem planejado, evitando que sofra essas alterações.

Segundo Bistafa (2011), a reverberação do som pode ser corrigida a partir da seguinte formula (Equação 01 e 02).

$$A\,MP_{reverb} = 10\log[\,1 + \frac{r}{(r+2dfachada)}{}^{2}\,(1-\alpha)] + R \qquad \text{[Eq. 01]}$$

$$R = 4\left(\frac{h_{edificação}}{w_{via}}\right) \ll 3\,dB \qquad \text{[Eq. 02]}$$

2.6 O ZONEAMENTO ACUSTICO COMO INSTRUMENTO DO PLANEJAMENTO URBANO

O planejamento urbano tem como objetivo conferir ordem ao desenvolvimento da sociedade, em um espaço e prever soluções para as necessidades futuras (NAGEM, 2004). A presença de comércio, serviços e indústrias pode ser um problema quando alcançam lugares sensíveis, passando a ser necessária através do planejamento urbano, a criação de um zoneamento que compatibilize os usos do solo possibilitando o equilíbrio entre novos investimentos e a manutenção da qualidade de vida, proporcionando um conforto aos indivíduos (NAGEM, 2004).

Com relação à poluição sonora, é possível planejar a localização de atividades que de certa forma, produzem barulhos, tais como comércio, ao longo de avenidas ou de vias com grande movimento, proporcionando uma espécie de barreira com fim de proteger as zonas mais suscetíveis ao ruído do tráfego veicular (MACEDO e SLAMA, 2000).

Sendo que o controle do ruído em localidades é baseado em restrições de acordo com o zoneamento (uso do solo), quando o mesmo existir, desta maneira o mapeamento acústico pode ser utilizado como ferramenta para o levantamento de dados e para a avaliação do ruído ambiental (NAGEM, 2004).

De acordo com Fernandes (2002), o ruído ambiental demonstra que uma pessoa só consegue relaxar durante o sono em níveis de ruído abaixo de 39 dB(A). Já a Organização Mundial de Saúde, estabelece 55 dB(A) como nível médio de ruído diário para uma pessoa viver bem, conforme o que também é estipulado pelas NBR’S. Portanto, os ambientes localizados onde o ruído esteja acima dos níveis recomendados necessitam de um isolamento acústico, medidas de contenção do ruído, mascaramento do ruído e entre outros efeitos.

O controle da poluição sonora nos centros urbanos deve envolver medidas que garantam a manutenção de níveis sonoros necessários para as mais diversas situações, para proporcionar conforto aos indivíduos (ALVES e PIZZUTTI, 1998). Pensando nesse conforto, as zonas sensíveis ao ruído, como em torno de hospitais e escolas, são criadas para que as condições sonoras especiais de que necessitam para aprendizagem, reabilitação e descanso sejam mantidas (CASALI, 2000).

Nas grandes cidades o tráfego de veículos é a principal fonte de ruído ambiental devido ao aumento no número de veículos em circulação por tudo o país (TEIXEIRA e

TENENBAUM, 2000). Associada a distância entre residências, locais de trabalho, locais de lazer, e a facilidade que os meios de transporte proporcionam, evidencia-se os motivos do crescimento da frota veicular. Além desses fatores, a frota de veículos em circulação tem estado precário de conservação e idades avançadas, o que contribui para o aumento gradativo da poluição sonora. Desta forma, o ruído proveniente do tráfego de veículos depende de fatores como: conservação dos veículos, características de tráfego, conservação das vias, tipo e/ou material da constituição da via, índole dos motoristas, e até mesmo, as condições atmosféricas, como chuva e sol.

No mapeamento sonoro, o ruído ambiental é o foco de estudo, sendo caracterizado pelas fontes sonoras presentes no local da medição. Desta forma, a partir dos mapeamentos urbanos, comprova-se que o tráfego rodoviário é o grande poluidor ambiental (NUNES, DORNELLES e SOARES, 2000). O transporte veicular de automóveis, motocicletas, ônibus, vans ou caminhões, beneficia a população, mas sua concentração em alguns locais produz o aumento da poluição sonora do ambiente e prejudica o bem estar da população (GAVINOWICH e RUFFA, 2000).

O estudo realizado em Madrid, segundo López (1998), demonstra que 81% da população considera o ruído ambiental como um poluente da qualidade de vida e o tráfego terrestre foi como a principal fonte de ruído (32%), seguido pelo ruído criado pelos vizinhos (22%) e pelo ruído gerado por obras (11%).

2.7 MITIGAÇÃO DO RUÍDO

O controle do ruído é uma tecnologia que visa transformar o ruído a um nível aceitável para determinado ambiente, o que normalmente são recomendados pelas normativas. Porém, todo o problema de controle de ruído compreende uma fonte sonora, uma trajetória de transmissão e um receptor (BISTAFA, 2011).

As fontes sonoras podem ser as mais diversas encontradas no ambiente, desde o tráfego rodoviário, aéreo, ferroviário ou até mesmo o ruído das pessoas, como já verificado nos itens anteriores. A trajetória de transmissão depende de fatores como o ar, as barreiras (estruturas sólidas), ou até mesmo líquidos. Já o receptor compreende normalmente o ser humano, afinal se há algum problema relacionado ao ruído é por que existe alguém incomodado com o mesmo (BISTAFA, 2011).

Diante a propagação do som, o mesmo perde suas propriedades ao ser absorvido por pelo próprio ar atmosférico. Além dessa atenuação sofrida pela absorção atmosférica, o mesmo também é submetido a barreiras, dos mais diferentes materiais, diante seu trajeto, reduzindo o som a níveis baixíssimos.

A redução do ruído a sons aceitáveis para o conforto do ser humano compreendem a mitigação do ruído. O que consiste em uma forma de reduzir ao máximo os níveis de ruído do ambiente, através de materiais e métodos de redução, usufruindo das espessuras, rugosidade e densidade dos materiais.

Para as edificações, o arquiteto e o engenheiro devem aproveitar os projeto arquitetônico em favor da obtenção do conforto da população. Aproveitando mecanismos como a forma, o volume, a orientação, a distribuição dos espaços, a localização das aberturas e a escolha dos materiais, escolha de isolantes e técnicas construtivas podem proporcionar maior conforto no meio ambiente construído e melhorar a qualidade de vida (KOWALTOWSKI e LABAKI, 1993).

A implantação de técnicas moderadoras de tráfego, tais como traffic calming pode ser uma alternativa para a redução da poluição sonora de grandes cidades. Este tipo de medida gera benefícios não só para a segurança do tráfego, como também em relação a uma redução do nível geral dos ruídos (NAGEM, 2004).

Para a redução do ruído, a forma mais eficaz, pode ser considerado o controle na fonte, isso quer dizer, reduzir ao mínimo, eliminar, ou amenizar a geração do som. Em casos que não possa ocorrer à redução ou eliminação da fonte sonora, optasse pelo controle do mesmo. Isso ocorre e fontes sonoras como o tráfego viário, fontes ruidosas já instaladas (geradores, por exemplo), obras, e outros.

O controle do som depende da trajetória de transmissão a qual apresentam as ondas sonoras. Porem, para a redução do ruído em uma malha urbana compreende uma tarefa uma pouco mais árdua, sem muitas alternativas e ferramentas para contensão do ruído. Alguns fatores que afetam diretamente a propagação do ruído são: tipo da fonte, distância percorrida, absorção atmosférica, efeito do vento, variação de temperatura, obstáculos (tais como barreiras, edificações e vegetação), absorção do solo, reflexões, umidade e precipitação (BRÜEL & KJÆR, 2000), assim como estipulado por Bistafa (2011), na figura abaixo (Tabela 04), algumas formas de contenção do ruído.

Tabela 04 – Mecanismos de atenuação sonora

Mecanismo	Descrição Sucinta	Atenuação aproximada de 5 dB	
		Condições	À distância de
Absorção do Ar	Absorção sonora do ar atmosférico.	A 10°C e 70% de UR	250 a 1.500 m
Solo Macio	Interferência (quase sempre destrutiva) entre o som direto e o refletido sobre solo.	Para altura da fonte e do receptor em ordem de 1,2 m.	10 a 85 m
Barreira	Atenuação provocada por barreira acústica entre fonte e receptor, Quando o receptor encontre-se na sobra acústica gerada pela barreira.	Em temperaturas normais e sem vento	Todas
Edificações	Atenuação provocada por edificações entre a fonte e o receptor.	Com uma fileira de edificações.	Todas
Vegetação Densa	Atenuação provocada por vegetação densa entre a fonte e o receptor.	Área coberta com vegetação densa.	30 m a 100 m
Reverberação Urbana	Amplificação sonora devida a múltiplas reflexões em desfiladeiros urbanos.	Com edificações de no min. 10 m de altura em ambos os lados	-
Vento e Temperatura	Alteração da atenuação do solo e/ou da barreira, ou criação de sombras acústicas causadas por gradientes verticais de temperatura e vento.	Dias Ensolarados com altura da fonte e receptor na ordem de 1,2m	50 a 150 m

Fonte: Adaptado de Bistafa, 2011, p. 206.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

Gil (2010) afirma que o desenvolvimento experimental compreende um trabalho sistemático, que utiliza conhecimentos provenientes da pesquisa ou da experiência pratica, com vistas à produção de novos materiais, equipamentos, politicas, métodos e comportamentos. Visando a melhoria dos sistemas e serviços já existentes.

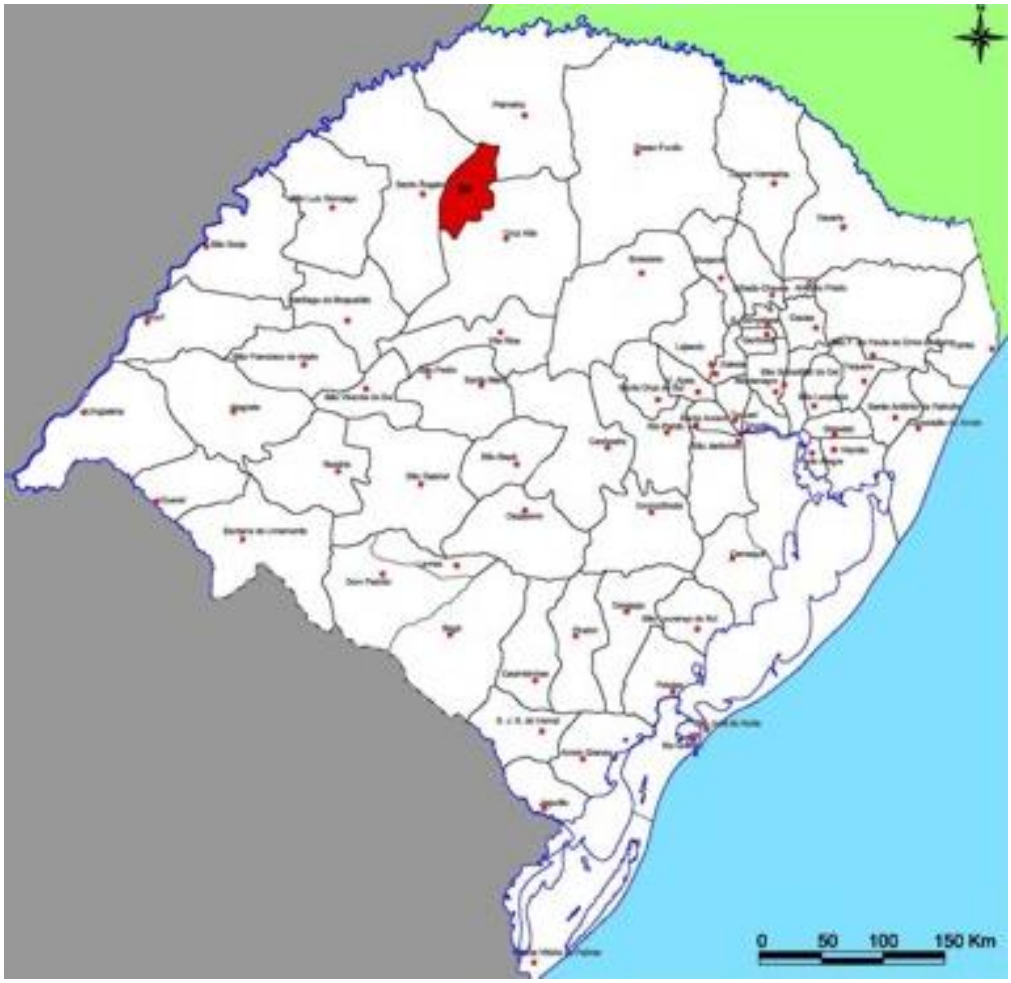
As pesquisas exploratórias têm por proposito proporcionar maior familiaridade ao problema, visando torná-lo mais explícito e suscetível a hipóteses. O procedimento dessa pesquisa tende a ser bastante flexível e atender a diversos aspectos, os quis são relativos ao fato ou fenômeno estudado (GIL, 2010). O autor ainda afirma que, o estudo de caso, é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada, compreendendo um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetivos, o qual é encarado como um delineamento adequado para investigar dado fenômeno ou fato contemporâneo dentro do contexto real, em que seus resultados acabam por ser apresentados em forma de hipóteses, não concluindo os mesmos.

