

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DO RÚIDO INTERNO PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO DOS PASSAGEIROS DOS
NOVOS TRENS DA TRENURB E AVALIAÇÃO DA DOSE DE RÚIDO A QUE O OPERADOR DO TREM
ESTÁ EXPOSTO

por

Laura Casagrande Testa

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenharia Mecânica.

Porto Alegre, outubro de 2017.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

ANÁLISE DO RUÍDO INTERNO PARA AVALIAÇÃO DO CONFORTO DOS PASSAGEIROS DOS
NOVOS TRENS DA TRENSURB E AVALIAÇÃO DA DOSE DE RUÍDO A QUE O OPERADOR DO TREM
ESTÁ EXPOSTO

por

Laura Casagrande Testa

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRA MECÂNICA
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Thamy Cristina Hayashi
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Mecânica dos sólidos**

Orientador: Prof. Juan Pablo Raggio Quintas

Comissão de Avaliação: Edson Hikaro Aseka

Juan Pablo Raggio Quintas

Letícia Fleck Fadel Miguel

Porto Alegre, 23 de outubro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Mercedes e Valmor, por sempre me incentivarem a estudar e persistir nos meus sonhos e por acreditarem no meu potencial. Sem o apoio e todo amor de vocês nada disso seria possível. Amo vocês.

Ao professor Juan Pablo, pela orientação e por toda a ajuda no percurso deste trabalho.

Aos meus amigos de coração, Caroline Dorneles, Daniela Luchini e Guilherme Jacometo, que me acompanharam desde o início e fizeram todos esses anos de Engenharia Mecânica serem mais leves e felizes.

Ao meu namorado Roger, pelo companheirismo, compreensão, amor e por toda ajuda recebida nesta etapa.

A equipe da Trensurb, que prontamente me ajudaram no momento que decidi fazer o trabalho sobre os trens novos e por toda a atenção recebida.

TESTA, L. C. **Análise de ruído interno para avaliação de conforto acústico dos passageiros dos novos trens da Trensurb e avaliação da dose de ruído a que o operador do trem está exposto**. 2017. 18 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

RESUMO

O presente trabalho mostra um estudo sobre o nível de pressão sonora a que os passageiros de um trem de superfície estão expostos e a dose de ruído a que o operador do trem está submetido. O estudo foi realizado nos novos trens da Trensurb. Para avaliar o ruído a que os passageiros estão expostos, foram utilizados dois decibelímetros, um em cada ponta do vagão, para uma viagem de ida do Mercado de Porto Alegre até Novo Hamburgo e uma viagem de volta, de Novo Hamburgo até Porto Alegre, totalizando quatro trajetos e, por ser uma medida de ruído ocupacional, avaliaram-se os níveis sonoros equivalentes de ruído contínuo, LAeq. Também foi calculado o nível de exposição normalizado, NEN, para uma viagem de oito horas. De forma geral, as medidas das quatro medições resultaram em valores dentro do estabelecido pela NBR 13068, mais de 80% das ocorrências ficaram abaixo ou igual a 80 dB(A). Os valores de pico observados durante o trajeto de ida e de volta ocorrem quando o trem freou, saiu da estação ou acontece a abertura das portas do trem nas estações e o ruído externo (trens que passam ao lado, carros, construções ou pessoas) invade o interior do trem. Os valores de NEN obtidos ficaram dentro do permitido pela NR-15 e NHO-01, de 85 dB(A), sendo o valor máximo de 55,18 dB(A). As doses de ruído a que os operadores do trem estão expostos ficaram abaixo do limite de exposição que estabelece a NR-15, de 100%, tanto para o tempo de percurso (aproximadamente 1 hora) quanto para uma jornada de trabalho de 8 horas. O maior valor de dose de ruído medido foi de 22,0%, não fornecendo nenhum tipo de dano a saúde dos operadores. Como todas as doses ficaram abaixo de 50%, nenhuma medida preventiva precisa ser tomada.

PALAVRAS CHAVE: Ruído, Dose de Ruído, Trem, NBR 13068, NR-15, NHO-01.

TESTA, L. C. **Internal noise analysis to assess acoutic comfort of the new trains of Trensurb passengers and evaluation of the noise dose to which the train operator is exposed.** 2017. 18 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

ABSTRACT

The present work shows a study on the sound pressure level to which the passengers of a surface train are exposed and the dose of noise to which the train operator is subjected. The study was conducted on new Trensurb trains. To evaluate the noise to which passengers are exposed, two decibel meters were used, one at each end of the wagon, for a one-way trip from the Porto Alegre Market to Novo Hamburgo and a return trip, from Novo Hamburgo to Porto Alegre, totaling fourth courses and, as a measure of occupational noise, the equivalent sound levels of continuous noise, LAeq. The normalized exposure level, NEN, was also calculated for an eight-hour journey. In general, the measurements of the four measurements resulted in values within that established by NBR 13068, more than 80% of occurrences were below or equal to 80 dB (A). The peak values observed during the outward and return journey occur when the train has stopped, left the station or the train doors open in the stations and external noise (trains passing by, cars, buildings or people) invades the interior of the train. The NEN values obtained were within the limits allowed by NR-15 and NHO-01, of 85 dB (A), with a maximum value of 55.18 dB (A). The noise levels at which the train operators are exposed are below the NR-15 exposure limit of 100% for both the journey time (approximately 1 hour) and an 8-hour working day. The highest value of measured noise dose was of 22.0%, providing no type of damage to the health of the operators. As all doses are below 50%, no precautionary measures need to be taken.

KEYWORDS: Noise, Noise Dose, Train, NBR 13068, NR-15, NHO-01

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Posicionamento dos decibelímetros no trem no trajeto de ida e volta.....	5
Figura 4.2 – Decibelímetro da marca Brüel and Kjaer utilizado para as medições do NPS.....	5
Figura 4.3 – Decibelímetros fixados em tripés, a 1,6m do piso, na linha central ao eixo longitudinal.....	5
Figura 4.4 – Porta de conexão da cabine do operador com o vagão.....	6
Figura 4.5 – Dosímetro DOS 600 utilizado para as medições de dose de ruído.....	7
Figura 4.6 – Trem novo (a) e trem velho (b) da empresa Trensurb.....	8
Figura 5.1 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Ida 01.....	9
Figura 5.2 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Ida 02.....	9
Figura 5.3 – Comparação das ocorrências das faixas de ruído do trem antigo e do trem novo.....	10
Figura 5.4 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Volta 01.....	11
Figura 5.5 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Volta 02.....	11
Figura 5.6 – Comparação das ocorrências das faixas de ruído do trem antigo e do trem novo.....	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Faixa de valores de LAeq para o projeto Ida 01 e Ida 02.....	9
Tabela 5.2 – Faixa de valores de LAeq para o projeto Volta 01 e Volta 02.....	11
Tabela 5.3 – Nível de exposição normalizada para os quatro projetos.....	12
Tabela 5.4 – Dose de ruído diária e para jornada de trabalho de 8h para a norma NR-15.....	13

