

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

LEVANTAMENTO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EM UMA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO E AVALIAÇÃO DA DOSE DE RUÍDO

por

Renato Grass Pedrozo

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 Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, Julho de 2019



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

LEVANTAMENTO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EM UMA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO E AVALIAÇÃO DA DOSE DE RUÍDO

por

Renato Grass Pedrozo

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

Prof<sup>a</sup>. Mario Roland Sobczyk Sobrinho  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Mecânica dos Sólidos**

Orientador: Prof. Dr. Juan Pablo Raggio Quintas

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Herbert Martins Gomes

Prof. Dr. Jakson Manfredini Vassoler

Prof. Dr. Juan Pablo Raggio Quintas

Porto Alegre, 08 de Julho de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, por me concederem uma educação de qualidade e por estarem sempre ao meu lado.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela excelência do ensino prestado.

Agradeço aos meus amigos e colegas que estiveram comigo durante essa longa jornada.

Agradeço ao Prof. Juan Pablo Raggio Quintas que, sempre que necessário, esteve à disposição para aconselhamento e esclarecimento de dúvidas e questionamentos.

Agradeço aos operadores da Estação de Tratamento de Esgoto Serraria pela colaboração e por disponibilizarem o seu espaço de trabalho para a realização das medições propostas para este trabalho.

PEDROZO, R. G. “**Levantamento do Nível de Pressão Sonora em uma Estação de Tratamento de Esgoto e Avaliação da Dose de Ruído**”. 2019. 15p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

## **RESUMO**

O presente trabalho apresenta um levantamento do nível de pressão sonora de uma estação de tratamento de esgoto. A dose de ruído a que os trabalhadores estão expostos também foi medida e comparada com os valores determinados pela Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres (NR-15) e pela Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01). O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Esgoto da Serraria, na cidade de Porto Alegre. Para a avaliação do ruído gerado na estação, foram realizadas medidas, utilizando um decibelímetro, próximo aos equipamentos considerados fontes de ruído. Por tratar-se de uma medida de ruído ocupacional, avaliaram-se os níveis sonoros equivalentes de ruído contínuo, LAeq na escala A. No geral, os resultados apresentaram valores acima dos permitidos segundo as normas, justificando a necessidade do uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI). Os valores das doses de ruído obtidos, por intermédio de dosímetros, ficaram abaixo do limite de exposição das normas NR-15 e NHO 01, para uma jornada de trabalho de quatro horas, tempo médio em que os operadores da estação ficam expostos, e para uma jornada de oito horas, não havendo necessidade de intervenção no processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ruído, Estação de tratamento de esgoto, Dose de ruído, NR-15.

PEDROZO, R. G. "**Sound Pressure Leveling in a Sewage Treatment Station and Noise Dose Evaluation**". 2019. 15p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

## **ABSTRACT**

The present work presents a survey of the sound pressure level of a sewage treatment plant. The noise dose to which workers are exposed was also measured and compared to the values determined by Regulatory Standard 15 - Unhealthy Activities and Operations (NR-15) and Occupational Hygiene Standard 01 (NHO 01). The study was carried out at the Sewage Treatment Plant of Serraria, in the city of Porto Alegre. For the evaluation of the noise generated at the station, measurements were made, using a decibel meter, close to the equipment considered sources of noise. Since it was an occupational noise measurement, the equivalent sound levels of continuous noise were evaluated, LAeq in the A scale. Overall, the results presented values above those allowed according to the norms, justifying the necessity of the use of Protective Equipment Individual (EPI). The values of the noise doses obtained through dosimeters were below the exposure limit of standards NR-15 and NHO 01, for a four-hour working day, the average time at which station operators are exposed, and for an eight-hour day, with no need for intervention in the process.

**KEYWORDS:** Noise, Sewage treatment station, Noise dose, NR-15.

## ÍNDICE

	Pág.
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA .....	1
2 OBJETIVO.....	1
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
3.1 O RUÍDO E SEUS EFEITOS.....	2
3.2 NORMAS REGULAMENTADORAS .....	2
3.2.1 NORMA REGULAMENTADORA 15.....	2
3.2.2 NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL 01 (FUNDACENTRO) .....	3
4 METODOLOGIA.....	4
4.1 PLANEJAMENTO DAS MEDIÇÕES .....	4
4.2 INSTRUMENTAÇÃO.....	4
4.3 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO .....	4
4.3.1 CASA DOS SOPRADORES.....	4
4.3.2 SOPRADORES DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	5
4.3.3 CENTRÍFUGAS .....	6
4.4 MEDIÇÕES DAS DOSES DE RUÍDO .....	7
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	8
5.1 RESULTADOS PARA OS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS).....	8
5.1.1 RESULTADOS DE NPS PARA A CASA DOS SOPRADORES.....	8
5.1.2 RESULTADOS DE NPS PARA OS SOPRADORES DO TRATAMENTO PRELIMINAR.....	10
5.1.3 RESULTADOS DE NPS PARA AS CENTRÍFUGAS .....	12
5.1.4 RESULTADOS DE NPS PARA A SALA DE OPERAÇÃO E OFICINA .....	12
5.2 RESULTADOS PARA AS DOSES DE RUÍDO .....	13
5.2.1 RESULTADOS DAS DOSES PARA AS CENTRÍFUGAS.....	13
5.2.2 RESULTADOS DAS DOSES PARA A OFICINA .....	14
6 CONCLUSÕES .....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
ANEXOS .....	16
APÊNDICE.....	14

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1 – Parte interna da Casa dos Sopradores.....	5
Figura 4.2 – Lado externo da Casa dos Sopradores. ....	5
Figura 4.3 – Reservatório em frente aos Sopradores .....	5
Figura 4.4 – Parte de trás dos Sopradores.....	6
Figura 4.5 – Sala de operação da Desidratação.....	6
Figura 4.6 – Centrífugas da Desidratação .....	6
Figura 4.7 – Parte interna da sala de operação .....	7
Figura 4.8 – Espaço improvisado como oficina.....	7
Figura 4.9 – Parte interna da oficina.....	7
Figura 4.10 – Dosímetros posicionados entre os painéis de controle .....	8
Figura 5.1 – LAeq dentro da Casa dos Sopradores.....	9
Figura 5.2 – LAeq em frente a Casa dos Sopradores.....	9
Figura 5.3 – LAeq para um Soprador do Tratamento Preliminar ligado .....	10
Figura 5.4 – LAeq para dois Sopradores do Tratamento Preliminar ligados .....	10
Figura 5.5 – LAeq para três Sopradores do Tratamento Preliminar ligados.....	11
Figura 5.6 – LAeq em frente ao reservatório da ERCA para os três sopradores do Tratamento Preliminar ligados.....	11
Figura 5.7 – LAeq para duas centrífugas ligadas.....	12
Figura 5.8 – LAeq dentro da sala de operação do DMAE .....	13
Figura 5.9 – LAeq dentro da oficina.....	13
Figura A.1 – Sistemas de esgotamento sanitário de Porto Alegre .....	17
Figura A.2 – Esquematização do Sistema de esgotamento Ponta da Cadeia .....	17
Figura A.3 – Vista superior das Centrífugas e projeto de enclausuramento.....	18

## LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 5.1 – Atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A (3M) segundo ANSI S12.6:2008, Método B.....	8
Tabela 5.2 – Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para a Casa dos Sopradores.....	9
Tabela 5.3 – Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para os Sopradores do TP .....	11
Tabela 5.4 – Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para a ERCA .....	11
Tabela 5.5 – Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para as Centrífugas .....	12
Tabela A.1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente pela NR-15.....	16
Tabela A.2 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente pela NHO-01.....	16
Tabela A.3 – Valores globais e máximo tempo de exposição segundo as normas .....	18
Tabela A.4 – Valores das doses de ruído e dos níveis de exposição .....	18



## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 MOTIVAÇÃO**

A questão do saneamento básico é tema prioritário de qualquer município. É dever dos órgãos públicos responsáveis, conferir acesso à água potável para a população, assim como realizar o correto tratamento do efluente gerado pela mesma. A cidade de Porto Alegre dispõe do lago Guaíba, tanto para captação de água para tratamento, quanto para despejo dos efluentes, previamente tratados. O Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) é o órgão responsável por tais processos. Atualmente, cerca de 700.000 habitantes de Porto Alegre têm suas residências conectadas à rede de esgoto, que são constituídas de tubulações espalhadas por toda a cidade, passando por Estações de Bombeamento de Esgoto (EBE's), e chegando nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). A Estação de Tratamento de Esgoto Serraria, inaugurada no ano de 2014, na zona Sul de Porto Alegre, triplicou a capacidade de tratamento de esgoto da cidade, de 27% para 80% (PAC, 2014). A estação é responsável, sozinha, pelo tratamento de cerca de 70% de todo o esgoto tratado na cidade.

A Estação da Serraria faz parte do sistema de esgotamento sanitário Ponta da Cadeia, sistema de tubulações que interliga Estações de Bombeamento, como a EBE Ponta da Cadeia e EBE Cristal, até chegar na ETE Serraria (PISA, 2014). Os sistemas de esgotamento sanitário de Porto Alegre, bem como a esquematização do sistema Ponta da Cadeia, encontram-se esquematizados conforme as Figuras A1 e A2, em anexo (destaque para o Emissário Cristal - Serraria, trecho com cerca de 13 km de tubulação submersa).

A questão do ruído no ambiente de trabalho vem sendo crescentemente discutida e avaliada nos últimos anos. É um fenômeno incomodativo e indesejável, que pode alcançar níveis que são prejudiciais à saúde das pessoas expostas. A saúde do trabalhador tornou-se uma preocupação das empresas, a fim de cumprir as exigências mínimas das normas que regulamentam os níveis de pressão sonora de um local de trabalho e a dose de ruído a que os trabalhadores estão expostos. O maquinário pesado, presente no cenário industrial atual, torna quase que obrigatório o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) por parte dos trabalhadores que se encontram nesses locais. Os EPI's são especificados conforme o tipo e o nível de ruído presente no local de trabalho.

### **1.2 JUSTIFICATIVA**

Por tratar-se de uma estação de grande dimensão, a ETE Serraria possui inúmeros equipamentos industriais para a realização dos processos de tratamento. Alguns destes equipamentos merecem uma atenção especial devido ao alto nível de ruído apresentado pelos mesmos. Os dois principais equipamentos que se destacam são os compressores de ar e as centrífugas, utilizados, respectivamente, para a aeração de tanques, e para a desidratação do lodo. A proposta de levantamento dos níveis de ruído em uma ETE é reforçada por não haver trabalhos precedentes.

## **2 OBJETIVO**

O trabalho tem como objetivo avaliar o nível de ruído que os trabalhadores da Estação de Tratamento de Esgoto da Serraria estão expostos, através do nível de pressão sonora (NPS), obtido junto aos principais focos de emissão de ruído da estação, e através da dose de ruído a que esses trabalhadores estão sujeitos no ambiente de trabalho, comparando os valores obtidos com os parâmetros definidos pela NR-15 – Atividades e Operações Insalubres, e pela Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 01.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O RUÍDO E SEUS EFEITOS

A sociedade moderna tem multiplicado as fontes de ruído e aumentado o seu nível de pressão sonora (Santos e Santos, 2009). O ruído é uma das formas de poluição mais frequentes no meio industrial. 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.

Conforme Gerges, 2000, “som é definido como variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e bandas de frequências aos quais o ouvido responde”, sendo o ruído associado a um som desagradável e indesejável. O ruído é um fenômeno físico que indica uma mistura de sons, cujas frequências não seguem uma regra precisa.

Bistafa, 2011, esclarece que há dois tipos básicos de perda de audição: a condutiva e a neurossensorial. Na perda de audição condutiva, as lesões ocorrem fora da cóclea, podendo ser, tanto na orelha externa quanto média, e podem ser compensadas pelo auxílio de próteses auditivas. Já na perda da audição neurossensorial, as lesões são causadas na cóclea, podendo ser repentinas ou graduais. As repentinas podem ser provocadas por doenças (infecções, meningite, esclerose, caxumba, etc.), lesão craniana, uso de drogas que afetam o sistema nervoso central e trauma acústico. E, nas graduais, as principais causas são as neurites, os tumores, a surdez por envelhecimento e a surdez induzida por ruídos.

Conforme Gerges, 2000, os danos à audição são causados não somente pelo nível de ruído, mas também pelo tempo de exposição a este ruído. O nível de intensidade equivalente é definido pela ISO1996/1 (1982), através da equação (3.1), por:

$$Leq = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \times 10^{\frac{L_i}{10}} \right] [dB] \quad (3.1)$$

Onde T equivale ao tempo total, em unidade de tempo,  $L_i$  representa o NPS (Nível de Pressão Sonora), em dB, e  $T_i$  o tempo de exposição ao ruído, em unidade de tempo.

O nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado na escala A, ou LAeq, 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).

O LAeq 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 os trabalhadores na indústria estão sujeitos, objetivo deste trabalho.

#### 3.2 NORMAS REGULAMENTADORAS

##### 3.2.1 NORMA REGULAMENTADORA 15

A Norma Regulamentadora 15 (NR-15) descreve as atividades, operações e agentes insalubres, inclusive seus limites de tolerância, e define as situações que, vivenciadas pelos trabalhadores nos postos de trabalho, demonstrem a caracterização do exercício insalubre e também os meios de os proteger das exposições nocivas à saúde. Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos (artigo 189/CLT).

