

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

**PAULO HENRIQUE CIMA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE REVESTIMENTO DE VIAS  
URBANAS DE ALEGRETE QUANTO AO RUÍDO NO ENTORNO E A  
SERVENTIA AO USUÁRIO DA VIA**

**Alegrete - RS  
2016**

**PAULO HENRIQUE CIMA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE REVESTIMENTO DE VIAS  
URBANAS DE ALEGRETE QUANTO AO RUÍDO NO ENTORNO E A  
SERVENTIA AO USUÁRIO DA VIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Jaelson Budny

**Alegrete - RS  
2016**

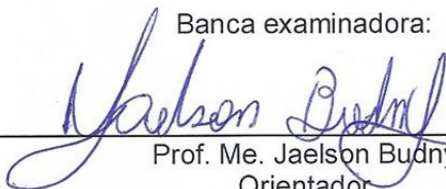
PAULO HENRIQUE CIMA

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE REVESTIMENTO DE VIAS  
URBANAS DE ALEGRETE QUANTO AO RUÍDO NO ENTORNO E A  
SERVENTIA AO USUÁRIO DA VIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Civil da Universidade Federal do  
Pampa, como requisito parcial para  
obtenção do Título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28 de junho de 2016.

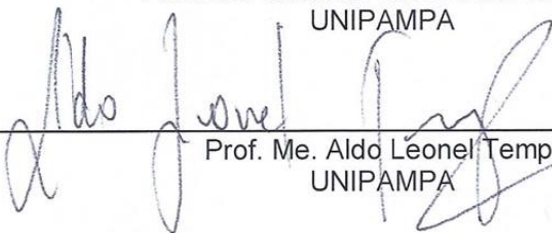
Banca examinadora:



Prof. Me. Jaelson Budny  
Orientador  
UNIPAMPA



Prof. Me. Maurício Silveira dos Santos  
UNIPAMPA



Prof. Me. Aldo Leonel Temp  
UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me dar força e perseverança nesta caminhada.

Aos meus pais, minha irmã e minha namorada, por sempre me derem apoio e amor, nas horas que mais precisei.

Aos meus amigos por estarem comigo em todos os momentos.

Aos que me ajudaram neste trabalho, Mateus Henrique Aduati, Mauricio Thomas, Pedro Henrique Jucá, Lucas Dellaglio Lopes, Arinaldo Carvalho Jr., Diego Perez, Maurício Silveira dos Santos e Juliano Dorneles Goulart.

Ao meu orientador Jaelson Budny, que me ajudou e auxiliou no desenvolvimento do meu projeto de conclusão de curso.

Aos professores que me passaram conhecimento técnico ao longo da faculdade.

E a Universidade Federal do Pampa, pelas oportunidades que me concebeu ao longo dos anos.

## RESUMO

Neste trabalho é apresentado, um estudo sobre a influência dos tipos de revestimentos de algumas ruas de Alegrete, quanto ao ruído no entorno e a serventia ao usuário da via. A metodologia utilizada para a avaliação do ruído, segue como delimita a norma ISO 11819-1:1997 (Statistical Pass – By Index), salve algumas modificações, devido a área de estudo. Para a avaliação da serventia foi utilizada a Norma 009/2003, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, que determina o Valor de Serventia Atual. Foram escolhidas ruas que apresentavam revestimentos asfáltico, pavimento poliédrico(paralelepípedo) e de bloco intertravado de concreto, de bons e ruins estados. As ruas que foram realizadas as avaliações são: Av. Tiaraju (duas regiões), Av. Caverá, Rua Marechal Castelo Branco, Rua Dautro Filho e Rua Major João Cezimbra Jaques. Em cada rua foi medido a pressão sonora dos veículos passantes utilizando o decibelímetro, e também registradas suas velocidades, valores necessários para que fosse obtido o Statistical Pass – By Index. Para a avaliação da serventia, 6 avaliadores, passaram de carro sobre as vias escolhidas, e atribuíram notas de acordo com o quão confortável a via é para seus usuários, chegando-se assim uma média para a classificação do nível de serventia das mesmas. E por fim foi apontado qual dos revestimentos apresentaram melhores resultados de acordo com a geração do ruído ao entorno e sua serventia, para que assim, este estudo possa servir de auxílio na escolha do tipo de revestimento a ser empregado em futuras pavimentações de vias urbanas de Alegrete.

**Palavras Chave** – Ruído, Serventia, Pavimentação urbana, Índice estatístico de passagem, Valor de serventia atual.

## ABSTRACT

This work presents a study about the influence of types of coating of some Alegrete streets in the "ruído no entorno e a serventia ao usuário da via". It uses the methodology recommended by ISO 11819-1:1997 (Statistical Pass - By Index), except some modifications due the field of study. For the use avaluation was used "Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte" Norma 009/2003, which determines the "Valor de Serventia Atual". Studied streets have, asphalt coating, polyhedral floor and concrete block interlocked, in good and bad conditions. The evaluated streets are: Tiaraju Avenue (two regions), Caverá Avenue, Marechal Castelo Branco Street, Dautro Filho Street and Major João Cezimbra Jaques Street. In each one was obtained the sound pressure of the passing vehicles using the decibelimeter, and registered their velocities, which are necessary to get the Statistical Pass - By Index. For the use evaluation 6 cars passed on the study streets and gave scores according to how much it is comfortable to the users, giving them a use level mean value. And, finally, was pointed out which of the coating presented the best results according to the noise generation o the environmentand its use, so this study can be used to help determining the type of coating should be used in future Alegrete urban pavements..

**Palavras Chave** – Noise, Usefulness, Urban paving, Statistical Pass - By Index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Camadas de um pavimento .....	15
<i>Figura 2 - Paralelepípedo.....</i>	18
<i>Figura 3 - Pedra irregular .....</i>	18
<i>Figura 4 - Pavimento de blocos intertravados de concreto .....</i>	19
<i>Figura 5 - Níveis de ruído em ambientes .....</i>	21
<i>Figura 6 - Decibelímetro.....</i>	24
Figura 7 – Método Estatístico de Passagem em pratica .....	29
<i>Figura 8 - Exigências a área que o tipo de superfície deverá abranger.....</i>	30
<i>Figura 9 - Microfones acoplados na roda do próprio veículo no método CPX .....</i>	34
<i>Figura 10 - Trailer equipado com microfones no método CPX .....</i>	34
<i>Figura 11 - Fluxograma da Metodologia .....</i>	38
<i>Figura 12 - Decibelímetro INSTRUTEMP ITDEC 4010.....</i>	40
<i>Figura 13 - Posicionamento do microfone: (a) vista superior e (b) vista frontal ....</i>	41
Figura 14 - Localização e região estudada na Av. Tiaraju - Asfalto .....	47
Figura 15 – Revestimento Asfáltico em bom estado .....	47
Figura 16 - Localização e região estudada na Av. Caverá.....	49
Figura 17 – Revestimento Asfáltico em condições precárias.....	50
Figura 18 - Localização e região estudada na Av. Tiaraju – Paralelepípedo .....	52
Figura 20 - Localização e região estudada na Rua Daltro Filho.....	54
Figura 21 – Revestimento paralelepípedo em estado precário.....	55
Figura 22 - Localização e região estudada na Rua Marechal Castelo Branco.....	57
Figura 23 – Revestimento bloco de concreto intertravados em boas condições...57	
Figura 24 – Localização e região estudada na Rua Major João Cezimbra Jaques .....	60

## LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)</i> .....	28
Quadro 2 - Conceitos atribuído a notas do VSA .....	37
<i>Quadro 3 - Mínimo de medições para cada categoria de veículos</i> .....	41
Quadro 4 - Velocidade de referencia (Vref) e fatores preponderantes (Wx) .....	43
Quadro 5 - Pressão sonora e SPBI da Av. Tiaraju - Asfalto.....	48
Quadro 6 - Notas atribuídas aos avaliadores na Av. Tiaraju - Asfalto.....	49
Quadro 7 - Pressão sonora e SPBI da Av. Caverá .....	51
Quadro 8 - Notas atribuídas aos avaliadores na Av. Caverá .....	51
Quadro 9 - Pressão sonora e SPBI da Av. Tiaraju - Paralelepípedo.....	53
Quadro 10 - Notas atribuídas aos avaliadores na Av. Tiaraju - Paralelepípedo....	54
Quadro 11 - Pressão sonora e SPBI da Rua Daltro Filho .....	56
Quadro 12 - Notas atribuídas aos avaliadores na Rua Daltro Filho .....	56
Quadro 13 - Pressão sonora e SPBI da Rua Marechal Castelo Branco .....	58
Quadro 14 - Notas atribuídas aos avaliadores na Rua Marechal Castelo Branco	59
Quadro 15 - Pressão sonora e SPBI da Rua Major João Cezimbra Jacques .....	61
Quadro 16 - Notas atribuídas aos avaliadores na Rua Major João Cezimbra Jaques .....	62



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>12</b>
1.1.1 Objetivos Gerais.....	12
1.1.2 Objetivos Específicos .....	12
1.2 Justificativa.....	12
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Pavimento urbano</b> .....	<b>14</b>
2.1.1 Camadas do pavimento.....	14
2.1.2 Classificação dos pavimentos .....	15
<b>2.2 Tipos de revestimentos</b> .....	<b>16</b>
2.2.1 Asfalto.....	16
2.2.2 Pedra Irregular e paralelepípedo .....	17
2.2.3 Bloco intertravado de concreto .....	19
<b>2.3 Ruído</b> .....	<b>20</b>
2.3.1 Ruído em relação a saúde do ser humano .....	22
<b>2.4 Nível De Pressão Sonora (NPS)</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4 Decibelímetro</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5 Ruído Gerado Pelo Tráfego</b> .....	<b>25</b>
2.5.1 Influencia do pavimento .....	26
<b>2.6 Métodos de avaliação do ruído, pneu-pavimento e ao entorno (ambiental)</b> .....	<b>27</b>
2.6.1 Ruído Ambiental.....	27
2.6.2 Método Estatístico de Passagem (SPB).....	29
2.6.3 Método da passagem controlada (CPB) .....	31
2.6.4 Método Coast-By.....	32
2.6.5 Método da estrada proximidade (CPX) .....	33
<b>2.7 Serventia</b> .....	<b>35</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1 Escolha das vias de Alegrete para avaliações</b> .....	<b>38</b>
<b>3.2 Método de avaliação de ruído</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3 Método de avaliação de serventia</b> .....	<b>43</b>
3.3.1 Condições específicas .....	44
3.3.2 Processo de avaliação.....	44
<b>4. ANALISES E RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
4.1 Avaliações Av. Tiaraju - Asfalto.....	46
4.2 Avaliações Av. Caverá.....	49
4.3 Avaliações Av. Tiaraju – Paralelepípedo.....	51
4.4 Avaliações Rua Daltro Filho.....	54
4.5 Avaliações Rua Marechal Castelo Branco.....	56
4.6 Avaliações o Rua Major João Cezimbra Jaques .....	59
4.7 Comparações entre as vias.....	62
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>65</b>
<b>6. SUJESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS</b> .....	<b>67</b>
<b>Referências</b> .....	<b>68</b>

<b>Apêndice A – Planilha de anotação da pressão sonora e tempo .....</b>	<b>73</b>
<b>Apêndice B – Ficha de avaliação de Serventia.....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cada ano que passa, a urbanização das cidades e a frota automobilística cresce de forma desenfreada, de maneira que a pavimentação das cidades, não consegue acompanhar este crescimento, onde cada vez mais as ruas estão com seus pavimentos desgastado e de precário estado, e muitas vezes com o tipo de pavimento que não condiz com a situação e de utilidade da via, podendo assim não apresentar índices de serventia e geração de ruído recomendados.

Esta parte da engenharia, leva em consideração o bem-estar de todos os usuários da via como pedestres, motoristas e moradores, englobando, assim, a performance do pavimento, que se refere a sua capacidade de serviço, ou seja, ao conforto do usuário e a qualidade de dirigibilidade.

Segundo Knabben (2012) um dos problemas ambientais mais relevantes na urbanização, gerados pela pavimentação é o ruído de tráfego. Este pode apresentar correlações com a serventia do pavimento, pois dependendo da situação do revestimento, a geração de ruído ao entorno, acaba sendo amplificada e a dirigibilidade na via acaba sendo afetada.

Além disso a serventia da via, como também o ruído gerado, depende muito da estrutura do pavimento, dos métodos construtivos e dos materiais de revestimentos utilizados. Geralmente nas ruas da cidade de Alegrete e nas cidades brasileiras em geral, são utilizados basicamente dois tipos de matérias, o asfalto e o pavimento poliédrico, que engloba o paralelepípedo e a pedra irregular. Mas nos últimos anos a um grande crescimento do uso do bloco intertravados de concreto, na pavimentação das cidades brasileiras, substituindo assim o pavimento poliédrico. Este pavimento já é muito utilizado na Europa e Estados Unidos, onde apresenta diversas vantagens em relação ao asfalto, como a drenagem e a reflexão luminosa noturna, entre outros.

Comparando a pedra irregular com o bloco de concreto intertravado, o processo construtivo é muito parecido, de forma que os dois apresentam juntas de travamento, e sua montagem é feita por encaixe. Por apresentarem características semelhantes tem-se a dúvida, de qual seria o mais vantajoso em relação ao conforto dos usuários e ao ruído gerado.

Esta interrogativa fica evidente na cidade de Alegrete, RS, onde o estudo será direcionado, pois apresenta a situação dos três materiais, o pavimento

poliédrico utilizado na cidade em larga escala durante muito tempo, o bloco de concreto intertravado que está em um momento de grande utilização na região, e o pavimento asfáltico, que é o revestimento utilizado nas principais vias da cidade.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivos Gerais**

Avaliar a influenciaram dos tipos de revestimentos de ruas do perímetro urbano do município de Alegrete RS, em relação ao nível de serventia dos usuários e aos ruídos do entorno das ruas, apontar qual apresenta a melhor performance para perímetros urbanos.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Delimitar alguns trechos com diferentes revestimentos e com esses segmentos, realizar as seguintes análises:

- a)** Avaliar o índice de serventia em ruas com revestimento asfáltico, de paralelepípedo e bloco intertravados de concreto.
- b)** Medir o ruído em ruas com revestimento asfáltico, paralelepípedo e blocos intertravados de concreto.
- c)** Apontar qual dos revestimentos seria mais indicado para perímetros urbanos, com relação a serventia e ao ruído.

## **1.2 Justificativa**

Sempre na estruturação de uma via urbana busca-se fazer que o pavimento cumpra sua função de proporcionar segurança, conforto e economia aos usuários, mas as vezes, mesmo com melhorias, isto não é atingido na totalidade, um exemplo para isso, é a geração de ruídos nos entornos devido ao material de pavimentação de vias utilizado.

