

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PAULO FIDELIS**

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EMITIDO PELO**  
**TÚNEL DE VENTO AA- TVSH1 EM UM AMBIENTE PARCIALMENTE**  
**FECHADO**

**DOURADOS - MS**

**2022**

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EMITIDO PELO  
TÚNEL DE VENTO AA- TVSH1 EM UM AMBIENTE PARCIALMENTE  
FECHADO**

PAULO FIDELIS

Orientador (a): Prof. Dr. Bruno Arantes Moreira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Mecânico.  
Área de concentração: Engenharia Mecânica

Dourados - MS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F451a Fidelis, Paulo

Avaliação do nível de pressão sonora emitido pelo túnel de vento AA- TVSH1 em um ambiente parcialmente fechado [recurso eletrônico] / Paulo Fidelis. -- 2022.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Bruno Arantes Moreira.

TCC (Graduação em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Análise ruídos. 2. Túnel de vento. 3. Nível de pressão sonora. 4. Pair. 5. Decibelímetro. I. Moreira, Bruno Arantes. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ANEXO D - AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aluno: Paulo Fidelis

Título do trabalho e subtítulo: AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EMITIDO PELO TÚNEL DE VENTO AA- TVSH1 EM UM AMBIENTE PARCIALMENTE FECHADO

BANCA EXAMINADORA

1. **Presidente (orientador):**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Bruno Arantes Moreira – FAEN/UFGD

2. **Membro:**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Edilson Nunes Pollnow – FAEN/UFGD.

3. **Membro:**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin – FAEN/UFGD

De acordo com o grau final obtido pelo aluno, nós da banca examinadora, declaramos Aprovado (Aprovado/Reprovado) o aluno acima identificado, na componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC-II) de Graduação no Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados.

Local

Data

Dourados, 21 de junho de 2022

\_\_\_\_\_  
Presidente



Documento assinado digitalmente  
EDILSON NUNES POLLNOW  
Data: 22/06/2022 11:44:41-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

\_\_\_\_\_  
Membro

\_\_\_\_\_  
Membro

Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Arantes Moreira, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala e professores.

A minha família, pelo apoio durante esta etapa e outros acontecimentos que ocorreram em função dela.

## RESUMO

A preocupação com a saúde dos colaboradores no ambiente de trabalho teve uma evolução durante o século XVIII e com o passar dos séculos foi se aperfeiçoando por meios de leis e normas regulamentadoras. Este estudo tem como objetivo avaliar o nível de pressão sonora emitido pelo túnel de vento AA- TVSH1 de circuito aberto, instalado em um laboratório localizado na Universidade Federal Da Grande Dourados. Os experimentos foram realizados com o auxílio de um decibelímetro, que permitiu a obtenção de medidas do ruído do equipamento em diferentes posições e rotações. O estudo foi baseado na norma NBR ABNT 10152: 2007, bem como, na Norma Regulamentadora nº 15 (NR- 15) levando em consideração os limites impostos para exposição ao ruído em ambientes internos. Com os resultados obtidos foi possível entender quais posições no laboratório a emissão de ruído era mais intensa, assim como, qual o tempo limite de exposição ao ruído um indivíduo poderia permanecer no ambiente conforme estabelecido pelo anexo 1 da NR -15. Por fim, foi possível propor uma solução para atenuar a exposição ao ruído na posição onde o operador do equipamento permanece maior tempo exposto.

**Palavras – chave:** Análise de ruídos. Túnel de vento. Exposição ao ruído. Decibelímetro.

## ABSTRACT

The concern with the health of employees in the work environment evolved during the 18th century and over the centuries it was improved through laws and regulatory standards. This study aims to evaluate the sound pressure level emitted by the open circuit AA-TVSH1 wind tunnel, installed in a laboratory located at Universidade Federal Da Grande Dourados. The experiments were carried out with the aid of a decibel meter, which allowed obtaining measurements of the equipment noise in different positions and rotations. The study was based on the NBR ABNT 10152: 2007 standard, as well as on the Regulatory Standard n°. 15 (NR-15) taking into account the limits imposed for exposure to noise in indoor environments. With the results obtained, it was possible to understand which positions in the laboratory the noise emission was more intense, as well as, what the limit time of exposure to noise an individual could remain in the environment as established by annex 1 of NR -15. Finally, it was possible to propose a solution to attenuate noise exposure in the position where the equipment operator remains exposed for a longer time.

**Keywords:** Noise analysis. Wind tunnel. Pair. Sound pressure level .Decibel meter.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	8
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	9
2.1. SEGURANÇA DO TRABALHO	9
2.2 EPI's	11
2.3 PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO (PAIR)	12
2.4 SOM E RUÍDO	13
2.5 CONTROLE DE RUÍDOS	13
2.6 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	19
<b>2.6.1 Medidores de nível de pressão sonora</b>	20
<b>2.6.2 Analisadores de frequência</b>	20
<b>2.6.3 Dosímetros</b>	21
2.7 TÚNEL DE VENTO	22
<b>3 METODOLOGIA</b>	22
3.1 TÚNEL DE VENTO	22
3.2. INSTRUMENTAÇÃO	23
<b>3.2.1. Decibelímetro</b>	23
3.3. ENSAIOS EXPERIMENTAIS	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	26
4.1 RESULTADOS PARA A ROTAÇÃO DE 1760 RPM	27
<b>4.1.1 Medidas de controle</b>	29
4.2 RESULTADOS PARA A ROTAÇÃO DE 880 RPM	30
<b>5 CONCLUSÃO</b>	32
<b>6 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	33
<b>REFERÊNCIAS</b>	34



## 1 INTRODUÇÃO

O mundo atravessa uma constante mudança nas indústrias. As linhas de produção estão cada vez mais automatizadas, integradas e modernas. Com essas mudanças vem a necessidade de obter meios de manter seus colaboradores produtivos e saudáveis. Além de manter a produtividade, as empresas também utilizam o bem-estar de seus colaboradores para promover sua imagem perante os consumidores, buscando expor seus índices de acidentes ao menor patamar possível.

“Entende-se por acidente de trabalho aquele que ocorrer pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho” (Brasil,1976).

Segundo dados do Ministério público do trabalho (MPT) e da Organização Mundial do Trabalho (OIT), o Brasil ficou em segundo colocado em um levantamento sobre a mortalidade no trabalho. O estudo foi realizado apenas com países que pertencem ao G20. Segundo o levantamento, 21.467 profissionais no Brasil morreram por acidente de trabalho entre os anos de 2012 a 2020. Nesses oito anos, o Brasil registrou 5,6 milhões de doenças e acidentes de trabalho e gerou uma despesa previdenciária que supera os R\$ 100 bilhões. No mesmo levantamento entre os anos de 2012 a 2019, a maior parcela de acidentes ocorreu nas atividades de operação de máquinas e equipamentos, representando 15% do total e em 2020 esses números subiram mais 3% (BASILIO,2021).

Muitos destes acidentes poderiam ser evitados se as empresas ou os colaboradores tivessem seguido as orientações das Normas Regulamentadoras. Tais normas regulamentam e também apresentam orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e saúde dos colaboradores.

Dentre as 35 normas Regulamentadoras vigentes, a Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) trata sobre as atividades que estão associadas ao contexto de insalubridade. Tal norma, aponta os limites de tolerância para agentes físicos, químicos e biológicos, visando garantir a segurança e a saúde dos colaboradores.

Um dos riscos físicos em que os trabalhadores estão comumente expostos é o ruído. O ruído ou barulho são interpretações subjetivas e desagradáveis do som. (SALIBA, 2008).

Segundo Rosa (2007), as exposições prolongadas a níveis de ruídos muito elevados podem causar lesões no ouvido, nas células ciliadas, ocasionando a perda de audição.

Quando um indivíduo é exposto ao ruído intenso, podem ocorrer dois tipos de perda auditiva: a temporária e a permanente. A lesão temporária tem recuperação após determinado

período após a exposição, com as células ciliadas voltando ao estado normal. As permanentes ocasionam a lesão permanente das células ciliadas e não há reposição dessas células de forma natural (BISTAFA, 2006).