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	vii
ÍNDICE.....	viii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	1
2 OBJETIVOS	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.1 Ruído	2
3.2 Dose de Ruído.....	3
3.3 Efeitos Do Ruído No Corpo Humano	3
3.4 Normas para análise do nível de pressão sonora e dose de ruído.....	4
4 MATERIAIS E MÉTODOS	4
4.1 Metodologia e equipamentos	4
4.2 Modelo do Trem Analisado	7
5 RESULTADOS	8
5.1 Resultados para NPS dos Passageiros	8
5.1.1 Projetos de Ida	8
5.1.2 Projetos de Volta	10
5.2 Cálculo de Nível de Exposição Normalizada	12
5.3 Resultados para Dose de Ruído do Condutor	13
6 CONCLUSÕES	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
Anexo A	16
Apêndice A	17

1. Introdução

Atualmente as políticas ambientais estão voltadas para o abatimento do ruído gerado pelos sistemas de transportes, principalmente nos modais terrestres. As preocupações com as consequências da poluição ambiental sobre o ser humano e o próprio meio vem gerando grande discussão e impacto mundial e novas leis são aprovadas, restringindo-se cada vez mais os níveis de poluição permitidos em todos os segmentos, inclusive no controle na emissão de ruídos.

Estudos realizados acerca do tempo gasto pela população de Porto Alegre e região metropolitana com o deslocamento para o trabalho dentro da cidade é de, em média, uma hora do seu tempo diário. Os transportes públicos e, principalmente, os trens de superfície, tem papel fundamental na tentativa de reduzir esse tempo, visando a diminuição de congestionamentos nas vias, permitindo que o fluxo ocorra de forma mais rápida e efetiva.

Durante a última década, foram obtidas diversas melhorias na diminuição do nível de ruído interno e externo com a introdução de freios a disco nos carros de passageiros. Conquanto, este tipo de meio de transporte ainda tem diversas limitações no Brasil; sejam elas por falta de investimento e desinteresse por parte da cidade em questão ou, até mesmo, a carência de tecnologias, gerando, conseqüentemente, um desconforto aos passageiros, como calor excessivo, desconforto corporal, nível de pressão sonora elevado, dentre outros.

O ruído proveniente dos transportes é gerado principalmente pelo sistema de propulsão do veículo (motor, turbina), pelo atrito com o meio (veículo/ar) e com a via (contato roda/pavimento), durante o seu deslocamento e em função da velocidade, e se expande na área ao redor do veículo em deslocamento. O contato roda/trilho é a principal fonte de ruído ferroviário para velocidades próximas a 80 km/h (Lage, 2003). Outra condição importante que deve ser ressaltada é o estado em que a via se encontra e a forma na qual o operador conduz o veículo.

O ruído é um fenômeno incomodativo, que contamina e pode chegar a valores prejudiciais à saúde das pessoas expostas. Segundo a Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (2005), o ruído dificulta a audição e a compreensão adequada por parte dos trabalhadores de instruções e sinais, distrai os trabalhadores e também contribui para o stress relacionado ao trabalho, que aumenta a carga cognitiva e, deste modo, agrava a possibilidade de erros no ambiente de trabalho.

Ainda assim, medidas podem ser adotadas, a fim de reduzir os ruídos ocasionados pelos transportes. Segundo a Direção-geral das Políticas Internas da União – Departamento temático B: Políticas Estruturais e de Coesão – Transportes e Turismo (Parlamento Europeu), os métodos passivos mais importantes utilizados na redução do impacto do ruído ferroviário no ambiente são as paredes de proteção contra ruído e as janelas de isolamento. Já Lida (2005) sugere o isolamento da fonte, atuação na fonte e redução da reverberação.

1.1 Justificativa

O ruído pode ser conceituado de diversas maneiras, dependendo da análise e atividade em questão. De uma maneira geral, pode-se obter uma conceituação física e outra subjetiva. Fisicamente o ruído é um fenômeno composto de várias ondas sonoras, compostas de diversas vibrações que não apresentam relação entre si e que se apresentam de forma aperiódica acusticamente (Mendes & Catai, 2009).

O transporte ferroviário Trensurb é um dos veículos mais utilizados no centro urbano de Porto Alegre, sendo contabilizado 200 mil passageiros por dia em 2014 (Fedozzi & Soares, 2015), o equivalente a 15% da população da cidade de Porto Alegre.

Após pesquisas feitas, observou-se uma falta de estudos sobre os assuntos citados anteriormente; por tal motivo, fez-se um estudo de análise sobre o impacto causado pelo ruído sobre os passageiros e operadores da Trensurb, visando o conforto da comunidade que utiliza

este meio de transporte. Uma breve comparação dos resultados dos trens antigos com os trens novos também foi feita.

2. Objetivos

Este trabalho visa avaliar o nível de ruído que os passageiros estão expostos nos novos trens da Trensurb através do nível de pressão sonora (NPS), obtido durante uma viagem de ida e uma viagem de volta dentro de um vagão. O nível de ruído foi comparado com os parâmetros definidos na NBR 13067 (Carro Metropolitano - Determinação dos Níveis de ruído e NBR13068 – Ruídos internos e externos em carro Metropolitano e veículo leve sobre trilhos (VLT)). A dose de ruído a que o condutor do trem está exposto também foi avaliada e comparada com a NR-15 – Atividades e Operações Insalubres.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Ruído

Ruído é qualquer som indesejável, desagradável e que perturba, tanto de forma física como de forma psicológica para todo aquele que percebe o ruído, ou seja, para aquele que o ouve.

Diversos autores definem o ruído, de forma subjetiva, segundo Lida (2005), o ruído pode ser conceituado como um som indesejável, porém, dependendo da atividade em execução e da ocasião em questão. Segundo Ponzetto (2007) todo tipo de som desagradável aos funcionários e pessoas é considerado um ruído, seja ele em um ambiente externo ou interno, é responsável pela degradação da qualidade do ambiente urbano e do trabalho.

De acordo com Ruiz (2000), de cujo conceito não é possível discordar, a sociedade moderna tem multiplicado as fontes de ruído e aumentado o seu nível de pressão sonora. O ruído é uma das formas de poluição mais frequentes no meio ferroviário.

Bistafa (2006) define ruído como um som sem harmonia, e na maioria das vezes de sentido negativo. O autor conclui que tal definição depende do contexto e expõe que sons com qualificação de ruído ainda podem passar informações úteis

Segundo a NR-15 - “Norma Regulamentadora No. 15. Atividade e operações insalubres” o ruído é classificado em três tipos: ruído contínuo, que é o que permanece estável com variações máximas de 3 a 5 dB(A) durante um longo período; ruído intermitente, com variações maiores ou menores de intensidade e o ruído de impacto, que apresenta picos com duração menor de 1 segundo, a intervalos superiores de 1 segundo.

De acordo com Gerges (2000), as medições de ruído permitem quantificações e análises precisas de condições ambientais incômodas. Entretanto, devido às diferenças fisiológicas entre os indivíduos, o grau de incômodo não pode ser mensurado para cada pessoa. Portanto, as medições são o meio objetivo de comparar incômodos, sob diferentes condições. As medições e análises de ruído são poderosas ferramentas de diagnóstico nos programas de controle de ruído.