Sendo assim, a pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que serão realizadas medições *in loco* comportando-se como um estudo de caso. Os resultados por sua vez, foram analisados e comparados com a classificação da pressão sonora pertinente na NBR 10.151 (2000). O estudo também é composto pela obtenção de dados ou coleta de dados através da aplicação de questionários estruturados e/ou padronizados.

3.2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O estudo refere-se à cidade de Ijuí, localizada na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, na qual se destaca como pólo regional. Faz divisa com os municípios de Chiapetta, Cruz Alta, Nova Ramada, Ajuricaba, Bozano, Boa Vista do Cadeado, Panambi, Pejuçara, Augusto Pestana, Coronel Barros e Catuípe (Figura 05). Segundo Censo do IBGE, 2010, o município de Ijuí tem 78.461 habitantes (IJUÍ, 2014).

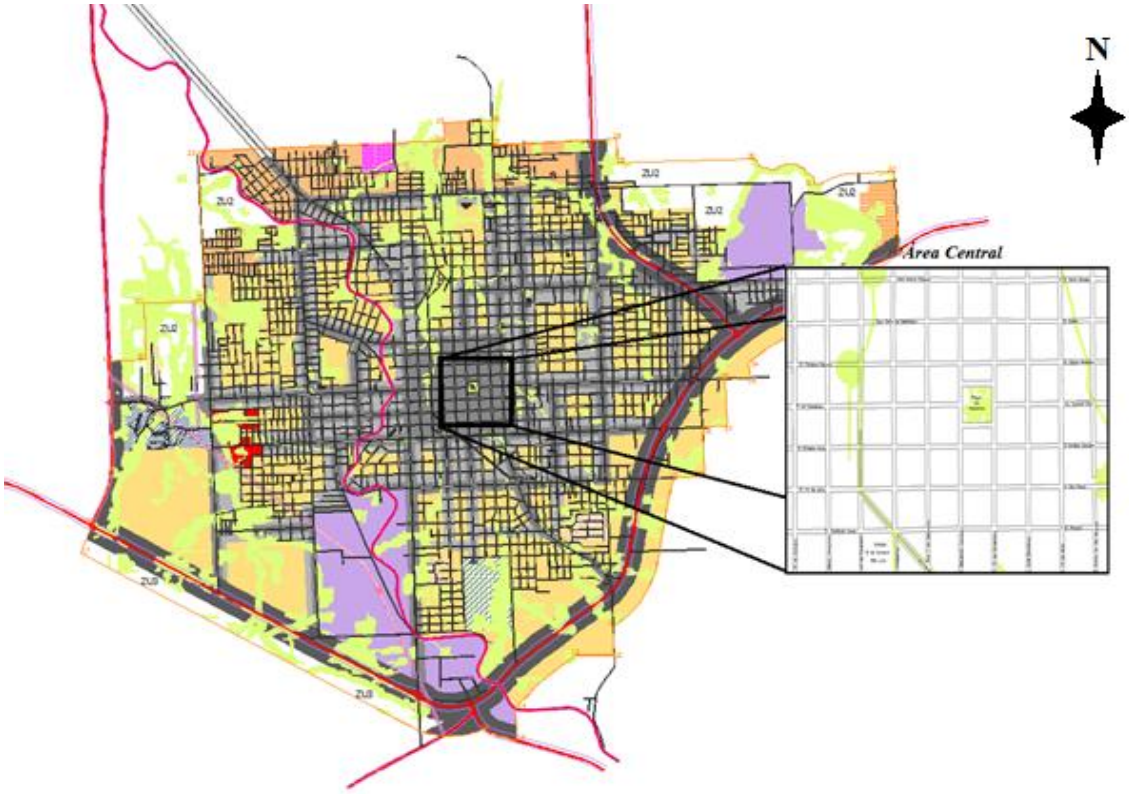
Figura 05 – Localização do município de Ijuí no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2002.

A amostra escolhida para a análise dos níveis de ruído foi coletada na região central do município (Figura 06), por caracterizar-se como uma área centralizadora de atividades e grande fluxo de pedestres e veículos.

Figura 06 – Local delimitado da área estudada



Fonte: Adaptado de PREFEITURA MUNICIPAL DE IJUÍ, 2014.

3.3 CENTRO DE IJUÍ

No mapeamento do ruído normalmente são utilizadas malhas de amostragem regulares, com seus pontos distribuídos homogeneamente pelo espaço, como será distribuída a amostra para estudo. Os pontos que foram escolhidos para a execução das medições compreenderão uma malha de amostragem da pesquisa, sobre os quais será executada a interpolação dos níveis sonoros nos locais definidos.

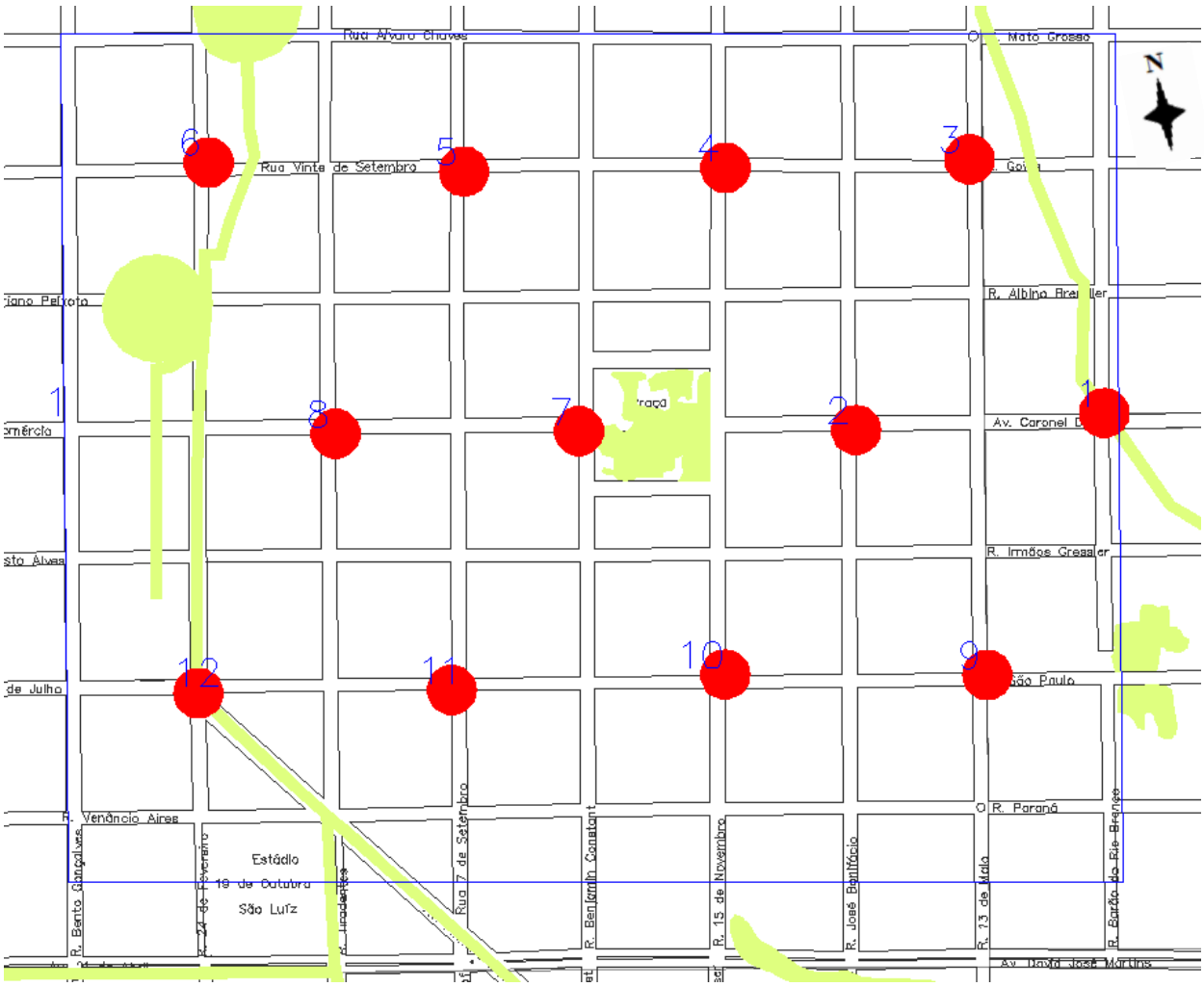
A escolha da malha retangular pode ser explanada, como já mencionado, no capitulo **2**, da Revisão Bibliográfica, por Landim em 2002, a malha de amostragem, a qual gerou o mapa acústico, pode ser aleatória ou regular, dependendo da distribuição dos pontos.

A distribuição dos pontos para o estudo teve como base as metodologias adotadas por Palhares, Vecci & Pavanello (1998), que explica a disposição dos pontos (ou nós) com uma distância entre eles de até 450 metros. Compreendendo ainda em suas metodologias,

medições de terças, quartas e quintas-feiras, nos horários de pico, envolvendo os horários em que há maior tráfego de veículos e transeuntes nas vias.

O estudo do mapeamento é composto por medições de uma malha retangular com os nós ou pontos de medição do ruído urbano dispostos a cada 250 metros entre si. Sendo que a área quadrilátera estudada passou a ser delimitada pelas ruas, Barão do Rio Branco a Leste, e 24 de Fevereiro a Oeste, e pelas ruas 20 de Setembro ao Norte, e 14 de Julho e Rua São Paulo ao Sul, visto as distâncias das medições estipuladas (Figura 07).