De acordo com a NR-15, os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibels (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (*Slow*). As leituras devem ser feitas próximas à posição e altura em que se encontra o ouvido do operador.

O tempo de exposição a determinado nível de pressão sonora não deve ultrapassar os limites estabelecidos pela Tabela A.1, em anexo A. Caso os níveis de ruído tenham valores intermediários aos valores da Tabela A.1, o tempo máximo diário permissível será calculado por:

$$T = \frac{8}{2^{(Leq-CR)/q}} [h] \quad (3.2)$$

Onde  $Leq$  equivale ao nível de intensidade equivalente, em dB(A), CR representa o critério de referência, em dB(A) (igual a 85 dB(A) para uma jornada de 8 (oito) horas), e  $q$  representa o incremento de duplicação de dose, (igual a 5 (cinco) para a NR-15).

Para a avaliação da dose de ruído, a NR-15 não contabiliza exposições a ruídos de níveis inferiores a 85 dB(A). Caso ocorram dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados de forma que a soma das frações abaixo (equação 3.3) não ultrapasse a unidade, sendo o limite de exposição diária ao ruído, correspondente a uma dose diária igual a 100%. Caso esse limite seja ultrapassado, é caracterizada insalubridade para o trabalhador exposto a tais condições.

$$Dose\ Diária = \left( \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \times 100 [\%] \quad (3.3)$$

Onde  $C_n$  é o tempo total que o trabalhador é exposto a um nível de ruído específico e  $T_n$  é a máxima exposição diária permissível a este nível de acordo com a Tabela A.1. Para determinar o nível de exposição, é utilizada a equação (3.4), válida também para a NHO 01.

$$NE = 10 \times \log \left( \frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100} \right) + 85 [dB(A)] \quad (3.4)$$

Onde  $T_E$  é o tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho,  $D$  é a dose diária de ruído, em porcentagem, e  $NE$  é o nível de exposição em dB(A).

### 3.2.2 NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL 01 (FUNDACENTRO)

A Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que implique risco potencial de surdez ocupacional. A norma aplica-se à exposição ocupacional a ruído contínuo ou intermitente (caso deste trabalho) e a ruído de impacto, em quaisquer situações de trabalho.

De acordo com NHO 01 (2001, p.14), "O critério de referência que embasa os limites de exposição diária adotados para ruído contínuo ou intermitente corresponde a uma dose de 100% para exposição de 8 (oito) horas ao nível de 85 dB(A). O critério de avaliação considera, além do critério de referência, o incremento de duplicação de dose ( $q$ ) igual a 3 (três) e o nível limiar de integração igual a 80 dB(A)".

De acordo com a norma, a exposição ocupacional ao ruído pode ser determinada através da equação (3.5).

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{3}\right)} \quad (3.5)$$

Onde  $T_E$  é o tempo de duração da jornada diária de trabalho, em minutos,  $D$  é a dose diária de ruído, em porcentagem, e  $NE$  é o nível de exposição em dB(A).

A medição da exposição de um trabalhador ao ruído pelo método da dose deve ser determinada preferencialmente utilizando um medidor integrador de uso pessoal. Porém, na impossibilidade da utilização de um medidor integrador de uso pessoal, pode ser determinada utilizando medidor portado pelo avaliador.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 PLANEJAMENTO DAS MEDIÇÕES

O procedimento para a realização das medições de ruído iniciou-se com a avaliação dos principais focos de ruído da Estação. Foram escolhidas três localidades com maior nível de pressão sonora: os sopradores de ar da Casa dos Sopradores, os Sopradores de ar do Tratamento Preliminar, e as centrífugas. As medições foram realizadas, com o auxílio de um decibelímetro, fixado em um tripé, a uma altura de 1,60m em relação ao chão (a fim de abranger um número maior de pessoas), próximas aos equipamentos, em regime de operação normal.

Já as doses de ruído foram coletadas em uma oficina mecânica, e entre dois painéis de controle, locais onde são realizados serviços de manutenção, próximos às centrífugas. Para todas as medições, os microfones dos dosímetros estiveram fixos em um tripé, numa altura de 1,20m do chão, simulando a posição do ouvido do operador.

### 4.2 INSTRUMENTAÇÃO

As medidas de NPS foram tomadas com o auxílio de dois decibelímetros de classe 1, da marca Brüel and Kjaer, devidamente posicionados e fixados em tripés. 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 de 16 Hz a 16 kHz, no circuito de resposta lenta (slow), em campo fechado. O programa utilizado para a análise dos dados coletados pelos decibelímetros foi o BZ5503 - Measurement Partner Suite, desenvolvido pela empresa Bruel and Kjaer.

Para a medição da exposição ocupacional dos operadores, foram utilizados dois dosímetros (DOS 500 e DOS 600), para fins de comparação entre a Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres (NR-15) e a Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01). Os mesmos foram fixados em um tripé, para simular como se um operador estivesse no local. A fim de atender as especificações da norma ANSI S1.25 – 1991, os parâmetros gerais dos dosímetros foram ajustados da seguinte forma:

- 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 - 80 dB(A);
- faixa de medição mínima - 80 a 115 dB(A);
- incremento de duplicação de dose = 3 ( $q = 3$ ), para o DOS 600, programado para a NHO 01, e  $q=5$ , para o DOS 500, programado para a NR-15.

### 4.3 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Nesta seção são mostrados os locais onde foram realizadas as medições com os decibelímetros.

#### 4.3.1 CASA DOS SOPRADORES

A medição do nível de pressão sonora iniciou-se em uma das quatro casas de sopradores de ar. É um ambiente fechado que contém 5 (cinco) compressores de ar, estando 2 ligados (regime de operação normal). Foram realizadas duas medições, uma dentro do ambiente, sendo o tripé posicionado em frente a um dos Sopradores ligado, conforme a Figura 4.1, e a outra, centralizada no lado de fora do ambiente, a 6 metros da parede, a fim de avaliar o efeito de atenuação do ruído pelo revestimento interno da casa e dos 4 (quatro) filtros para o ar de entrada na mesma (Figura 4.2).



Figura 4.1 – Parte interna da casa dos Sopradores (Foto do autor).



Figura 4.2 – Lado externo da casa dos Sopradores (Foto do autor).

#### 4.3.2 SOPRADORES DO TRATAMENTO PRELIMINAR

O segundo local selecionado faz parte do Tratamento Preliminar, responsável pela primeira parte do tratamento do esgoto que chega na Estação. No local escolhido, estão 5 (cinco) compressores de ar, semelhantes aos que encontram-se dentro das casas, porém menores e com seus compressores enclausurados, para atenuação do ruído gerado.