O nível de intensidade equivalente (LAeq) é definido, pela ISO1996/1 (1982), por:

$$L_{EQ} = 10 * \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i * 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad (1)$$

Onde:

T = tempo total em horas;

L_i = NIS (Nível de Intensidade Sonora) ou NPS (Nível de Pressão Sonora) em dB;

T_i = Tempo parcial em horas

O nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado na escala A representa o nível de um som contínuo (estacionário) que, em um intervalo de tempo específico, tem a mesma energia sonora do som em estudo, cujo nível varia com o tempo (ISO 1996/1, 1982).

Além de ser utilizado como padrão de análise para o ruído ambiental, o LAeq também é utilizado na avaliação da exposição ao ruído ocupacional. Ele representa o potencial de lesão auditiva do nível variável (oscilante) que depende não somente do seu nível como também da sua duração (Gerges, 2000). O LAeq representa, assim, o nível do ruído contínuo (fixo) ao qual as pessoas estão sujeitas, em várias situações, devido aos diversos tipos de ruídos, sendo equivalente ao ruído original que é variável.

Outro conceito a ser comentado na análise do ruído é o nível e exposição normalizado – NEN – que, de acordo com a NHO 01, corresponde ao nível médio representativo da exposição diária do trabalhador em questão, convertido pra uma jornada padrão de 8h de trabalho diárias.

O NEN é determinado pela seguinte expressão:

$$NEN = NE + 10 \log \left(\frac{T_E}{480} \right) [dB] \quad (2)$$

Onde:

NE = nível médio representativo a exposição ocupacional diária;

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada de trabalho.

O NE é definido pela seguinte expressão:

$$NE = 10 * \log \left(\frac{480}{T_E} * \frac{D}{100} \right) + 85 [dB] \quad (3)$$

3.2 Dose de Ruído

Gerges, 2000, define a dose como um parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em energia sonora. O poder de causar danos à audição não depende apenas de seu nível, mas depende também do tempo de duração.

Segundo a NHO-01 (BRASIL,2001), dose é um parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base em parâmetros preestabelecidos.

De acordo com Almeida (2008) , dose é um parâmetro para caracterizar a exposição ocupacional do ruído em porcentagem. A dose de ruído tem como valor de referência a máxima energia de som permitida, estabelecida a partir dos limites de exposição determinados para uma jornada de trabalho.

A fórmula para cálculo do ruído médio ponderado no tempo, para uma jornada de trabalho de 8 horas é representada abaixo:

$$TWA = 80 + 16,61 * \log \left[\frac{(9,6 * D)}{T} \right] \quad (4)$$

Onde:

TWA = ruído médio ponderado no tempo;

D (%) = dose em percentual;

T (min) = tempo de medição em minutos.

3.3 Efeitos Do Ruído No Corpo Humano

Segundo Saliba (2000), os efeitos auditivos do ruído podem ser divididos em: trauma acústico, que são sons de curta duração e alta intensidade (explosões, estampidos de arma de fogo, detonações, etc) que podem resultar em uma perda auditiva imediata, severa e permanente, em que todas as estruturas do ouvido podem ser lesadas; perda auditiva temporária, considerada após exposição ao ruído insalubre de qualquer origem (profissional ou não profissional) que pode acarretar em uma perda temporária da acuidade auditiva, contudo, os limiares auditivos retornam à normalidade após um período de relativo silêncio (descanso da

atividade ruidosa) e, por final, a perda auditiva permanente, que é descrita como ocorrendo em altas frequências (3000 e 6000 Hz).

De acordo com Gerges (2000), qualquer redução na sensibilidade de audição é considerada perda de audição. Um longo tempo de exposição ao ruído alto pode causar sobrecarga do coração, dilatação da pupila e reações musculares.

De acordo com o Prof. Eng. Carlos Massera, no Brasil, a surdez é a segunda maior causa de doença profissional, sendo que o ruído afeta o homem, simultaneamente, nos planos físico, psicológico e social. Pode, como efeito: lesar os órgãos auditivos, perturbar a comunicação, provocar irritação, ser fonte de fadiga, diminuir o rendimento do trabalho, entre outros efeitos nocivos. O risco da lesão auditiva aumenta com o nível de pressão sonora e com a duração da exposição, mas depende também das características do ruído, sem falarmos da suscetibilidade individual.

3.4 Normas para Análise do Nível de Pressão Sonora e Dose de Ruído

Para o estudo e análise do NPS sobre os passageiros e dose de ruído a que o operador está exposto, foram utilizadas normas nacionais, tais como ABNT NBR (Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Brasileira), NHO (Norma de Higiene Ocupacional) e NR (Norma Regulamentadora).

A norma NBR 13067 – Carro Metropolitano e veículo leve sobre trilhos – Determinação dos níveis de ruído foi utilizada para a determinação da instrumentação necessária e da forma de medição. A mesma cita diversos fatores que devem ser levados em consideração para a obtenção dos dados, tais como: condições da via, condições do tempo, velocidade do trem, posicionamento dos microfones em relação ao piso do veículo, entre outras condições que devem ser destacadas para a correta obtenção dos dados.

Para a determinação do nível de ruído interno que os passageiros e o operador estão expostos foi utilizada a norma NBR 13068 – Ruídos interno e externo em carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos (VLT). Esta norma fixa valores de ruídos admissíveis interno e externo em carros metropolitanos e veículos leves sobre trilhos em condições normais de operação e provocadas por eles externamente, nos itens 5.1, 5.1.1 e 5.1.2 estão determinados os valores máximos de nível de pressão que os passageiros e o operador podem se submeter.

Finalmente, para a determinação da dose diária de ruído a que o operador está exposto, a norma NR-15 – Atividades e Operações Insalubres foi utilizada

4. Materiais e Métodos

4.1 Metodologia e Equipamentos

Para realizar o trabalho, foram coletados dados do nível de pressão sonora (NPS) de um vagão do trem e dados da dose diária a que o operador está exposto e comparados com as normas que regem a instrumentação e coleta dos dados.

Para a coleta de dados do NPS e programação dos equipamentos foi utilizada a norma NBR 13067 – Carro Metropolitano e veículo leve sobre trilhos – Determinação dos níveis de ruído. Devido ao veículo estar em contínuo funcionamento, conseqüentemente causando limitações operacionais, os requisitos da medição da norma foram adaptados visando a obtenção dos dados. Desta forma, a quantidade de medições foi suprimida. A altura adotada para a captação do NPS foi de 1,60m, de modo a abranger uma maior quantidade de pessoas; os decibelímetros foram montados nas pontas do vagão: um a 30 cm da cabine do operador do trem e o outro a 30 cm do fim do vagão. A interpretação dos dados foi regida pela NBR 13068 – Ruídos Internos e externos em carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos (VLT). Um esquema de como foram posicionados os decibelímetros no trem está ilustrado na Figura 4.1.