A organização Mundial de saúde diz que a exposição dos seres humanos aos níveis de ruído acaba por ocasionar respostas involuntárias e inconscientes do organismo a esse estímulo. As principais alterações fisiológicas reversíveis são:

dilatação das pupilas, hipertensão sanguínea, mudanças gastrintestinais, reações musculares e vaso constrição das veias (OMS, 1999). Além disso, de acordo com Sandberg (2001) com a poluição sonora, a perdas econômicas na região, ocorrendo desvalorizações de imóveis.

Outro fator que o tipo de revestimento do pavimento pode afetar, é o nível de serventia, interferindo no desempenho da via, decorrente ao tipo dos materiais de pavimentação que são utilizados, não sendo analisados previamente para o uso da situação imposta, apresentando baixos níveis de conforto aos usuários.

Entre esses fatores, esta pesquisa possui uma importância, em um caráter global e local, permitindo identificar qual será o melhor revestimento urbano, que atenda ou que apresenta melhores performance e requisitos, de acordo com as normas e índices utilizados, quanto ao ruído e a serventia.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Pavimento urbano**

De acordo com o Manual de Pavimentação (DNIT,2006), pavimento descreve-se como uma estrutura de camadas em que matérias de diferentes resistências e deformabilidade são colocadas em contato resultando, um elevado grau de complexidade, que resiste as deformações e tensões atuantes.

O pavimento é uma estrutura não perene, sendo composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito do corpo estrada, adequada para atender de maneira estrutural e operacional ao tráfego, de forma durável e com mínimo custo possível, considerando diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação (BALBO, 2007).

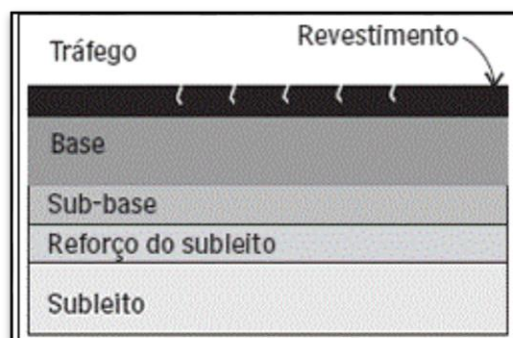
Augusto Júnior (1992) afirma que, os pavimentos de vias públicas são constituídos por estruturas que apresentam diversas camadas com espessuras específicas e executadas após a terraplenagem. As estruturas e o revestimento têm como finalidade resistir aos esforços (verticais, horizontais e tangenciais) decorrentes do tráfego de veículos e dos efeitos das intempéries, além de proporcionar aos usuários conforto, segurança e economia.

#### **2.1.1 Camadas do pavimento**

Os pavimentos são compostos basicamente pelas camadas: subleito, reforço de subleito, se necessário, sub-base, base e revestimento (AUGUSTO JÚNIOR, 1992). As camadas são ilustradas na Figura 1.

Todas as camadas do pavimento possuem uma ou mais funções específicas, que devem oferecer aos veículos as condições adequadas de suporte e rolamento, qualquer que seja a condição climática. As cargas aplicadas na superfície do pavimento acabam gerando determinado estado de tensões na estrutura, que dependerá do comportamento mecânico de cada uma das camadas e dos conjuntos desta (BALBO, 2007)

Figura 1- Camadas de um pavimento



Fonte: Techne Pine (2006, não paginado)

Para Augusto Júnior (1992) o subleito como a camada de fundação do pavimento. Onde deve ser regularizada e compactada, respeitando as cotas do projeto, antes da execução das camadas posteriores

A camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e a qual se constrói o revestimento é a base. Já a camada complementar à base é a sub-base, que é construída quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização (DNIT, 2006).

Para o Manual de Pavimentação (DNIT,2007), o revestimento define-se como a camada, quando possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e é destinada a melhorar o conforto e a segurança da via, e resistir as cargas solicitantes. Os revestimentos das estruturas de pavimento em geral são submetidos a esforços de compressão e de tração devidos à flexão, ficando as demais camadas submetidas principalmente à compressão (BERNUCCI,et al, 2008).

### 2.1.2 Classificação dos pavimentos

O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento. (BERNUCCI et al., 2006)

Pavimentos Flexíveis: segundo Medina (1997) são constituídos por um revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado. Inclui-se nela, os revestimentos, com paralelepípedos de cimento, de pedra, de cerâmica, betuminosos, de borracha e de bloco de concreto intertravados (pavers) e alvenarias poliédricas, (calçamento com pedras irregulares).

“Pavimentos Rígidos: são constituídos por placas de concreto Portland assentes sobre o solo de fundação ou uma sub-base, onde as placas desempenham as funções de revestimento e base”. (DANIELISKI, M.L). Nesta classe inclui-se os pavimentos revestidos com calçamento de paralelepípedos rejuntados com cimento.

## **2.2 Tipos de revestimentos**

### **2.2.1 Asfalto**

Bernucci et al (2008) diz que, o asfalto utilizado em pavimentação é um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e pouco reativo. A baixa reatividade química a muitos agentes não evita que esse material possa sofrer, no entanto, um processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água. No Brasil, chama-se de Concreto Asfáltico de Petróleo (CAP)

O revestimento asfáltico é a camada superior e tem como funções: resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). A constituição do revestimento asfáltico é feita por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais: por mistura ou por penetração. (BERNUCCI et al., 2008)

O Manual de Pavimentação (DNIT,2007), explica as principais maneiras:

- **Por penetração:** Esta modalidade envolve dois tipos distintos, por penetração invertida e por penetração direta. Por penetração invertida, os revestimentos são executados através de uma ou mais aplicações de material betuminoso, seguidas de idênticos números de operações de espalhamento e



compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. Na penetração direta os revestimentos são executados através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria apropriada, sendo cada camada, após compressão, submetida a uma aplicação de material betuminoso e recebendo, ainda, a última camada, uma aplicação final de agregado miúdo.

- **Por mistura:** Nos revestimentos betuminosos por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, antes da compressão. Quando é realizado em usinas fixas, resulta-se em material, 'pré-misturado', já quando a mistura é realizada in situ, tem-se "pré-misturados na pista". Ainda conforme os seus respectivos processos construtivos, existem as seguintes designações pré-misturas a frio e pré-misturas a quente.

Os agregados usados na produção do concreto asfáltico na visão de Senço (2001), devem ser materiais inertes, granulares, sem forma e dimensões definidas, com propriedades adequadas a compor camadas ou misturas. Eles representam o maior volume em relação aos demais componentes. No caso do concreto de cimento, esse volume se equivale de três quartos do volume total.

### **2.2.2 Pedra Irregular e paralelepípedo**

“Os paralelepípedos, representam um revestimento de extraordinária durabilidade, podendo, inclusive, ser reaproveitados com mudança da face exposta ao rolamento. Pode-se definir paralelepípedo como uma peça de pedra paralela com a forma do sólido que lhe empresta o nome. Revestimento de paralelepípedos é a camada dessas pedras assentadas sobre base de areia, rejuntadas de preferência com material betuminoso — asfalto de alta resistência à penetração.” (SENÇO, 2008,). A Figura 2 mostra o paralelepípedo.

*Figura 2 - Paralelepípedo*



Fonte: TECPAR (2012, não paginado)

Já o revestimento de pedras irregulares, assentadas lado a lado sobre uma base de solo escolhido, formando um autêntico mosaico. O assentamento é iniciado com as pedras-guias, que dão, em intervalos prefixados, o nivelamento do pavimento (SENÇO, 2008). São muito similares os dois tipos de pavimentos, pois utilizam-se da mesma matéria prima, e do mesmo método construtivo, o que difere de um e outro é o acabamento da pedra (Figura 3).

*Figura 3 - Pedra irregular*



Fonte: Jornal do Oeste (2011, não paginado)

Em relação ao revestimento asfáltico nas vias urbanas, o Manual de Utilização (PELLENZ, 1983) diz que os pavimentos constituídos por pedra assumem vantagens mais evidentes onde os volumes de tráfego são pequenos, as condições geométricas ou de drenagem são muito exigentes, os subleitos muito

fracos (“argilitos turfas”) e também em condições muito severas de uso como em, postos de gasolina, terminais de transporte e etc., onde os derramamentos de combustíveis e os esforços de arranque, prejudicam rapidamente os revestimento asfáltico

Não o bastante Pellenz(1983), salienta que a obtenção das matérias utilizadas, como geralmente são disponíveis em locais próximos as obras, são de fácil acesso e não dependendo de qualquer fator climática, e além de permitir a estocagem do produto, em qualquer condição e por períodos indeterminados. Já para a execução, não necessita de mão de obra especializada ou equipamento sofisticados.

### **2.2.3 Bloco intertravado de concreto**

A NBR 15953 (ABNT,2011), define o pavimento intertravado como um pavimento flexível, que apresenta uma estrutura composta por uma camada base, seguida por uma camada de revestimento de blocos de concretos, sobrepostas a uma camada de assentamento. As juntas entre as peças são preenchidas por material de rejunte e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção. A Figura 4 mostra um pavimento de bloco intertravado.

*Figura 4 - Pavimento de blocos intertravados de concreto*



Fonte: Elaboração Própria

O intertravamento é dito pelo Manual de Pavimento Intertravado (ABCP, 2010), como a capacidade que blocos adquirem a resistir a movimentos de deslocamento individual, em todos os sentido. Esta amarração é imprescindível para o desempenho e a durabilidade do pavimento,

Para Senço (2008), os blocos de concreto intertravados, são classificados como calçamentos, usados em zonas urbanas, tem sido empregado com muita frequência em pátios de estacionamentos, acostamentos de rodovias, paradas de ônibus, por apresentarem tráfegos menores. Este pavimento apresenta facilidade para manutenção, além de um aspecto agradável.

Uma das vantagens dos blocos intertravados de concreto, é capacidade de permeabilização de água, ou seja, a capacidade de absorver água. De acordo com Marchioni; Silva (2011) este pavimento pode reduzir o escoamento superficial em até 100%, dependendo da intensidade da chuva, e retardam a chegada de água ao subleito reduzindo a erosão, além disso funciona como um filtro reduzindo a erosão.

### **2.3 Ruído**

O som é definido por Calixto (200?) como uma vibração mecânica de um corpo que produz deslocamentos oscilatórios das partículas do meio circundante. Assim se estas oscilações se propagarem até os ouvidos, provocarão a oscilação dos tímpanos, estimulando os nervos auditivos, através de um mecanismo interno de transmissão, que por sua vez transmitirá ao cérebro uma sensação percebida como som.

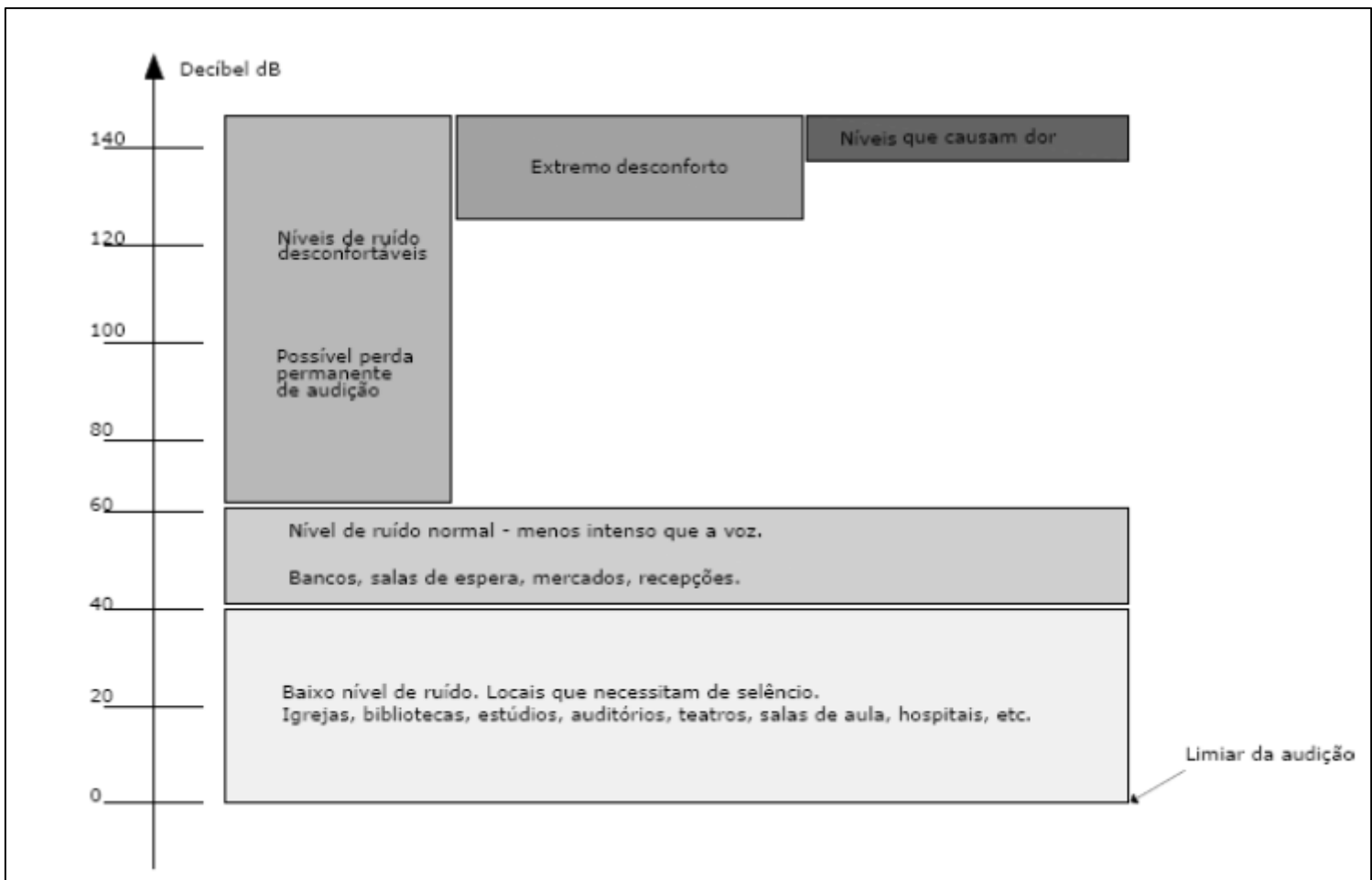
O ruído diferentemente do som caracteriza pela existência de muitas amplitudes e frequências ocorrendo ao mesmo tempo, de maneira não harmônica, em quanto o som caracteriza-se por poucas amplitudes e frequências, que geralmente são harmônicas. (Calixto, 200?)