As medições foram realizadas em dois pontos, o primeiro, em frente a um pequeno reservatório, chamado de Elevatória de Retorno das Classificadoras de Areia, ou simplesmente ERCA, logo a frente dos sopradores de ar (Figura 4.3), onde se encontram as retenções das tubulações de duas bombas submersas, local onde periodicamente se realiza alguma atividade de manutenção. Esta primeira medição foi realizada com 3 sopradores ligados (regime de operação normal).



Figura 4.3 – Reservatório em frente aos Sopradores (Foto do autor).

O segundo ponto de medição fica centralizado na parte de trás dos sopradores, a 5 (cinco) metros dos mesmos (Figura 4.4), local de circulação constante dos trabalhadores. Nesse ponto, foi avaliado o NPS para o caso de 1, 2 e 3 sopradores ligados, sendo a última situação o regime de operação normal.





Figura 4.4 – Parte de trás dos Sopradores (Foto do autor).

### 4.3.3 CENTRÍFUGAS

O último local avaliado foi na área da Desidratação, local responsável pelo processo de recirculação da parte líquida do lodo gerado na Estação, e descarte da parte sólida, chamada de lodo desidratado. Os equipamentos responsáveis pela separação da parte líquida e sólida são as 3 (três) Centrífugas (Figura 4.6), que encontram-se na parte final do processo. Assim como os Sopradores, as Centrífugas operam em rodízio, estando duas funcionando em um regime de operação normal.

Ao lado das Centrífugas, encontra-se uma sala de operação (Figura 4.5), onde um operador do DMAE fica responsável pelo controle e monitoramento dos equipamentos. Cada operador, em uma jornada de 12 horas, passa, em média, 4 horas dentro dessa sala. Foram medidos, simultaneamente, o NPS do lado de fora da sala, posicionando o tripé com o decibelímetro entre as duas Centrífugas operantes, a 1 metro de distância de cada uma (Figura 4.6), e do lado de dentro, a cerca de 2 metros de onde se encontra o operador, a fim de avaliar o efeito de atenuação das paredes de concreto e da janela (Figura 4.7).



Figura 4.5 – Sala de operação da Desidratação (Foto do autor).



Figura 4.6 – Centrífugas da Desidratação (Foto do autor).



Figura 4.7 – Parte interna da sala de operação (Foto do autor).

Além da sala de operação do DMAE, existe outro espaço, mais afastado das Centrífugas, que os trabalhadores utilizam como uma pequena oficina para atividades de bancada, desmontagem de peças e equipamentos, e afins. Trata-se de um espaço improvisado, contendo apenas divisórias de material composto de madeira e sem teto (Figura 4.8). Pela relativa proximidade com as Centrífugas e, levando em conta que um trabalhador, às vezes, pode passar algumas horas dentro da sala, foi realizada uma segunda medição simultânea, estando um dos decibelímetros posicionados no mesmo lugar entre as duas Centrífugas em operação, e o outro dentro da oficina, a cerca de 1 metro da porta (Figura 4.9).



Figura 4.8 – Espaço improvisado como oficina (Foto do autor).



Figura 4.9 – Parte interna da oficina (Foto do autor).

#### 4.4 MEDIÇÕES DAS DOSES DE RUÍDO

Os níveis de exposição, ou doses de ruído a que os trabalhadores estão expostos foram coletados entre dois painéis de controle que ficam ao lado das Centrífugas (Figura 4.10). O local foi escolhido pelo fato das Centrífugas serem os únicos equipamentos dentre os que foram avaliados no trabalho, que não possuem nenhum tipo de proteção e/ou enclausuramento contra o ruído gerado e, pelo fato de serem realizadas manutenções periódicas nesses painéis. O outro local de medição foi dentro da oficina, no mesmo lugar onde foi realizada a medição com o

decibelímetro (Figura 4.9). Os dosímetros, cada um programado para os parâmetros da sua norma, foram fixados em um mesmo tripé, posicionado nos locais selecionados para a medição. O tempo de medição foi de 2 horas para cada localidade, devido ao tempo de funcionamento limitado das Centrífugas, no período em que foram tomadas as medidas.



Figura 4.10 – Dosímetros posicionados entre os painéis de controle.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se a seguir os resultados obtidos através das medições realizadas na estação.

### 5.1 RESULTADOS PARA OS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA (NPS)

Para cada situação, foram calculados, através da equação (3.1), os valores globais de LAeq, em dB(A), sendo esses valores comparados com os valores previstos nas normas NR-15 (Tabela A.1) e NHO 01 (Tabela A.2), indicando o tempo máximo de exposição ao ruído. Em seguida, foram selecionadas, entre todas as frequências compreendidas pelo decibelímetro, as bandas de oitava (63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz e 8000Hz) e, também através da equação (3.1), foram calculados, para cada uma dessas frequências, os valores do nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado na escala A, ou LAeq, para avaliação da necessidade de uso (ou não) de Equipamento de Proteção Individual (EPI).

O EPI utilizado na Estação é o Protetor Auditivo Tipo Concha H9A, com número do Certificado de Aprovação (CA) igual a 12189, e sua tabela de atenuação consta na Tabela 5.1, sendo o NRRsf o número único de atenuação de protetor auditivo. Introduzindo nesta tabela os valores de LAeq obtidos para cada um dos locais de medição, e aplicando-se o Método Longo, no qual os valores dos desvios padrões de cada frequência são multiplicados por 2 (dois), afim de aumentar o nível de confiança dos valores de atenuação para 98% (Laboratório de Equipamentos de Proteção Individual), descartando o uso do NRRsf. A tabela A.3, no apêndice, mostra os valores globais obtidos de todas as medições, assim como o tempo máximo de exposição (para valores compreendidos pelas normas) para ambas as normas.

Tabela 5.1: Atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A (3M) segundo ANSI S12.6:2008, Método B.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NRRsf
Redução de ruído no ouvido (dB)	12	20	28	31	32	33	31	
Desvio padrão (dB)	2	2	3	3	2	4	4	dB

#### 5.1.1 RESULTADOS DE NPS PARA A CASA DOS SOPRADORES

Para a primeira medição, dentro da Casa dos Sopradores (Figura 4.1), os valores do nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado na escala A (LAeq) obtidos são



apresentados na Figura 5.1. O valor global resultou em 94,8 dB(A). Analisando este valor frente às tabelas A.1 e A.2 das normas NR-15 e NHO 01, respectivamente, contidas nos anexos, observa-se, através da equação (3.6), que o tempo máximo de exposição ao ruído é de 2 horas e 04 minutos (ou 124 minutos) segundo a NR-15, e de 49,87 minutos segundo a NHO 01. Observa-se que, para frequências maiores, os valores de LAeq são mais significativos, principalmente para as frequências de 500Hz, 1000Hz e 2000Hz. Sendo assim, recomenda-se a utilização de EPI cuja atenuação seja maior nessas frequências. Constata-se, através da Tabela 5.2, que o EPI utilizado na estação responde bem aos efeitos do ruído gerado na Casa dos Sopradores, reduzindo substancialmente o NPS do ambiente.