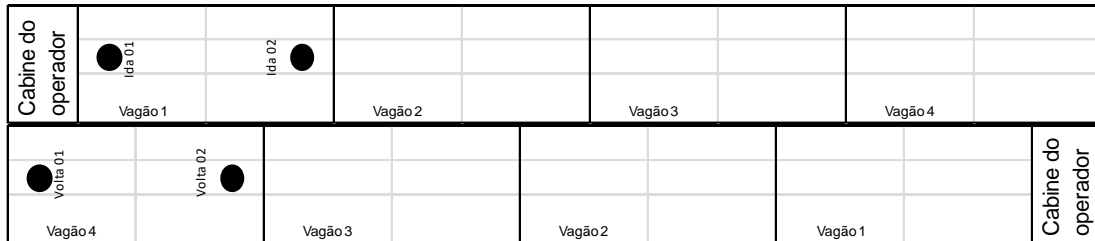


Figura 4.1 – Posicionamento dos decibelímetros no trem no trajeto de ida e volta.

A coleta dos dados começou na estação Mercado até a última estação de Novo Hamburgo. O vagão utilizado como o local da coleta de dados foi o primeiro do comboio durante toda a viagem de ida até a última estação de Novo Hamburgo. O mesmo vagão foi utilizado na viagem de volta, sendo, desta vez, o último do comboio, totalizando duas viagens completas.

Os dispositivos de medição para o NPS foram dois decibelímetros (Figura 4.2) de classe 1, da marca Brüel and Kjaer, dois tripés e uma planilha de anotações.



Figura 4.2 – Decibelímetro da marca Brüel and Kjaer utilizado para as medições do NPS.

Os decibelímetros foram fixados em tripés, posicionados na linha central em relação ao eixo longitudinal do vagão, a uma distância de 30 cm das paredes que formam as extremidades do vagão. A NBR 13067 designa que a altura dos decibelímetros que captam o ruído percebido pelos passageiros que estão em pé deve ser de 1,60m em relação ao piso. Desse modo, os dois decibelímetros utilizados foram mantidos a esta altura durante toda a viagem de ida e de volta, tendo em vista que o número de passageiros em pé é superior ao número de passageiros sentados. A Figura 4.3 mostra a altura em relação às pessoas dentro do vagão.



Figura 4.3 – Decibelímetros fixados em tripés, a 1,6m do piso, na linha central ao eixo longitudinal.

Os decibelímetros foram programados para captar os níveis de pressão sonora ponderados em escala (A), obtidos de um em um segundo, num espectro de frequência variado de 16Hz à 16kHz, no circuito de resposta lenta (*slow*), em campo fechado.

O software utilizado para a leitura dos dados captados pelos decibelímetros foi o BZ5503 - *Measurement Partner Suite*, desenvolvido pela empresa Bruel and Kjaer.

O vagão utilizado para o estudo de campo na viagem de ida foi o primeiro vagão da composição, isto é, o mais próximo da cabine do operador. Diferentemente do trem antigo, a cabine do operador tem conexão com a parede do vagão, mostrado na Figura 4.4.



Figura 4.4 – Porta de conexão da cabine do operador com o vagão.

O parâmetro que foi retirado dos decibelímetros e utilizado na avaliação de conforto acústico foi o nível sonoro equivalente de ruído contínuo ponderado em “A” (L_{Aeq}). O nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado na escala A representa o nível de um som contínuo (estacionário) que, em um intervalo de tempo específico, tem a mesma energia sonora de um som em estudo, cujo nível varia com o tempo (ISO 1996/1, 1982). Além de ser utilizado como padrão de análise para o ruído ambiental, o L_{Aeq} também é utilizado na avaliação de exposição ao ruído ocupacional.

Segundo Gerges (2000), o L_{Aeq} representa o potencial de lesão auditiva do nível variável (oscilante) que depende não somente do seu nível como também da sua duração. O L_{Aeq} representa, assim, o nível do ruído contínuo (fixo) ao qual os passageiros do Trensurb estão sujeitos, em várias situações, devido aos diversos tipos de ruídos, sendo equivalentes ao ruído original que é variável.

Na NBR 13068 há a determinação que o maior nível de pressão sonora ponderada dentro de carros metropolitanos é de 80 dB(A).

Para a coleta de dados da dose de ruído a que o operador está exposto utilizou-se um dosímetro de ruídos (DOS 600 – Figura 4.5), que, antes do início da coleta de dados, foi programado para seguir os parâmetros da NR-15. Este dispositivo foi posicionado junto ao corpo do operador durante todo o trajeto de ida e volta do trem.

Para a aquisição de dados da dose de ruído foi utilizada a norma NR-15 – Atividades e Operações Insalubres, que rege as condições de medição e também a interpretação de dados.



Figura 4.5 – Dosímetro DOS 600 utilizado para as medições de dose de ruído.

Em concordância com as normas, o dosímetro foi programado para os seguintes parâmetros:

- Circuito de ponderação – “A”;
- Circuito de resposta – lenta (*slow*);
- Critério de referência – 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas;
- Nível limiar de integração – 80dB (A);
- Faixa de medição mínima – 80 a 115 dB(A);
- Incremento de duplicação de dose = 5 ($q = 5$);
- Indicação de ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).

O dosímetro foi posicionado na cintura do operador com o microfone para a aquisição da dose de ruído fixado na lapela de sua camisa, estando, deste modo, dentro da zona auditiva dos operadores durante todo o tempo que durou cada uma das viagens.

Para a avaliação da dose de ruído, obtiveram-se dois resultados: a dose de ruído na viagem de ida e a dose de ruído na viagem de volta. Os resultados das medições já apresentam equalização dos dados medidos com os avaliados na Norma, desse modo, não houve necessidade de qualquer outra ação a não ser a comparação direta com os valores previstos.

4.2 Modelo do Trem Analisado

A Trensurb é composto por um frota de trens antigos e trens novos. Após reuniões com o professor orientador Juan Pablo e a aluna Laura Casagrande Testa, juntamente com apoio dos engenheiros da empresa, optou-se por fazer um estudo de ruído dos novos trens, por não ter nenhum estudo sobre eles e também para fazer uma breve comparação com o ruído dos trens antigos.

As medições foram realizadas em condições normais de operação do trem: presença de passageiros e velocidade média de 70 km/h ao longo de todo o trajeto.

A extensão que a Trensurb trabalha, desde a estação Mercado até a estação Novo Hamburgo é de 43 km, com 22 estações, uma frota de 25 trens do modelo antigo (Série 100) e uma frota de 15 trens do modelo novo (TUEs Série 200) e atendem a seis municípios: Porto Alegre, Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo e Novo Hamburgo.

Os trens utilizados para o estudo foram fornecidos pelo consórcio FrotaPoa, formado por Alstom e CAF. Cada trem tem a denominação de Trem Unidade Elétrico (TUE) constituído de quatro carros, sendo dois carros motores MA e MB, nas pontas e dois carros reboques RA e RB, no meio. A composição básica é constituída de MA-RA-RB-MB, podendo ser operado em unidade simples, como também em até três unidades acopladas (12 carros).