A poluição sonora tem recebido grande atenção atualmente. Na fabricação das máquinas antigas, o projeto muitas vezes não contemplava o isolamento acústico, e, por isso, os equipamentos possuíam a característica de elevada emissão de ruído. Atualmente as máquinas modernas podem ser projetadas com um sistema de proteção a ruídos, no entanto tais melhorias aumentam o custo do equipamento. Este aumento no custo muitas vezes torna o produto inacessível para o adquirente, como no caso das universidades que tem recursos limitados e processos mais burocráticos.

Nos laboratórios da Universidade Federal da Grande Dourados existem alguns equipamentos e motores que emitem um grande nível de ruídos, por exemplo, o túnel de vento que é utilizado para realizar pesquisas, projetos de extensão, aulas práticas para alguns cursos de Engenharia. Estes equipamentos são ligados apenas na presença de técnicos ou professores e o operador e os estudantes devem estar devidamente protegidos com os equipamentos de proteção individual adequados.

Neste contexto, este trabalho avaliou os níveis de ruídos produzidos por um túnel de vento modelo AA-TVSH1, localizado em um dos laboratórios da Universidade Federal da Grande Dourados, bem como, estabeleceu qual o tempo limite de exposição que um indivíduo poderia permanecer no ambiente conforme estabelecido pela NR 15, além disso, foram propostas soluções para atenuar a exposição dos indivíduos que frequentam tais ambientes.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Um importante autor para a medicina do trabalho foi o médico Bernardino Ramazzini, sua obra publicada em 1700 trazia estudos a respeito de cinquenta profissões e quais doenças estavam relacionadas a cada atividade, a obra repercutiu pelo mundo, entretanto, nesse período as atividades dos trabalhadores eram artesanais e utilizava pequenos grupos de colaboradores, diminuindo o interesse pelo aprofundamento no assunto (BITENCOURT, QUELHAS, 1998).

### **2.1. SEGURANÇA DO TRABALHO**

A segurança do trabalho pode ser compreendida como um conjunto de ações que tem por objetivo eliminar ou reduzir acidentes de trabalho ou então doenças ocupacionais, proteção da integridade e capacidade de trabalho (BRISOT, 2019).

Na Revolução Industrial, século XVIII, a segurança do trabalho obteve uma grande evolução. Ao utilizar a tecnologia da máquina a vapor, as instalações das fabricas puderam ser feitas em locais com mais oferta de mão de obra, em consequência apareceu o aumento do número de acidentes de trabalho. A instalação das indústrias também impulsionou a indústria do carvão, onde os trabalhadores sofriam com acidentes com incêndio, inundações, contaminações e outros. Surgiram também algumas doenças ocupacionais nesse período (BRISOT,2019).

Em 1833 foi criada uma legislação para proteger os trabalhadores no ambiente de trabalho, a chamada lei da fábrica “ Factory Act”. Tal lei tinha como pontos principais a proibição do trabalho de menores de 18 anos durante a noite, fixava a idade mínima de trabalho aos 9 anos de idade, restringia as horas para os menores em 12 horas diárias e 69 horas semanais e outros itens (BRISOT, 2019).

Em novembro de 1930 foi criado o ministério do trabalho e ao longo do tempo foram criados outros órgãos para regulamentar as atividades dos trabalhadores. No ano de 1972 o governo regulamentou a formação técnica em segurança e medicina do trabalho e no mesmo ano foi instituído por meio de portarias, o plano nacional de valorização do trabalhador e a portaria n° 3237, portaria que tornava obrigatório serviços de medicina e engenharia de segurança do trabalho nas empresas (BRASIL, 2021).

Em 8 de julho de 1978 através da portaria MTb n° 3214 foram publicadas as primeiras normas regulamentadoras (NR's) para regulamentar e prevenir a segurança e saúde dos trabalhadores no exercício de suas atividades, com o tempo foram criadas novas normas e as antigas também foram sendo aperfeiçoadas, as mudanças nas normas são feitas por comissões formadas por representantes do governo, dos empregadores e dos trabalhadores, chamada de comissão tripartite paritária permanente (CTPP) (BRASIL, 2022).

A NR 15 foi editada em 1978 para tratar sobre as atividades e operações consideradas insalubres e regulamentar dois artigos da consolidação das Leis do trabalho - CLT. Ao longo dos anos a norma foi alterada por meio de portarias, sendo sua última alteração em 2019, onde foi alterado o anexo que trata sobre os limites de tolerância para a exposição ao calor. A norma também trata da exposição a ruídos continuo ou intermitente e ruídos de impacto nos seus anexos 1 e 2 (BRASIL, 2021).

O ruído de impacto possui picos de energia acústica com tempo de duração menor que 1 segundo e entre cada pico acústico o tempo de duração tem que ser maior que 1 segundo. E o ruído intermitente ou contínuo é aquele que não seja considerado ruído de impacto. O ruído de impacto e o contínuo ou intermitente são medidos em decibéis (dB) e com o instrumento de medição perto do ouvido do trabalhador (BRASIL, 2021).

Para o ruído de impacto, o limite de tolerância é definido pela norma em 130 dB (linear) e nos intervalos entre os picos de energia acústica serão considerados contínuos. Para o ruído intermitente ou contínuo, a norma definiu limites de tolerância com tempos de exposição que não devem ultrapassar os limites definidos (BRASIL, 2021).

Figura 1- Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

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

Fonte: Brasil, 2022

## 2.2 EPI'S

Para escolher o equipamento de proteção adequado, é necessário que seja levado em consideração o nível de exposição do trabalhador ao ruído e fazer a diferenciação do ruído que sai do equipamento, máquina ou ambiente, do ruído que chega até zona auditiva. Para isso é necessário o uso de um dosímetro, equipamento que mede a dose de exposição que recebe durante uma jornada de trabalho, ou seja, tem um parâmetro geral do seu dia de trabalho, o decibelímetro mede o ruído de forma pontual e instantânea (3M, 2022).

### 2.3 PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR RUÍDO (PAIR)

Define-se perda auditiva induzida por ruído (PAIR), toda perda auditiva determinada pela exposição a níveis sonoros elevados. No entanto, atualmente tem-se utilizado também outra denominação, a perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados (PAINPSE), alguns autores consideram mais adequado esta última designação. (MITRE, 2003).

Um indivíduo em seu ambiente de trabalho pode ser exposto a vários agentes que são agressores ao sistema auditivo, por exemplo, o ruído de forma intensa, agentes químicos, ruídos de impacto com muita intensidade ou então algum trauma físico. A PAIR aparece como uma doença com grande ocorrência e quando comparada as perdas sensorineural (perda ou destruição das células ciliadas que estão presentes no ouvido interno) perde apenas quando leva em consideração as ocorrências para surdez em idosos. A PAIR além de trazer dificuldades para a pessoa no seu uso do sistema auditivo, também traz problemas na qualidade de vida do indivíduo portador e seu convívio social (COSTA, MORATA, KITAMURA, 2003).

Na perda auditiva induzida por níveis de pressão sonora elevados (PAINPSE) podemos separar em dois grupos levando em consideração o tempo que o indivíduo fica exposto ao nível de ruído, este é considerado prejudicial e que provoca lesão no sistema auditivo. Considera-se trauma acústico quando o indivíduo fica exposto a níveis de pressão sonora muito elevados, mas seu tempo de exposição considerado curto, nesse caso aparece uma dor ou desconforto no ouvido, chamada de disacusia, esse caso geralmente aparece em situações que envolve tiro, explosões e outros sons decorrentes de impacto (MITRE, 2003).

O ruído pode causar três efeitos na audição:

Trauma acústico: nesse efeito o indivíduo fica exposto a uma pressão sonora muito intensa e que ocorre de forma súbita, normalmente exposto a 120 dB, causando lesões temporárias ou então permanentemente em partes do sistema auditivo, este tipo de efeito é causado por grandes impactos como tiros, explosões, motores e máquinas que operam com grande impacto (GOIÁS, 2013).