Bronzatti (2009) explica que no sentido fisiológico, o som é o resultado das variações dos níveis de pressão do ar no ouvido humano que os convertem em sinais elétricos, que são interpretados pelo cérebro. Quando estas variações são indesejáveis ou desagradáveis passam a ser denominadas de ruído, que na atualidade se encontra entre os contaminantes mais nocivos ao homem, pois estão

presentes nos grandes centros urbanos causando sequelas por ultrapassar os limites toleráveis e/ou exposição excessiva.

A NBR 10152 (ABNT, 2010), define os níveis de ruídos máximos, para cada tipo de ambiente, com o intuito de orientar sobre os índices adequados para que não acarrete danos à saúde dos usuários e obtenha o máximo conforto, levando em consideração o uso de cada local e as condições que ele é exposto. Na Figura 5, mostra os níveis de decibéis permissíveis para cada tipo de ambiente.

Figura 5 - Níveis de ruído em ambientes



Fonte: Fernandes (2000 p. 35)

No entanto, sons que para todos os efeitos, seriam qualificados como ruídos, podem transmitir informações importantes. Sons podem indicar a velocidade com que estamos quando estamos dirigindo, o sistema auditivo pode revelar se o motor do automóvel está funcionando adequadamente. (BISTAFA, 2006). Os ruídos podem inclusive determinar o estado de uma via ou então alarmar condutor para

que diminua a velocidade ou tenha atenção na pista, no caso dos sonorizadores de rodovias. Enfim, existem uma infinidade de casos que o ruído transmite informações uteis.

### **2.3.1 Ruído em relação a saúde do ser humano**

O excesso de ruído pode afetar o ser humano sob vários aspectos, a única doença específica associado a exposição a esse agente agressivo, é a perda auditiva. (MEDEIROS, 1999).

Estudo realizado na Europa, aponta que cerca de 20% da população ou quase 80 milhões de pessoas da União Europeia, sofrem com os níveis elevados do ruído, sendo considerado por especialista índices inaceitáveis. Estas pessoas sofrem com insônias, e estão propícias a outros danos na qualidade de vida. Aproximadamente 170 milhões de pessoas vivem em áreas chamadas de “áreas cinzas” e sofrem com algum tipo de incomodo causado pelo ruído. (RAITANEN, 2005)

Cada país estimou níveis toleráveis de ruídos causados pelo trafego, de acordo com o tipo de área. No Brasil, a norma delimitadora dos níveis é a NBR 10151 *Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento* (ABNT 2000), que determinou limites entre 40db a 70db.

### **2.4 Nível De Pressão Sonora (NPS)**

O lançamento de um foguete tem uma alta sonoridade, mas dura apenas uma fração de segundo. Entretanto o ruído de tráfego pode não ser tão enérgico, mas é contínuo. Como o som varia ao logo do tempo, são usados vários indicadores de níveis de ruído, como, o nível de ruído máximo ( $L_{max}$ ), o nível de pressão sonora ( $L_{xx}$ ) e o nível sonoro continuo equivalente ( $L_{eq}$ ). Cada um destes, a letra maiúscula L representa que cada um corresponde a um nível de pressão sonora, e não

pressão sonora, mesmo que a unidade de todos seja o decibel (dB) (SANTOS, 2007).

O nível de pressão sonora ( $L_{xx}$ ), representa um descritor estatístico para valores de ruídos de tráfego de veículos, que pode ser realizado diretamente com o sonômetros, onde o xx representa a porcentagem de tempo que o nível é excedido. Os índices mais usuais são:

- Nível  $L_{10}$ , que é o nível sonoro que sobre passa em 10% o tempo de observação, representando assim o ruído de pico.
- Nível  $L_{50}$ , que se refere ao nível médio que passa em 50% do tempo observado.
- Nível  $L_{90}$ , indica que o nível de ruído se sobre passa a 90% do tempo observado, assim é chamado de ruído de fundo.

O nível de pressão sonora contínua equivalente ( $L_{eq}$ ), corresponde a mesma quantidade de energia acústica que o ruído real, no intervalo de tempo de referência. (MONROY, 2006). O nível sono contínuo pode ser expresso em dB(A) ou em dB, a análise do ruído pode ser feita com ou sem ponderação A, no caso da análise do ruído ser feita com a ponderação A, o nível sono equivalente representa-se por  $L_{Aeq}$ . (SILVA, 1978).

A equação 1 expressa o nível sonoro contínuo equivalente ponderada A, na NBR 10151 (ABNT, 2010).

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10 \frac{u}{10} \quad \dots(1)$$

Onde:

- $L_{Aeq}$  é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído;
- n é o número total de leituras

## 2.4 Decibelímetro

Decibelímetro, também chamado de sonômetro (Figura 6), é um instrumento utilizado para medir níveis de pressão sonora de forma normalizada. O

decibelímetro é composto por um microfone, um processador principal, um pré-amplificador e uma unidade de leitura. O elemento mais importante do decibelímetro é o microfone em que determina o tipo de instrumento (SANTOS, 2007).

*Figura 6 - Decibelímetro*



Fonte: <http://www.impact.com.br>

“Nos sonômetros, a medida pode ser realizada manualmente ou de forma programada.” (KNABBEN, 2012, p. 71). Eles podem ser chamados de medidores de nível de pressão sonora (NPS), podendo ser modelos simples, que apenas gravem o nível de pressão sonora global, em dB(A), ou modelos mais modernos, que registram a pressão sonora em escadas ponderadas de frequência (A, B, C, D) (GERGES; ARENA, 2010).

Santos (2007) explica que a ponderação, detalha a forma como o decibelímetro reage a alterações da pressão sonora. As ponderações são divididas em tempo Rápida (Fast), Lenta (Slow) e Impulso (Impulse), elas exigidas de acordo com a maioria das normas internacionais.

Uma vez o sinal processado pelos filtros de ponderação, o nível de pressão sonora daí resultante é mostrado em decibéis (dB), com base na pressão sonora de referência  $p_0(2 \times 10^5 \text{ Pa} = 20 \mu\text{Pa})$  (SANTOS, 2007).

Os sonômetros são divididos em três classes:

- Classe 0: de alta precisão, usados em laboratórios.
- Classe 1: para medições com níveis de precisão, geralmente usado para medições exatas.



- Classe 2: para medições em indústria ou trabalhos em campos críticos

Esta classificação é definida pela norma ANSI S1-4-1971, onde a classe 1, corresponde a um grau de precisão mais elevada e a classe 4, possui uma precisão menor.

## **2.5 Ruído Gerado Pelo Tráfego**

O tráfego é o principal agente da contaminação sonora que existe nas cidades e nas margens das estradas, na prática, é impossível de erradicar, pois os veículos necessitam dos acessos em mediações dos edifícios, além de ser uma atividade pública, anônima e permanente. (MONROY, 2005).

Para Santos (2007), existem quatro fatores que influenciam na geração de ruídos pelo tráfego nas vias.

- Veículos;
- Superfície da estrada;
- Clima;
- Comportamento de condução.

O ruído gerado pelos veículos pode ser influenciado pelo tipo de veículo, pneu e a sua velocidade de circulação. Já o ruído gerado pelo tipo de pavimento, dentre os principais fatores, esta as propriedades físicas da camada, a idade da camada e a sua rigidez. A geração do ruído em relação as condições climáticas, são influenciadas pela temperatura, vento e água presente nos pavimentos.

Para este trabalho de conclusão de curso, limita-se apenas para o ruído gerado através do tipo de pavimento.

### 2.5.1 Influencia do pavimento

Como já falado anteriormente o ruído causado pelo trafego é considerado pelas populações vizinhas as estradas como maiores fontes de desconforto. A vários anos a uma busca para o desenvolvimento de pavimentos de baixo ruído com base no incremento das propriedades relacionadas com a porosidades. (SANTOS, 2007)

As superfícies de estrada porosos encontram-se mais associada a níveis inferiores de ruído pneu/pavimento, do que as superfícies não porosas. Os mecanismos são consideravelmente complexos, a redução do ruído, pode ser relacionado com a porosidade da superfície e com a espessura da camada. Outros fatores que influenciam a geração de ruído é a idade e a rigidez do pavimento.

A porosidade da superfície do revestimento tem um papel fundamental na redução dos níveis de ruído gerado pela interação pneu-pavimento. O aumento da porosidade reduz a compressão e expansão do ar preso sob o pneu, minimizando o ruído gerado pelos mecanismos de aerodinâmica. A porosidade também é importante na absorção sonora, pois o aumento da porosidade geralmente aumenta a absorção acústica e, por consequência, reduz o ruído gerado pelo tráfego (FEHRL, 2006).

Em relação a idade das camadas Fehrl (2006), ressalta que o desempenho acústico dos revestimentos, tende a se degradar ao longo do tempo, devido a ação do trafego, deterioração dos materiais e as mudanças na textura da superfície. No caso de superfícies poroso, como o pavimento asfáltico, a colmatação dos poros, devido a sujeira, também pode reduzir a eficiência acústica ao logo do tempo.

A rigidez e o ruído tem sido a ser objeto de estudo, entretanto os resultados obtidos não são muito esclarecedores, mas observou-se que quanto mais rígida é a superfície mais ruidosa se torna (SANTOS, 2007).

Houari (2004) *apud* Santos (2007), afirma que o nível de ruído sobre uma superfície rígida é superior ao nível de ruído das superfícies flexíveis. A rigidez do pavimento influencia a sua resposta dinâmica, porém influencia pouca na resposta do pneu, levando a que o efeito global da rigidez no ruído seja muito limitado.

## **2.6 Métodos de avaliação do ruído, pneu-pavimento e ao entorno (ambiental)**

Para avaliação do ruído nos pavimentos, deve ser usado métodos consagrados e normalizados devido à complexidade do fenômeno sonoro.

Segundo Knabben (2012), os métodos podem ser realizados seguindo duas concepções:

- A ambiental, que leva em relação o ruído global, gerado pelo tráfego de veículos;
- A pneu-pavimento, que leva em conta apenas o acoplamento do pneu com o pavimento.

Para a concepção ambiental, usa-se o método utilizado na norma NBR 10151/2000, onde é medido o ruído do entorno, ou seja, com interação do ruído gerado pelo pneu/pavimento dos carros e os ruídos gerados pelo automóvel em si.

Na concepção pneu-pavimento, há vários métodos amplamente utilizados, mas Santos (2007), destaca os seguintes.

- Método Estatístico de passagem (SPB);
- Método da estrada proximidade (CPX);
- Método da passagem controlada (CPB);
- Método da superfície estendida.

### **2.6.1 Ruído Ambiental**

O ruído ambiental ou doméstico é definido como o ruído gerado por diversas fontes como o tráfego de veículos, atividades comerciais, animais domésticos etc., excetuando o ruído dos ambientes industriais (CALLAI, 2008,)

A previsão e o controle dos níveis de pressão sonora têm como objetivo prevenir e reduzir os seus efeitos prejudiciais causados à população. Com o desenvolvimento das políticas que exigem estudos do impacto ambiental, é necessário desenvolver modelos de previsão de ruído comparáveis com os limites estabelecidos em cada comunidade. (KNABBEN, 2012)

O Poder Público estabelece, através de legislação local, depois de consultados os valores estabelecidos na legislação superior (no caso do Brasil

segue a NBR 10151 – ABNT, 2000 e a NBR 10152 – ABNT, 2000), os limites máximos admitidos de ruído que deverão ser observados nos períodos matutino, vespertino e noturno (SPECHT *et al*, 2009)

A NBR 10151/2010, estabelece objetivos para condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído. Ela especifica um método de avaliação de ruído, aplicando correções nos níveis médios, se o ruído apresentar características especiais.

O método utilizado para avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ), em decibéis ponderados em “A”. O medidor de nível de pressão sonora deve atender as especificações da IEC 60651, para classe 0, classe 1 ou classe 2.

O nível de critério de avaliação (NCA), fica estabelecido limites no Quadro 1, para horários diurnos e noturnos para área externa.

*Quadro 1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)*

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

Fonte: NBR 10151 (ABNT, 2010)

Para ambientes internos é o nível indicado na Quadro 1, com a correção de – 10 dB(A) para janela aberta e – 15 db(A) para janela fechada.

### **2.6.1.1 Índice de ruído do tráfego**

Este índice foi desenvolvido como um critério de aceitabilidade para o ruído de tráfego em áreas residenciais (GRIFFITHS; LANGDON, 1968 apud KNABBEN, 2012 ).

Para elaboração do índice, foi levado em consideração um estudo realizado em Londres que incluía medições em 14 pontos distintos onde o ruído de tráfego

era a fonte principal. Este índice (Traffic Noise Index-TNI) é calculado através da Equação 2. (GERGES; ARENAS, 2010).

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad \dots(2)$$

Onde:

- TNI : Traffic Noise Index (índice de ruído de tráfego), em dB(A); e
- L<sub>10</sub> e L<sub>90</sub>: são os níveis sonoros estatísticos (ver item 2.4).

### 2.6.2 Método Estatístico de Passagem (SPB)

O método estatístico de passagem SPB, é regularizado pela norma ISO 11819-1:1997, onde consiste na medição dos níveis máximos de pressão sonora, ponderada A, de um numero estatístico significativo de veículos individuais que estão de passagem, em um segmento específico da via, assim como suas respectivas velocidades (Figura 7), ou seja, o método avalia a influência da superfície da rodovia sobre o ruído gerado pelo trafego.