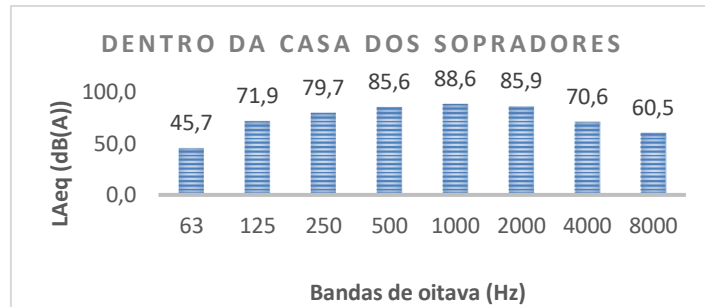


Figura 5.1 - LAeq dentro da Casa dos Sopradores.

Tabela 5.2: Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para a Casa dos Sopradores.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NPS Total:
<b>NPS no ambiente (dB(A))</b>	71,9	79,7	85,6	88,6	85,9	70,6	60,5	94,8 dB(A)
<b>Redução de ruído no ouvido (dB(A))</b>	12	20	28	31	32	33	31	
<b>2x Desvio padrão (dB(A))</b>	4	4	6	6	4	8	8	com EPI:
<b>NPS no ouvido com o EPI</b>	63,9	63,7	63,6	63,6	57,9	45,6	37,5	70 dB(A)

Para a medição do lado de fora da Casa dos Sopradores (Figura 4.2), os valores de LAeq obtidos constam na Figura 5.2, sendo, como esperado, bem mais baixos. O valor global obtido foi de 69,3 dB(A), havendo uma atenuação de 25,5 dB(A) em relação ao valor global de 94,8 dB(A), obtido do lado de dentro da casa. O valor global encontra-se de acordo com ambas as normas, segundo as tabelas A.1 e A.2. Esse fato deve-se, principalmente, pelo fato das quatro aberturas, por onde entra o ar externo, possuírem filtros contendo lã de vidro, componente fabricado em alto forno a partir de sílica e sódio, aglomerados por resinas sintéticas, desenvolvidas especificamente para melhorar o isolamento termo acústico de ambientes.

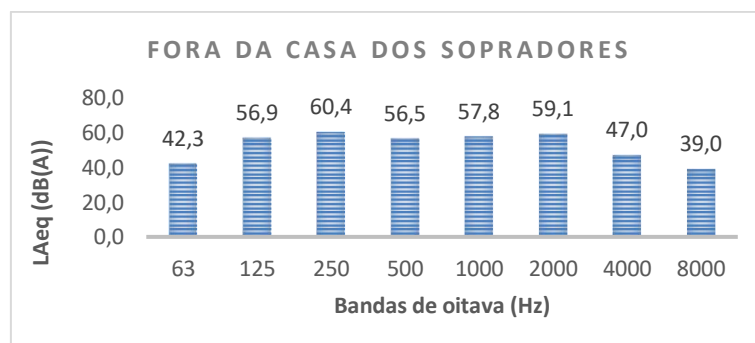


Figura 5.2 - LAeq em frente a Casa dos Sopradores.

### 5.1.2 RESULTADOS DE NPS PARA OS SOPRADORES DO TRATAMENTO PRELIMINAR

Para os Sopradores do Tratamento Preliminar (TP), foram obtidos os valores de LAeq e os valores globais para as três situações, citadas na seção 4.3.2. Para o caso de um Soprador ligado, os valores de LAeq constam na Figura 5.3. O valor global obtido foi de 80,9 dB(A), estando de acordo com a norma NR-15 e tendo como limite de exposição o tempo de 1237,80 minutos para a NHO 01, segundo a equação (3.6). Como a condição operacional na estação é de três sopradores do TP ligados, a análise do EPI foi feita para tal.

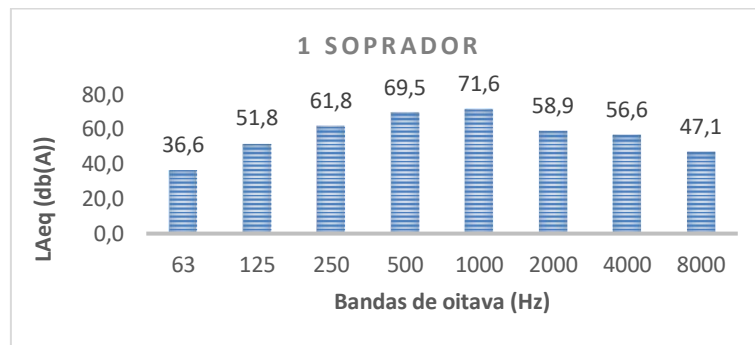


Figura 5.3 - LAeq para um Soprador do Tratamento Preliminar ligado.

Para a situação onde encontram-se dois dos Sopradores ligados, observa-se um aumento de maneira geral dos valores de LAeq em relação à situação com um Soprador ligado, principalmente para a frequência de 1000Hz, conforme a Figura 5.4. O valor global obtido foi de 85 dB(A), sendo o maior tempo de exposição ao ruído, de 8 horas (ou 480 minutos), segundo a tabela A.1, e de 480 minutos segundo a tabela A.2.



Figura 5.4 - LAeq para dois Sopradores do Tratamento Preliminar ligados.

Para o caso operacional, de três Sopradores ligados, o valor global obtido foi de 86,5 dB(A), sendo o maior tempo de exposição ao ruído, de 6 horas e 30 minutos (ou 390 minutos), para a NR-15, e de 339,41 minutos, para a NHO 01, segundo a equação (3.6). A frequência que apresenta a maior contribuição para o ruído gerado segue sendo a de 1000Hz, com um pequeno aumento dos valores de LAeq das frequências vizinhas em relação à situação com dois Sopradores ligados (Figura 5.5). Assim, busca-se um EPI cuja atenuação seja mais alta para a frequência de 1000Hz. O Protetor Auditivo utilizado na estação cumpre com o objetivo, reduzindo o NPS para essa frequência em 25 dB(A), conforme a Tabela 5.3.

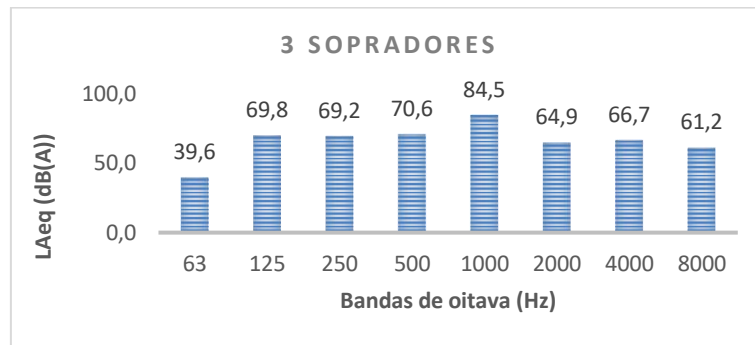


Figura 5.5 - LAeq para três Sopradores do Tratamento Preliminar ligados.