Figura 07 – Malha retangular dos locais de medições



Fonte: Próprio autor, 2014.

As medições ocorreram durante os horários de pico compreendendo horários entre as 11:30 as 12:30 horas, das 12:30 as 13:30 horas e entre as 17:30 as 18:30, de terça, quarta e quinta-feira, sendo essas medições decorrentes durante a semana, nos dias em que o tráfego

comporta-se de maneira mais uniforme e de maior intensidade. Para a análise dos resultados e comprovação do grande volume de tráfego foi realizado um estudo do mesmo presente na via.

A metodologia compreendeu um espaçamento entre os nós de 250 metros, em uma malha retangular, como já mencionado. O estudo contempla um total de 12 locais na área demarcada (nós) para a medição de pressão sonora, sendo que ocorrerão 09 medições em cada ponto, devido às medições ocorrerem nas terças, quartas e quintas-feiras, nos períodos de pico, conforme a pesquisa de Palhares, Vecci & Pavanello (1998), totalizando em 108 medições.

Para o estudo do tráfego viário da via foram catalogados e separados os veículos, como Veículos Pesados (peso superior a 3.500 Kg ou mais de 2 eixo), Veículos Leves (demais veículos) e Motocicletas. Os mesmos foram separados desta maneira para uma breve análise de quais as tipologias de automóveis são responsáveis pela maior alteração das frequências sonoras, levando em conta que um número significativo de veículos pode alterar a variação de pressão sonora no local em estudo. As mesmas foram catalogadas de forma manual.

São mostradas, a seguir, imagens da região de execução das medições, possibilitando visualizar as características físicas do local de estudo.

Os pontos de Medição 01, 02, 03 e 04, correspondem respectivamente: Avenida Cel. Dico com Rua Barão do Rio Branco (A); Avenida Cel. Dico com Rua José Bonifácio (B); Rua Goiás com Rua 13 de Maio (C); e Rua 20 de Setembro com Rua 15 de Novembro (D), (Figura 08). O entorno destas regiões selecionadas para a análise das medições, compõe-se principalmente de uma área comercial, com grande fluxo de veículos devido às proximidades de postos de combustíveis (Ponto 01), shopping (Ponto 02), supermercados (Ponto 03) e, Bancos de créditos e escolas (Ponto 04), com pouca predominância de área residencial, mas existência de áreas verdes. Predomínio de empreendimentos de até três pavimentos.

Figura 08 – Locais de Medição Pontos 01, 02, 03 e 04.

(A) (B)

(C) (D)

Fonte: Próprio Autor, 2014.

Figura 09 – Locais de Medição Pontos 05, 06, 07 e 08.

(A) (B)

(C) (D)

Fonte: Próprio autor, 2014.

Os pontos de Medição 05, 06, 07 e 08, correspondem respectivamente: Rua 20 de Setembro com Rua 07 de Setembro (A); Rua 20 de Setembro com Rua 24 de Fevereiro (B); Rua do Comercio com Rua Benjamin Constant (C); e Rua do Comercio com Rua Tiradentes (D), (Figura 09).

Como característica dos pontos acima, pode ser verificada a existência de grande área verde, composta pela região próxima ao Fórum da cidade (Ponto 05), assim como a proximidade da localidade de menor fluxo de veículos e transeuntes (Ponto 06), e da região da Praça da República, destinada a lazer, recreação e educação (Ponto 07). Composta por áreas de grande fluxo de veículos, devido ao cruzamento da Rua do Comercio, uma das vias coletoras da cidade (Ponto 07 e 08), com predomínio de prédios baixos.

Os pontos 09, 10, 11 e 12 compreendem as respectivas ruas: Rua 13 de Maio com Rua São Paulo (A); Rua 14 de Julho com Rua 15 de Novembro (B); Rua 14 de Julho com Rua 07 de Setembro (C) e Rua 14 de Julho com Rua 24 de Fevereiro (D), (Figura 10). Para os pontos abaixo, predomínio de prédios altos, com grande fluxo de veículos devido à presença de lojas, bancos de credito e postos de combustíveis.

Figura 10 – Locais de Medição Pontos 09, 10, 11 e 12.

(A) (B)

(C) (D)

Fonte: Próprio autor, 2014.

Para o desenvolvimento dos mapas foram utilizadas escalas de cores relacionadas à zona de abrangência do ruído. Cada fração de dB(A) possui uma coloração, as quais possibilitam avaliar de forma visual o mapeamento. Esses recebem uma escala de cores graduadas, as cores tonalizadas ao vermelho representam que os níveis de pressão sonora encontram-se acima do estipulado pelas normativas, e os valores mais próximos ao azul compreendem valores baixos de pressão sonora, como pode ser visto na escala a seguir, (Figura 11).

Figura 11 – Escala de cores das pressões sonoras

45 - 50 dB(A)	
51 - 55 dB(A)	
56 - 60 dB(A)	
61 - 65 dB(A)	
66 - 70 dB(A)	
71 - 75 dB(A)	
76 - 80 dB(A)	

Fonte: Próprio autor, 2014.

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa fez uso de alguns equipamentos recomendados pelas Normas Brasileiras para a execução da mesma, sendo eles: Anemômetro, Termo-higrometro, decibelimetro, trena, maquina digital e tripé para sustentação dos aparelhos durante a medição (Figura 12).

Figura 12 – Equipamentos de uso na pesquisa

Fonte: Próprio autor, 2014.

A coleta de dados referente ao nível de pressão sonora foi realizada através de um decibelímetro, marca INSTRUTHERM DEC490 (Figura 13), de acordo com a Norma**:** *IEC61672* - 1 tipo II, e a *ANSI S1.4* Tipo II. O aparelho possui registro de máximo e mínimo, resposta rápida (FAST, quando a fonte do som consiste em uma explosão curta ou somente um pico de som) e lenta (SLOW, quando for medir níveis de som médios). A escala dinâmica de 50dB, ponderação A (para nível de ruído geral normal) em frequência e faixa de medida de Baixa: 30dB a 130dB, Média: 50 a 100 dB(A), Alta: 80 a 130 dB(A) e Auto: 30 dB a 130 dB. Além de precisão de +/-1.4dB. Composto também por display digital de quatro (04) dígitos e barra gráfica, um microfone de eletreto de ½", resolução de 0,1 dB.

Figura 13 – Decibelímetro DEC 490

Fonte: Próprio autor, 2014.

As medições executadas através do aparelho Decibelímetro seguiram os parâmetros descritos na norma NBR 10.151 (ABNT, 2000), colocando o aparelho a uma altura de 1,20 metros do solo, e pelo menos dois metros (2,0 m) de qualquer obstáculo ou superfícies refletoras, como muros, árvores, paredes, etc., para que não ocorra a reverberação do som que será analisado, para a instalação do equipamento a uma altura de 1,2 metros do solo será feito uso de um tripé ou suporte para o mesmo.

Os níveis de pressão sonora foram medidos num tempo determinado de 20 minutos, o que proporcionou uma amostra significativa, sendo possível a obtenção do resultado logarítmico, que foi calculado através do método descrito na norma (Equação 04).

$$LAeq = 10.\log\frac{1}{n}\sum_{i=Li}^{n} 10\,.\frac{U}{10} \qquad \text{[Eq. 04]}$$

Onde:

Li é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído.

n é o número total de leituras.

Paralelamente às medições sonoras, também foram realizadas medições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento local. Essas medições por sua vez foram realizadas com os seguintes equipamentos:

Para a medição da temperatura e da umidade relativa do ar: fez-se o uso de um Termo-higrômetro, da marca INSTRUTHERM, modelo HT-270 (Figura 14), escalas de temperatura de -30°C a 100°C (-30°F a 199°F), com precisão de +- 0,5°C (+- 0,9°F) em 25°C. A umidade compreende escala entre 0 a 100% UR, e precisão de +-3,5% UR. O equipamento disponibiliza o Ponto de Orvalho entre -30°C e 100°C e Temperatura do Bulbo Úmido entre 0°C e 80°C. Também possui Display de cristal liquido (LCD) de 04 ½ dígitos e com iluminação.

Figura 14 – Termo-Higrômetro HT 270

Fonte: Próprio autor, 2014.

A velocidade do vento foi obtida através de um Anemômetro, da marca INSTRUTHERM, modelo AD-250 (Figura 15), pois essas variáveis podem interferir no resultado das medições sonoras. A escala do equipamento compreende: 0,4 a 30,0 m/s ou 1,4 a 108,0 Km/h; a precisão da velocidade do vento encontra-se para <20m/s +- 3% da escala total, e para >20m/s +- 4% da escala total. O equipamento disponibiliza resolução de 0,1 m/s ou 0,1 km/h. O anemômetro digital portátil com display LCD de 03 1/2 dígitos, também possui um sensor (ventoinha) incorporado ao mesmo.

Figura 15 – Anemômetro AD 250

Fonte: Próprio autor, 2014.

De modo a comprovar que os equipamentos utilizados foram calibrados conforme sugere as normativas, encontram-se os Certificados de Calibração dos equipamentos no anexo, sendo eles respectivamente (Anexo I, Anexo II e Anexo III).

O estudo também contemplou a aplicação de um questionário aos transeuntes, moradores e trabalhadores na área prevista para o estudo, através do qual foi possível avaliar as diferentes percepções da intensidade de ruído e incômodos acarretados.

O questionário foi elaborado com perguntas fechadas, para facilitar a tabulação dos dados, para a qual foi utilizado o software Excel. Foram aplicados 50 questionários para a população central do município de Ijuí. Essa amostra de 50 questionários aplicados foi

baseada no número de habitantes locais, número e tipo de comercio local desenvolvido na região de aplicação da metodologia, com método utilizado pelo Departamento de Estatística da Unijuí. O mesmo compreendeu a ação voluntaria, o qual não registrou dados pessoais dos entrevistados, apenas a opinião sobre as vias de circulação, barulhos e/ou sons indesejáveis provenientes do tráfego ou outras fontes sonoras, além de influência destes sons sobre o trabalho e a produtividade dos indivíduos. O mesmo encontra-se em anexo (Anexo IV).