Figura 7 – Método Estatístico de Passagem em pratica



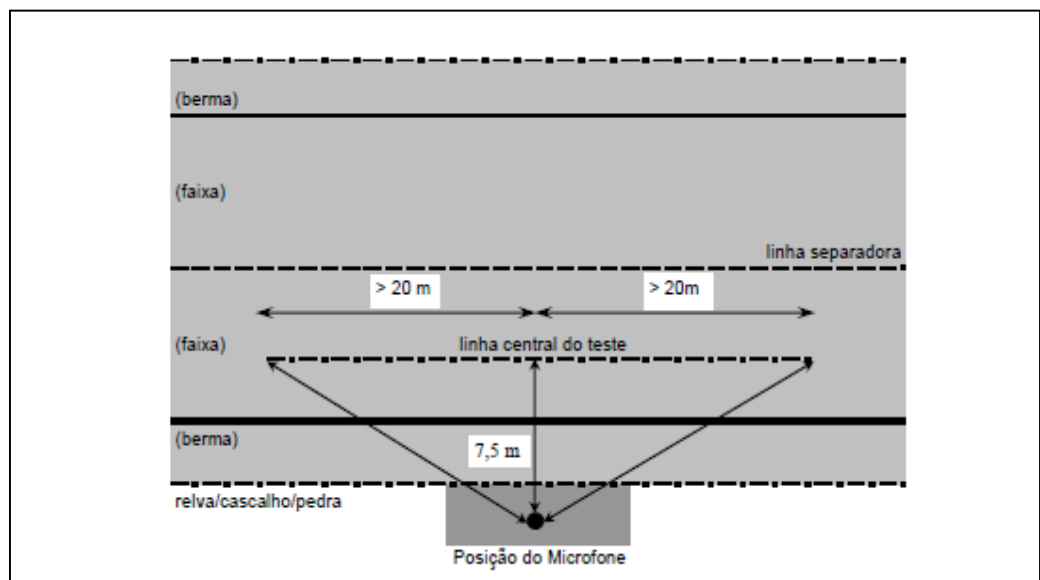
Fonte: Elaboração Própria

A norma estabelece alguns critérios para seleção do local como:

- A cada trecho de teste deve ter pelo menos 30 m para ambos os lados do local onde se encontra o microfone;

- A estrada deverá ser plana e em linha reta e o número de veículos considerados como velocidade constante, deve ser suficiente para permitir um tempo de medição total razoável;
- A superfície da estrada deverá estar em boas condições, a menos que a intenção, seja estudar os efeitos do estado do revestimento;
- O tráfego que circula no trecho de estrada deve apresentar números suficientes de cada uma das categorias de veículos para permitir a realização de uma análise satisfatória de cada categoria de veículos. Preferencialmente as medições devem ser realizadas para passagem de três diferentes veículos, leves, pesados com dois eixos e pesados com mais de dois eixos;
- A superfície entre a posição do microfone e borda da faixa de teste deverá estar pavimentada com o mesmo material da via, na faixa de medição. Quando não for possível, deve se assegurar que metade da área localizada entre o centro da faixa de teste e o microfone tem propriedades acústicas semelhantes a superfície testada, e que estejam ao mesmo nível que a superfície da estrada (Figura 8).

*Figura 8 - Exigências a área que o tipo de superfície deverá abranger*



Fonte: Norma ISO 11819-1(ISO, 1997, p. 18 )

A norma define três categorias de estrada, de acordo com a escala de velocidades a que o tráfego circula, a qual está geralmente associada a determinadas áreas (urbana, suburbana, rural, etc.).

Os resultados são normalizados para o mais adequado dos três grupos de velocidades que são:

- Baixa: menor que 64 km/h – via de área urbana;
- Media: entre 65 a 99 km/h – via de área suburbana ou estradas rurais;
- Alta: acima de 100 km/h – via de área rural ou suburbana.

Assim em cada medição é controlada a velocidade do veículo, a temperatura do ar e a temperatura do pavimento (HANSON et al, 2004).

Este método apresenta algumas vantagens destacadas por Knebben (2012) que são:

- Pelo fato do operador estar próximo da via e ser ele quem seleciona o veículo que vai efetuar o teste, assim possibilitando uma filtragem de situações anormais, como buzinas, carga mal condicionada com ruído aerodinâmico excessivo, entre outras situações;
- A caracterização da circulação rodoviária típica da via depende apenas da amostra selecionada;
- Não é necessário condicionar o tráfego.

No entanto, apresenta desvantagens, destacada pelo mesmo autor:

- O ruído do motor não permite saber exatamente a influência do ruído pneu-pavimento;
- Não é controlado o tipo de pneus e idade dos veículos, o que faz com que em certas situações, possam ocorrer incertezas quanto a verdadeira eficácia do pavimento;
- É necessário um elevado número de medições.

### **2.6.3 Método da passagem controlada (CPB)**

O método Controlled Pass-by (CPB) pode ser realizado utilizando um único veículo ou veículos selecionados. O ruído gerado por um único automóvel pequeno,

com peso inferior a 900kg e com distância entre os eixos das rodas de 1,45 a 1,55m, ou um automóvel médio de peso entre a 900 a 1300kg, com distância entre eixos de 1,75 e 1,95 m, é medido em um determinado local, especialmente definido (KNABBEN, 2012).

A Norma NF S31-119-2:2000 “Acústica – Caracterização in situ das propriedades acústicas de revestimentos de pavimentos – Medidas acústicas de passagem controlada – Parte 2: Procedimento com veículo controlado” rege este método.

A norma explica que deve se escolher 2 automóveis e 4 conjuntos de pneus, que servirão de veículos de ensaio. Assim o veículo move-se com velocidade constante e com o motor em condições regulares e é realizada a medição do respectivo nível sonoro máximo, a 7,5 m da via . Deve ser realizado no mínimo 32 medições por tipo de revestimento. Em cada medição é controlada a velocidade do veículo, a temperatura do ar, a temperatura do revestimento e a velocidade do vento (SANDBERG ;EJSMONT, 2002).

Como vantagens Sanderberg; Ejsmonte (2002), apontam:

- O número de veículos utilizado é reduzido;
- A incerteza na determinação da eficácia do revestimento em reduzir o ruído é diminuída devido o uso dos mesmos veículos de ensaio que atuam no tráfego.

O mesmo cita as desvantagens:

- O tráfego normal da via, pode não ser representado com os veículos de ensaio;
- O ruído do motor não permite saber com exatidão a influência do tipo de revestimento no ruído de rolamento;
- Este ensaio exige condicionamento do tráfego normal da via ou medições em certos horários do dia ou em pistas de testes.

#### **2.6.4 Método Coast-By**

Esse método é regido pela Norma ISO 13325 (ISO, 2003), em que é medido o ruído gerado pelo contato pneu-pavimento e leva em conta as mesmas características do método da passagem controlada (CPB), mas o que difere, é que



o veículo de ensaio usado para passagem, fica com o motor desligado e em ponto morto.

Assim é medido apenas o ruído gerado pela interação do pneu pavimento. E assim como todos os métodos apresentados, em cada medição é controlada a velocidade do veículo, a temperatura do ar e do pavimento, e a velocidade do vento.

As principais vantagens citadas por Knebben (2012) são:

- O motor desligado e o ponto morto permitem saber com exatidão a influência do tipo de revestimento do ruído gerado pelo rolamento;
- A utilização dos mesmos veículos de ensaio diminui a incerteza na determinação da eficácia do pavimento em reduzir o ruído;
- Número reduzido de medições.

O mesmo cita as seguintes desvantagens:

- O tráfego normal da pista pode não ser representado fielmente com os veículos de ensaio;
- Não é conhecida a influência do tipo de revestimento no ruído geral da passagem do veículo com o motor ligado;
- Este método exige medições em certos horários do dia ou condicionamento do tráfego normal da via, ou ainda, em pista de testes.

### **2.6.5 Método da estrada proximidade (CPX)**

Este método que é normatizado pela ISO 11819-2/2010 consiste na medição dos níveis de pressão sonora gerados pelo contato pneu-pavimento, onde é acoplado microfones próximos aos pneus do carro, como é mostrado na Figura 9 Ou então utiliza-se um trailer rebocado pelo veículo, com os microfones estrategicamente posicionados.

*Figura 9 - Microfones acoplados na roda do próprio veículo no método CPX*



Fonte: Freitas et al. (2008, p. 56)

A norma ISO 11819-2 (ISO, 2010), fala que, é medida a pressão sonora resultante da interação pneu-pavimento em velocidades pré-estabelecidas. O sistema de captação pelo trailer é formado por dois microfones acoplados próximo ao pneu, no interior de um trailer, como mostrado na Figura 10, que possui uma cobertura para reduzir a incidência do vento e do ruído de outros veículos. Com isso é possível realizar este ensaio, em vias com alto tráfegos de veículos.

Tem se resultado confiáveis e de rápida execução, porém apresenta uma limitação, pois este método permite, medições, com uma serie limitada de tipo de pneus. (SPECHT *et al.*, 2009).

*Figura 10 - Trailer equipado com microfones no método CPX*



Fonte: Hanson et al (2005, p.78)

Os pneus que devem ser utilizados no trailer de teste, segundo a norma ISO 11819-3. Que são:

- ASTM SRTT; e
- Avon AV4.

As velocidades delimitadas para realização do teste, são de 50, 80 e 110 km/h.

Para Hanson; James (2004), o método CPX tem como vantagens:

- A capacidade de medir o NPS em vários tipos de revestimentos;
- Menor interferência de outros ruídos;
- É necessário um número reduzido de medições.

Como desvantagens Knabben (2012) descreve:

- Os pneus utilizados podem não ser os usuais na via;
- Não é conhecida a influência do tipo de revestimento no ruído global da passagem de veículos.

## **2.7 Serventia**

Balbo (1997) define a serventia como “uma medida quão bem um pavimento, em um dado instante de sua vida de serviço, atende ao tráfego misto com suavidade e conforto ao rolamento, em qualquer condição climática, na opinião dos usuários”.

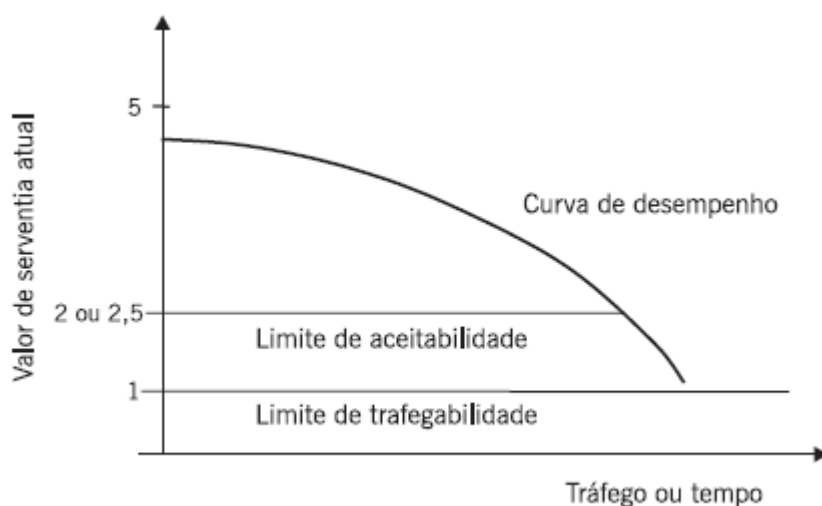
A serventia de um pavimento se dá pela performance funcional de um pavimento, ou seja, é a capacidade que tem de prestar um bom serviço ao usuário. Neste sentido, o conforto do usuário ou qualidade da dirigibilidade é o aspecto preponderante. Assim para quantificar o conforto do usuário foi desenvolvido o conceito de “serventia de um pavimento”. (CASTRO, 2012)

A serventia é baseada em princípios básicos:

- As estradas existem para o conforto do público usuário;
- O conforto ou qualidade de dirigibilidade é uma questão subjetiva da opinião do usuário;
- A serventia é determinada pela média dos conceitos dados por todos usuários;

O índice de serventia nos EUA, é chamada de *Present servicenbility ratio* (PSR) a avaliação subjetiva de conforto ao rolamento do pavimento, no Brasil é denominada como, valor de serventia atual (VSA) onde é regularizada pela Norma 009/2003 “Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos “.O valor de serventia atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala que varia de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Em geral, o VSA logo após a construção do pavimento é elevado, quando bem executado, pois este exibe uma superfície suave, praticamente sem apresentar irregularidades. (NETTO, 2013). No Gráfico 1 mostra a variação da serventia decorrente ao tempo de construção.

Gráfico 1 – VSA x Tempo ou Trafego.



Fonte: Bernucci (2007, pg. 405).

O valor de serventia atual (VSA) varia em uma escala de 0 a 5, com o valor 5 representando o maior alto grau de qualidade, no Quadro 2 mostra como pode ser classificada, a partir da nota recebida.

Quadro 2 - Conceitos atribuído a notas do VSA

Padrão de Conforto ao Rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Ótimo	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Norma 009/2003 (DNIT, 2003)

O valor inicial do VSA de uma rodovia recém construída deve ser estimado pelo projetista. Valores de 4,2 para pavimentos flexíveis ou 4,5 para pavimentos rígidos foram estabelecidos pelo DNIT como aceitáveis para estes casos. Quando o valor da serventia atual da via, atingir valores baixos devem ser efetuadas manutenções.

A Norma 009/2003 (DNIT, 2003), impõe requisitos para escolha das vias para avaliações, que são:

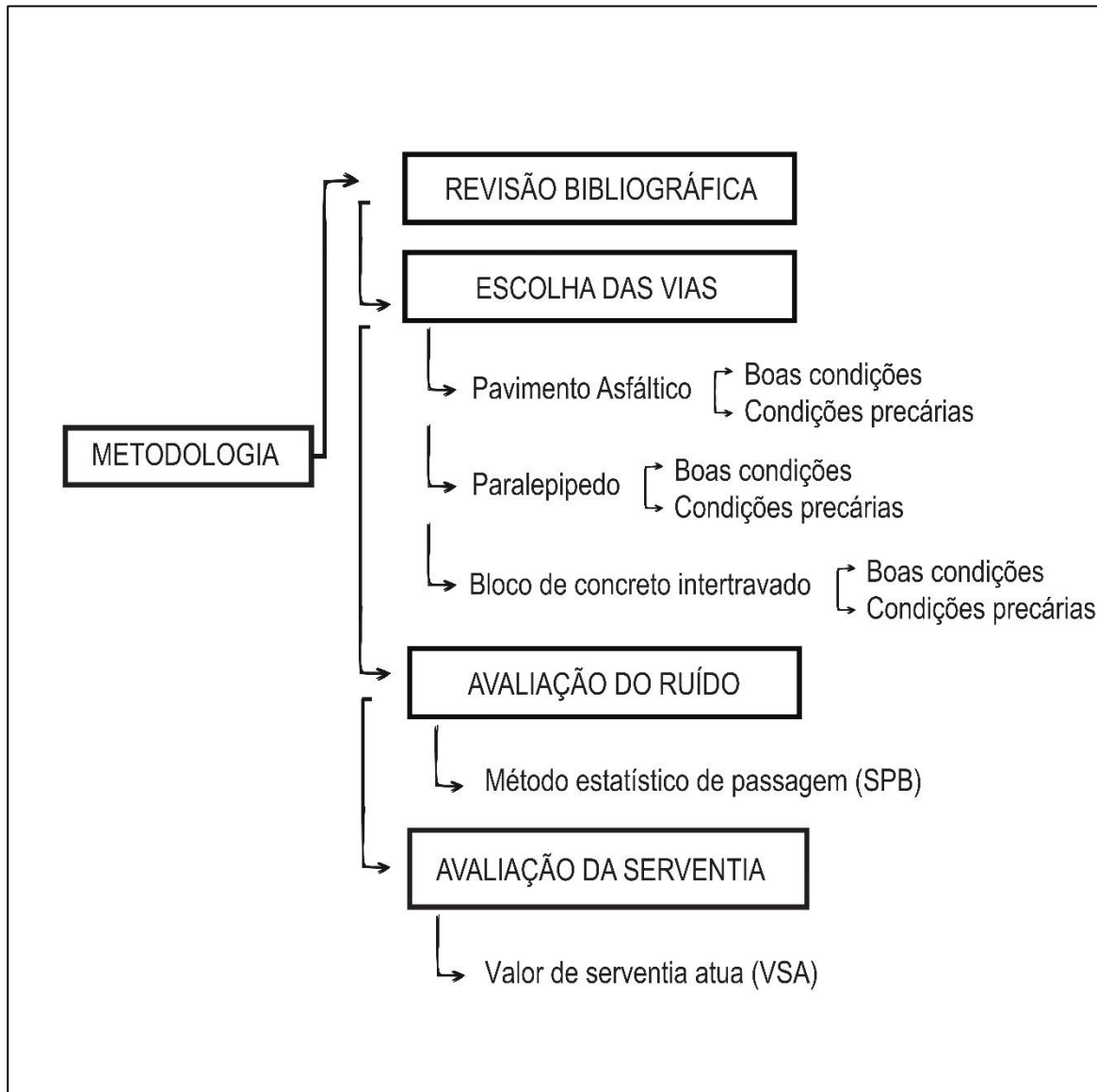
- O trecho de pavimento da via de tráfego intenso e constituído de veículos comerciais e de passageiros.
- Os trechos deveram ser homogêneos, com extensão máxima de 2 quilômetros.