Tabela 5.3: Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para os Sopradores do TP.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NPS Total:
NPS no ambiente (dB(A))	69,8	69,2	70,6	84,5	64,9	66,7	61,2	86,5 dB(A)
Redução de ruído no ouvido (dB(A))	12	20	28	31	32	33	31	
2x Desvio padrão (dB(A))	4	4	6	6	4	8	8	com EPI:
NPS no ouvido com o EPI	61,8	53,2	48,6	59,5	36,9	41,7	38,2	64,3 dB(A)

Para a mesma situação de três Sopradores do Tratamento Preliminar ligados, porém com o decibêmetro posicionado em frente à Elevatória de Retorno das Classificadoras de Areia (ERCA), conforme a Figura 4.3, os valores de LAeq obtidos (Figura 5.6) e o comportamento do espectro de frequências se assemelham aos obtidos na medição anterior, na parte de trás dos Sopradores (Figura 4.4). O valor global obtido foi de 84,7 dB(A), estando de acordo com a norma NR-15 e tendo como limite de exposição o tempo de 514,45 minutos para a NHO 01, segundo a equação (3.6). Como trata-se do mesmo ambiente, com os mesmos equipamentos, o EPI utilizado pode ser o mesmo selecionado na situação anterior, na parte de trás dos Sopradores. A Tabela 5.4 mostra os valores finais de NPS a que o trabalhador fica exposto com o uso do protetor auditivo.

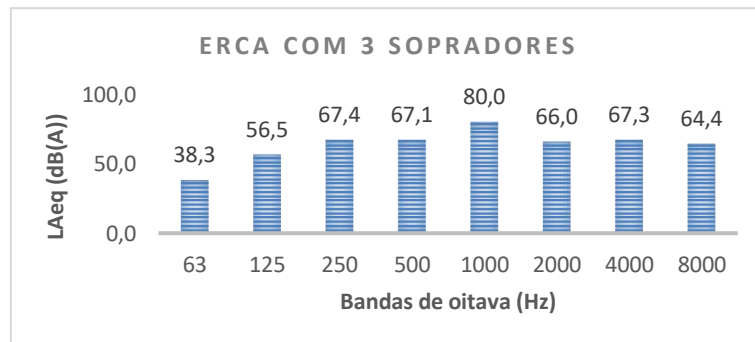


Figura 5.6 - LAeq em frente ao reservatório da ERCA para os três sopradores do Tratamento Preliminar ligados.

Tabela 5.4: Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para a ERCA.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NPS Total:
NPS no ambiente (dB(A))	56,5	67,4	67,1	80	66	67,3	64,4	84,7 dB(A)
Redução de ruído no ouvido (dB(A))	12	20	28	31	32	33	31	
2x Desvio padrão (dB(A))	4	4	6	6	4	8	8	com EPI:
NPS no ouvido com o EPI	48,5	51,4	45,1	55	38	42,3	41,4	57,7 dB(A)

### 5.1.3 RESULTADOS DE NPS PARA AS CENTRÍFUGAS

Para a condição operacional, com duas das três Centrífugas funcionando (Figura 4.6), foram obtidos os valores de LAeq (Figura 5.7) com contribuição maior das frequências mais altas. O valor global obtido foi de 86,5 dB(A), sendo o tempo máximo para a exposição ao ruído, de 6 horas e 30 minutos (ou 390 minutos), para a NR-15, e de 339,41 minutos, para a NHO 01, segundo a equação (3.6). O protetor auditivo utilizado na estação consegue atenuar bem o ruído gerado nas altas frequências, conforme a Tabela 5.5, chegando a 28 dB(A) de redução para a frequência de 2000 Hz, que possui a maior colaboração para o ruído dentro do espectro.

Devido ao fato de as Centrífugas não apresentarem qualquer tipo de proteção contra o ruído gerado, foi proposta uma medida para tal problema, a partir do enclausuramento das mesmas. A ideia é isolar a área de 94,5m<sup>2</sup>, com duas paredes de 6 metros de altura revestidas com espuma acústica, representadas pelas linhas vermelhas na Figura A.3. Para fins operacionais, deve-se deixar um espaço para uma porta de acesso às Centrífugas, além de uma porta grande, com dimensões ligeiramente maiores que o comprimento e altura das Centrífugas, para o caso de transporte das mesmas através da talha elétrica presente acima delas, em caso de necessidade de manutenção externa de alguma peça mais pesada, ou de todo o equipamento.

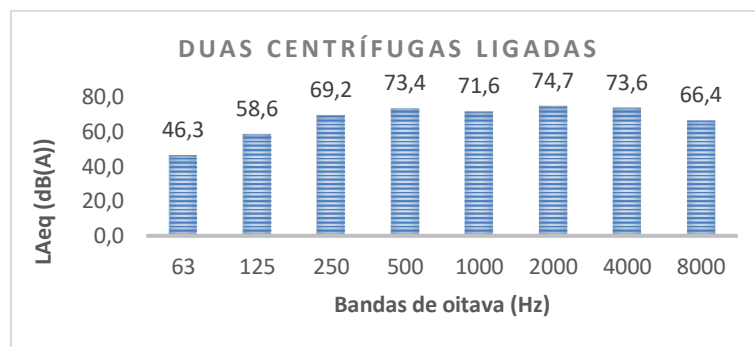


Figura 5.7 - LAeq para duas centrífugas ligadas.

Tabela 5.5: Valores de atenuação do Protetor Auditivo Tipo Concha H9A para as Centrífugas.