Mudança temporária de limiar: diminuição da capacidade de percepção auditiva mas pode retornar ao normal, depois de um tempo que se afastar do ruído e a audição pode ser recuperada em até 6 horas depois da exposição (GOIÁS, 2013).

PAIR: esta é irreversível e progressiva levando em consideração o tempo de exposição e ocorre no ambiente de trabalho (GOIÁS, 2013).

É preciso sempre utilizar proteção individual e outras formas de proteção coletivas para diminuir os níveis de pressão sonora na fonte ou então na sua propagação pelo ambiente de trabalho (GOIÁS ,2013).

## 2.4 SOM E RUÍDO

As ondas sonoras são consideradas ondas mecânicas e que se propagam através de um meio que possui elasticidade. Este meio pode ser um líquido, um sólido, ou um gás (BORGES, DOMINGUES ,2016).

O som é criado através das vibrações de um corpo material, um exemplo é ao ouvir uma pessoa falando, quando vibra as pregas vocais o ar que está em volta das cordas vibra e está vibração em seguida transmite de molécula a molécula do ar e chega a nossa audição (BORGES, DOMINGUES ,2016).

A norma NBR 16313: 2014 trata sobre os termos e definições relativas à acústica. Segundo a norma, o som e o ruído podem ser considerados de mesma natureza física e se levar em consideração algumas situações, o som pode ser considerado como um ruído. O som é definido como flutuações de pressão em torno da pressão ambiente nas frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 kHz (BRASIL,2014).

O ruído geralmente é associado a sons que deixa os indivíduos incomodados, indesejados ou difícil de compreender.

A norma distingue os ruídos da seguinte forma: ruído de fonte específica, ruído industrial, ruído hidrossanitário, ruído aeroviário, ruído aquaviário, ruído ferroviário, ruído metroviário, ruído rodoviário e ruído de tráfego urbano (BRASIL,2014).

Campo sonoro é a região onde a onda sonora se propaga (BRASIL, 2014).

## 2.5 CONTROLE DE RUÍDOS

Segundo Bistafa (2018) para fazer o controle do ruído em um ambiente e obter um nível aceitável de acordo com as normas vigentes, é preciso levar em consideração alguns fatores: fatores econômicos, médicos, normativos, psicológicos e até culturais.

O fator financeiro influencia muito na decisão de implantar alguma solução para o ambiente. Outro fator são as condições operacionais das máquinas ou equipamentos que fazem parte do layout do ambiente. Por exemplo, ao enclausurar uma máquina que possui um acionamento por motor elétrico, deve-se levar em consideração também as aberturas para

ventilação interna dela e assim evitar o aquecimento excessivo do motor. Nos aspectos legais, existem normas que devem ser seguidas e também ações que são propostas pela população contra ambientes que emitem muito ruído, principalmente casas noturnas com comunidades em sua volta. Nos aspectos médicos, existe a exposição dos trabalhadores ao ruído ambiental por elevados períodos de exposição e com potencial de perda auditiva. Aspectos psicológicos, temos como exemplo pessoas que são mais sensíveis que outras ao serem expostas ao ruído e provocando nestas reações distintas se comparadas outras. As normas e legislações vigentes, buscam um limite baseado na reação média da comunidade. Os aspectos culturais, como a comunicação entre professores e alunos nos níveis iniciais nas escolas brasileiras, onde a emissão de ruído está acima do nível de emissão em escolas europeias e americanas de mesmo grau de ensino (BISTAFA, 2018).

Para o controle de ruído deve-se levar em consideração a fonte que emite o ruído, a trajetória desse ruído emitido e o receptor. Fontes podem ser máquinas, trânsito, prestações de serviços e outros. A trajetória são as paredes, tubulações e até líquidos. O receptor é o indivíduo que está exposto ao ruído, mas uma comunidade também pode ser também um receptor. Normalmente é realizado o controle do ruído na fonte emissora, para eliminar ou diminuir a geração. Muitos casos o ruído aparece depois da instalação da fonte e torna-se inviável sua troca por outra com menos emissão de ruído. Por isso é comum adotar soluções para enclausurar a fonte, impor barreiras e tratamentos para fazer a absorção sonora, silenciadores e etc. O controle no receptor é apenas viável quando esta solução é empregada no ambiente de trabalho com o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's), nos ambientes industriais costuma-se agir nos três fatores e assim obter uma solução viável para a empresa e para os funcionários (BISTAFA, 2016).

Segundo Saliba (2013), o controle na fonte de emissão de ruído mais viável é quando se faz no período de planejamento das instalações do ambiente no qual deseja controlar o ruído, porque se torna mais viável financeiramente, algumas ações que podem ser adotadas:

- Trocar o equipamento que emite muito ruído por um mais silencioso;
- Balancear e manter em equilíbrio partes móveis dos equipamentos ou máquinas;
- Fazer uma lubrificação adequada em rolamentos, mancais etc.;
- Reduzir impactos o quanto for possível;
- Substituir ou alterar processos, por exemplo hidráulico no lugar de pneumático;
- Fazer programações na linha de produção e assim diminuir o número de máquinas funcionando ao mesmo tempo;

Evitar vibrações excessivas, fixar bases de máquinas ou equipamentos utilizar materiais para atenuar as vibrações ou absorver impactos;

Instalação de abafadores nos escapamentos e etc.

Segundo Bistafa (2018) a maior parte dos problemas relacionadas a ruído em elementos de máquinas se deve aos choques e impactos que ocorrem quando acontece variação brusca de aceleração ou então deformações de seus elementos mecânicos.

Segundo Saliba (2013), quando não for possível controlar na fonte, pode-se verificar uma forma de controlar no meio ou na trajetória. O som ao incidir sobre uma superfície, parte é absorvida e outra parte transmitida e refletida, nesse caso deve-se absorver ou isolar o som e assim evitar sua propagação para outro ambiente ou absorver e evitar reflexões.

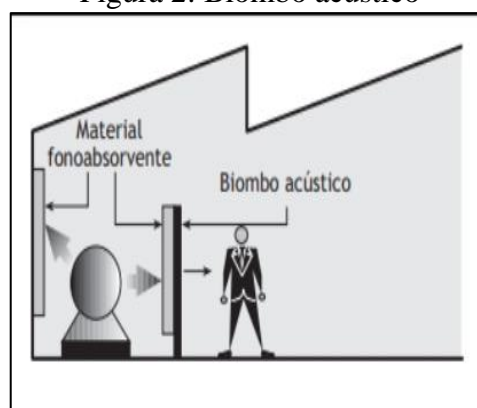
A absorção da energia sonora ocorre ao encontrar materiais com características porosas ou fibrosas, com lã de vidro, cortiça e outros. O coeficiente de absorção desse e outras matérias muda de acordo com a frequência do som, e, por isso, é preciso usar informações técnicas para evitar reflexões múltiplas que podem ocasionar reverberação, fenômeno este indesejado, pois pode acabar amplificando o som (SALIBA, 2013).

Para escolher o material adequado para absorver o som é preciso conhecer o espectro sonoro do ambiente e nível de pressão sonora, o coeficiente tem sua variação em função das frequências.

Um modo de controlar os ruídos, consiste em inserir barreiras chamadas biombo acústicos. Tais barreiras servem para obstruir as ondas sonoras emitidas pela fonte em direção ao ouvinte, mas o som refletido pelas paredes não pode ser ignorado devido ao local ser fechado, utiliza-se material fonoabsorvente para atenuar os ruídos (BISTAFA, 2016).

A Figura 2 apresenta a ilustração de um biombo acústico atenuando parte do ruído de uma fonte sonora.