Além disso a Norma fala que a avaliação não deverá ser feita sob condições climáticas desfavoráveis, como chuva, neblina e nevoeiro.

### 3. METODOLOGIA

A Figura 11, mostra um esquema de como será abordada a metodologia deste trabalho.

Figura 11 - Fluxograma da Metodologia



Fonte: Elaboração Própria

#### 3.1 Escolha das vias de Alegrete para avaliações

Os critérios para a escolha das vias de Alegrete – RS, submetidas a avaliações, foram delimitadas, seguindo as especificações da norma ISO 11819-

1:1997, para avaliação do ruído do pavimento pelo método estatístico de passagem, e pela NORMA DNIT 009/2003, para avaliação do nível de serventia.

As delimitações que a norma ISO 11819-1:1997 impõe, estão expostos no item 2.5.2. E os requisitos da norma DNIT 009/2003, estão dispostos no item 3.3.1.

Assim foram escolhidas duas vias por tipo de revestimento (asfalto, bloco de concreto intertravado e pavimento polidrico), uma com o pavimento em perfeitas condições e outra já com estado mais precário.

As ruas escolhidas são:

- a) Av. Tiaraju – Revestimento asfáltico em boas condições.
- b) Av. Caverá – Revestimento asfáltico em condições precárias
- c) Av. Tiaraju - Revestimento em paralelepípedo em boas condições
- d) Rua. Daltro Filho - Revestimento em paralelepípedo em condições precárias.
- e) Rua Marechal Castelo Branco – Revestimento de bloco de concreto intertravado em boas condições.
- f) Rua Major João Cezimbra Jaques– Revestimento de bloco de concreto intertravado em condições precárias.

### **3.2 Método de avaliação de ruído**

Após a escolha das via, foram realizadas as avaliações dos níveis de pressão sonora. O método utilizado foi o Método Estatístico de Passagem (SPB) da norma ISO 11819-1:1997, pelo fato deste método medir diretamente a influência da superfície da rodovia sobre o ruído gerado pelo trafego, além de ser amplamente utilizado internacionalmente.

Os materiais para realização da avaliação foram, decibelímetro modelo INSTRUTEMP ITDEC 4010 DIGITAL TYPE 2, com nível de ponderação A, mostrado na Figura 12, trena de 50 metros, cronometro e um tripé para apoiar o decibelímetro.

Figura 12 - Decibelímetro INSTRUTEMP ITDEC 4010

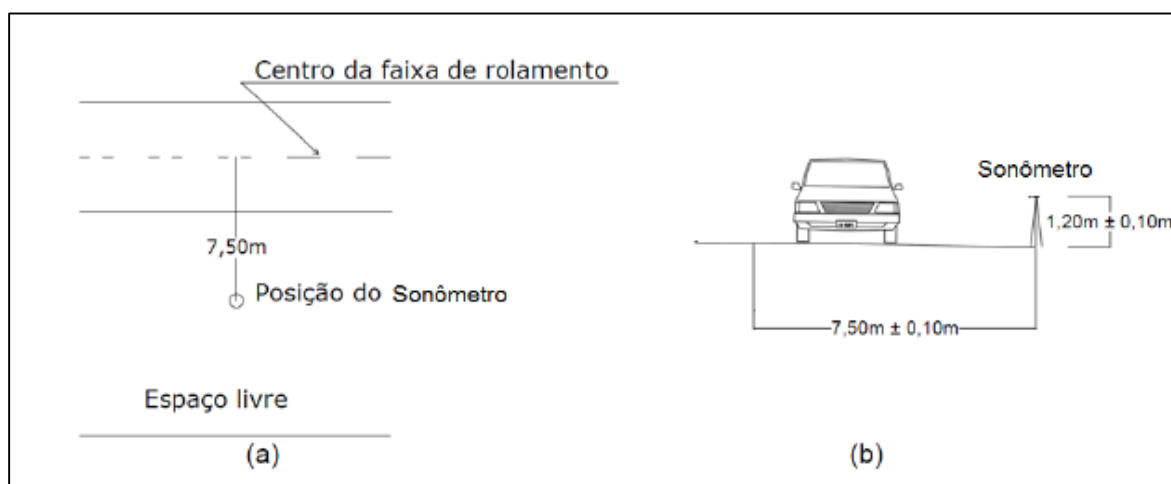


Fonte: Elaboração própria

Na avaliação, como definido na norma o decibelímetro foi posicionado a 1,2 m de altura em relação ao nível da rodovia e a 7,5 m do centro da faixa de rolamento, como é mostrado na Figura 13



Figura 13 - Posicionamento do microfone: (a) vista superior e (b) vista frontal



Fonte: NORMA ISO 11819 (ISO, p.19)

A cada passagem de veículo, foi contabilizado e registrado em uma planilha (Apêndice A) o nível de pressão sonora e sua velocidade de acordo com a sua classe. Foi medido o mínimo de medições para cada categoria de veículos, delimitados na norma, mostrado no Quadro 3 para que não ocorra erros em número inaceitavelmente elevado.

Quadro 3 - Mínimo de medições para cada categoria de veículos

Categoria do veículo	Valor mínimo de passagens
1- Veículos leves	100
2a - Veículos pesados de eixo duplo	30
2b - Veículos pesados de eixo múltiplo	30
2a e 2b em conjunto - Veículos pesados	80

Fonte: Adaptado da norma ISO 11819-1(ISO, 1997)

Para calcular a velocidade do veículo passante, foi delimitada uma distância de 100 metros nas vias estudadas, onde foi medido o tempo que o veículo levou para completá-la. E utilizando a Equação 3, foi possível obter a velocidade média do veículo para ser usado no cálculo do SPBI.

$$V_{media} = \frac{100}{t} \times 3,6 \quad \dots(3)$$

Onde:

- $V_{m\u00e9dia}$ : Velocidade m\u00e9dia (Km/h)
- t: Tempo (s)

Somente os ve\u00edculos que claramente se encaixaram em qualquer de uma das categorias descritas foram medidos. E tamb\u00e9m as medi\u00e7\u00f5es foram efetuadas necessariamente para ve\u00edculos individuais em passagem, que foram claramente distinguidos acusticamente.

Desse modo, os n\u00edveis de ru\u00eddo dos ve\u00edculos passantes, foram gravados, assumindo, determinadas propor\u00e7\u00f5es das categorias dos ve\u00edculos, assim forneceram um \u00fanico \u00edndice que constitua o resultado final, ou seja, resultou no \u00cdndice Estat\u00edstico de Passagem (SPBI). Este \u00edndice foi usado na compara\u00e7\u00e3o de superf\u00edcies de estrada.

Para o c\u00e1lculo do \u00edndice estat\u00edstico de passagem, foi usada a Equa\u00e7\u00e3o 4, levando em considera\u00e7\u00f5es o uso dos fatores preponderantes e as velocidades que a norma imp\u00f4s, que est\u00e3o expressos no Quadro 3.

$$SPBI = 10\log[W_1 \times 10^{\frac{L_1}{10}} + W_{2a} \left(\frac{V_1}{V_{2a}}\right) \times 10^{\frac{L_{2a}}{10}} + W_{2b} \left(\frac{V_1}{V_{2b}}\right) + 10^{\frac{2b}{10}}] \quad \dots(4)$$

Onde:

- SPBI: \u00edndice estat\u00edstico de passagem (Statistical Pass-By Index), para uma m\u00e9dia entre ve\u00edculos leves e pesados;
- $L_1$ ,  $L_{2a}$ ,  $L_{2b}$ : valores de press\u00e3o sonora para as respectivas categorias de ve\u00edculo, em dB(A);
- $W_1$ ,  $W_{2a}$ ,  $W_{2b}$ : fatores que presumem as propor\u00e7\u00f5es das respectivas categorias de ve\u00edculo, de acordo com o Quadro 3
- $V_1$ ,  $V_{2a}$ ,  $V_{2b}$ : velocidades de refer\u00eancia das respectivas categorias dos ve\u00edculos, de acordo com o Quadro 3.

Quadro 4 - Velocidade de referência (Vref) e fatores preponderantes (Wx)

Categoria do veículo	Nível de velocidade do veículo					
	Baixa		Média		Alta	
	V <sub>ref</sub> (Km/h)	W <sub>x</sub>	V <sub>ref</sub> (Km/h)	W <sub>x</sub>	V <sub>ref</sub> (Km/h)	W <sub>x</sub>
Ligeiro	50	0,900	80	0,800	110	0,700
Pesado de 2 eixos	50	0,075	70	0,100	85	0,075
Pesado multi-eixos	50	0,025	70	0,100	85	0,225

Fonte: Norma ISO 11819-1(ISO,1997)

### 3.3 Método de avaliação de serventia

Os trechos que passarão pela avaliação da serventia, foram os mesmos utilizados, para avaliação do ruído, seguindo os mesmos critérios que confortam as duas situações.

A avaliação da serventia da via, foi realizada de acordo com a NORMA DNIT 009/2003- PRO, onde é determinado o Valor de Serventia Atual (VSA). A avaliação foi feita por um grupo de avaliadores que percorreram o trecho analisado, registrando suas opiniões sobre a capacidade do pavimento de atender as exigências do tráfego que sobre ele atua, no momento da avaliação.

O grupo responsável pela determinação do Valor de Serventia Atual (VSA), foi constituído por seis pessoas, conhecedores dos propósitos da Norma. Os avaliadores são:

- 1- Juliano Goulart Dorneles – Engenheiro Civil;
- 2- Diego Perez – Engenheiro Civil;
- 3- Pedro Henrique Jucá – Estudante de Engenharia Civil na Unipampa;
- 4- Mauricio Thomas – Estudante de Engenharia Civil na Unipampa;
- 5- Jaelson Budny – Professor da Engenharia Civil na Unipampa;
- 6- Maurício Silveira dos Santos – Professor da Engenharia Civil na Unipampa.

### **3.3.1 Condições específicas**

Para realização da avaliação, os avaliadores consideraram as seguintes condições impostas na Norma:

- O avaliador considerou somente o estado atual da superfície e conseqüentemente, pode classificar um pavimento como “bom”, embora suspeite que o mesmo possa romper-se em futuro próximo;
- Os avaliadores ignorarão os aspectos do projeto geométrico do trecho da rodovia que foi avaliada (alinhamento, largura do acostamento, largura do revestimento etc). Os trechos foram avaliados como se o projeto geométrico fosse adequado para qualquer tipo de tráfego;
- Os avaliadores não considerarão, na avaliação a resistência à derrapagem do revestimento.

Nenhum avaliador comentou nada de sua avaliação para outro avaliador, e nem procurou o auxílio de ninguém sobre as condições de projeto de qualquer trecho.

### **3.3.2 Processo de avaliação**

Todos os avaliadores, portaram uma ficha de avaliação (Apêndice B), onde foram registrados os pareceres dos componentes, numa escala de 0 a 5, indicando, respectivamente, pavimento de “péssimo” a “ótimo”.

A cada trecho analisado, o avaliador possuiu uma nova ficha de avaliação. Ao preenchimento da ficha, o avaliador teve em mente os seguintes aspectos:

- Como se portaria o trecho do pavimento analisado, atendendo a finalidade para qual foi construído, durante um período de 24 horas.
- Qual seria o conforto do pavimento se dirigisse o veículo por 8 horas?
- Como se sentiria dirigindo por 800 quilômetros sobre o pavimento analisado?

Todas as fichas foram referenciadas com o nome de cada avaliador, data, nome da rua. Imediatamente após ter percorrido o trecho, o avaliador assinalou a nota dada ao pavimento. Além disso cada trecho, foi percorrida, sempre que possível, em uma direção, com a velocidade próxima do seu limite percorrido.

Os avaliadores 1, 2, 3 e 4 utilizaram o veículo Chevrolet Cobalt 1.8 com aro 15, e os avaliadores 5 e 6 utilizaram Ford Fiesta Sedan 1.6 com aro 16. Estes veículos se enquadram conforme a norma delimita, que seja de passeio, do tipo médio-padrão, dentre os fabricantes no País.

Os resultados, de cada trecho de pavimento avaliado foram relacionado separadamente e obtidos por meio da Equação 5, que nada mais é, que a média das notas dos avaliadores.

$$VSA = \frac{\sum x}{n} \quad \dots(5)$$

Onde:

VSA – Valores de Serventia Atual;

X – Valores de Serventia Atual individuais atribuídos por cada membro do grupo;

n- número de membros do grupo de avaliação.

Assim, com a realização do cálculo da média foi obtido a avaliação do índice de serventia do pavimento.

## **4. ANALISES E RESULTADOS**

Após as escolhas das 6 ruas apresentadas no item 3.1, foram realizados os ensaios de avaliação do ruído, seguindo a norma ISO 11819-1:1997, salvo algumas modificações devido aos ensaios serem realizados em regiões urbanas. E também realizada a avaliação da serventia, regida pela norma DNIT 009/2003 – PRO. Assim posteriormente a coleta dos dados, foi utilizado o software EXCEL para auxiliar na obtenção dos resultados e análises que serão apresentados no próximos itens deste capítulo.