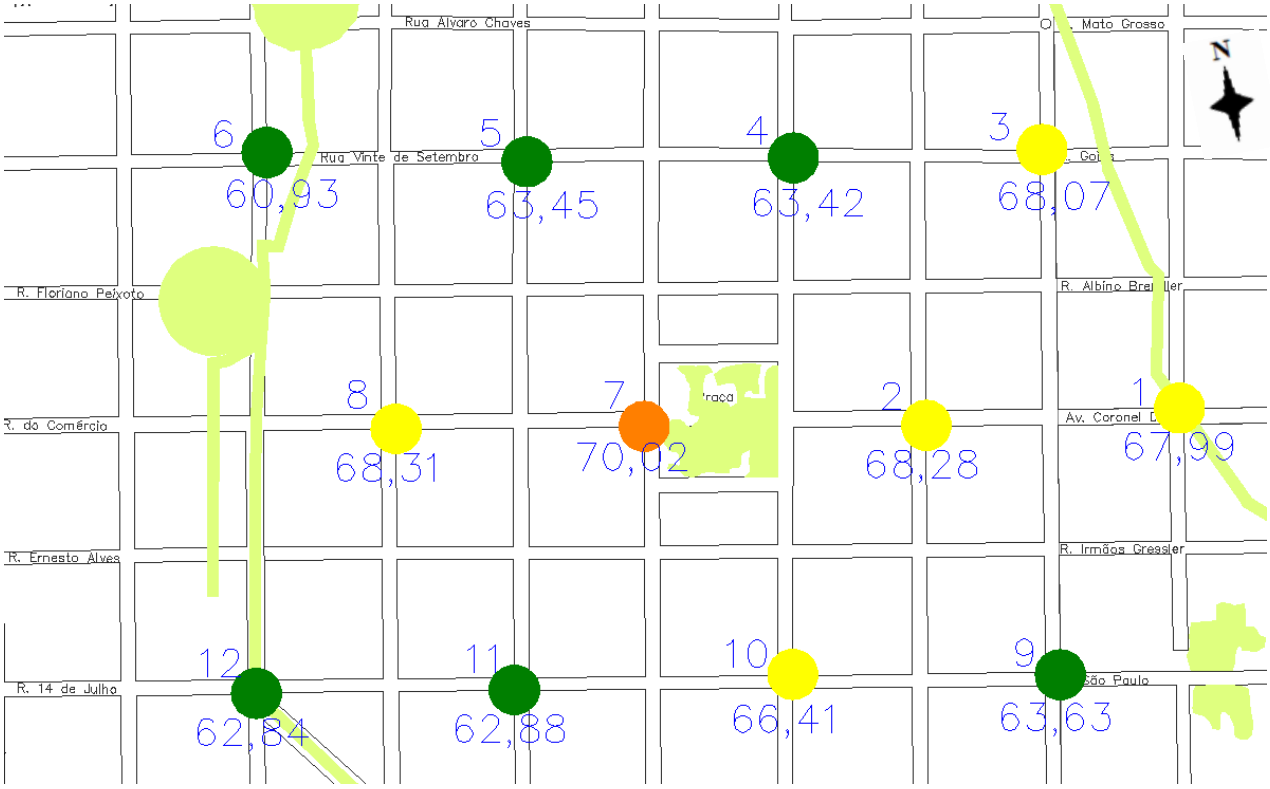
Para a execução do trabalho foi desenvolvida uma planilha com os resultados das medições, composta por o nível de pressão sonora nos horários pré-estabelecidos, médias de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e volume de tráfego nos locais do estudo (Anexo V), facilitando o processo de desenvolvimento do mapeamento acústico. A relação para controle dos valores do volume de tráfego sofreu computação através da média simples.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Visto que há muitos métodos para correção dos níveis de ruído devido aos fatores que influenciam no mesmo, podendo ser eles, pressão atmosférica, temperatura, velocidade do vento e outros fatores. Esses métodos para correção proporcionam valores diferentes entre si, não se optando pelo uso de nenhum em especifico, desta maneira, os valores que são apresentados abaixo não possuem correção dos fatores de influencia, sendo eles temperatura, pressão e umidade do ar, os quais foram medidos durante as medições de pressão sonora. Apresentando como necessário um estudo aprofundado em como esses fatores influenciam diretamente nos níveis de pressão sonora.

Diante os valores obtidos perante as medições foi possível desenvolver o mapa acústico com os níveis de pressão sonora equivalente nos horários de pico, entre as 11:30 e 12:30 horas (Figura 16); entre as 12:30 e 13:30 horas (Figura 17), e entre as 17:30 e as 18:30 horas (Figura 18), para os 12 pontos (nós) de medição. E seus respetivos volumes de tráfego nos horários analisados (Tabela 04, 05 e 06).

Figura 16 – Mapa dos resultados das medições entre as 11:30 e 12:30 horas



Fonte: Próprio autor, 2014.

Tabela 05 – Volume de tráfego nos pontos das medições entre 11:30 e 12:30 horas

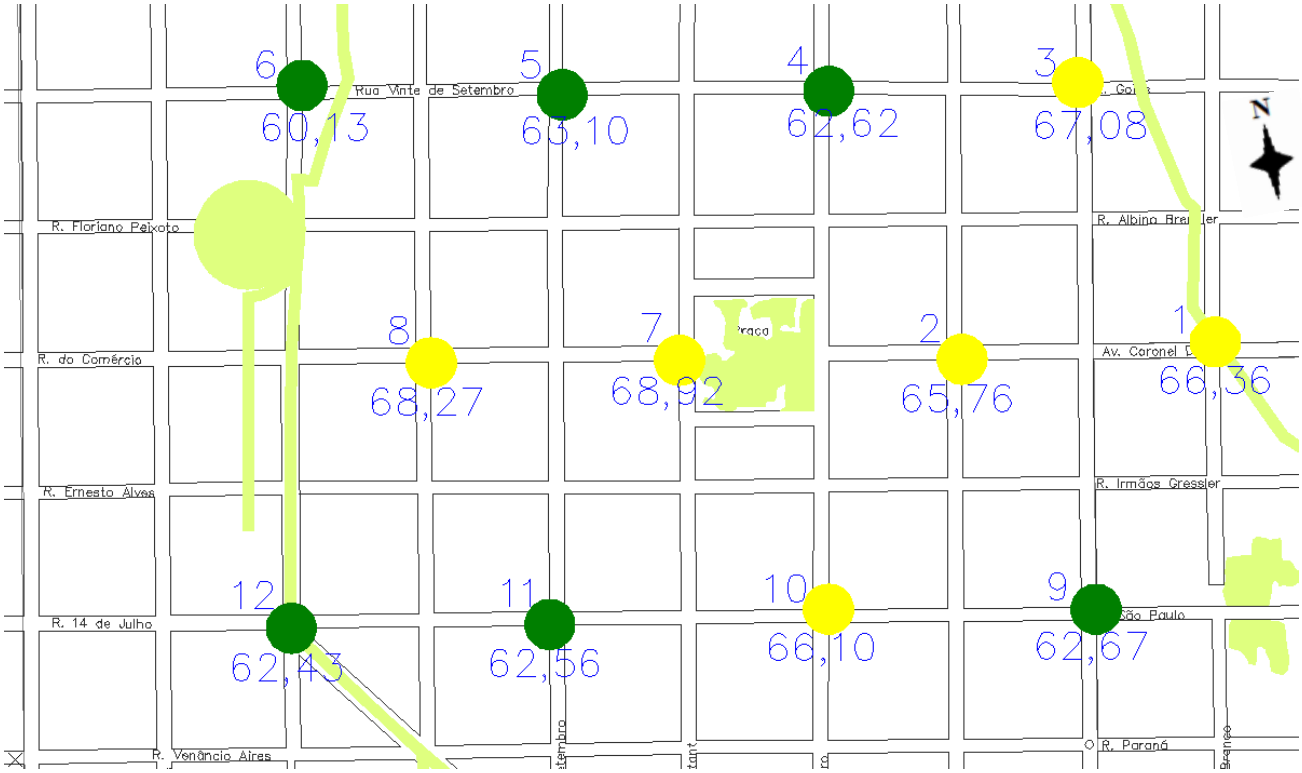
	11:30 - 12:30		
	Carros	**Motos**	**V. Pesados**
Ponto 01	566	78	6
Ponto 02	434	79	1
Ponto 03	521	102	7
Ponto 04	281	47	2
Ponto 05	202	33	4
Ponto 06	101	36	1
Ponto 07	586	82	4
Ponto 08	232	47	9
Ponto 09	549	77	15
Ponto 10	576	85	1
Ponto 11	416	114	0
Ponto 12	198	49	2

Fonte: Próprio autor, 2014.

Observa-se que para o horário entre 11:30 e 12:30, o ponto com maior intensidade sonora compreende o ponto 07, com um valor de pressão sonora de 70,02 dB(A), e um fluxo de veículos de aproximadamente 586 veículos leves e 82 motos transitando no local,

apresentando-se também como o local de maior número de veículos em circulação no horário analisado.

Figura 17 – Mapa dos resultados das das medições entre as 12:30 e 13:30 horas



Fonte: Próprio autor, 2014.

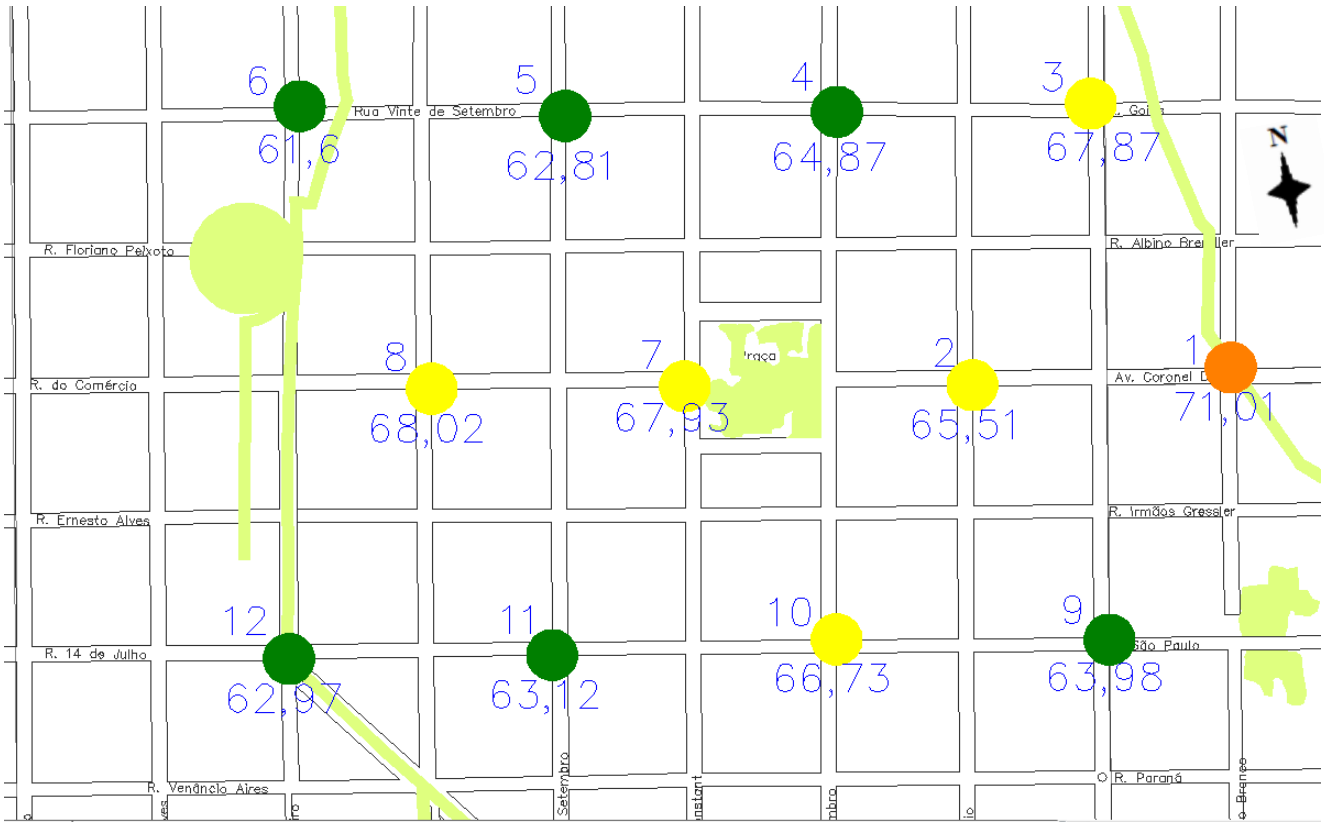
Tabela 06 – Volume de tráfego nos pontos das medições entre 12:30 e 13:30 horas

	12:30 - 13:30		
	Carros	**Motos**	**V. Pesados**
Ponto 01	499	86	4
Ponto 02	308	71	0
Ponto 03	167	45	4
Ponto 04	472	67	2
Ponto 05	198	41	2
Ponto 06	96	45	1
Ponto 07	491	72	1
Ponto 08	241	38	3
Ponto 09	531	67	5
Ponto 10	521	76	0
Ponto 11	402	98	1
Ponto 12	178	36	1

Fonte: Próprio autor, 2014.