Os diferenciais dos novos trens em relação aos trens antigos são:

- Gasto energético 30% inferior;
- Sistema de ar condicionado automatizado;
- Truques com freio a disco, pastilhas e com ABS – controle de frenagem para evitar o “calo” (travamento das rodas);
- Sistemas de tração com regeneração de energia na frenagem – mais econômicos, consumindo menos energia de tração (30 a 40%);
- Facilidade de circulação entre carros com o uso do gangway (passagem livre entre os carros).



Figura 4.6 – Trem novo (a) e trem velho (b) da empresa Trensubr.

5. Resultados

Primeiramente, na seção 5.1, foram verificados os valores de NPS a que os passageiros estão submetidos. A verificação destes valores se deu através de gráficos e tabelas e posteriormente comparados com os valores permissíveis definidos pela norma. Também foram verificadas as ocorrências destes valores, horários, estações em que aconteceram e também comparação com as medições do trem antigo.

No item 5.2 foi feito o cálculo e análise do nível de exposição normalizada a que os passageiros estão expostos, desta vez verificando se estariam expostos a níveis admissíveis de ruído caso as viagens correspondessem a uma jornada de 8 horas de trabalho.

Finalmente, na seção 5.3, foi analisada a dose de ruído e a dose de ruído para uma jornada de 8 horas de trabalho a que o operador do trem esteve exposto. Foram consideradas as viagens de ida e de volta, sentido Mercado Público/Novo Hamburgo e sentido Novo Hamburgo/Mercado Público, respectivamente, e, posteriormente, comparadas com os valores admissíveis pela norma NR-15.

5.1 Resultados para o NPS dos passageiros

Como já explicado no item 4.1, foram utilizados dois decibelímetros no mesmo vagão, diferindo apenas na posição dos mesmos. Por essa razão, quatro projetos foram obtidos e analisados: dois na ida e dois na volta. Para melhor entendimento, foram convencionados nomes aos projetos: *Ida 01*, para o decibelímetro na viagem de ida mais próximo a cabine, *Ida 02*, para o decibelímetro na viagem de ida mais afastado da cabine, *Volta 01*, para o decibelímetro na viagem de volta mais próximo a cabine e de *Volta 02*, para o decibelímetro na viagem de volta mais afastado da cabine.

5.1.1 Projeto de Ida

A seguir é apresentada a Tabela 5.1, onde são mostradas as faixas de ruído, as ocorrências e a porcentagem de ocorrência. Os valores de faixa de ruído foram os seguintes: menores ou iguais a 65 dB(A) (considerada região de conforto), menores ou iguais a 80 dB(A) (região de segurança e saúde), entre 80 dB(A) e 85 dB(A) e maiores que 85 dB(A).

Tabela 5.1 – Faixa de valores de LAeq para o projeto Ida 01 e Ida 02

Ida 01			Ida 02		
Faixas de ruído	Ocorrências	Porcentagem	Faixas de ruído	Ocorrências	Porcentagem
LAeq ≤ 65,00	382	11,82%	LAeq ≤ 65,00	505	15,21%
LAeq ≤ 80,00	2822	87,34%	LAeq ≤ 80,00	2776	83,64%
80,00 < LAeq ≤ 85,00	24	0,74%	80,00 < LAeq ≤ 85,00	35	1,05%
LAeq >85,00	3	0,10%	LAeq >85,00	3	0,10%
Total	3231	100%	Total	3319	100%
LAeq > 80,00	27	0,83%	LAeq > 80,00	38	1,14%

Após análise dos dados do decibelímetro, verificou-se que o nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, LAeq, na maioria dos pontos do trajeto do Trensurb, na ida, ficaram abaixo do nível permissível pela norma NBR13068, de 80 dB(A), para ambas as extremidades do vagão, como mostra a Tabela 5.1.

Observando a Tabela 5.1, vê-se que dos dados totais obtidos, apenas 0,83% das ocorrências, para o decibelímetro mais próximo da cabine, ficaram em níveis inaceitáveis (maiores que 80 dB(A)), podendo gerar danos à saúde dos passageiros. Para o decibelímetro mais afastado da cabine, 1,14% das ocorrências ficaram em níveis inaceitáveis.

Considerando o valor limite para conforto acústico, pode-se perceber em que no maior tempo a viagem é considerada acusticamente confortável aos passageiros.

Os gráficos gerados para cada projeto, juntamente com a linha de tendência gerada para cada um, são apresentados nas Figuras 5.1 e 5.2. Neles, percebe-se que os níveis de pressão sonora aumentam com o avanço da trajetória e atingem seus valores máximos em três momentos diferentes, tanto no decibelímetro mais próximo da cabine quanto no mais afastado.

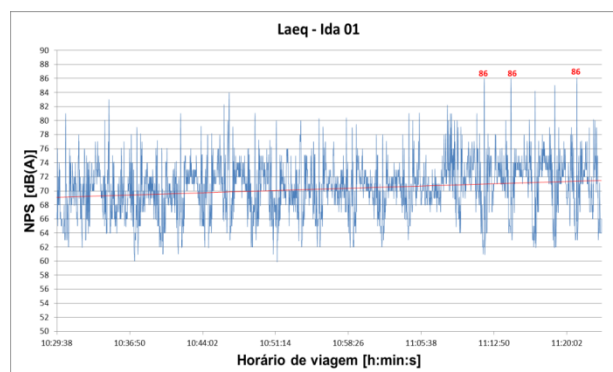


Figura 5.1 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Ida 01.

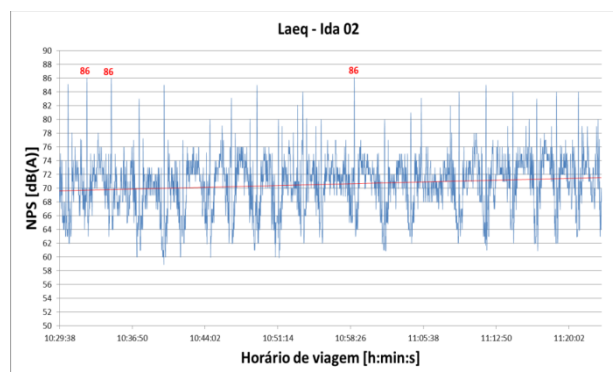


Figura 5.2 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Ida 02.

Estes três instantes de tempo em cada projeto correspondem a seis horários diferentes: 11h 11min, 11h 14min e 11h 21min para a Ida 01 e 10h 32min, 10h 34min e 10h 58min para a Ida 02. A Figura A.3 do apêndice indica que para o Ida 01, estes horários correspondem às estações São Leopoldo, Rio dos Sinos e Fenac, respectivamente e, pelas anotações feitas durante a viagem, foram neste exatos momentos onde ocorreu a frenagem do trem ou até mesmo a passagem de outro trem no momento em que a porta do trem estava aberta para a entrada dos passageiros no trem. O mesmo ocorre com o Ida 02, para os horários onde houve o maior pico, correspondentes às estações Rodoviária e Esteio, respectivamente.