### **4.1 Avaliações Av. Tiaraju - Asfalto**

A Av. Tiaraju, possui uma grande extensão que contempla dois tipos de revestimento, asfáltico e paralelepípedo, nesta região do estudo (Figura 14) possui pavimento asfáltico de bom estado de conservação (Figura 15). Outras características que ela apresenta, é ser uma via de faixa dupla, com grande fluxo de veículos leves, mas com baixo fluxo de veículos pesados. Com isso, foi possível obter a velocidade e a pressão sonora dos 100 veículos leves que a norma ISO 11819-1:1997 delimita, e apenas uma pequena quantidade de veículos pesados de eixo simples. Portanto foram descartados as análises deste tipo de veículo em todas as vias, para que não haja valores defasados.

Figura 14 - Localização e região estudada na Av. Tiaraju - Asfalto



Fonte: Google Earth (Google, 2016)

Figura 15 – Revestimento Asfáltico em bom estado



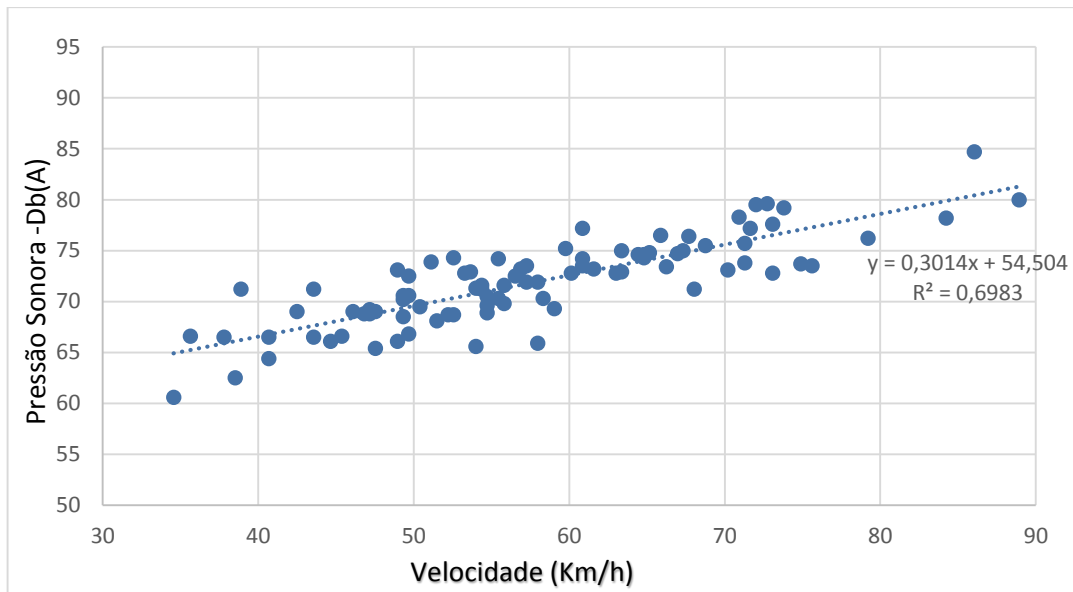
Fonte: Elaboração própria

Assim foi possível também determinar o tipo de via referente a velocidade dos veículos passantes, onde classificou-se a via como de velocidade baixa, por

apresentar como grande maioria, velocidades abaixo de 65 km/h e também pela avaliação ocorrer em ambiente urbano, conforme o item 2.6.1.

Deste modo foi elaborado um gráfico de pressão sonora *versus* velocidade, mostrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Pressão sonora versus velocidade, da Av. Tiaraju - Asfalto



Fonte: Elaboração própria

Este gráfico gerou uma equação da reta, a partir da linha de tendência criada, que foi utilizada para determinar o nível de pressão sonora médio correspondente a velocidade classificada da via que é de 50 Km/h, onde foi utilizada na Equação 3, para obtenção do valor de SPBI, mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 - Pressão sonora e SPBI da Av. Tiaraju - Asfalto

Tipo de Veiculo	Quantidade	Velocidade de Referencia(Km/h)	Pressão Sonora (Db(A))	Wx	SPBI(Db(a))
1	100	50	69,57	0,9	69,12

Fonte: Elaboração própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície (avaliação da serventia), que estabelece o quão confortável a via é para os usuários, o Valor de Serventia Atual (VSA) atribuído a Av. Tiaraju, pelos avaliadores foi de **4,63**, ou seja, segundo o Quadro 6, seu conceito foi considerado **Ótimo**. A Quadro 6, mostra a nota atribuída a cada um dos avaliadores.



Quadro 6 - Notas atribuídas aos avaliadores na Av. Tiaraju - Asfalto

Av. Tiaraju - Asfalto	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5	Avaliador 6	Média	Conceito
Notas	4,5	4,5	5	4,6	4,7	4,5	4,63	Ótimo

Fonte: Elaboração própria

Os avaliadores 5 e 6 observaram que havia algumas irregularidades transversais a via.

#### 4.2 Avaliações Av. Caverá

A Av. Caverá, (Figura 16) possui pavimento asfáltico com estado de conservação bastante prejudicado como mostra a Figura 17, sendo uma via de faixa simples, com grande fluxo de veículos leves, e com médio fluxo de veículos pesados, mas como na Av. Tiaraju, foram descartados a avaliação dos veículos pesados. Deste modo foi possível obter a pressão sonora e a velocidade dos 100 veículos leves que a norma ISO 11819-1:1997 delimita.

Figura 16 - Localização e região estudada na Av. Caverá



Fonte: Google Earth (Google, 2016)

Figura 17 – Revestimento Asfáltico em condições precárias

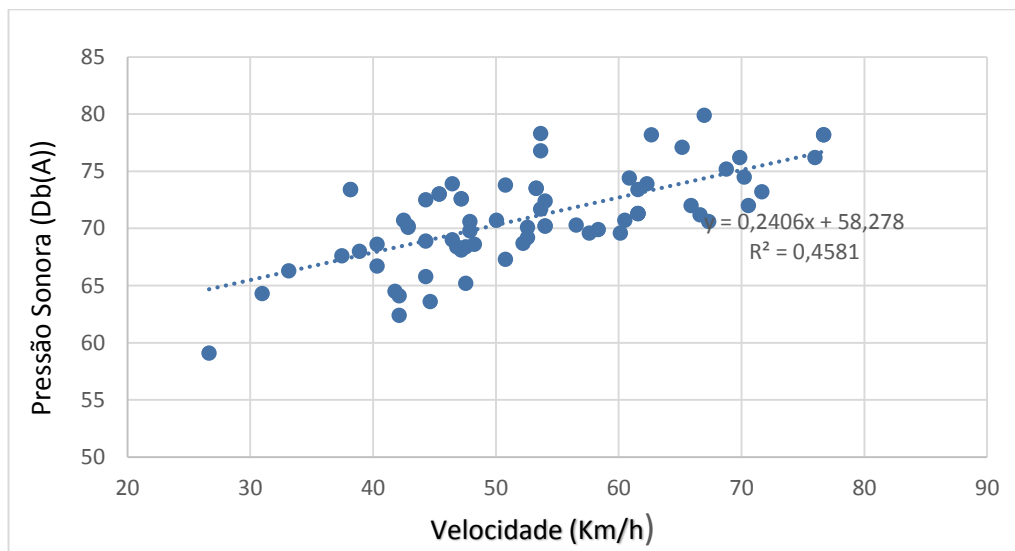


Fonte: Elaboração própria

Com a obtenção das velocidades dos veículos passantes, classificou-se a via como de velocidade baixa conforme o item 2.6.1, por apresentar na sua grande maioria velocidades abaixo de 65 km/h e por ser em ambiente urbano.

Foi possível assim a construção do gráfico pressão sonora *versus* velocidade (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Pressão sonora versus velocidade, da Av. Caverá.



Fonte: Elaboração própria

A partir do Gráfico 2, gerou-se a equação da reta a partir da linha de tendência, onde foi utilizada para determinar o nível de pressão sonora médio correspondente a velocidade de via urbana, classificada anteriormente. Posteriormente foi utilizada a Equação 3, para obtenção do valor de SPBI. Este valores são apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Pressão sonora e SPBI da Av. Caverá

Tipo De Veiculo	Quantidade	Velocidade de Referencia(Km/h)	Pressão Sonora (Db(A))	Wx	SPBI(Db(A))
1	100	50	70,308	0,9	69,85

Fonte: Elaboração própria

A Avaliação Subjetiva de Superfície (avaliação da serventia), que estabelece o quão confortável a via é para os usuários, o Valor de Serventia Atual (VSA) atribuído a Av. Caverá, pelos avaliadores foi de 2,85, ou seja, de acordo com o Quadro 7, seu conceito foi considerado Regular. A o Quadro 8 mostra a nota atribuída a cada um dos avaliadores.

Quadro 8 - Notas atribuídas aos avaliadores na Av. Caverá

Av. Caverá	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5	Avaliador 6	Média	Conceito
Notas	3	3,5	2	2,8	2,8	3	2,85	Regular

Fonte: Elaboração própria

Os avaliadores 3, 5 e 6, salientaram as imperfeições na pista, como remendo e buracos.

### 4.3 Avaliações Av. Tiaraju – Paralelepípedo

Nesta outra região (Figura 18) da Av. Tiaraju, possui a pavimentação em paralelepípedo em bom estado, como mostra a Figura 19, já falado no item 4.1 é uma via de faixa dupla, mas com médio fluxo de veículos leves e baixo fluxo de

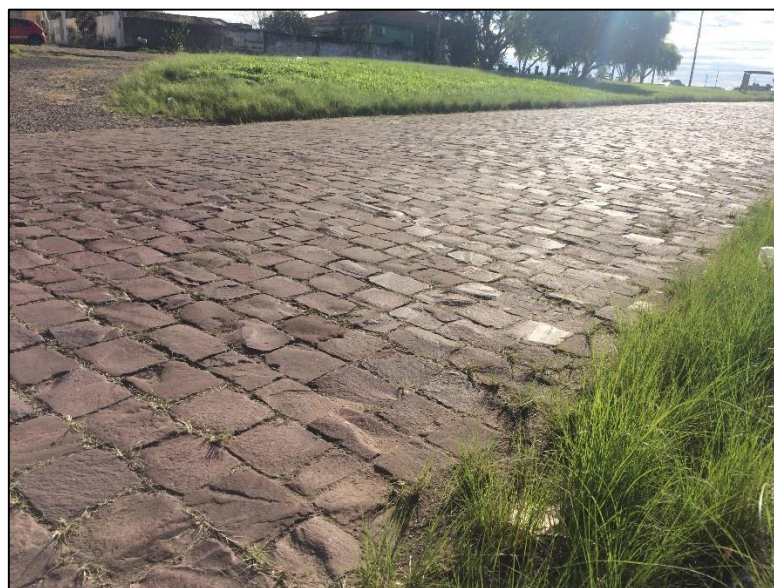
veículos pesado. Seguindo as mesmas considerações dos itens anteriores, foi possível analisar a velocidade e o ruído dos 100 veículos leves, que a norma ISO 11819-1: delimitou.

Figura 18 - Localização e região estudada na Av. Tiaraju – Paralelepípedo



Fonte: Google Earth (Google, 2016)

Figura 19 – Revestimento paralelepípedo em bom estado

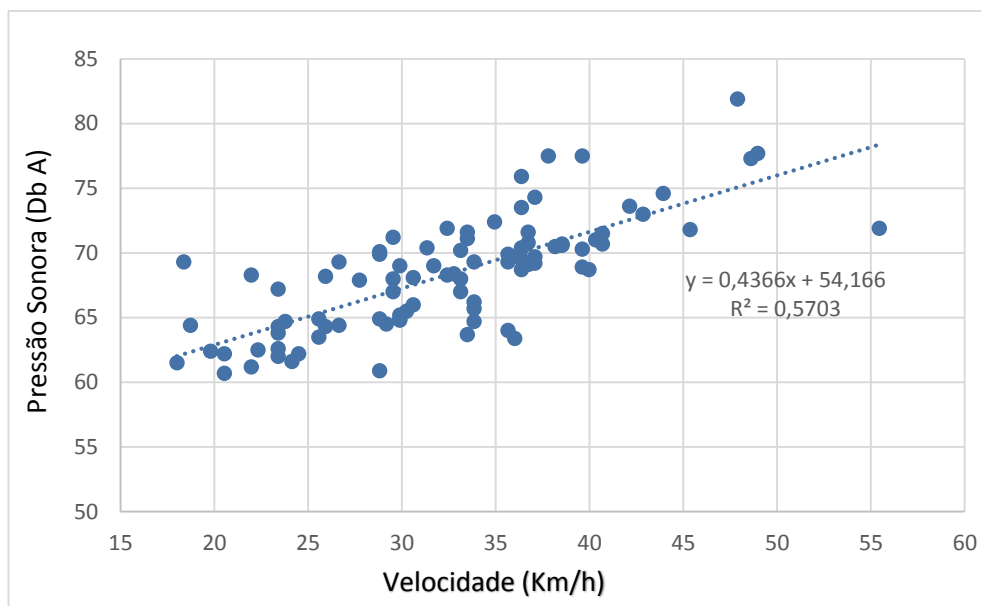


Fonte: Elaboração própria

A via foi classificada como de velocidade baixa pelos veículos analisados, percorrem com velocidades abaixo de 65 Km/h.

Após as análises foi elaborado o gráfico pressão sonora *versus* velocidade (Gráfico 4)

Gráfico 4 - Pressão sonora versus velocidade, da Av. Tiaraju – Paralelepípedo



Fonte: Elaboração própria

Com a equação de regressão linear (y), foi possível determinar a média de pressão sonora para a velocidade de 50 km/h (velocidade para vias urbanas, seguindo o item 2.6.1). Utilizando a *Equação 3* e a pressão sonora obtida, foi calculado o SPBI da via. Valores apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 - Pressão sonora e SPBI da Av. Tiaraju - Paralelepípedo

Tipo De Veiculo	Quantidade	Velocidade de Referencia(Km/h)	Pressão Sonora (Db(A))	Wx	SPBI(Db(a))
1	100	50	75,996	0,9	75,54

Fonte: Elaboração própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície (avaliação da serventia), que estabelece o quão confortável a via é para os usuários, o Valor de Serventia Atual

(VSA) atribuído a Av. Tiaraju na região com paralelepípedo, pelos avaliadores foi de **3,3**, ou seja, segundo a norma, seu conceito foi considerado **Bom**. A Quadro 10, mostra a nota atribuída a cada um dos avaliadores.

Quadro 10 - Notas atribuídas aos avaliadores na Av. Tiaraju - Paralelepípedo

Av. Tiaraju - Paralelepípedo	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5	Avaliador 6	Média	Conceito
Notas	4	3,8	3	2,5	3	3,5	3,3	Bom

Fonte: Elaboração própria

Não houve observações nesta via.