Caracterizando-se também como o local de maior intensidade sonora para os horários de pico entre 12:30 e 13:30 horas, com um valor de 68,92 dB(A), e volume de trafego de aproximadamente 491 veículos leves. Em contraponto, a região com maior nível de pressão sonora não é a de maior circulação de veículos, sendo esse, o ponto 09, que desempenhou um nível de pressão sonora de 62dB(A). A baixa pressão sonora, pode ser explicada pelas características do local em estudo, compondo uma região de declive, ao qual os veículos automotores necessitam a ativação de freio motor, reduzindo a aceleração do motor, contribuindo para a redução do ruído. Assim como a presença de um semáforo, ao qual limita a velocidade dos motoristas da via, sem reduzir o número de veículos em circulação. O cruzamento entre as ruas São Paulo e 13 de Maio, caracteriza-se como entrada de veículos a uma das vias coletoras do centro da cidade, reduzindo assim, a velocidade de trafego.

Figura 18 – Mapa dos resultados das medições entre as 17:30 e 18:30 horas



Fonte: Próprio autor, 2014.

Tabela 07 – Volume de tráfego nos pontos das medições entre 17:30 e 18:30 horas

	17:30 - 18:30		
	Carros	**Motos**	**V. Pesados**
Ponto 01	532	87	10
Ponto 02	489	99	2
Ponto 03	637	137	12
Ponto 04	444	45	3
Ponto 05	223	35	1
Ponto 06	145	46	1
Ponto 07	529	84	2
Ponto 08	243	46	7
Ponto 09	564	83	6
Ponto 10	578	74	2
Ponto 11	413	91	2
Ponto 12	193	47	3

Fonte: Próprio autor, 2014.

Constata-se que o local de maior intensidade de pressão sonora registrada no horário entre 17:30 e 18:30 horas, ponto 01, apresenta um grande volume de tráfego, aproximadamente 535 veículos automotores de pequeno porte, os quais passaram em um tempo de 20 minutos de medição local, em um valor de pressão sonora registrado de 71,02 dB(A), confirmando novamente que o nível ruído é característico dos veículos que circulam no local. Porém é perceptível que o maior número de veículos a trafegar pelas vias encontra-se no ponto 03, o qual apresenta 67,89dB(A), com 637 veículos. O fato de o ponto 03 não caracteriza-se como o de maior pressão sonora, pode ser explicado pelas características físicas do local, o qual apresenta rotatória próxima, caracterizando uma redução da velocidade de trafego, para contornar a rotatória, essencialmente reduzindo os volumes de pressão sonora obtidos. A rotatória além de facilitar o acesso de outras vias a essa coletora analisada, possibilita que um maior número de veículos trafegue pela mesma.

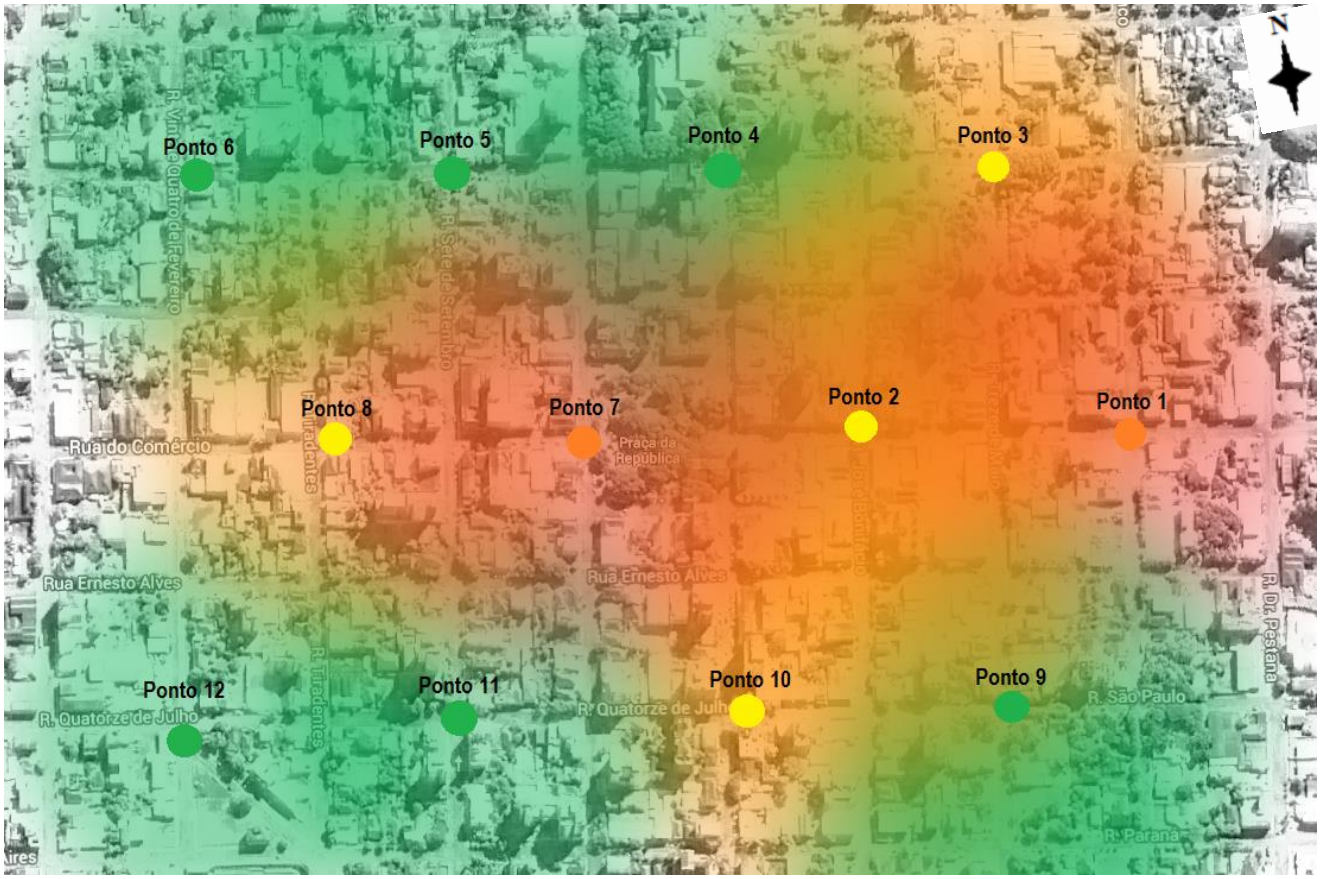
Uma análise conjunta das Figuras 16, 17 e 18 permite perceber uma distribuição similar dos níveis de pressão sonora contínuos para a maioria dos pontos. Isso mostra que todos os pontos possuem níveis de pressão sonora acima dos estabelecidos pela Norma NBR 10.151 (ABNT, 2000), com níveis admissíveis para áreas mistas, com vocação comercial e administrativa, no período diurno de 60 dB(A). Demonstrando apenas o Ponto 06 com níveis de pressão bem próximos aos pré-estabelecidos pela norma, isso pode ser explicado, devido o ponto estar localizado em uma zona de baixo tráfego veicular e de pessoas, como pode ser observada com a contagem de veículos local dispostas, nas tabelas 05, 06 e 07. E se comparado os valores obtidos no ponto aos valores de pressão sonora encontrados nos pontos 01, 02, 07 e 08, em que compreendem vias principais e com maior volume de veículos em circulação, reafirma a grande contribuição do ruído proveniente do tráfego veicular e de transeuntes, para o ruído ambiental.

Desta forma, pode-se reafirmar que o ruído urbano está diretamente relacionado ao tráfego intenso de veículos e transeuntes, o qual é perceptível o aumento no percurso de maior passagem de veículos. Visto que é perceptível, também, a alteração provocada aos níveis de ruído levado em conta os níveis topográficos das regiões analisadas. A aceleração provocada por um veículo automotor ao enfrentar um terreno íngreme ou a desaceleração do mesmo ao descer terrenos, influencia nos níveis de pressão sonora.

Através das medições apresentadas acima, foi possível desenvolver o mapeamento do ruído urbano na região central (Figura 19), através de valores de aproximação e zona de

interferência do ruído, visando que as medições ocorreram a uma distância média de 250 metros umas das outras, e que dentro desse intervalo, ficaria pré-estabelecida a zona de influencia do ruído, foi possível desenvolver o mesmo.

Figura 19 – Mapeamento de pressão sonora da região central do Município de Ijuí/RS



Fonte: Próprio autor, 2014.

Ao termino da formatação do mapeamento acústico da região central de Ijuí, RS, foi possível a execução de um comparativo entre os resultados obtidos diante a coleta de dados e os valores estipulados pelas normativas.

Diante os valores obtidos através das medições de pressão sonora, foi possível a verificação de que os mesmo não se encontram em acordo com a NBR 10.151 (ABNT, 2000), não garantindo os níveis de pressão sonora para aceitabilidade da comunidade, ou seja, não garantindo conforto à mesma.

Através de escala gradual de cores (Figura 19), observa-se a variação dos níveis sonoros entre 45 a 80 dB(A). As cores tendendo para o vermelho, indicando níveis de pressão sonora mais elevada e as cores tendendo ao azul indicam locais de níveis de pressão sonora mais baixa. Desta forma observa-se a variação de pressão entre 60 dB(A) e 75dB(A) na área estudada.

As regiões de maior nível de pressão sonora corresponderam a áreas de alto volume de tráfego, as quais são localizadas em vias coletoras, sendo essas de maior dimensão, de 12 a 14 metros de largura, comportando um maior volume de tráfego na mesma. Além de, caracterizarem-se como as ruas de rota principal, as quais possibilitam o escoamento do tráfego para todas as regiões da cidade.

O mapeamento das pressões sonoras demonstra graficamente um delimitador das regiões de maior intensidade de tráfego, e pressões sonoras provenientes do mesmo, caracterizando uma região destinada exclusivamente ao comercio, serviços e indústrias, como já é característica do local. Tal resultado acarreta num equilíbrio para desenvolvimento do uso e ocupação das demais áreas do município, concentrando as atividades comerciais na região central de Ijuí, proporcionando qualidade de vida aos usuários.

Para o desenvolvimento das demais áreas através de um plano de contenção de ruído e do plano de uso e ocupação do solo, pode-se pré-estabelecer como medida ou alternativa a aglomeração das atividades geradoras de poluição sonora nas avenidas, ou vias com maior movimentação, assim como já ocorre na área central, a qual foi estudada, proporcionando tal situação como uma barreira acústica para as demais zonas. Sendo que o controle do ruído em localidades é baseado em restrições de acordo com o zoneamento, desta maneira o mapeamento acústico pode ser utilizado como um instrumento para o levantamento de dados e para a avaliação do ruído ambiental, de forma a preservar a qualidade de vida dos cidadãos.