Na Figura 5.3 pode-se ver uma breve comparação do novo trem com o antigo. Esta comparação é feita quanto ao número de ocorrências das faixas de ruído analisadas, como é mostrado na Tabela 5.1.

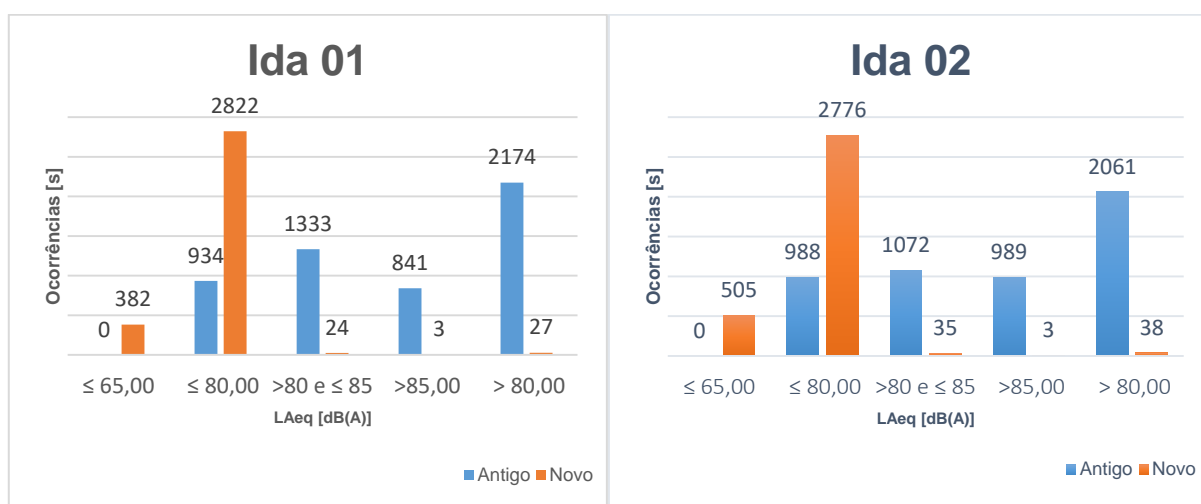


Figura 5.3 – Comparação das ocorrências das faixas de ruído do trem antigo e do trem novo.

Os dados das ocorrências para os trens antigos foram retirados do trabalho do Strauch (2016), em que ele fez os mesmos procedimentos que foram apresentados neste trabalho, apenas diferindo os trens, que foram os antigos.

Segundo Strauch (2016), um dos motivos para o aumento dos valores de NPS é devido à piora e/ou alterações das condições da via utilizada pelo Trensurb. Pode-se inferir que, um dos principais motivos para a redução das ocorrências das faixas de ruído elevadas, é devido as janelas dos novos trens permanecerem fechadas durante todo o trajeto, impedindo que a maior parte do ruído externo prejudique os passageiros.

5.1.2 Projeto de Volta

Para o projeto de volta foi utilizada a mesma metodologia do que no projeto de ida. Os valores de pico foram semelhantes, os trechos onde estes picos ocorrem diferem por causa da passagem de outro trem no momento da abertura das portas do vagão. A porcentagem de ocorrências acima de 80 dB(A) continua baixa. Os valores são representados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Faixa de valores de LAeq para o projeto Volta 01 e Volta 02

Volta 01			Volta 02		
Faixas de ruído	Ocorrências	Porcentagem	Faixas de ruído	Ocorrências	Porcentagem
LAeq ≤ 65,00	492	14,26%	LAeq ≤ 65,00	669	18,92%
LAeq ≤ 80,00	2917	84,55%	LAeq ≤ 80,00	2834	80,17%
80,00 < LAeq ≤ 85,00	39	1,13%	80,00 < LAeq ≤ 85,00	31	0,87%
LAeq >85,00	2	0,06%	LAeq >85,00	1	0,04%
Total	3450	100%	Total	3535	100%
LAeq > 80,00	41	1,18%	LAeq > 80,00	32	0,90%

A mesma análise utilizada para o trajeto de ida foi utilizada para o trajeto de volta. Assim como no trajeto de ida, o nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, LAeq, na maioria dos pontos do trajeto da Trensurb, ficaram abaixo do nível permitido pela norma NBR13068, de 80 dB(A), para ambas as extremidades do vagão, como é mostrado na Tabela 5.2. A tabela também mostra que do total de dados obtidos, apenas 0,06% das ocorrências, para o decibelímetro mais próximo da cabine, ficaram em níveis inaceitáveis (maiores que 80 dB(A)), podendo gerar danos à saúde dos passageiros. E para o decibelímetro mais afastado da cabine, 0,90% das ocorrências ficaram em níveis inaceitáveis.

Os gráficos para os dois projetos de volta são mostrados abaixo.

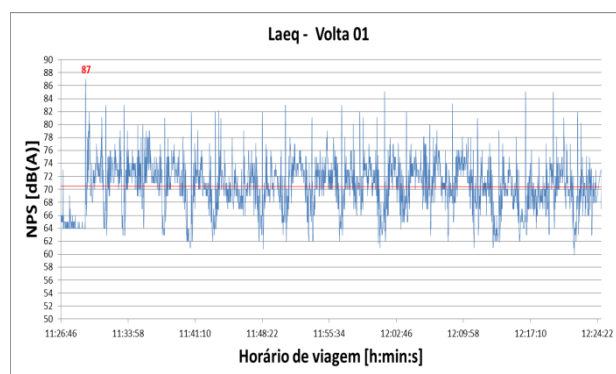


Figura 5.4 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Volta 01.

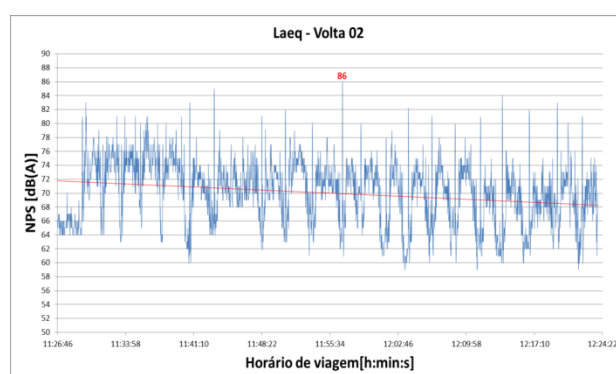


Figura 5.5 – Gráfico do comportamento dos NPS pelo tempo para o projeto Volta 02.

Os três horários em que houve picos de 86 dB(A) e 87 dB(A) correspondem a dois horários diferentes: para o decibelímetro mais próximo da cabine, 11h 29 min, horário em que o trem partiu da estação de Novo Hamburgo, e, para o decibelímetro mais afastado da cabine, 11h 56min, horário correspondente à estação Petrobrás e houve esse pico de ruído devido à frenagem do trem.

A Figura 5.6 mostra a comparação das ocorrências das faixas de ruído do trem novo e do trem antigo.