#### 4.4 Avaliações Rua Daltro Filho

A Rua Daltro Filho (Figura 20), em toda sua extensão possui revestimento em paralelepípedo com situação bastante precária como mostra a Figura 21. Ela tem características como ser uma via de faixa simples, com grande fluxo de veículos leves, e com médio fluxo de veículos pesados. Foram considerados na avaliação apenas veículos leves que resultou em 100 análises, onde foram medidos sua velocidades e seu nível de pressão sonora.

Figura 19 - Localização e região estudada na Rua Daltro Filho



Fonte: Google Earth (Google, 2016)

Figura 20 – Revestimento paralelepípedo em estado precário.

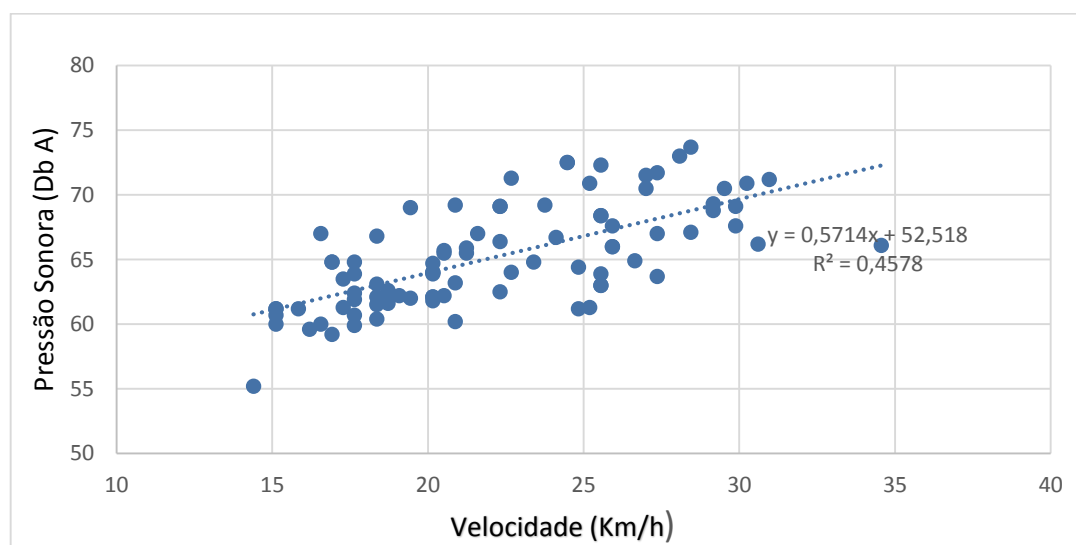


Fonte: Elaboração própria

Por ser uma via com situação bem prejudicada, as velocidades medidas foram bastante baixa, assim, foi classificada como de baixa velocidade.

Assim foi elaborado um gráfico de pressão sonora *versus* velocidade, mostrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Pressão sonora versus velocidade, da Rua Daltro Filho



Fonte: Elaboração própria

A equação da reta gerada no Gráfico 4, foi utilizada através de regressão linear, para determinar o nível de pressão sonora médio correspondente a velocidade classificada da via que é de 50 Km/h, onde foi utilizada na Equação 3, para obtenção do valor de SPBI, mostrado no Quadro 11.

Quadro 11 - Pressão sonora e SPBI da Rua Daltro Filho

Tipo De Veiculo	Quantidade	Velocidade de Referencia(Km/h)	Pressão Sonora (Db(A))	Wx	SPBI(Db(a))
1	100	50	81,073	0,9	80,62

Fonte: Elaboração própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície (avaliação da serventia), que estabelece o quão confortável a via é para os usuários, o Valor de Serventia Atual (VSA) atribuído a Rua Daltro Filho, pelos avaliadores foi de **1,15**, ou seja, segundo o Quadro 8, seu conceito foi considerado **Ruim**. O Quadro 12, mostra a nota atribuída a cada um dos avaliadores.

Quadro 12 - Notas atribuídas aos avaliadores na Rua Daltro Filho

Rua Daltro Filho	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5	Avaliador 6	Média	Conceito
Notas	1,2	1	1	1,2	1,5	1	1,15	Ruim

Fonte: Elaboração própria

Todos avaliadores observaram que o trecho havia muitas imperfeições e irregularidades.

#### 4.5 Avaliações Rua Marechal Castelo Branco

A Rua Marechal Castelo Branco (Figura 22), a poucos meses foi pavimentada com blocos intertravados de concreto, assim seu revestimento apresenta ótimas condições como mostra a Figura 23. Além disso a via tem outras características como ser uma via de faixa simples, com baixo de veículos, de ambas



categorias. Devida a essa circunstância, foi possível avaliar a velocidade e a pressão sonora de apenas, 20 veículos leves, interferindo no grau de confiabilidade dos resultados.

Figura 21 - Localização e região estudada na Rua Marechal Castelo Branco



Fonte: Google Earth (Google, 2016)

Figura 22 – Revestimento bloco de concreto intertravados em boas condições

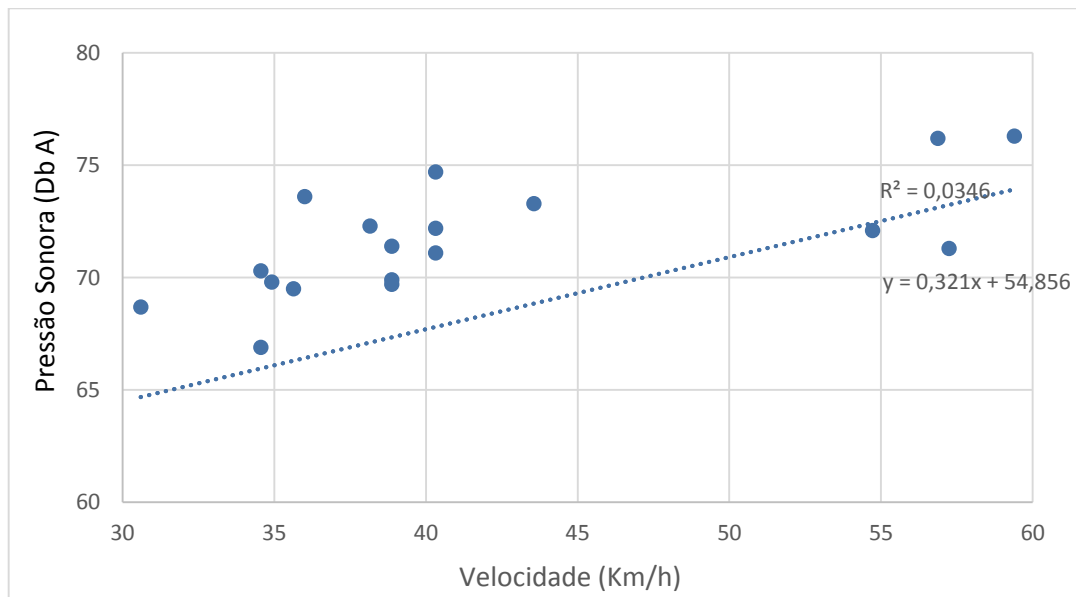


Fonte: Elaboração própria

Após a análise das velocidades dos veículos passantes, à via foi classificada como de baixa velocidade, de acordo com o item 2.6.1.

E assim gerado o gráfico de pressão sonora *versus* velocidade (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Pressão sonora versus velocidade, da Rua Marechal Castelo Branco



Fonte: Elaboração própria

Mesmo com o valor reduzido de medições foi possível obter a equação de regressão linear(y), assim foi calculado o valor de pressão sonora médio, para a velocidade de 50 km/h (via de baixa velocidade). E também a obtenção do valor de SPBI, utilizando a Equação 3. Valores mostrados no Quadro 13.

Quadro 13 - Pressão sonora e SPBI da Rua Marechal Castelo Branco

Tipo De Veiculo	Quantidade	Velocidade de Referencia(Km/h)	Pressão Sonora (Db(A))	Wx	SPBI(Db(a))
1	100	50	70,906	0,9	70,45

Fonte: Elaboração própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície (avaliação da serventia), que estabelece o quão confortável a via é para os usuários, o Valor de Serventia Atual (VSA) atribuído a Rua Marechal Castelo Branco, pelos avaliadores foi de **3,7**, ou seja,

de acordo como Quadro 9, seu conceito foi considerado **Bom**. O Quadro 14. mostra a nota atribuída a cada um dos avaliadores.

Quadro 14 - Notas atribuídas aos avaliadores na Rua Marechal Castelo Branco

Rua Marechal Castelo Branco	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5	Avaliador 6	Média	Conceito
Notas	3,8	4	3,5	3,5	3,4	4	3,7	Bom

Fonte: Elaboração própria

Os avaliadores 3 e 5 salientaram que nesta via o que mais gera desconforto é o ruído.

#### 4.6 Avaliações o Rua Major João Cezimbra Jaques

A Rua Major João Cezimbra Jacques, (Figura 24) é revestida por uma pavimento de bloco intertravado de concreto, já bastante antigo e desgastado, como mostra na Figura 25, que pode se observar que os agregados estão amostra, diferentemente do pavimento da Rua Marechal Castelo Branco. Ela é uma via de faixa simples, com médio fluxo de veículos leves, e baixo fluxo de veículos pesados. Assim foi possível analisar a velocidade e o ruído dos 100 veículos leves necessários para o estudo.

Figura 23 – Localização e região estudada na Rua Major João Cezimbra Jaques



Fonte: Google Earth (Google, 2016)

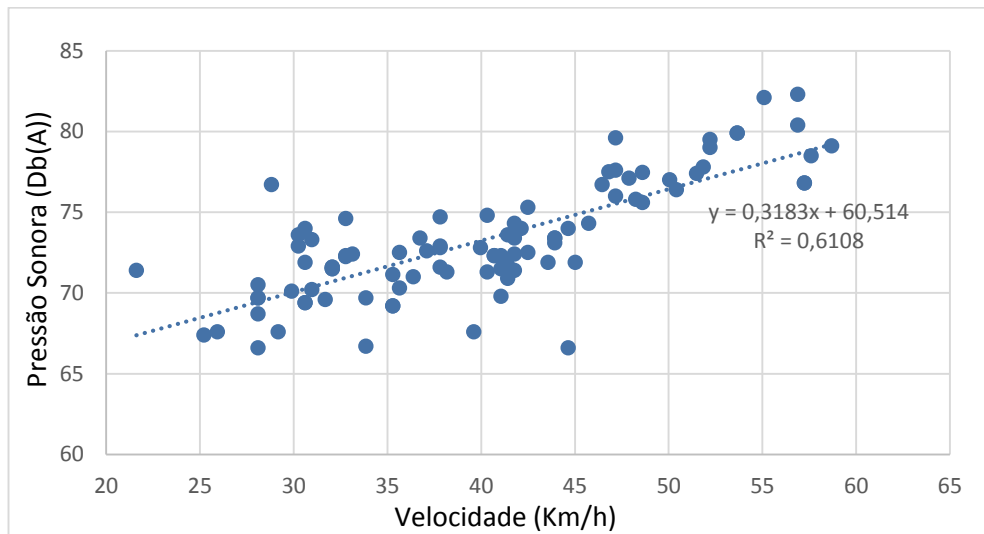
Figura 25 – Revestimento bloco de concreto intertravado já desgastado



Fonte: Elaboração própria

Posteriormente as medições, a via foi classificada, como de velocidade baixa. E deste modo gerado o gráfico de pressão sonora *versus* velocidade. (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Pressão sonora versus velocidade, da Rua Major João Cezimbra Jaques



Fonte: Elaboração própria

Com a equação da reta obtida no gráfico, foi calculado o valor médio da pressão sonora, de acordo com velocidade de 50 km/h, que a norma delimita para vias classificadas como de velocidade baixa. Posteriormente foi calculado o valor de SPBI da rua, através da *Equação 3*. Os valores são apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 - Pressão sonora e SPBI da Rua Major João Cezimbra Jacques

Tipo De Veiculo	Quantidade	Velocidade de Referencia(Km/h)	Ruido (Db(A))	Wx	SPBI(Db(A))
1	100	50	76,429	0,9	75,97

Fonte: Elaboração própria

Quanto a Avaliação Subjetiva de Superfície (avaliação da serventia), que estabelece o quão confortável a via é para os usuários, o Valor de Serventia Atual (VSA) atribuído a Rua Major João Cezimbra Jaques, pelos avaliadores foi de 2,72, ou seja, segundo o Quadro 10, seu conceito foi considerado Regular. O Quadro 16 mostra a nota atribuída a cada um dos avaliadores.

Quadro 16 - Notas atribuídas aos avaliadores na Rua Major João Cezimbra Jaques

Rua Major J. Cezimbra	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5	Avaliador 6	Média	Conceito
Notas	3	3	2,5	2,5	2,8	2,5	2,72	Regular

Fonte: Elaboração própria

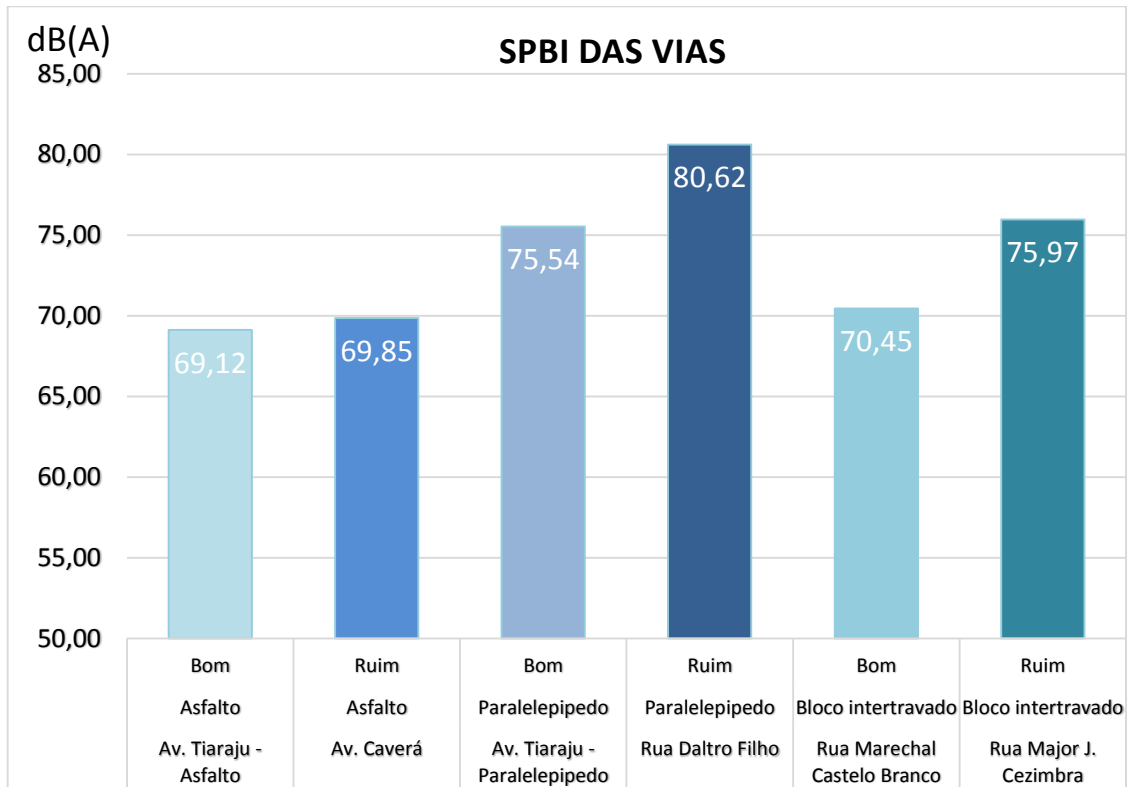
Os avaliadores 3, 4 e 5 apontaram que o ruído é o maior causador do desconforto da via. Já o avaliador 6 notou que o pavimento apresentava bastantes irregularidades.