Figura 2: Biombo acústico

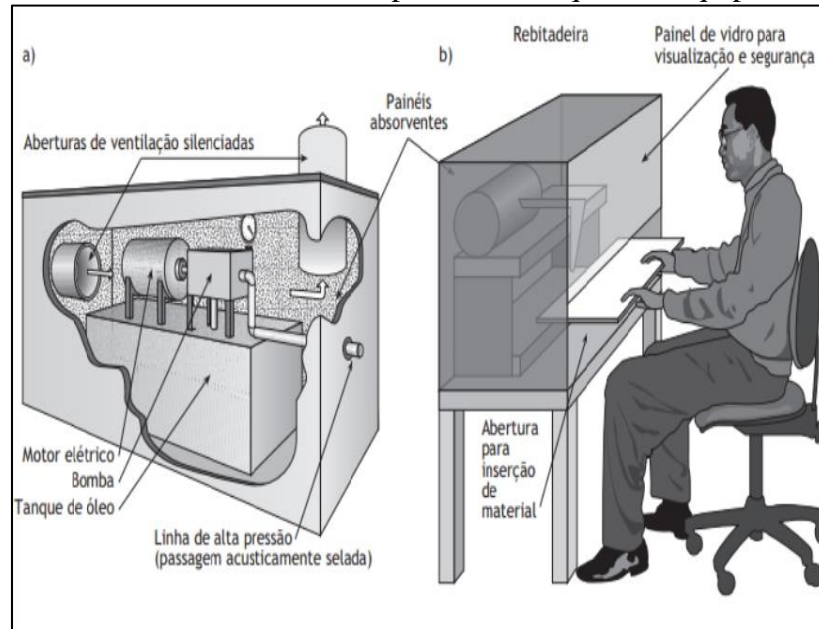


Fonte: Adaptado de Bistafa, 2016



A técnica de redução de ruído por enclausuramento (figura 3) tem sido amplamente utilizada. Tal técnica consiste em enclausurar a fonte ou então o processo que emite ruídos, produzindo um campo de ondas sonoras que é refletido dentro da clausura e da fonte (BISTAFA 2016).

Figura 3- Enclausuramento total e parcial de maquinas e equipamentos



Fonte: Adaptado de Bistafa, 2016

Em cabines acústicas o princípio é diferente porque o controle do ruído é feito no receptor do ruído, ou seja, a fonte de ruído está sendo emitida externamente ao emissor e funciona de forma a evitar que entre um nível de ruído acima do projetado. O projeto dessas cabines torna-se mais complexo quando o campo sonoro da fonte domina uma ou mais paredes do local projetado e assim torna necessário um estudo sobre o campo sonoro que atinge cada parede e trata-las como uma barreira. Como as máquinas geralmente exigem uma saída ou entrada para sua alimentação, ventilação ou dissipação de calor, essas aberturas precisam ser acompanhadas de um silenciador para evitar o decaimento da eficiência do projeto de clausura, o silenciador deve ter rendimento similar ao das paredes da clausura (BISTAFA,2016).

O último caso para controle de ruídos, consiste em controlar o ruído no receptor, para isso deve levar em consideração a norma regulamentadora nº 6 (NR -6). Tal norma trata sobre os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's).

“Considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho” (BRASIL ,2022, p. 01).

Os EPI's para proteção auditiva são:

Protetor auditivo circum-auricular: este tipo de protetor será usado em situações que envolvam exposição a níveis maiores aos descritos pelas NR 15, nos anexos 1 e 2.

Protetor de inserção: utilizado contra níveis maiores aos descritos pela NR 15 em seus anexos 1 e 2.

Protetor auditivo semi-auricular para níveis de ruído superiores ao descrito na NR 15 em seus anexos 1 e 2 (BRASIL,2018).

Segundo Bistafa (2016) a proteção no receptor através de equipamentos de proteção individual é o último recurso para a redução da exposição aos ruídos que chegam até ao seu ouvido.

As ações que devem ser adotadas para minimizar a exposição ao ruído devem dar preferência as que protegem de maneira coletiva os colaboradores, ao constatar que essas medidas não são viáveis para o ambiente de trabalho ou então insuficientes ou em fase de projeto para implantação deve-se usar outros meios como o uso de EPI's (ABNT, 2019).

O funcionamento de cada EPI auditivo depende de inúmeros fatores que influenciam na sua capacidade de atenuação, como por exemplo: o tipo de material utilizado da fabricação, forma de construção, geometria do objeto e ainda deve-se levar em conta as características anatômicas a fisiologia humana (ABNT ,2019).

Segundo Francisco (2001) os tipos de protetores são classificados da seguinte forma:

Protetores de inserção do tipo auto moldáveis: Esse protetor auditivo (figura 4) é feito em material que expande ao ser pressionado no canal auditivo. Essa expansão age reduzindo a propagação do ruído no ouvido médio. O seu material constituinte deste EPI normalmente é de algodão parafinado ou poliuretano. Indicado para usar em locais com ruídos acima de 85 dB, normalmente causadas por serra elétrica, furadeiras, britadeira e outros.

Figura 4: Protetor auricular de espuma moldável



Fonte: Fibracirurgica (2022)

Protetores do tipo inserção pré-moldáveis: Esse tipo de protetor (figura 5) também se adapta ao canal auditivo. Tal protetor pode ser encontrado em materiais como borracha,

termoplásticos, silicone e outros, normalmente podem ser reutilizados se o responsável pelo equipamento seguir as orientações de limpeza e conservação fornecidas pelo fabricante.

Figura 5: Protetor do tipo plug



Fonte: Amazon,2022

Protetor do tipo capa de canal: este dispositivo (figura 6) é o mais utilizado pela sua facilidade em retirar e colocar novamente por várias vezes durante o dia, muito utilizado nos EUA e Europa. Funciona também como uma opção ao protetor do tipo concha, que em certos locais torna difícil o seu uso devido as condições do ambiente.

Figura 6: Protetor auditivo do tipo capa de canal



Fonte: Directindustry ,2022

Protetor de inserção do tipo personalizado: Utilizado em locais que possui condições ambientais desfavoráveis para os protetores do tipo concha, por exemplo, locais que possuem condições como calor e umidade em excesso.

Outros tipos especiais de protetores auditivos: São protetores (figura 7) desenvolvidos para situações especiais, principalmente para melhor comunicação. Tal protetor funciona com um filtro acústico.

Figura 7: Protetor 7 Bilsom Clarity C3



Fonte: Earplugstore ,2022

Protetores auditivos do tipo concha: Este tipo de protetor (figura 8) atua na entrada do ouvido bloqueando parte do ruído que propaga em direção ao ouvido do trabalhador, principalmente pela pressão que ele produz nas orelhas. Feito em material rígido e com a parte interna composta por espuma para manter a parte externa cartilaginosa do sistema auditivo confortável.

Figura 8: Abafador de som e ruído do tipo concha



Fonte: Amazon, 2022

## 2.6 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Segundo Saliba (2006), os instrumentos utilizados na medição de níveis de pressão sonora, tem uma constituição em comum e da seguinte forma: amplificador, filtro de compensação A B, C, D, amplificador retificador e medidor. Os filtros de compensação são curvas de compensação, colocadas nos circuitos para os resultados serem próximos ao som que o ouvido humano fica exposto.

Saliba (2006) menciona ainda que o ouvido humano não responde da mesma forma quando é exposto a diferentes frequências de som. Desta forma, quando um indivíduo é exposto a tons mais baixos, torna-se necessário mais energia para escutar, em comparação com os sons que são emitidos em tom médio. O ouvido humano exposto a altas frequências, apresenta uma sensibilidade maior quando comparada a baixas frequências.

### 2.6.1 Medidores de nível de pressão sonora

Este instrumento tem como finalidade a medição instantânea do nível de pressão sonora, também são conhecidos como decibelímetros (SALIBA, 2006).

Na Figura 09 tem-se um o exemplo de um decibelímetro da marca INSTRUBRAS com faixa de medição entre 30 e 130 dB e ponderação em frequência A e C.