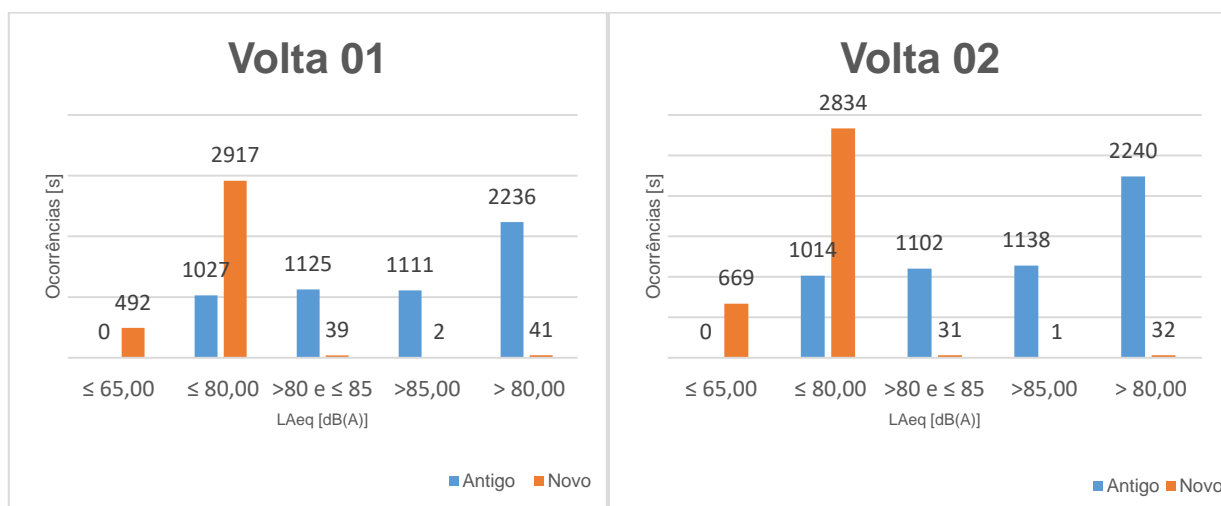


Figura 5.6– Comparação das ocorrências das faixas de ruído do trem antigo e do trem novo.

5.2 Cálculo de Nível de Exposição Normalizada

As normas NR-15 e NHO 01 dizem que apenas níveis de pressão sonora acima de 85 dB(A) e 80 dB(A), respectivamente, devem ser considerados para o cálculo de nível de exposição. Como a NHO 01 tem um incremento menor do que a NR-15, ela torna-se mais conservadora, conseqüentemente preservando mais o trabalhador, fornecendo um valor de dose diária mais alta para a mesma jornada de trabalho. Isto pode ser visto nas Figuras A.1 e A.2 do anexo.

Devido a NHO 01 ser mais cautelosa, adotou-se a mesma para a análise dos valores obtidos dos cálculos de NE e NEN, conforme equações (2) e (3), respectivamente.

A Tabela 5.3 abaixo expressa o resultado da análise para os quatro projetos.

Tabela 5.3 – Nível de exposição normalizada para os quatro projetos.

Projeto	Dose Diária (D) [%]	Nível de Exposição (NE) [dB]	Nível de Exposição (NE) [dB] - Antigo	Nível de Exposição Normalizada para 8h de trabalho (NEN) [dB]	Nível de Exposição Normalizada para 8h de trabalho (NEN) [dB] - Antigo
Ida 01	8,00	63,53	84,60	54,04	75,00
Ida 02	10,43	64,67	85,8	55,18	76,1
Volta 01	8,00	63,16	85,20	54,09	75,60
Volta 02	9	64,39	85,8	54,9	76,61

Percebe-se pelos dados acima que, se os passageiros do Trensurb ficassem expostos por 8h contínuas aos níveis de pressão sonora resultantes do cálculo do NEN, estariam seguros, sem risco de insalubridade, visto que os valores calculados ficaram dentro da faixa permissível indicada pelas normas vigentes.

Fazendo uma breve comparação entre os valores obtidos com os valores obtidos dos trens antigos, observa-se que há, aproximadamente, uma redução de 25% no nível de exposição a que os passageiros estão expostos.

5.3 Resultados para Dose de Ruído do Condutor

O dosímetro utilizado já fornece diretamente os dados de exposição medidos em campo. Pode-se fazer uma análise direta dos dados obtidos para a verificação dos mesmos com os valores considerados aceitáveis.

Tabela 5.4 – Dose de ruído diária e para jornada de trabalho de 8h para a norma NR-15.

Dose de ruído				
Parâmetros	Ida	Ida - Antigo	Volta	Volta - Antigo
Tempo de viagem	0h55min	0h56min	0h59min	01h05min
Dose diária	2,15%	13,15%	2,48%	3,58%
Dose diária para 8h	18,30%	70,40%	22,00%	61,00%

Pode-se ver claramente pela Tabela 5.4 que os valores de dose diária ficaram abaixo de 100%, o limite de exposição permitido para a duração da viagem. Mesmo convertida para uma jornada de trabalho de 8h, o valor da dose continua dentro do limite e com valor muito baixo.

Para a viagem de volta há um pequeno aumento da dose, devido a volta ter um fluxo de pessoas maior e durar alguns minutos a mais. Outra explicação é a troca de operador do trem, fato que influencia no nível de ruído emitido pelo trem.

Como todos os valores de dose, tanto a diária como a diária para uma jornada de trabalho de 8h ficaram bem abaixo de 50%, não há a necessidade de tomar nenhuma medida preventiva para a diminuição da dose a que o condutor do trem está exposto.

Fazendo uma breve comparação entre os valores obtidos com os valores obtidos dos trens antigos, observa-se que há, aproximadamente, uma redução de 42% na dose diária e 75% na dose diária para 8 horas a que o operador do trem está exposto.

6. Conclusões

Neste trabalho foi apresentado o estudo do ruído interno para a avaliação do conforto dos passageiros e também a avaliação da dose de ruído a que o operador do trem está exposto.

Pode-se afirmar que aproximadamente 15% das ocorrências das faixas de ruído ficaram abaixo de 65 dB(A), valor estabelecido pela norma europeia para o conforto dos passageiros, de acordo com Lage, 2003.

Segundo tabelas e gráficos apresentados neste trabalho, mais de 80% das ocorrências das faixas de ruído ficaram abaixo ou de 80 dB(A), valor estabelecido pela NBR 13068 para uma região de segurança e saúde dos passageiros, enquanto, para os trens antigos, apenas 30% dessas ocorrências ficavam abaixo deste valor. Mais de 65% das medições, para os trens antigos, ficaram acima de 80 dB(A).

Ainda observando os gráficos, vê-se alguns picos de NPS tanto para o trajeto de ida como o trajeto de volta. Estes picos de NPS são explicados pela partida do trem da estação, freada do trem e também quando há a passagem de outro trem ao lado do mesmo quando as portas dos vagões são abertas para a saída e entrada dos passageiros, ou, até mesmo, devido ao ruído externo (carros, pessoas, construções).