#### **4.7 Comparações entre as vias**

Após a realização das avaliações e a obtenção dos resultados, foi possível compará-los, utilizando gráficos de barras, para melhor visualização e entendimento.

No gráfico 8 mostra a comparação do SPBI, dos revestimentos estudados. Logo foi observado que o revestimento asfáltico independente de sua situação, é mais silencioso que os demais revestimentos. Mas o pavimento bloco intertravados, em bom estado, apresenta uma performance bem próxima a do asfalto, vale salientar que o estudo neste pavimento, não foi possível ser equivalente com as demais vias, podendo assim estar com uma margem de erro maior. O revestimento de paralelepípedo, no estado ruim, apresentou o maior SPBI, com uma diferença bastante relevante comparado com o asfalto, isto provavelmente deve-se pela regularidade do revestimento, porém seria necessário uma análise focando neste contexto.

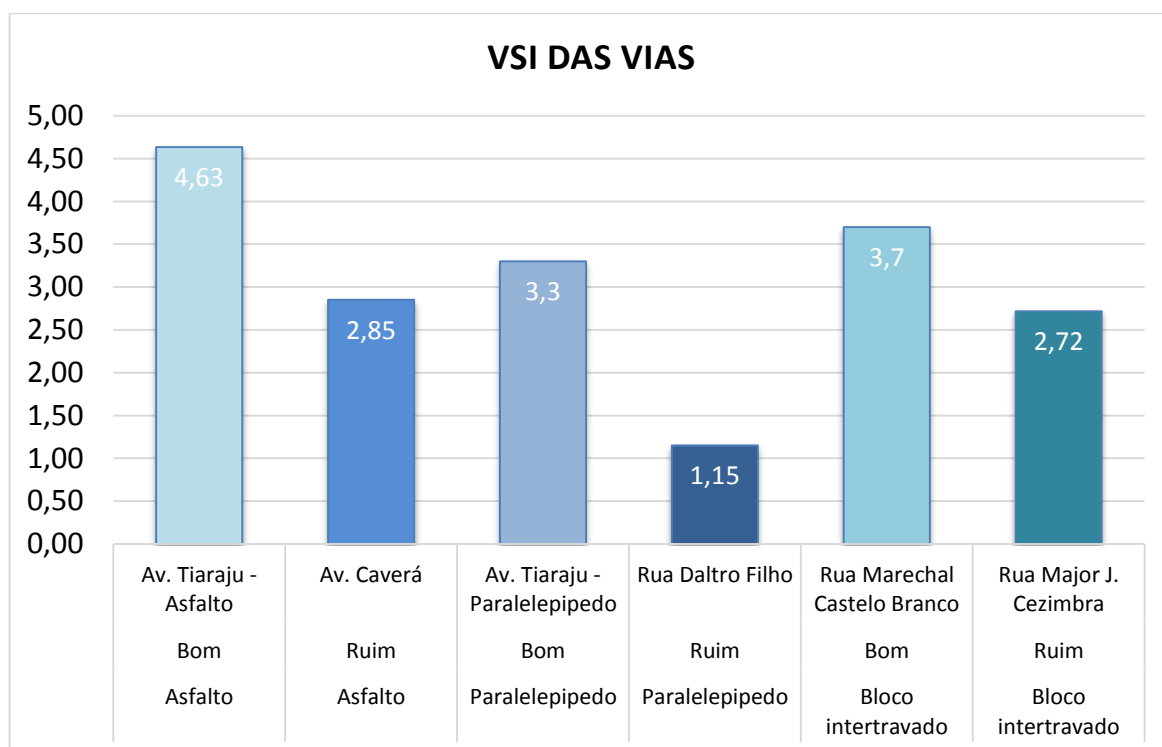
Gráfico 8 - Comparação da Avaliação do Ruído nas vias.



Fonte: Elaboração própria

Na comparação dos revestimentos estudados, através do valor de serventia atual, que é mostrado no Gráfico 9. Conclui-se que o pavimento mais confortável para o usuário, é o pavimento asfáltico em bom estado e o mais desconfortável é o revestimento em paralelepípedo no estado ruim. Mas vale salientar que todos pavimentos em condições boas receberam os conceitos de bom a ótimo. Já os pavimentos em condições ruins, seus conceitos foram de regular a ruim.

Gráfico 9 – Comparação da Avaliação da Serventia das vias.



Fonte: Elaboração própria



## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo buscou analisar o ruído gerado ao entorno e a serventia dos revestimentos encontrados nas vias de Alegrete/RS, como asfalto, paralelepípedo e bloco de concreto intertravado. E assim apontar qual seria o revestimento com a melhor performance nos parâmetros estudados.

Para avaliação do ruído, foi utilizada a norma ISO 11819-1:1997, que é baseada no método estatístico de passagem (SPBI), onde não se mostrou ser totalmente direcionada para ambientes urbanos, pela necessidade de registrar certa quantidade de veículos pesados, que se torna de grande dificuldade, em uma cidade, onde a circulação em sua totalidade é dada por veículos leves. Mas não impediu a obtenção de resultados satisfatórios, pelo fato que as vias foram definidas como de velocidade baixa, assim segundo a norma o fator de ponderação destes veículos correspondem a 90% do SPBI gerado. Já para a avaliação da serventia, foi utilizada Norma DNIT 009/2003, onde foi determinado o Valor de Serventia Atual (VSA), das vias estudadas, onde foi possível seguir fielmente o que a norma determina.

Após a análise dos resultados, concluiu-se que o pavimento asfáltico, é o revestimento menos ruidoso, independente de seu estado, mas vale salientar que o revestimento em bloco intertravados, em bom estado, apresentou resultados muito próximos ao asfalto. O pavimento que apresentou os piores resultados foi o revestimento de paralelepípedo, nas duas condições de estado.

Os resultados da avaliação da serventia, foram muito similares com os da avaliação do ruído, tendo o revestimento asfáltico em bom estado, com a melhor nota atribuída, e o paralelepípedo no estudo ruim, com as piores avaliações. O pavimento que obteve as notas entre os dois estados, mais próximas foi o pavimento em bloco de concreto intertravados.

Assim fica caracterizado que o pavimento asfáltico em boas condições apresenta a melhor performance em ambientes urbanos, mediante as avaliações realizadas. Mas vale salientar que o pavimento em bloco de concreto intertravados se apresentou como uma ótima alternativa, obtendo resultados bastante satisfatórios.

Por fim, como cita Callai (2008), o ruído é causa de grandes desvalorizações no setor imobiliário, como também ser um aspecto prejudicial a saúde, mediante a estes fatores, amplifica a importância deste estudo para a escolha do tipo revestimento a ser utilizado em pavimentações futuras, não só na cidade de Alegrete, mas também em outras regiões.

## 6. SUJESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

No presente trabalho, algumas questões não puderam ser avaliadas ou respondidas, que possam ser imprescindíveis para uma escolha exata, de qual revestimento apresenta melhores características e propriedades para ser empregado em vias urbanas. Necessitando portanto á trabalhos adicionais, assim sugere-se:

- Estudo das causas da geração do ruído nos revestimentos estudados;
- Influência das edificações como barreiras sonoras;
- Comparação de métodos de avaliação do ruído.
- Realizar o mesmo estudo em outras ruas.
- Estudo de qual revestimento teria o melhor custo-benefício para obras de infraestrutura.

## Referências

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. São Paulo, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152: Acústica – Níveis de Ruído para Conforto Acústico**. Rio de Janeiro, 2000.

AUGUSTO JÚNIOR, F. **Manual de Pavimentação Urbana**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1992.

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. 1ed , São Paulo, 2007.

BERNUCCI, L.D. et al. **Pavimentação Asfáltica- Formação Básica para Engenheiros**. 1ed., Rio de Janeiro, RJ, 2008.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2006.

BRONZATTI, G. D. **Avaliação do ruído causado pelo transporte ferroviário na cidade de Ijuí/RS**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

CALLAI, S. C. **Perfil de influência da poluição sonora em rodovias**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

DANIELESKI, M. L. **Proposta de metodologia de avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. NBR 005/2003 – TER. **Manual de Pavimentação**, 2006a.

FEHRL. **Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces.** SILVIA - Sustainable road surfaces for traffic noise control. Brussels, Belgium, 2006.

FERNANDES, J. C. **O ruído ambiental: Seus efeitos e seu controle.** Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP. Campus de Bauru, São Paulo, 2002.

FREITAS, E. **Contribuição da Superfície dos Pavimentos para a Produção de Ruído.** Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. Guimarães, Portugal, 2008.

HANSON, D. I.; DONAVON, P.; JAMES, R. **Tire/pavement noise characteristics for HMA pavements.** Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Lino Lakes, 2005.

HANSON, D. I.; JAMES, R. S.; NESMITH, C. **Tire/Pavement Noise Study.** National Centes for Asphalt Technology. Alabama. NCAT Report 04-02. 2004.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION - ISO 11819-1: **Acoustics – Method for Measuring the Influence of Road Surfaces on traffic noise – Part 1: Acoustics – measurement of the influence of road surface on traffic noise..** Geneve, Switzerland, 2010.

\_\_\_\_.ISO 11819-2. **Method for Measuring the Influence of Road Surfaces on traffic noise – Part 2: The Close Proximity Method**. Standardisation . Geneve, Switzerland, 2010.

\_\_\_\_.ISO 13325: **Tyres - Coast-by methods for measurement to tyre-to-road sound emission..** Geneva, Switzerland, 2003

JORNAL DO OESTE. **Selagem asfáltica de fissuras de pavimentos**. Disponível em: <<http://www.jornaldooeste.com.br/regiao/2011/12/santa-helena-chega-a-quase-100-km-de-calcamento-com-pedra-irregular/993827>> 2011. Acesso em: 9 de set. 2015

KNABBEN, R. M. **Estudo do ruído pneu-pavimento e da absorção Sonora em diferentes revestimentos de pavimento**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MARCHIONI, M.; SILVA, C.O. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), São Paulo, 2011.

MEDEIROS, B. L. **Ruído : efeitos extra-auditivos no corpo humano**. Monografia de conclusão do curso (Especialização em Audiologia Clínica) - Centro De Especialização Em Fonoaudiologia Clínica Audiologia Clínica, Porto Alegre, 1999.

MONROY. M. M. **Manual, del Ruido**. Editora ICARO, Las Palmas de Gran Canaria, 2006

NETTO, M. R. **Estudo de caso do pavimento flexível em determinados pontos da zona urbana de Alegrete-RS**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

NORMA DNIT 009/2003 – PRO. **Avaliação Subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos –Procedimento**. 2003.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Guidelines for Community Noise**. Disponível em <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html> 1999. Acesso em: 15 de out. 2015

PELLENZ, E. **Paralelepípedos e alvenaria poliédrica – Manual de utilização**. Mineropar, Parana, 1983.

RAITANEN, N. **Measuring of noise and wearing of quiet surfaces**. Helsinque. Tese de Doutorado – Universidade de Tecnologia Helsinque. 2005.

ROCHA, R. S. ; COSTA, E. A. L.. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – Estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar**. 2010, 24f. Disponível em: <<http://info.ucsal.br/banmon/>>. Acesso em: 20 de set. 2015.

SANDBERG, U.; EJSMONT J. **Tyre/Road Noise Reference Book**. Informex, Kisa, Sweden, 2002.

SANDEMBERG, U. **Tyre/road noise – myths and realities**. International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. Anais... The Hauge, 2001.

SANTOS, A. P. S. **Estudo da Eficácia na Redução do Ruído de Tráfego em Pavimentos Drenantes**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Portugal, 2007.

SENÇO, Wlastermillerde. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume1, 2º Edição, são Paulo: Editora Pini Ltda, 2007.

\_\_\_\_\_. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume2, 2º Edição, são Paulo: Editora Pini Ltda, 2001.

SPECHT, L. P.; KOHLER, R.; POZZOBON, C. E.; CALLAI, S. C. **Causas, formas de medição e métodos para mitigação do ruído decorrente do tráfego de veículos**. Fortaleza, v.30, n.1, 2009.

TECHNE PINI. **Selagem asfáltica de fissuras de pavimentos.** Disponível em:  
<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/110/artigo286007-1.aspx>> 2006. Acesso  
em: 9 de set. 2015

TECPAR PAVIMENTOS. **Substituir asfalto por paralelepípedo vira tendência europeia.** Disponível em:  
<<https://tecparpavimentos.wordpress.com/tag/pavimentacao-com-aralelepipedo/page/2/>> 2012. Acesso em: 10 de set. 2015



## Apêndice A – Planilha de anotação da pressão sonora e tempo

Nome da Rua:		Extensão do trecho:											
		Tipo de Veículo	Tempo (s)	Pressão Sonora (Db)	Tipo de Veículo	Tempo (s)	Pressão Sonora (Db)	Tipo de Veículo	Tempo (s)	Pressão Sonora (Db)			

## Apêndice B – Ficha de avaliação de Serventia

<b>VSA – Valor de Serventia Atual</b>	5	ÓTIMO	<b>Conceito</b>
	4	BOM	
	3	REGULAR	
	2	RUIM	
	1	PÉSSIMO	
	0		

Trecho Analisado: \_\_\_\_\_

Observações: \_\_\_\_\_

Nota do Avaliador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Avaliador: \_\_\_\_\_