Figura 09: Medidor de nível sonoro com datalogger-USB



Fonte: instrusul,2022

### 2.6.2 Analisadores de frequência

Segundo Saliba, 2006 os analisadores de frequência podem ser encontrados em decibelímetros mais precisos. Tais dispositivos fornecem o espectro sonoro, essas frequências geradas pelo analisador podem ser utilizadas para tomar decisões na hora de determinar quais isolantes ou absorventes do som serão utilizados em um projeto (SALIBA, 2006).

A Figura 10 tem-se um medidor de nível de pressão sonora com funções para medir espectros de alta resolução que permite faixas de frequência selecionáveis de 1 Hz a 1,69 kHz.

Figura 10: Analisador de áudio acústica XL2



Fonte: Nti-audio, 2022

### 2.6.3 Dosímetros

Segundo a Instrutemp (2022), o dosímetro tem como finalidade fazer avaliações do ruído que o trabalhador fica exposto durante a sua jornada de trabalho, ou durante períodos determinados pelo avaliador.

Na Figura 8 tem-se uma imagem em que é possível observar o uso do dosímetro portátil da empresa CRIFFER.

Figura 11: Dosímetro de ruído com filtro



Figura 8: Criffer, 2022

## 2.7 TÚNEL DE VENTO

Com os crescentes investimentos em projetos inovadores e mais econômicos, o uso do túnel de vento tornou-se muito frequente na fase de projeto ligados a engenharia civil, automóveis, agricultura e em outras áreas. Na construção civil tem-se inúmeros projetos que buscam entender como o prédio irá se comportar em determinadas situações ou até em situações atípicas para o imóvel, estudos do conforto ambiental para entender a ventilação em estádios de futebol e outras inúmeras aplicações.

Existem dois tipos básicos de túneis de vento, o de circuito aberto e de circuito fechado e duas configurações básicas de seção de testes, mas quando se trata de características específicas, existem inúmeras variações de túneis de vento (BARLOW, RAE, POPE, 1999).

Segundo a empresa Aerocool (2022) desenvolvedora de túnel de vento para ensino em universidades, este equipamento é uma ferramenta para ensino e pesquisas em empresas, universidades e institutos de pesquisa e seu objetivo é gerar fluxos de ar com turbulência e velocidades que podem ser ajustadas. Os túneis de vento possuem sensores para medir pressões, forças, torques, velocidades, acelerações, som, e, ainda é possível fazer experimentos visualizando o escoamento.

## 3 METODOLOGIA

Os experimentos realizados em laboratórios com túnel de vento possuem como característica, os elevados níveis de ruído produzidos por estes equipamentos. Além disso, os experimentos com este equipamento exigem muitas vezes uma grande quantidade de informações. Por este motivo, muitas vezes, torna-se necessário a presença do operador por longos períodos, expondo o profissional a elevados níveis de ruídos durante uma quantidade elevada de tempo.

Neste contexto este trabalho realizou experimentos para avaliar os níveis de pressão sonora emitidos por um túnel de vento localizado na Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados. Tal equipamento é utilizado pela faculdade em aulas práticas, experimentos científicos, projetos de extensão dentre outros.

### 3.1 TÚNEL DE VENTO

O túnel de vento utilizado em um dos laboratórios da Faculdade de Engenharia é o modelo AA- TVSH1 da empresa AEROALCOOL. Este modelo de túnel foi desenvolvido para pesquisas e para práticas de ensino nas áreas da aerodinâmica e estudo de mecânica dos fluidos. O equipamento possui operação simples e é um túnel de regime subsônico. Possui circuito aberto, seção para ensaio de 0,46 x 0,46m e velocidade máxima de 44 m/s.

Para melhor visualização do túnel de vento e do laboratório, a Figura 13 mostra uma imagem fotográfica do equipamento.

Figura 12: Imagem fotográfica do túnel de vento



Fonte: Autoria própria.

A estrutura do túnel de vento é composta pelos seguintes materiais: fibra de vidro, alumínio, acrílico, aço e madeira. Possui uma dimensão total de 6,75 m x 2,13 x 1,3 m (comprimento, altura, largura). O túnel é classificado como de circuito aberto, pois é necessário a admissão de ar pelo bocal de entrada. Quando está operando com a instalação física adequada, o túnel pode gerar uma velocidade na entrada de cerca 9 m/s e velocidade máxima na saída de 16 m/s.

## 3.2. INSTRUMENTAÇÃO

### 3.2.1. Decibelímetro

Para as medidas de pressão sonora emitidas pelo túnel de vento, utilizou-se um decibelímetro. O decibelímetro utilizado foi o Akron Homis A/C level meter. Este dispositivo possui filtros com ponderação em frequência A/C. Faixa de medição de 30 a 130 dB, visor com



3 dígitos e resolução de 0,1 dB. Uma imagem fotográfica do dispositivo utilizado é mostrada na Figura 14.

Figura 13: Decibelímetro Akron



Fonte: Autoria própria

### 3.3. ENSAIOS EXPERIMENTAIS

A obtenção dos níveis de pressão sonora foi realizada para diferentes posições no laboratório e diferentes rotações do motor. As frequências de rotações do motor de 880 rpm e 1760 rpm foram escolhidas para serem avaliadas. A frequência de 1760 rpm foi escolhida, pois esta é a máxima rotação do equipamento.

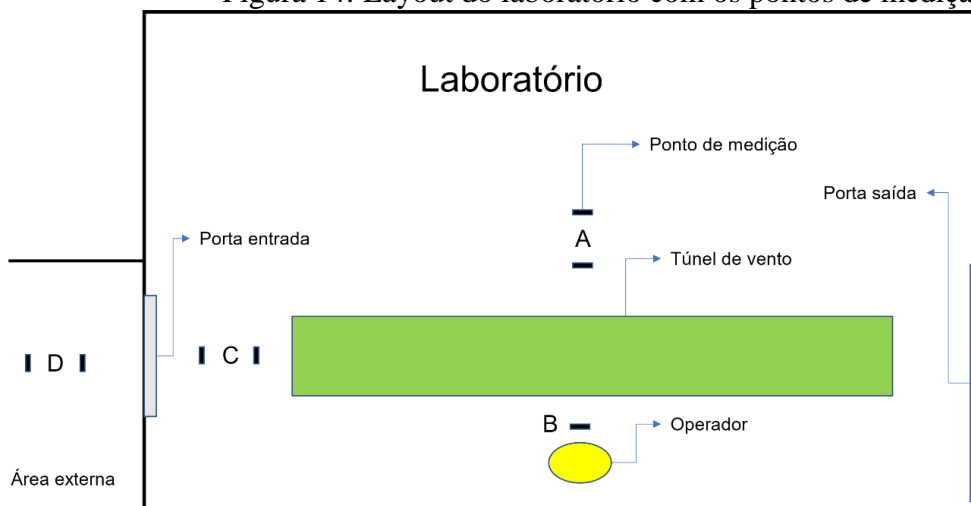
Com a utilização do decibelímetro foi possível avaliar em quais posições do laboratório têm-se os níveis de ruídos mais elevados. As medições foram realizadas de acordo com as especificações descritas na norma ABNT NBR 10152 e NR 15 em seu anexo 1.

Segundo a norma técnica ABNT 10152 (2017) os pontos de medida de pressão sonora devem estar a pelo menos 1 metro das paredes, do piso e de obstáculos que podem interferir na transmissão de ruídos dentro do local que está sendo avaliado.

Foram escolhidas sete posições de medidas, todas com pelo menos 1 metro de distância das paredes e do equipamento, conforme estabelece a norma ABNT 10521. Tais posições foram divididas em quatro grupos. Cada grupo está localizado em regiões diferentes dentro do laboratório para representar o campo sonoro no ambiente. Desta forma, foi possível observar quais grupos e quais posições estão expostos a maior intensidade de ruído durante os experimentos.

A Figura 15 mostra o layout do laboratório e os sete pontos escolhidos para a obtenção dos níveis de pressão sonora emitidos pelo túnel de vento.