Diante as medições, foi possível a observação de pequenos detalhes que proporcionavam o aumento dos níveis de pressão, entre essas observações, registrou-se em maior frequência, a elevação de tal medição no decorrer da passagem de veículos do tipo diesel, que proporciona a abertura de campo de estudo voltada ao tipo de veiculo automotor, e as suas consequências sonoras ao meio ambiente.

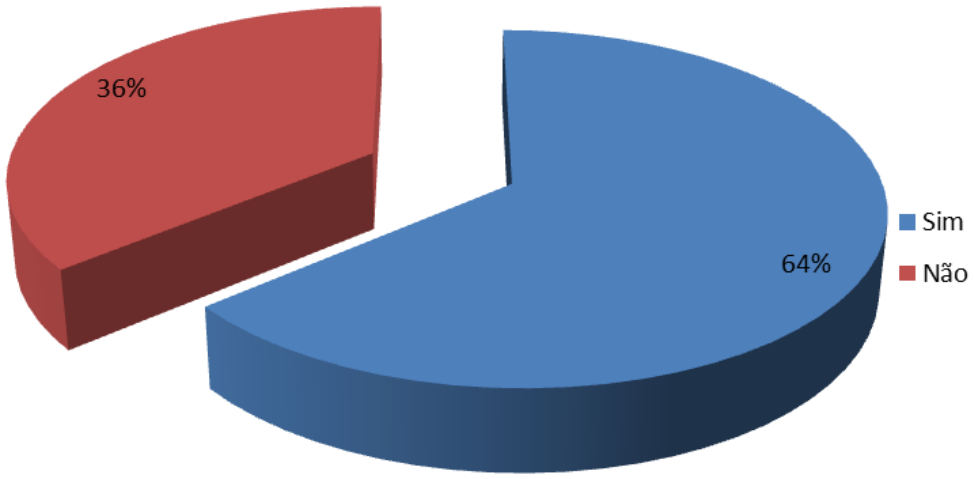
Foram aplicados 50 questionários na área analisada, destes correspondiam a 36% transeuntes, 4% moradores e 60% trabalhadores, sendo 58% do sexo feminino e 42% do sexo

masculino; compondo uma faixa etária de 4% até 20 anos de idade, 44% dos entrevistados com idade entre 20 e 40 anos, 16% entre 40 e 60 anos e 36% com idade superior a 60 anos.

Como resultado da aplicação do questionário delimita-se que 46% da amostra caracteriza o ruído como de média intensidade na área analisada, 36% como baixa intensidade e 18% como alta intensidade.

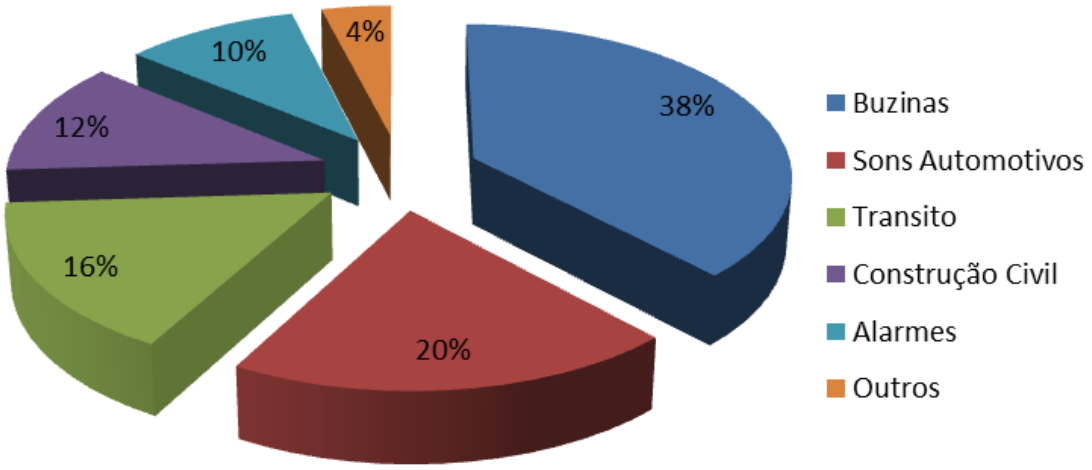
Verificou-se na aplicação do questionário, que 64% (Figura 20), dos entrevistados considera que o ruído classifica-se como incomodo, e que o ruído que mais lhes é incomodo, são os vindos de buzinas e sons automotivos, totalizando 38% e 20% dos sons mais incômodos (Figura 21); assim como o período em que o ruído mais lhes é incomodo seria durante o período da manhã e da tarde, 64% e 30% respectivamente, e para o período da noite e madrugada, 4% e 2% respectivamente.

Figura 20 – Volume do ruído urbano é incomodo à população da área central de Ijuí



Fonte: Próprio autor, 2014.

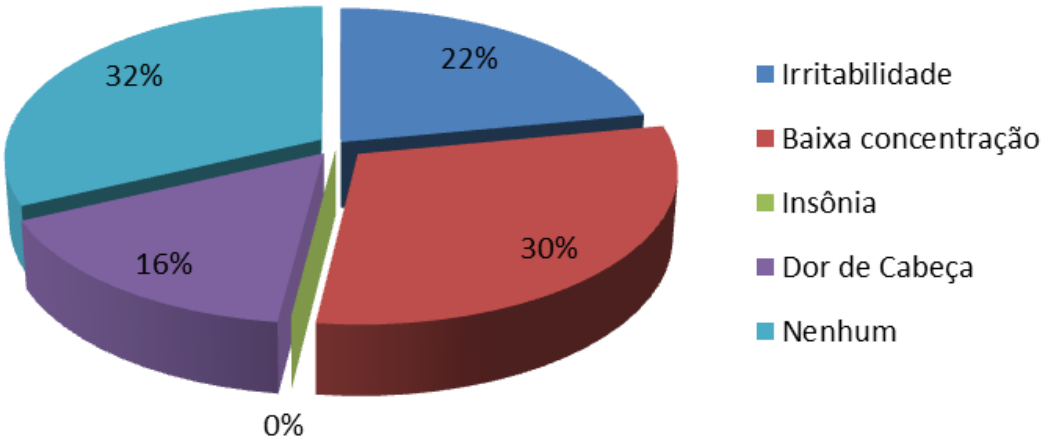
Figura 21 – Tipo de ruído incomodo



Fonte: Próprio autor, 2014.

Durante a aplicação dos questionários também foi observado que o ruído incomodo, e, 32% não causa nenhum sintoma aos usuários da região central, 30% acabam sofrendo pela redução da concentração ao ser exposto ao ruído e 22% sofrem com a irritabilidade, como pode ser observado abaixo (Figura 22).

Figura 22 – Sintomas por influência do ruído



Fonte: Próprio autor, 2014.

Levando em consideração os dados coletados através dos questionários, pode-se dizer que, os níveis de pressão sonora acima do estabelecido pelas normativas são perceptíveis ao ouvido humano, causando incomodo de certa forma. Visto que o ruído mais inconveniente, à população analisada, compreende o som de aparelhos automotivos e de buzinas, as quais não são tratadas através da NBR 10.151 e NBR 10.152, ambas de ABNT, 2000, mas direcionadas as normas de conduta do cidadão e as normas de transito aplicadas ao município. O transito aparece como a terceira causa de ruído incomodo, como visto na Figura 22, possibilitando estudos direcionados ao ruído de fundo, como construções (execução de obras civis), buzinas, sons automotivos e outros que interferem no valor da pressão sonora medidas nas vias estudadas neste trabalho, através do atrito pneu pavimento.

5 CONCLUSÕES

Os conhecimentos adquiridos nesta pesquisa referem-se às metodologias aplicadas para a execução do mapeamento acústico, baseada nos mais diversos métodos de pesquisadores, resultando em uma dificuldade para determinação de uma metodologia exata para o mapeamento sonoro na área de estudo, selecionado como estudo de caso, devido as grandes divergências entre as bibliografias. Sendo que, de acordo com os objetivos do mapeamento, cada pesquisador adequa as variáveis para elaboração de tal cartografia conforme as necessidades do local.

A metodologia utilizada fez menção aos estudos de Palhares, Vecci & Pavanello (1998), os quais distribuem a malha para medições dos pontos ou nós de medição a distâncias de até 450 metros, com similaridade ao zoneamento regular da cidade, os quais optaram por serem medidas a uma distância média de 250 metros entre os pontos. Juntamente com os parâmetros estabelecidos pela normativa NBR 10.151 (ABNT, 2000), para o processo de medição do ruído externo, visto que a proposta inicial da dissertação compreendia a análise e comparação à Norma Brasileira.

Após análise dos resultados observou-se uma distribuição similar dos níveis de pressão sonora contínuos para a maioria dos pontos analisados, variando entre 60 e 70 dB(A). Portanto acima dos níveis de pressão sonora estabelecidos pela Norma NBR 10.151 (ABNT, 2000), uma vez que os níveis admissíveis para áreas mistas, com vocação comercial e administrativa, no período diurno são de até 60 dB(A). Na avaliação de ruído percebe-se que o volume de tráfego é um dos fatores mais significativos para o aumento dos níveis de pressão sonora.

Os resultados também demostraram relação direta entre os níveis de pressão sonora e a topografia, uma vez que foram medidos níveis de ruído maiores em zonas que apresentam aclives e ou declives. Estas áreas devem ser analisadas diferentemente em relação às zonas planas, uma vez que o som se propaga de forma diferente, necessitando de maiores estudos para atribuição de indicadores de correção.

A geração do mapeamento acústico é um importante instrumento de planejamento urbano, para o zoneamento e localização de atividades, como por exemplo, possibilita a aplicação de zonas distintas para instalação de escolas, hospitais, institutos de ensino, e outros empreendimentos, os quais precisam estar longe das áreas mais ruidosas, como determina a NBR10.152 (ABNT, 2000).

Conforme a análise dos resultados dos questionários, a baixa concentração e a irritabilidade foram os desconfortos mais significativos apontados pelos usuários, devido ao barulho excessivo, confirmando o relatado por Beristáin (1998) e Fernandes (2002). A Organização Municipal da Saúde estabelece que o nível aceitável para cidadão viver bem são de até 55 dB(A). Os ambientes onde o ruído esteja acima dos níveis recomendados requerem medidas mitigadoras como o isolamento acústico, contenção do ruído, mascaramento do ruído e outras.

Desta forma, os resultados desta etapa da pesquisa possibilitaram afirmar a importância do tema para garantir a qualidade de vida urbana, assim como, à cartografia do ruído torna-se necessária para o desenvolvimento da gestão do ambiente acústico, servindo para delineação de Planos de Redução de Ruído.

O tráfego de veículos foi considerado como uma das principais fontes de ruído pelos usuários na área estudada. Desta forma recomenda-se que as primeiras medidas a serem tomadas, sejam para o controle da emissão sonora dos veículos. Em relação a outras fontes sonoras citadas pelos usuários como incômodas, dependendo do caso, recomendam-se alternativas de mitigação de ruído como citado no capitulo 2.7.

Para Nagem (2004), pode-se considerar que o controle do ruído é baseado em restrições de acordo com o zoneamento. Sendo que o mapeamento acústico pode ser utilizado como um instrumento para o levantamento de dados e para a avaliação do ruído ambiental, de forma a preservar a qualidade de vida dos cidadãos.