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NPS Total:
<b>NPS no ambiente (dB(A))</b>	58,6	69,2	73,4	71,6	74,7	73,6	66,4	86,5 dB(A)
<b>Redução de ruído no ouvido (dB(A))</b>	12	20	28	31	32	33	31	
<b>2x Desvio padrão (dB(A))</b>	4	4	6	6	4	8	8	com EPI:
<b>NPS no ouvido com o EPI</b>	50,6	53,2	51,4	46,6	46,7	48,6	43,4	58,1 dB(A)

### 5.1.4 RESULTADOS DE NPS PARA A SALA DE OPERAÇÃO E OFICINA

Para as medições realizadas dentro da sala de operação do DMAE (Figura 4.7) e dentro do espaço utilizado como oficina (Figura 4.9), nota-se uma diferença considerável em relação aos valores de LAeq obtidos, conforme as Figuras 5.8 e 5.9. Os valores globais reforçam essa diferença, sendo que na sala de operação do DMAE, o valor obtido foi de 60,8 dB(A) e na oficina, de 71,9 dB(A), estando ambos os valores dentro das normas NR-15 e NHO 01. Em relação à sala de operação, as paredes de concreto, o forro e a porta atuam como bons atenuadores do ruído externo gerado pelas Centrífugas. Já as quatro janelas, de vidro simples, poderiam ser aprimoradas utilizando janelas de vidro duplo. Quanto ao espaço utilizado como oficina, seria recomendada uma configuração semelhante à da sala de operação do DMAE, começando pela instalação de um forro, e a substituição das divisórias de madeira por uma parede de concreto, o que ajudaria a atenuar o ruído externo e melhorar o conforto acústico. Porém, apesar das

diferenças entre os resultados nas duas salas, o uso de protetores auditivos do tipo concha é dispensável em ambas, podendo ser utilizado um protetor auditivo de espuma moldável, para um maior conforto acústico e facilidade de comunicação entre os trabalhadores.

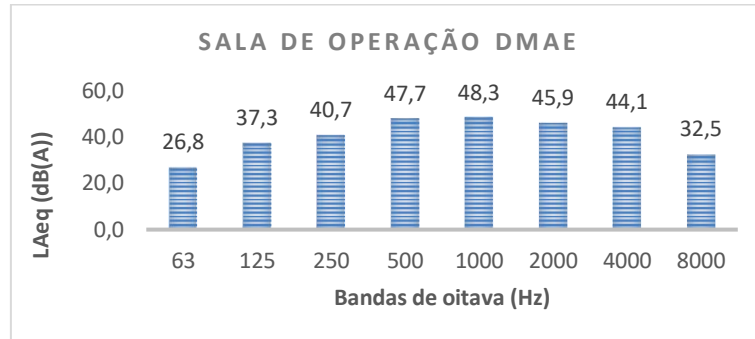


Figura 5.8 - LAeq dentro da sala de operação do DMAE.

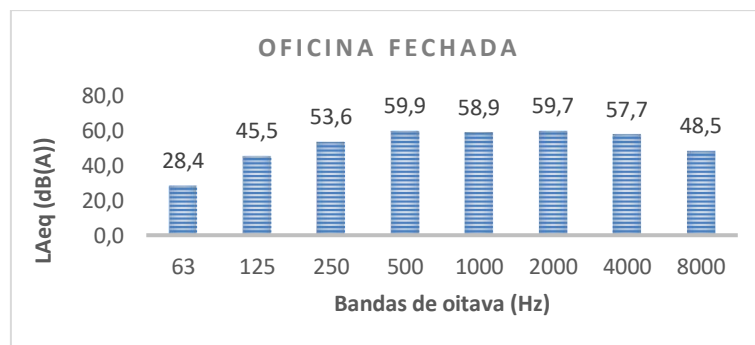


Figura 5.9 - LAeq dentro da oficina (Foto do autor).

## 5.2 RESULTADOS PARA AS DOSES DE RUÍDO

Para avaliação da exposição ocupacional, os valores das doses, em porcentagem, para medições de 2 horas de duração, obtidos através dos dosímetros, foram inseridos na equação (3.4), para o cálculo do nível de exposição, em dB(A). Em seguida, por extrapolação, através de uma simples regra de três ( $Dose\ 8h(\%) = Dose\ 2h(\%)*8(h)/2(h)$ ), foram obtidos os valores das doses de ruído para uma jornada de trabalho de 8 (oito) horas. Os valores obtidos foram comparados com os previstos pela Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres (NR-15) e pela Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01). A Tabela A.4, no apêndice, mostra todos os valores das doses de ruído obtidos, assim como os respectivos níveis de exposição.

### 5.2.1 RESULTADOS DAS DOSES PARA AS CENTRÍFUGAS

Para o dosímetro do tipo DOS 500, programado para os parâmetros da NR-15, o valor da dose obtido foi de 13,88%, enquanto que para o DOS 600, programado para os parâmetros da NHO 01, o valor obtido foi de 8,08%. Inserindo esses valores na equação (3.4), foram calculados os níveis de exposição, com valores de 82,44 dB(A) e 80,09 dB(A), para o DOS 500 e DOS 600, respectivamente. Extrapolando para uma jornada de 8 horas, as doses obtidas foram de 55,52% para o DOS 500, e de 32,32% para o DOS 600. Os resultados indicam que os valores de exposição diária, para uma jornada de 8 (oito) horas, estão abaixo dos limites permitidos por ambas as normas abordadas, não caracterizando insalubridade para os trabalhadores.

### 5.2.2 RESULTADOS DAS DOSES PARA A OFICINA

Para a medição realizada na oficina, com as duas Centrífugas ligadas, os valores de nível de pressão sonora foram suficientemente baixos a ponto de os valores das doses de ruído obtidos pelos dosímetros serem de 0%, estando abaixo dos limites permitidos pelas normas NR-15 e NHO 01, não caracterizando insalubridade para os trabalhadores.

## 6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um estudo acerca do ruído interno gerado por uma Estação de Tratamento de Esgoto, avaliando-se os níveis de pressão sonora (NPS) nos principais focos de ruído da estação, e as doses de ruído a qual os trabalhadores estão expostos.

Pode-se afirmar que, para as condições operacionais dos equipamentos nas localidades onde foram realizadas as medições, os níveis de pressão sonora chegam a valores maiores do que os permitidos pela Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres (NR-15) e pela Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01), fazendo-se obrigatório, dependendo do tempo de exposição, o uso de algum Equipamento de Proteção Individual (EPI) para proteção auditiva. Para o caso das Centrífugas, fez-se uma proposta de enclausuramento das mesmas, a partir da construção de paredes revestidas de espuma acústica, visto que são os únicos equipamentos, dos que foram avaliados, que não possui qualquer tipo de proteção para atenuação/absorção do ruído gerado.

Em relação aos níveis de exposição (doses de ruído), os resultados para as doses de ruído, extrapolados para uma jornada de trabalho de 8 horas, encontraram-se abaixo dos limites permitidos por ambas as normas avaliadas, não caracterizando insalubridade para os trabalhadores da estação.

É reforçado o incentivo ao uso de EPI, mesmo para situações onde o ruído não ultrapasse os limites (nesses casos, recomenda-se, ao invés do protetor auditivo do tipo concha, utilizar um protetor auditivo do tipo espuma moldável), para melhor conforto acústico, e para facilitar a comunicação entre os trabalhadores.