Figura 14: Layout do laboratório com os pontos de medição



Fonte: autoria própria

As posições de medidas dos pontos realizadas com o decibelímetro foram divididas nas seguintes regiões:

a) Região A: Situada em frente ao túnel de vento, em uma localização perpendicular ao centro do equipamento. Esta posição possui dois pontos.

b) Região B: Localizada na posição da mesa onde fica o operador da máquina. Neste grupo tem-se apenas um ponto de medição, pois, não existe espaço suficiente para a coleta de outro ponto (Figura 16).

c) Região C: Localizada na região esquerda do túnel de vento, próxima a porta de saída da sala. Nesta região foram medidos dois pontos.

d) Região D: Região localizada na área externa do laboratório. Nesta região foram medidos dois pontos, com a porta do laboratório devidamente fechada, para avaliar o ruído gerado pelo túnel nas dependências adjacentes ao laboratório.

Figura 15: Mesa do operador



Fonte: autoria própria

Cada grupo (exceto o do operador devido à proximidade a parede) possui dois pontos. O primeiro ponto de cada grupo está situado a uma distância de 1 metro da fonte emissora, o segundo ponto está situado a uma distância de 1 metro do primeiro ponto, formando uma distância para avaliação do ruído que cresce de 1 metro para 2 metros. Com isso foi possível avaliar a influência do ruído ao aumentar a distância da fonte emissora. O ponto na parte externa (região D) segue o mesmo princípio dos outros grupos, mas considerando que a fonte de ruído está próxima a porta. Os sete pontos foram medidos por 30 segundos para estabilizar as medições no aparelho e cada ponto também utilizou a altura de 1 metro do piso. Todos os pontos foram medidos duas vezes com o decibelímetro no circuito de compensação “A”.

O aparelho decibelímetro foi configurado de acordo com a norma regulamentadora NR 15 em seu anexo 1 para ruídos contínuos ou intermitente, que devem ser medidos em decibéis (dB) e instrumento de aquisição de dados funcionando com o circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como já mencionado anteriormente, foram analisadas duas rotações diferentes em várias posições diferentes para verificar a exposição ao ruído à medida que se afasta da fonte emissora.

#### 4.1 RESULTADOS PARA A ROTAÇÃO DE 1760 RPM

Os resultados do nível de pressão sonora produzidos pelo túnel de vento para a rotação do motor de 1760 rpm medidos em diferentes posições no laboratório estão dispostos na Tabelas 1.

Tabela 1: Níveis de pressão sonora a 1760 rpm

<b>Dados das medições em 1760 rpm</b>		
<b>Posição</b>	<b>1 metro</b>	<b>2 metros</b>
Região A	87.9 dB	88.1 dB
Região B	87.9 dB	-
Região C	91.8 dB	89.5 dB
Região D	69.6 dB	68.1 dB

Fonte: Autoria própria

Observa-se no Gráfico 1, que os níveis de pressão sonora emitidos pelo túnel de vento para a rotação de 1760 rpm foram da ordem de 89 dB. Estes níveis de ruído podem ser considerados como bastante elevados, indicando que os limites de tolerância para o ambiente devem ser avaliados de forma a proteger os indivíduos que frequentam o local.

Vale mencionar que os níveis de ruídos emitidos pelo equipamento para a rotação de 1760 rpm podem ser considerados como um limite superior emitido pelo equipamento, tendo em vista que esta é a máxima rotação do túnel de vento.

Observa-se também no Gráfico 1 que o aumento da distância de medição de 1 metro para 2 metros em relação a fonte não influenciou de forma significativa na alteração dos níveis de ruído. No entanto, uma pequena redução nos níveis de ruído foi comumente observada com o aumento da distância do equipamento. Por exemplo, na região de saída do túnel, observou-se que o aumento da distância de 1 metro para 2 metros, ocasionou a redução no nível de ruído de 91,8 dB para 89,5 dB (uma redução de 2,5%).

Embora se tenha observado uma tendência de redução dos níveis de ruído com o aumento da distância da fonte, verifica-se no Gráfico 1 que pode ocorrer exceções. Na região relacionada a posição de frente ao centro do túnel (região A) observou-se aumento nos níveis de ruído com o aumento da distância da fonte. Desta forma, o aumento da distância de 1 metro para 2 metros, ocasionou um pequeno aumento no nível de pressão sonora de 87.9 dB para 88.1 dB. Tal comportamento pode ser explicado devido a emissão de ruídos de obras que estão sendo realizadas na região externa do laboratório, que dá acesso à via pública. Como o túnel de vento funciona em circuito aberto, é necessário a utilização dessa abertura, deixando o laboratório

sujeito a ruídos provenientes de fontes externas do espaço público. Nas outras posições foi observada a atenuação do ruído à medida que se distancia da fonte emissora.

Observa-se também no Gráfico 1 que os níveis de ruído em diferentes regiões do interior laboratório (Regiões A B e C) não apresentaram valores muito diferentes. Tais resultados indicaram que dentro do laboratório o nível de ruído é muito próximo em qualquer lugar.

Valores do nível de pressão sonora significativamente menores, foram encontrados somente na região D, referente a área externa, com a porta do laboratório devidamente fechada. Os ruídos na área externa do laboratório para a rotação de 1760 rpm foram de 68,1 dB e 69,6 dB, valores significativamente abaixo dos medidos dentro do laboratório, que ficaram em torno de 89 dB. Desta forma, houve uma redução 22,6% nos níveis de pressão sonora.

A norma regulamentadora NR 15 estabelece a partir de 85 dB, valores limite de tolerância para ruído contínuo, especificando a máxima exposição diária permissível. No caso de 85 dB tem-se como limite de tolerância o máximo de permanência no local de 8 horas diárias. Para 87 dB e 88 dB tem-se como limite máximo de tolerância, os valores respectivamente de 7 e 6 horas.

Desta forma, os ambientes externos ao laboratório, não necessitam de restrições relacionadas a limites de tolerância diário, tendo em vista que a redução de 22,6% nos níveis de ruído (para 69,6 dB), foram suficientes para ficarem abaixo do valor de 85 dB estabelecido pela NR 15, que indica a necessidade de restrições de tempo no local.

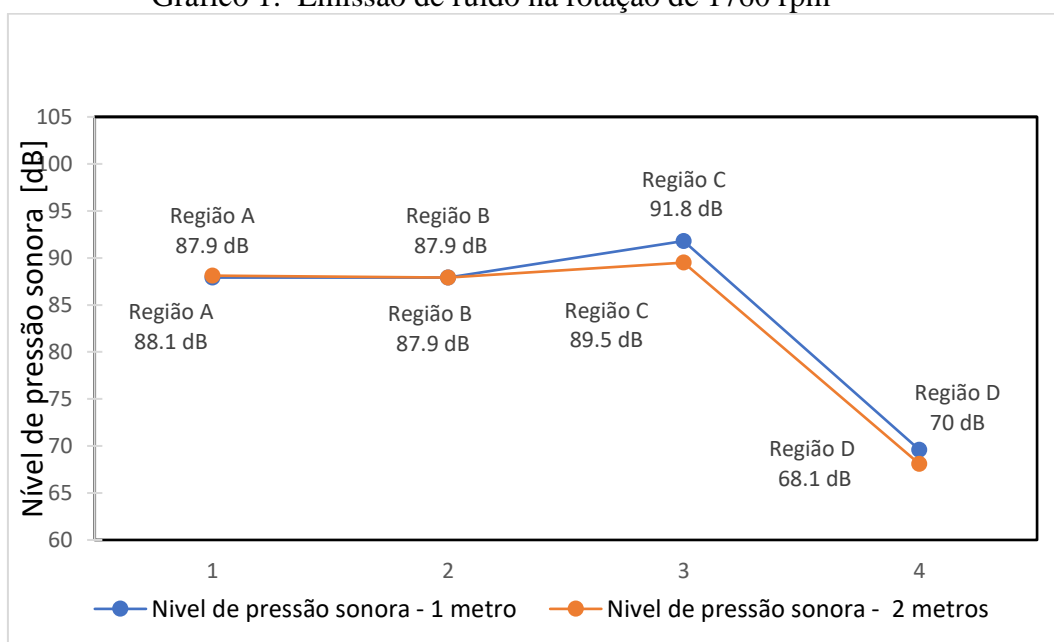
O nível de pressão sonora na posição relacionada a mesa do operador do equipamento chegou a 87,9 dB. Tal valor segundo a NR 15, indica que o operador pode permanecer no local por no máximo 6 horas.