Recomenda-se também que a área central de Ijuí seja priorizada, para a implantação do controle de ruído e posteriormente a metodologia aplicada para o restante da cidade, através da criação de um plano de contenção de ruído e do plano de uso e ocupação do solo, passa a ser necessária a realização de novos estudos de pressão sonora nas áreas ainda não analisadas. Podendo-se pré-estabelecer como medida uma ou alternativa, pode ser a aglomeração das atividades geradoras de poluição sonora nas avenidas, ou vias com maior

movimentação, assim como já ocorre na área central, cercadas por prédios elevados, proporcionando uma barreira acústica para as demais zonas do município.

6 PERSPECTIVAS FUTURAS

Terminada a etapa de medição e o mapeamento do ruído ambiental, abre-se espaço para serem desenvolvidas novas pesquisas para dar continuidade aos estudos do conforto acústico do Município de Ijuí, RS, sendo elas:

1. Medição do ruído ambiental de todo o Município de Ijuí;
2. Medição de ruído ambiental no interior das edificações, verificando se os níveis de pressão sonora presentes estão de acordo com os estabelecidos pelas normativas, legislação local e acústica para o conforto sonoro;
3. Medição dos níveis de pressão sonora dos veículos motores de forma isolada, assim como avaliação dos níveis de pressão dos diferentes tipos de pavimento;
4. Volume de pressão sonora voltada ao tipo de veiculo automotor, e as suas consequências sonoras ao meio ambiente.
5. Verificação dos métodos de calculo para correção dos níveis de pressão, levando em conta valores para velocidade do vento, temperatura, pressão e umidade relativa do ar, comparando as mais diversas formas existentes de correção, proporcionando um contraponto entre elas e condicionando a melhor;
6. Desenvolver medições de pressão sonora, testando uso de isolamento acústico (materiais e métodos de construção), e de alternativas de mitigação, comparando os resultados de ambos, para verificar sua eficácia;
7. Desenvolvimento de um plano de contenção de ruído urbano;
8. Desenvolvimento de uma cartilha para elaboração do Mapa de Ruído Urbano;
9. Desenvolvimento de índices de correção do ruído urbano em função da tipologia dos terrenos (topografia local).

R E F E R Ê N C I A S

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.11p.

_____. **NBR 10.151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

_____. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

_____. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 32p.

ALVES, C.; PIZZUTTI, J. L. **Controle de poluição sonora no Rio Grande do Sul**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 443-446.

BERISTÁIN, S. **El ruido es un serio contaminante**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 135-142.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 380p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 001, de 08 de março de 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 26 março de 2014.

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S, 2000. 65p.

BURGESS, M. **Trends in traffic noise research over 25 years**. In: Congresso Internacional de Engenharia de Controle de Ruído, 1996, Liverpool. Anais. Liverpool: INTERNOISE'96, 1996. p.371-76.

CALLAI, Sergio C. **Perfil de influência da poluição sonora nas rodovias**. 2008. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

CAMPOS, A. C. A.; CERQUEIRA, E. A.; SATTLER; M. A. **Ruídos urbanos na cidade de Feira de Santana.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p. 125-134.

CARMO, Lívia. I. C. **Efeitos do ruído ambiental no organismo humano e suas manifestações auditivas.** 1999. 45 f. Monografia (Especialização em Audiologia Clinica) – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clinica, Goiânia, 1999.

CASALI, J. G. **Acoustical litigation issues in community noise annoyance.** In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 1-16.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **DNIT 076/2006 – ES: Tratamento ambiental acústico das áreas lindeiras da faixa de domínio: especificações de serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA, COMISSÃO DE ASSUNTOS MUNICIPAIS. **Evolução Municipal do Rio Grande do Sul: 1809-1996**. Porto Alegre: [s.n.] 2002. Disponivel em: < http://www.aciijui.com.br/perfilijui/navega/html/historia-e-territorio.htm>. Acesso em: 26 de Novembro de 2014.

FERNANDES, João Candido. **Acústica e ruídos**. Bauru: UNESP, 2002 (Apostila). 102 p.

GAVINOWICH, D. S.; RUFFA, F. **Actualización de estudios sobre ruido dentro del plan urbano ambiental de la ciudad de Buenos Aires.** Acústica e vibrações, Florianópolis, n. 26, p. 12-17, dez. 2000.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído urbano**. Disponível em: <http://www.lari.ufsc.br/publicacoes/

cipa_jan2006. pdf>. Acesso em: 26 de Abril de 2014.

_____. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: NR, 2000.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo, 2010.

IJUÍ. Município de Ijuí. **Apresentação do Município**. Disponível em: http://www.ijui.rs.gov.br/prefeitura/index/1. Acessado em: 02 de novembro de 2014.

ISO 1996/1: **Acoustics -- Description and measurement of environmental noise -- Part 1: Basic quantities and procedures**. 1982.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C. **O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 1993, São Paulo. Anais... São Paulo: ENTAC, 1993. p. 785-794.

LEONEL, R. H. **Regulación administrativa municipal de la contaminación por ruido en San Nicolás de los Garza**, NL. In: CONGRESSO MEXICANO DE ACÚSTICA, 1, 1994, Monterrey. Anais... Monterrey, 1994. p. 247-253.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer®**. Geomatemática, Texto Didático 8, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro,

2002. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 06 dezembro 2002.

LÓPEZ, M. R. **Estudio subjetivo del ambiente acústico en los municipios de la comunidad autónoma de Madrid**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 214-221.

Mapa de Ruído, Resumo não técnico, Aeroporto de Lisboa, 2012.

MACEDO, M. R. V.; SLAMA, J. G. **Avaliação pós-ocupação acústica e a gestão ambiental urbana.** In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 392-397.

MOTA, Seutônio. **Introdução à engenharia ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997. p.59-167.

NAGEM, Míriam Pompeu. **Mapeamento e análise do ruído ambiental:** diretrizes e metodologia. Campinas, SP: [s.n.], 2004.

NUNES, M. F. de O. **Medidas para atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto da comunidade em áreas residenciais**. Porto Alegre, RS. 1995. p. 172-180. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 3º e 1º, Gramado, 1995. Conferência.

NUNES, M. F. O.; DORNELLES, G. T.; SOARES, I. N. **Medidas de atenuação do ruído de tráfego urbano para o conforto acústico em áreas residenciais.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. Anais... Salvador: ENTAC, 2000. n. 484.

PAIXÃO, D. X.; FREITAS, A. P. M. **A acústica e o desenvolvimento sustentável**. Simpósio Internacional Fronteiras na América Latina, Santa Maria. Anais. Santa Maria, 2004.

PALHARES, D. A. G.; VECCI, M. A. M; PAVANELLO, L.. G. Ruído em ambiente urbano do tráfego veicular: resultados iniciais da aplicação de uma metodologia de mapeamento sonoro para áreas urbanas e industriais. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÀO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 459-462.

RIBEIRO, W. C. **Cidades ou Sociedades Sustentáveis**. Texto referencial para discussão nos congressos nacionais e estaduais dos profissionais de engenharia e arquitetura. Exercício profissional e cidades sustentáveis. São Luis do Maranhão, 2003. São Luis do Maranhão. p. 83-91.

SANDBERG, U. **Tyre/road noise – Myths and realities.** The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. Holanda, Haia: 2001. 22 p.

SATTLER, M. A.; ROTT, J. A. A.; CORADINI, R. A. **Avaliação do ruído ambiental em Porto Alegre, RS.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 1995, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ENTAC, 1995. p. 647-652.

TEIXEIRA, S. G.; TENENBAUM, R. A. **Zona sul do Rio de Janeiro:** controvérsias e litígios quanto à intensificação de auditorias do projeto silêncio. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 422-427.

A N E X O S

ANEXO I

INSTRUTHERM

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

Certificado de Calibração

Nº 28897/12
Folha 01/01

Cliente: CRISTINA ELIZA POZZOBON/CAPES
Endereço: RUA DO COMERCIO, 3000 Bairro: UNIVERSITARIO Cep: 98700-000 IJUI - RS
Item Calibrado: DECIBELIMETRO
Nº Código de barras/Nº Série: 11011900719497 / 10116472
Marca: INSTRUTHERM
Modelo: DEC-490
O.S. Nº: 99659
Data da Calibração: 10/02/2012

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: 23± 3ºC
Umidade relativa durante a calibração: 45 a 65% (U.R.)

Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: PCI - 002 - Rev.0 - Foi realizada a calibração através do processo de comparação com um padrão rastreado.

Padrões Utilizados

Agilent 34410A nº de série MY47008462 - Certificado de Calibração nº E0758/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 06/2012
Instrutherm FD-900 nº de série 070300357 - Certificado de Calibração nº F0194/2011 RBC - CAL 0024 Validade até 05/2012
Instrutherm DEC-416 nº de série R141833 - Certificado de Calibração nº A0119/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 05/2012
Agilent 33220A nº de série MY44038488 - Certificado de Calibração nº F0193/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 05/2012
Instrutherm CAL-3000 nº de série N421433 - Certificado de Calibração nº 28211/12 - Calibração interna - (Rastreado a
Instrutherm CAL-1000 nº de série 030704008 - Certificado de Calibração nº A0002/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 02/2012)

Resultados Obtidos

Escala	Valor Indicado no Instrumento Calibrado (dB)	Valor Verdadeiro Convencional (dB)	Erro (dB)	Incerteza (±dB)	k
Slow A	94.0	94.0	0.0	0.4	2,00
Fast A	94.0	94.0	0.0	0.4	2,00
Slow A	114.0	114.0	0.0	0.4	2,00
Fast A	114.0	114.0	0.0	0.4	2,00
Slow C	94.0	94.0	0.0	0.4	2,00
Fast C	94.0	94.0	0.0	0.4	2,00
Slow C	114.0	114.0	0.0	0.4	2,00
Fast C	114.0	114.0	0.0	0.4	2,00

Ajuste

Valor anterior:	94.1 dB
Após ajuste:	94.0 dB
Freqüência de ajuste:	1,00 kHz

Valor anterior:	114.1 dB
Após ajuste:	114.0 dB

Notas

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados na tabela, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao ítem calibrado e às condições supra mencionadas.
Os serviços de calibração são realizados e controlados pela **INSTRUTHERM - Instrumentos de Medição Ltda.** O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão do Certificado: 10/02/2012

Rodrigo Anterio de Souza

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM
Rodrigo Anterio de Souza
CREA - 5062258117

INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA.
Rua Jorge de Freitas, 264 - Freguesia do Ó - São Paulo - SP - CEP 02911-060
Assist. Técnica: (11) 2144-2800 Fax: (11) 2144-2801 E-mail: instrutherm@instrutherm.com.br Site: www.instrutherm.com.br
INSCRIÇÃO NO CNPJ N° 53.775.862/0001-52 INSCRIÇÃO ESTADUAL N° 111.093.664.118 INSCRIÇÃO NO CCM N°9.155.648-1

ANEXO II

INSTRUTHERM

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

Certificado de Calibração

Nº 28944/12
Folha 01/01

Cliente: CRISTINA ELIZA POZZOBON/CAPES
Endereço: RUA DO COMERCIO, 3000 Bairro: UNIVERSITARIO Cep: 98700-000 IJUI - RS
Item Calibrado: TERMO-HIGROMETRO
Nº Código de barras/Nº Série: 11062900782431 / 11057521
Marca: INSTRUTHERM
Modelo: HT-270
O.S. Nº: 99658
Data da Calibração: 13/02/2012

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: 23± 3ºC
Umidade relativa durante a calibração: 45 a 65% (U.R.)

Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: PCI - 007 - Rev.0 e PCI - 008 - Rev 0 - Foram realizadas as calibrações através do processo de comparação com os padrões rastreados.

Padrões Utilizados

Agilent 34410A nº de série MY47008462 - Certificado de Calibração nº E0758/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 06/2012
Instrutherm THR-080 nº de série H.157907 - Certificado de Calibração nº LV 009813/11 RBC - CAL 0127 Validade até 04/2012
Instrutherm HTR-157 nº de série 060808794 - Certificado de Calibração nº LV 24615/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 09/2012

Resultados Obtidos

TEMPERATURA

Valor Indicado no Instrumento Calibrado (°C)	Valor Verdadeiro Convencional (°C)	Erro (°C)	Incerteza (±°C)	k
9.99	9.98	0.01	0.70	2,00
30.04	30.08	0.04	0.70	2,00
39.78	39.85	0.07	1.20	2,00

UMIDADE

Valor Indicado no Instrumento Calibrado (% u.r.)	Valor Verdadeiro Convencional (% u.r.)	Erro (% u.r.)	Incerteza (±% u.r.)	k
44.00	39.90	4.10	5.00	2,00
72.08	72.16	0.08	3.90	2,00

Notas

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados na tabela, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao ítem calibrado e às condições supra mencionadas.
Os serviços de calibração são realizados e controlados pela **INSTRUTHERM - Instrumentos de Medição Ltda.** O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão do Certificado: 13/02/2012

Rodrigo Anterio de Souza

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM
Rodrigo Anterio de Souza
CREA - 5062258117

INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA.
Rua Jorge de Freitas, 264 - Freguesia do Ó - São Paulo - SP - CEP 02911-060
Assist. Técnica: (11) 2144-2800 Fax: (11) 2144-2801 E-mail: instrutherm@instrutherm.com.br Site: www.instrutherm.com.br
INSCRIÇÃO NO CNPJ Nº 53.775.862/0001-52 INSCRIÇÃO ESTADUAL Nº 111.093.664.118 INSCRIÇÃO NO CCM Nº9.155.648-1

ANEXO III

INSTRUTHERM

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

Certificado de Calibração

Nº 28887/12
Folha 01/01

Cliente: CRISTINA ELIZA POZZOBON/CAPES
Endereço: RUA DO COMERCIO, 3000 Bairro: UNIVERSITARIO Cep: 98700-000 IJUI - RS
Item Calibrado: ANEMOMETRO
Marca: INSTRUTHERM
O.S. Nº: 99656
Nº Código de barras/Nº Série: 11122000812936 / Q594083
Modelo: AD-250
Data da Calibração: 10/02/2012

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: 23± 3ºC **Umidade relativa durante a calibração:** 45 a 65% (U.R.)

Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: PCI - 009 - Rev.0 - Foi realizada a calibração através do processo de comparação com um padrão rastreado.

Padrões Utilizados

Agilent 33220A nº de série MY44038488 - Certificado de Calibração nº F0193/2011 - RBC - CAL 0024 Validade até 05/2012
Instrutherm FD-900 nº de série 070300357 - Certificado de Calibração nº F0194/2011 RBC - CAL 0024 Validade até 05/2012

Resultados Obtidos

VELOCIDADE

Valor Indicado no Instrumento Calibrado (m/s)	Valor Verdadeiro Convencional (m/s)	Erro (m/s)	Incerteza (±m/s)	k
2,6	2,5	0,1	0,2	2,00
5,0	5,0	0,0	0,2	2,00
10,0	10,0	0,0	0,2	2,00
14,9	15,0	0,1	0,2	2,00

Notas

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados na tabela, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao ítem calibrado e às condições supra mencionadas.
Os serviços de calibração são realizados e controlados pela **INSTRUTHERM - Instrumentos de Medição Ltda.** O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de Emissão do Certificado: 10/02/2012

Rodrigo Anterio de Souza

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM
Rodrigo Anterio de Souza
CREA - 5062258117

INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA.
Rua Jorge de Freitas, 264 - Freguesia do Ó - São Paulo - SP - CEP 02911-060
Assist. Técnica: (11) 2144-2800 Fax: (11) 2144-2801 E-mail: instrutherm@instrutherm.com.br Site: www.instrutherm.com.br
INSCRIÇÃO NO CNPJ N° 53.775.862/0001-52 INSCRIÇÃO ESTADUAL N° 111.093.664.118 INSCRIÇÃO NO CCM N°9.155.648-1

ANEXO IV

Nº

UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
DCEEng – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias

A Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI) junto ao curso de Engenharia Civil estão interessados em investigar o que as pessoas pensam sobre o ruído (barulho) na região central do Município de Ijuí. Este estudo é destinado a elaboração de um Trabalho de Conclusão de Curso na área de Engenharia Civil o qual visa a elaboração de um Mapeamento da Ruído na Região Central. Pedimos a sua colaboração para que responda a este questionário e já de imediato agradece a atenção.

O mesmo não usará de dados pessoais dos entrevistados e não serão disponibilizadas quaisquer informações do questionário, a não ser em métodos de porcentagens.

Questionário

1 – Sexo:
(_) Feminino ( ) Masculino

2 – Faixa Etária:
(_) Até 20 anos ( ) 20 a 40 anos ( ) 40 a 60 anos ( ) mais de 60 anos

3 – Qual a sua relação de uso com o centro do Município de Ijuí?
(_) Trabalho
(_) Residente
(_) Transeunte .:. Frequência de Uso:
(_) Diariamente ( ) 01 a 03 vezes por semana ( ) Eventualmente

4 – Qual a sua percepção em relação à intensidade do ruído do centro de Ijuí?
(_) Baixa Intensidade ( ) Média Intensidade ( ) Alta Intensidade

5 – O ruído lhe é incomodo?
(_) Sim .:. ( ) Sempre ( ) Às vezes
(_) Não

6 – Se o ruído lhe causa algum incomodo: Qual o que mais lhe incomoda?
(_) Trânsito
(_) Construção Civil
(_) Alarmes
(_) Buzina
(_) Som Automotivo
(_) Outro.
Qual?_____

7 – Em que período do dia você se sente mais incomodado com o ruído?
(_) Manhã ( ) Tarde ( ) Noite ( ) Madrugada

8 – O que o ruído lhe causa?

(_) Irritabilidade
(_) Baixa Concentração
(_) Insônia
(_) Dor de cabeça
(_) Nenhum
(_) Outro. Qual? _____

9 – Algum comentário relevante, referente ao Ruído da Região central do Município de Ijuí: _____
_____
_____

ANEXO V

Local	Medição Sonora			Temperatura Média			Umidade Média			Velocidade Média dos Ventos			VDM								
	11:30 - 12:30	12:30 - 13:30	17:30-18:30	11:30 - 12:30	12:30 - 13:30	17:30 - 18:30	11:30 - 12:30	12:30 - 13:30	17:30 - 18:30	11:30 - 12:30	12:30 - 13:30	17:30 - 18:30	11:30 - 12:30			12:30 - 13:30			17:30 - 18:30		
													Carros	Motos	V. Pesados	Carros	Motos	V. Pesados	Carros	Motos	V. Pesados
Av. Cel Dico esq. Rua Barão do Rio Branco Av. Cel Dico esq. Rua Barão do Rio Branco Av. Cel Dico esq. Rua Barão do Rio Branco	67,99	66,36	71,01	12,01	11,97	13,1	55,4	55	55,6	0,9	0,7	0,7	566	78	6	499	86	4	532	87	10
Av. Cel Dico esq. Rua José Bonifacio Av. Cel Dico esq. Rua José Bonifacio Av. Cel Dico esq. Rua José Bonifacio	66,28	65,76	65,51	11,98	11,9	12,87	44,3	44,9	44,79	0,9	0,7	0,7	434	79	1	308	71	0	489	99	2
Rua Goias esq. Rua 13 de Maio Rua Goias esq. Rua 13 de Maio Rua Goias esq. Rua 13 de Maio	68,07	64,45 71,51 65,3	67,87	20,6	20,03	18,81	45,4	48,2	65,6	2,4	0,7	0,2	521	102	7	167	45	4	637	137	12
Rua Goias esq. 15 de Novembro Rua Goias esq. 15 de Novembro Rua Goias esq. 15 de Novembro	63,42	62,62	64,87	16,3	18,3	19,87	65	55	57	0,7	0,9	0,4	281	47	2	472	67	2	444	45	3
Rua 20 de Setembro esq. 07 de Setembro Rua 20 de Setembro esq. 07 de Setembro Rua 20 de Setembro esq. 07 de Setembro	63,45	63,1	62,81	11,61	11,72	11,4	52,9	53,2	57,1	1,9	1,7	1,9	202	33	4	198	41	2	223	35	1
Rua 20 de Setembro esq. 24 de Fevereiro Rua 20 de Setembro esq. 24 de Fevereiro Rua 20 de Setembro esq. 24 de Fevereiro	60,93	60,13	61,6	11,96	11,7	11,31	52,3	53,5	56,9	0,4	0,3	1,4	101	36	1	96	45	1	145	46	1
Rua do Comercio esq. Benjamin Constante Rua do Comercio esq. Benjamin Constante Rua do Comercio esq. Benjamin Constante	70,02	68,92	67,93	6,18	5,45	8,13	49,6	60,15	48,93	0,5	0,6	0,6	586	82	4	491	72	1	529	84	2
Rua do Comercio esq. Rua Tiradentes Rua do Comercio esq. Rua Tiradentes Rua do Comercio esq. Rua Tiradentes	68,31	68,27	68,02	5,93	6,34	8,18	49,44	60,19	51,18	0,8	0,9	0,7	232	47	9	241	38	3	243	46	7
Rua São Paulo esq. Rua 13 de Maio Rua São Paulo esq. Rua 13 de Maio Rua São Paulo esq. Rua 13 de Maio	63,63	62,67	63,98	9,2	9,3	13,2	57,18	57,2	49,1	1,9	1,8	0,9	549	77	15	531	67	5	564	83	6
Rua 14 de Julho esq. 15 de Novembro Rua 14 de Julho esq. 15 de Novembro Rua 14 de Julho esq. 15 de Novembro	66,41	66,1	66,73	9,18	9,38	13,5	57,16	57,18	48,7	1,8	1,8	0,7	576	85	1	521	76	0	578	74	2
Rua 14 de Julho esq. 07 de Setembro Rua 14 de Julho esq. 07 de Setembro Rua 14 de Julho esq. 07 de Setembro	62,88	62,56	63,12	15,86	16	14,82	66,31	66,1	69,4	0,8	0,7	0,9	416	114	0	402	98	1	413	91	2
Rua 14 de Julho esq. 24 de Fevereiro Rua 14 de Julho esq. 24 de Fevereiro Rua 14 de Julho esq. 24 de Fevereiro	62,84	62,43	62,97	15,78	15,98	14,8	66,2	66,18	70,12	0,3	0,4	0,4	198	49	2	178	36	1	193	47	3