Fazendo-se uma comparação entre as normas NR-15 e NHO 01 para os valores obtidos, conclui-se que a NHO 01, por ser mais conservadora, aceita menores tempos de exposição ao ruído, além de enquadrar valores de NPS que acabam ficando de fora dos limites impostos pela NR-15, caso que ocorreu em duas das medições realizadas nesse trabalho. Além disso, a diferença nos tempos de exposição chegou a 61,4% (Da Tabela A.3,  $[1 - (47,87/124)] * 100\%$ ), para o caso mais extremo avaliado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

GERGES, S. N. Y. **“Protetores Auditivos”**, Florianópolis: NR Editora, 2008.

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

INSTRUTEMP, **“Critérios Para Avaliação do Ruído Divergências Entre a NR 15 e a NHO 01 (Fundacentro)”**. <<https://it.instrutemp.com.br>>. Acessado em 19/05/2019.

Laboratório de Equipamentos de Proteção Individual (LAEPI), **“Como calcular a eficiência de um protetor auricular através da tabela de atenuação?”**. <<http://laepi.com.br>>. Acessado em 02/06/2019.

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

NR-15. **“Norma Regulamentadora No.15. Atividades e operações Insalubres”**. 1978.

Portal MET@LICA Construção Civil, “**Lã de Vidro: Isolamento Térmico e Acústico**”. < <http://www.metalica.com.br> >. Acessado em 10/06/2019.

Prefeitura de Porto Alegre, “**Socioambiental: chegam as últimas tubulações do emissário**”. < <http://www2.portoalegre.rs.gov.br>>. Acessado em 14/04/2019.

Presidência da República Planalto, “**Consolidação das Leis do Trabalho (CLT)**”. <<http://www.planalto.gov.br>>. Acessado em 14/04/2019.

Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), “**Maior estação de tratamento de esgoto do PAC é inaugurada no Rio Grande do Sul**”. <<http://www.pac.gov.br>>. Acessado em 07/04/2019.

Projeto Integrado Socioambiental (PISA). “**Uma nova realidade para o saneamento em Porto Alegre**”. 2014.

RAGGIO, J. P. Q. “**Avaliação da Exposição ocupacional ao ruído**”. (Material didático da disciplina ENG03090).

SANTOS, U. P.; SANTOS, M. P. “**Cadernos de Saúde do Trabalhador**”. 2009.

SCRIBD, “**Dosimetria Em Duplo Canal e Em Bandas de Oitava**”. <<https://pt.scribd.com>>. Acessado em 12/05/2019.



## ANEXOS

*Tabela A.1: Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente pela NR-15.  
Fonte: Adaptado de Norma Regulamentadora 15 (1978).*

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA 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

*Tabela A.2: limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente pela NHO-01.  
Fonte: Adaptado de Norma de Higiene Ocupacional 01 (2001).*

Nível de ruído dB(A)	Tempo máximo diário permissível (T <sub>n</sub> ) (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
95	47.62
96	37.79
97	30.00
98	23.81
99	18.89
100	15.00
101	11.90
102	9.44
103	7.50
104	5.95
105	4.72
106	3.75
107	2.97
108	2.36
109	1.87
110	1.48
111	1.18
112	0.93
113	0.74
114	0.59
115	0.46





## APÊNDICE

Tabela A.3: Valores globais e máximo tempo de exposição segundo as normas.

Local/Situação	Valor global	Tempo máx NR-15	Tempo máx NHO 01
Dentro da Casa dos Sopradores	94,8 dB(A)	124,00 min	47,87min
Em frente a Casa dos Sopradores	69,3 dB(A)	Não entra na norma	Não entra na norma
1 Soprador do TP ligado	80,9 dB(A)	Não entra na norma	1237,80min
2 Sopradores do TP ligados	85 dB(A)	480,00 min	480,00min
3 Sopradores do TP ligados	86,5 dB(A)	390,00 min	339,41min
Em frente a ERCA	84,7 dB(A)	Não entra na norma	514,45min
Entre duas Centrífugas ligadas	86,5 dB(A)	390,00 min	339,41min
Dentro da sala do DMAE	60,8 dB(A)	Não entra na norma	Não entra na norma
Dentro da oficina	71,9 dB(A)	Não entra na norma	Não entra na norma

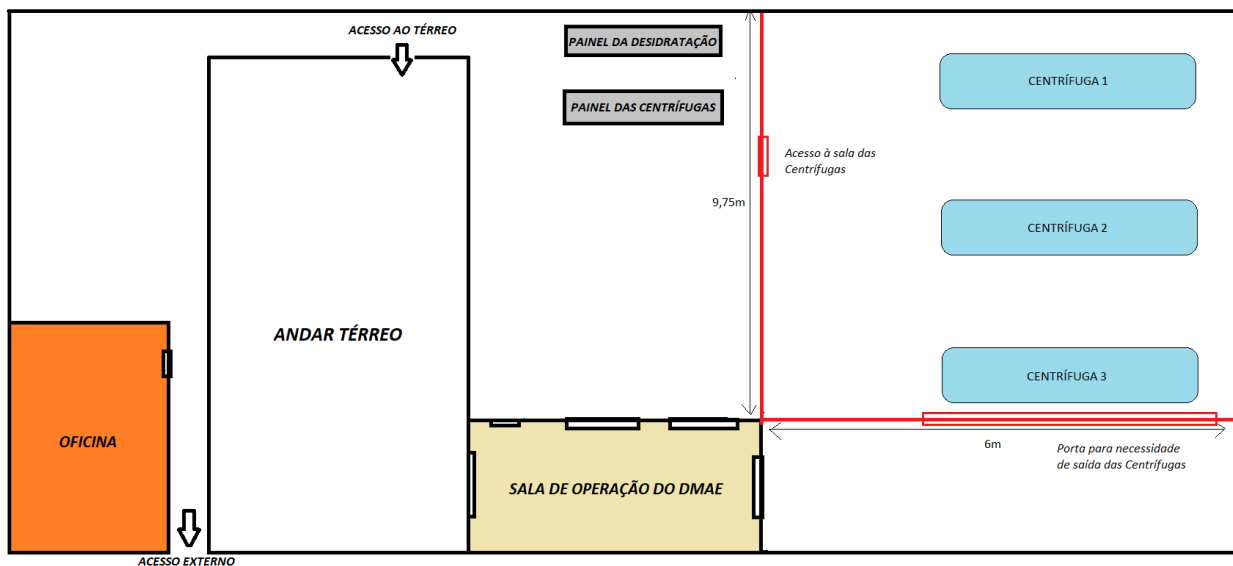


Figura A.3 – Vista superior das Centrífugas e projeto de enclausuramento.

Tabela A.4: Valores das doses de ruído e dos níveis de exposição.

Local	DOSE (%)	Nível de exposição	DOSE (%) para uma jornada de 8h
Ao lado das Centrífugas (NR-15)	13,88	82,44	55,52
Ao lado das Centrífugas (NHO 01)	8,08	80,09	32,32
Oficina (NR-15)	0	-	0
Oficina (NHO 01)	0	-	0