Como nível de ruído máximo verificado no laboratório, foi verificado o valor de 91,8 dB, na região A (situado em frente ao túnel de vento). Para este valor de pressão sonora, tem-se como limite máximo de permanência no local, o tempo de apenas 3 horas.

Neste contexto, torna-se interessante reduzir o ruído no ambiente para valores abaixo de 85 dB, de forma a eliminar a restrição de tempo de permanência no laboratório. Assim, na sequência serão sugeridas medidas de controle no local como proposta para redução dos níveis de ruído, tornando o ambiente sem restrições de tempo de permanência.

O Gráfico 1 apresenta os resultados plotados da Tabela 1, ou seja, estão plotados os níveis de pressão sonora produzidos pelo túnel de vento para diferentes posições no laboratório para a rotação do motor de 1760 rpm.

Gráfico 1: Emissão de ruído na rotação de 1760 rpm



Fonte: Autoria própria

#### 4.1.1 Medidas de controle

Diante das opções para redução de ruídos no ambiente tem-se o enclausuramento do túnel. No entanto, considera-se que esta opção, a princípio, não é viável, devido ao túnel de vento ser um equipamento de elevadas dimensões. O enclausuramento poderia também atrapalhar a entrada e saída de ar do túnel.

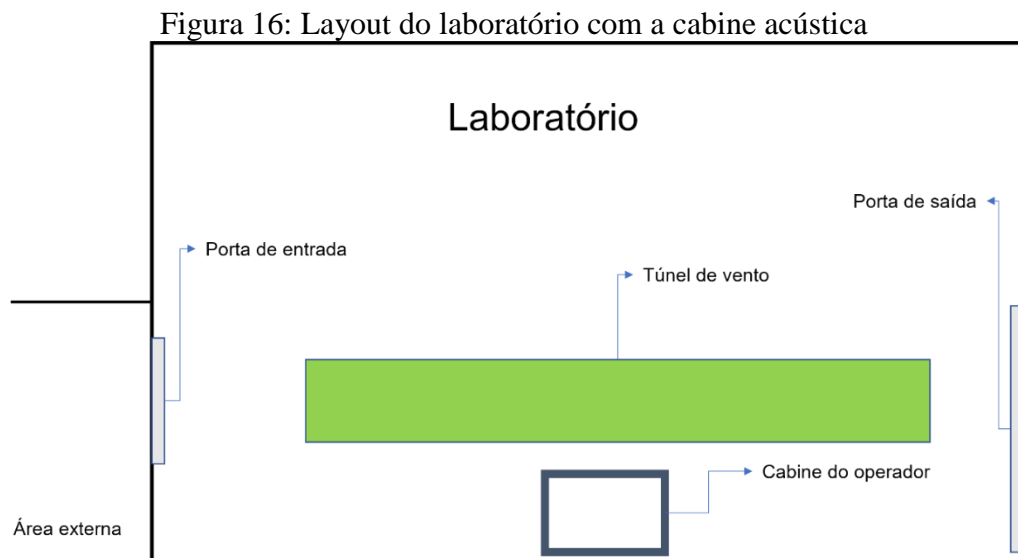
Uma segunda opção possível para controlar o nível de ruído, seria a utilização de barreiras chamadas biombo acústicos. No entanto, novamente seria inviável tendo em vista a elevada dimensão do túnel de vento. Além disso, muitas vezes é interessante visualizar as linhas de corrente geradas pelo escoamento do ar no interior do túnel. A utilização de um biombo poderia atrapalhar tal visualização dos estudantes ou pesquisadores que utilizam tal equipamento, seja para fins didáticos ou para fins de pesquisa.

Uma terceira opção seria a instalação de uma cabine acústica para isolar parte do ruído emitido pelo túnel de vento. Esta é uma forma de enclausurar o receptor do ruído. Tal método é indicado para locais que apresentam dificuldade em isolar equipamentos industriais (muitas vezes causada pelo tamanho das máquinas ou limitação do local ou então tecnologias muito caras) e surgem como um meio mais barato. Essas cabines também podem ser móveis e serem deslocadas para diversas áreas no ambiente ruidoso.

Neste contexto, o uso de uma cabine acústica pareceu ser a proposta mais indicada para implementação no laboratório de túnel de vento. A implementação de tal estrutura permite

proteger o operador ou pesquisador dos elevados ruídos gerados pelo equipamento em caso da necessidade do uso do equipamento por um período de tempo mais prolongado. Nas situações que envolvem aulas experimentais ou grande volume de pessoas no local e com exposição inferior ao tempo máximo de exposição citado pela NR 15, o ideal é o uso de equipamentos de proteção individual devido a limitação da capacidade dentro da cabine.

Na Figura 17 tem-se uma proposta do layout do laboratório com a instalação da cabine no local do operador.



Fonte: Autoria própria

Comercialmente existem cabines acústicas utilizadas em locais com grande emissão de ruídos. Por exemplo, pode ser encontrado em lojas especializadas, cabines acústicas de aço, com piso emborrachado e isolamento acústico de 40 dB.

#### 4.2 RESULTADOS PARA A ROTAÇÃO DE 880 RPM

Os resultados do nível de pressão sonora produzidos pelo túnel de vento para a rotação do motor de 880 rpm medidos em diferentes posições no laboratório estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: níveis de pressão sonora a 880 rpm

<b>Dados das medições em 880 rpm</b>		
<b>Posição</b>	<b>1 metro</b>	<b>2 metros</b>
Região A	70.0 dB	70.0 dB
Região B	70.2 dB	70.2 dB
Região C	73.7 dB	72.5 dB
Região D	52.0 dB	51.2 dB

Fonte: Autoria própria

Conforme pode ser observado no Gráfico 2, para a rotação de 880 rpm, foram medidos valores de ruídos em níveis inferiores aos ruídos verificados com o túnel de vento com rotação de 1760 rpm. Desta forma, conforme esperado, o nível de pressão sonora, reduziu com a redução da potência do motor.

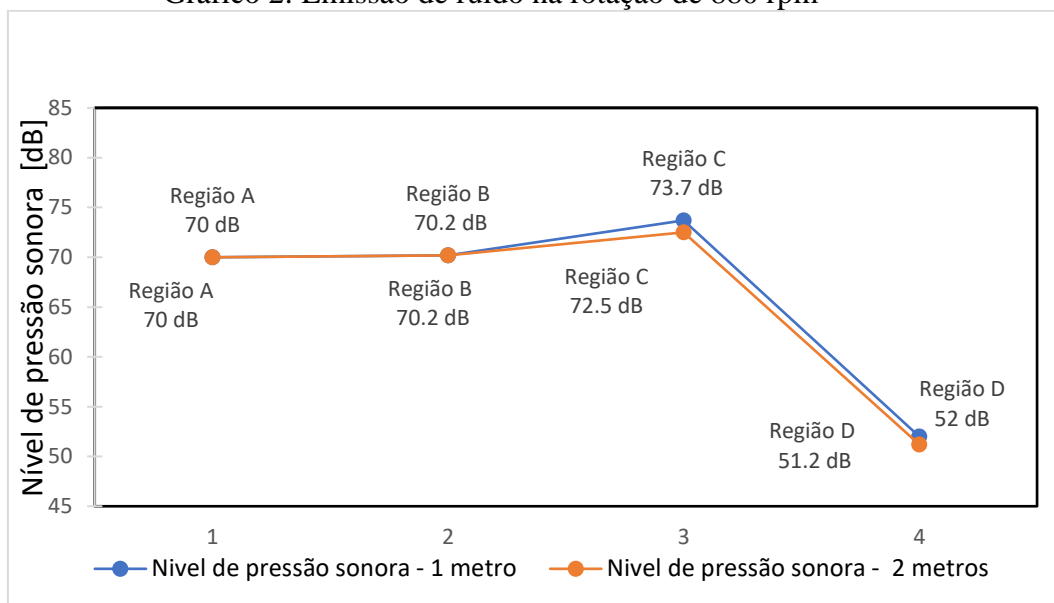
Vale mencionar que a redução na rotação do motor não ocasionou a redução do nível de pressão sonora de forma diretamente proporcional. A rotação do motor reduziu de 1760 rpm para 880 rpm, ou seja, houve uma redução de 50% na rotação. No entanto, o nível de pressão sonora para a posição do operador reduziu de 87,9 dB para 70,2 dB, ou seja, uma redução de 20,14%, apesar da diferença quando comparado a redução da rotação no túnel de vento, este valor é bem significativo quando leva em consideração o tempo limite de exposição ao ruído. Desta forma pode-se concluir que a redução na rotação do motor ocasionou também a diminuição nos níveis de pressão sonora gerados pelo equipamento. No entanto, os níveis de ruídos foram reduzidos de forma menos acentuada (mas significativas), não sendo, portanto, uma relação diretamente proporcional.