Quanto ao nível de exposição normalizada para uma jornada de trabalho de 8 horas, os valores ficaram abaixo dos 85 dB(A), conforme a NHO-01. Isto indica que os passageiros não estariam expostos a uma atividade insalubre.

Quanto a dose de ruído a que os operadores do trem estão expostos, verificou-se que a cabine do trem está em condições satisfatórias, não excedendo a dose de 100%, seja qual for a jornada de trabalho.

Conclui-se, portanto, que o trem não apresenta risco de insalubridade aos seus operadores nem aos passageiros, de acordo com a NBR 13068.

Fazendo uma comparação com os dados obtidos para a dose de ruído a que o operador está exposto com o trem antigo, observa-se que há uma redução de 42% e 75% para a dose diária e para a dose diária para 8 horas, respectivamente, a que o operador do trem está exposto. Quanto ao nível de exposição normalizada a que os passageiros estão expostos, a redução foi de 25%.

Strauch, 2016, propôs a climatização dos vagões e selamento das janelas para evitar ao máximo que o ruído externo passe para o interior do trem. Esta proposta mostrou-se satisfatória, sabendo que os novos trens têm climatização e as janelas dos mesmos não são abertas em nenhum momento.

Analisar o NPS na cabine do operador, analisando as ocorrências das faixas de ruído e também instalando um acelerômetro embaixo do trem, para avaliar o quanto a mudança de operador influencia no ruído emitido pelo trem, são propostas para um trabalho futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA EUROPÉIA PARA A SEGURANÇA E A SAÚDE NO TRABALHO. “**O impacto do ruído no trabalho**”. Bélgica, 2005. Acessado: 20/11/2017.

ALMEIDA, S. I. C. de et al., “**História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído**”., Revista Brasileira de Otorrinolaringologia. Vol. 46, n. 2. São Paulo: 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. “**NBR 13067: Carro Metropolitano – Determinação dos Níveis de Ruído**”. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. “**NBR 13068: Ruídos internos e externos em carro metropolitano e veículo leve sobre trilho (VLT)** ”. Rio de Janeiro, 1997.

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

DIREÇÃO GERAL DAS POLÍTICAS INTERNAS DA UNIÃO, DEPARTAMENTO TEMÁTICO B: POLÍTICAS ESTRUTURAIS E DE COMANDO. “**Reduzir a poluição sonora no setor ferroviário**”. Bruxelas, 2012. Disponível em: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2012/474533/IPOLTRAN_ET\(2012\)474533\(SUM01\)_PT.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2012/474533/IPOLTRAN_ET(2012)474533(SUM01)_PT.pdf) . Acessado: 12/10/2017.

FEDOZZI, L. J.; SOARES, P. R. R. (2015). “**Porto Alegre: transformações na ordem urbana**”. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório de Metrôpoles.

GERGES, S., “**Ruídos: Fundamentos e Controle**”, Florianópolis : NR Editora, 2000.

IIDA, I., “**Ergonomia – Projeto e Produção**”, 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1996/1: **Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures**, 1996/1. Suíça, 1982. 5p.

LAGE, J.T. “**Níveis de Ruído no Interior de Trens Metropolitanos – Caso São Paulo**”. Campinas: 2003. Disponível:

http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao574/Art_Metroferroviaria.pdf. Acessado: 08/09/2017.

MENDES, M. H.; CATAI, R. E.; ALBERTI, M. E. **“Avaliação dos níveis de pressão sonora aos quais músicos de uma banda estão expostos”**. Curitiba: 2009. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/download/270/345>. Acessado 20/11/2017.

NHO-01. **“Normas de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico – Avaliação da Exposição Ocupacional do Ruído”**. 2001

NR-15. **“Norma Regulamentadora No.15. Atividades e operações Insalubres”**. 2014. <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/br15.html>. Acessado 02/10/2017.

PONZETTO, G., . **“Mapa de riscos ambientais – NR-5”**, 2ª Edição. São Paulo: Editora LTR, 2007.

RUIZ, C. de A. et al., **“Manual de Consenso – O estudo do Ruído”**, São Paulo, 2000. Disponível em <www.higieneocupacional.com.br/download/ruído-conrado.doc>. Acessado: 06 de outubro de 2017.

STRAUCH, R. G., **“Análise de ruído interno para avaliação de conforto os passageiros do Trensurb e avaliação da dose de ruído a que o operador do trem está exposto”**, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

Nível de ruídoB(A)	Tempo máximo diário permissível (Tn) (minutos)
80	1.523,90
81	1.209,52
82	960,00
83	761,95
84	604,76
85	480,00
86	380,97
87	302,38
88	240,00
89	190,48
90	151,19
91	120,00
92	95,24
93	75,59
94	60,00

Figura A.1 – Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído da NHO 01.

NIVEL DE RUÍDO DB (A)	MAXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Figura A.2 – Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído da NR -15.

IDA		
ESTAÇÕES	ARRANCADA	PARADA
Mercado	10:30	
Rodoviária		10:32
	10:34	
São Pedro		10:34
	10:36	
Farrapos		10:37
	10:37	
Aeroporto		10:39
	10:40	
Anchieta		10:41
	10:42	
Niterói		10:43
	10:44	
Fátima		10:46
	10:46	
Canoas/La Salle		10:48
	10:49	
Mathias Velho		10:51
	10:51	
São Luis/ULBRA		10:53
	10:53	
Petrobrás		10:55
	10:55	
Esteio		10:58
	10:59	
Luiz Pasteur		11:01
	11:01	
Sapucaia		11:04
	11:04	
Unisinos		11:08
	11:09	
São Leopoldo		11:11
	11:12	
Rio dos Sinos		11:14
	11:14	
Santo Afonso		11:16
	11:17	
Industrial		11:18
	11:19	
Fenac		11:20
	11:21	
Novo Hamburgo		11:23

Muito carro!

Passou por trem

Excesso de ruído externo

Passou por trem

Figura A.3 – Planilha de horários para as estações no trajeto de ida.

VOLTA		
ESTAÇÕES	ARRANCADA	PARADA
Novo Hamburgo	11:30	
Fenac		11:31
	11:31	
Industrial		11:33
	11:33	
Santo Afonso		11:35
	11:35	
Rio dos Sinos		11:37
	11:38	
São Leopoldo		11:40
	11:40	
Unisinos		11:43
	11:43	
Sapucaia		11:48
	11:48	
Luiz Pasteur		11:50
	11:51	
Esteio		11:53
	11:53	
Petrobrás		11:56
	11:57	
São Luis/ULBRA		11:58
	11:59	
Mathias Velho		12:01
	12:01	
Canoas/La Salle		12:03
	12:04	
Fátima		12:06
	12:06	
Niterói		12:08
	12:08	
Anchieta		12:11
	12:11	
Aeroporto		12:13
	12:13	
Farrapos		12:16
	12:16	
São Pedro		12:19
	12:19	
Rodoviária		12:21
	12:22	
Mercado		12:23

Ruído intenso após arrancada

Passou por trem

Passou por trem

Ruído intenso após arrancada

Figura A.4 – Planilha de horários para as estações no trajeto de volta.