Os comportamentos verificados do ruído como função da distância para a rotação de 880 rpm verificados no Gráfico 3 foram bastante similares ao comportamento verificado rotação de 1760 rpm. Observou-se que os valores medidos tiveram uma atenuação ao aumentar a distância em cada grupo, sendo que alguns valores ficaram estáveis.

O Gráfico 2 apresenta os resultados plotados da Tabela 2, ou seja, estão apresentados os níveis de pressão sonora produzidos pelo túnel de vento para diferentes posições no laboratório para a rotação do motor de 880 rpm.



Gráfico 2: Emissão de ruído na rotação de 880 rpm



Fonte: Autoria própria

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho os níveis de pressão sonora emitidos por um túnel de vento modelo AA-TVSH1 foram avaliados para diferentes frequências de rotação do motor.

Os elevados níveis de pressão sonora observados, de até 91,8 dB, indicaram que os limites de tolerância para o ambiente devem ser avaliados de forma a proteger os indivíduos que frequentam o local.

Foi sugerida a implementação de uma cabine acústica no ambiente, como medida de controle de ruído, permitindo, assim, retirar as restrições de tempo de permanência para o operador no local. Outras situações em que a exposição é rápida, como aulas práticas, os indivíduos presentes podem usar equipamento de proteção individual adequado.

Os níveis de ruído em diferentes regiões do interior do laboratório não apresentaram medidas muito distintas. Tais resultados indicaram que dentro do laboratório o nível de ruído é muito próximo em qualquer lugar.

Os ambientes externos ao laboratório, não necessitaram de imposição de medidas de restrições relacionadas a limites de tolerância diário, tendo em vista que os níveis de ruído em tais locais ficaram abaixo do valor de 85 dB.

Por fim, foi observado que a redução da frequência de rotação do motor ocasionou relativamente pouca diminuição no nível de ruído, indicando, portanto, que a relação de potência do motor com o ruído não é diretamente proporcional.

## **6 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS**

Realizar a avaliação do nível de ruídos no local com a fonte emissora desligada e depois com as rotações adotadas neste trabalho. Avaliar cada ponto com mais de duas medidas.

Desenvolver a fabricação da cabine acústica.

## REFERÊNCIAS

- 3M . **Protetor Auricular de Inserção**. Disponível em: <https://multimedia.3m.com/mws/media/10303550/catalogo.pdf> Acesso em: 15 de outubro de 2021.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 10152: nível de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16313:2017, Acústica - Terminologia**. 2014.
- ABNT. Relatório Técnico Eficácia do Protetor Auditivo: Aspectos Técnicos e Legais.2019. Disponível em: <<https://abraseg.com.br/wordpress/arquivos/relatorio-tecnico-eficacia-do-protetor-auditivo.pdf>>. Acesso em: 23 de mar. de 2022.
- BARLOW, B.J.; RAE W.H.; POPE, A. **Low Speed Wind Tunnel Testing**. 3ª ed. New York:John Wiley & Sons, 1999
- BASÍLIO, Patrícia. Brasil é 2º país do G20 em mortalidade por acidentes no trabalho. G1.com. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/01/brasil-e-2o-pais-do-g20-em-mortalidade-por-acidentes-no-trabalho.ghtml>> Acesso em: 03 de março de 2022.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. 1. ed. São Paulo:Edgar Blücher, 2016.
- BITENCOURT, Celso Lima; QUELHAS, Osvaldo Luis Gonçalves. Histórico da evolução dos conceitos de segurança. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, v. 18, 1998. Disponível em :<[https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1998\\_art\\_369.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art_369.pdf) > Acesso em 23 de junho de 2022.
- BRASIL. Lei n.º 6.514/77, Portaria 3.214/78. Normas Regulamentadoras.
- BRASIL. Lei nº 6.367, de 19 de outubro de 1976. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16367.htm#:~:text=ao%20empregado%20dom%C3%A9stico,-,Art.,da%20capacidade%20para%20o%20trabalho.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16367.htm#:~:text=ao%20empregado%20dom%C3%A9stico,-,Art.,da%20capacidade%20para%20o%20trabalho.) Acesso em: 3 mar. 2022.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MTE nº 1.297, de 13 de agosto de 2014**. Apresenta atividades e operações insalubres - NR-15. Brasília, 2014.Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- BRASIL, Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 15 Atividades e operações insalubres, 2021. <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-01.pdf>
- BRASIL, Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 6 Equipamento de proteção individual, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>. Acesso em 21 de mar. de 2022.

BRASIL. Normas Regulamentadoras – NR. 2020. Disponível em : <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>. Acesso em: 23 de mar. de 2022.

BORGES, Antônio Newton; RODRIGUES, Clóves Gonçalves. Introdução à física acústica – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/6284/material/Acustica-Teoria.pdf>. Acesso em: 21 de mar. de 2022.

BRISTOT, Vilson Menegon. Introdução à engenharia de segurança do trabalho [Recurso eletrônico] / Vilson Menegon Bristot. – Criciúma, SC : UNESC, 2019. 259 p. : il.

COSTA, E. A. ; MORATA, T. C. ; KITAMURA, S. . **Patologia do Ouvido Relacionada com o Trabalho**. In: René Mendes. (Org.). Patologia do Trabalho. 2ªed. São Paulo: Atheneu, 2003, v. 2, p. 1253-1282.

FRANCISCO ,Laudinei Lauro. **Avaliação de protetores auditivos em campo**. 2001. 100f. Dissertação (Mestrado - Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

GUYTON, A.C. e Hall J.E.– **Tratado de Fisiologia Médica**. Editora Elsevier. 13ª ed., 2017.

MITRE, Edson Ibrahim. **Conhecimentos essenciais para atender bem a inter-relação otorrinolaringologia e fonoaudiologia** / organizadores: Edson Ibrahim Mitre, Irene Queiroz Marchesan, Jaime Luiz Zorzi. - São José dosmCampos: Pulso; 2003

MENDES R. **Patologia do Trabalho Atualizada e Ampliada**. In: Costa EA, Morata TC, Kitamura S. Patologias do ouvido relacionado ao trabalho. São Paulo: Atheneu; 2005.p.1254-82.

GOIÁS. **Perda auditiva induzia por ruído – PAIR**. Disponível em: [https://www.saude.go.gov.br/images/imagens\\_migradas/upload/arquivos/2013-01/boletim-de-pair-andreia-e-ana-corrigido.pdf](https://www.saude.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2013-01/boletim-de-pair-andreia-e-ana-corrigido.pdf) Acesso em: 03 de marco de 2022.