



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BELÉM
FACULDADE DE ENGENHARIAS ELÉTRICA E BIOMÉDICA

MATHEUS TORRES RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM SOFTWARE SIMULADOR DE PERDA
AUDITIVA**

BELÉM
2024

MATHEUS TORRES RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM SOFTWARE SIMULADOR DE PERDA
AUDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do bacharelado em Engenharia Biomédica.

Orientador: Antônio Pereira Júnior

BELÉM

2024

MATHEUS TORRES RODRIGUES

**DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM SOFTWARE SIMULADOR DE PERDA
AUDITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do bacharelado em Engenharia Biomédica.

Aprovado em 29 de novembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. ANTÔNIO PEREIRA JUNIOR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
ORIENTADOR

PROF.
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

PROF.
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

PROF.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Aos meus pais, razões de minha existência e
eternos conselheiros.

A todas as minhas amigas da UFPA que demonstraram um grande carinho e companheirismo comigo, durante a graduação

Agradeço a meu orientador Antônio Pereira pela paciência e pelos ensinamentos dados durante a minha graduação.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

RESUMO

Este estudo objetivou o desenvolvimento e teste de um software simulador de perda auditiva para a avaliação da condição auditiva dos motoristas de ônibus da Região Metropolitana de Belém. Diante do impacto da exposição prolongada ao ruído por que esses profissionais passam, a aplicação desses softwares de teste com um ruído simulado pode apresentar uma alternativa para avaliar o nível de perda auditiva dos motoristas. De antemão, foi traçado um plano para definir a arquitetura do software e sua interface, utilizando a linguagem de programação Python. Em seguida, foram realizados o teste de percepção auditiva nos usuários e, inclusive, um levantamento acerca da satisfação dos mesmos em relação à interface do teste. Para a coleta de dados, o usuário no momento do teste devia digitar uma sequência de três números que ouviu somados a um ruído semelhante ao gerado pelo motor de ônibus, que aumentava sistematicamente a cada uma das 23 rodadas da operação. Ao final da prática, foi apresentada na tela uma pontuação ou score obtida pelo usuário, que serviu como dado para elaboração do levantamento estatístico. Vale frisar que foi utilizado um fone de ouvido em todas as práticas. Os resultados da pesquisa revelaram que, por meio da aplicação dos testes, a capacidade de percepção auditiva entre os membros do grupo controle foi maior que o grupo experimental (motoristas de ônibus). Isso sugere que a exposição prolongada ao ruído pode impactar negativamente na saúde auditiva dos motoristas de ônibus. Em suma, arquitetura e a dinâmica do software pôde simular uma condição de ruído de motor convincente, dando crédito à sua eficácia. Além disso, o nível de satisfação dos usuários com a interface do teste foi satisfatório. Ao considerar os resultados dos testes, fica evidente que o software obteve um bom desempenho em simular uma condição de ruído de motor. Em resumo, os resultados dos testes sugerem que a perda induzida por ruído (PAIR) pode acometer significativamente a saúde auditiva e outros aspectos da saúde dos motoristas de ônibus, reforçando a importância do tema discutido. Além disso, deve-se enfatizar que o software serve como tratamento complementar do sistema auditivo dos pacientes não como forma de fornecer um diagnóstico definitivo sobre esse problema de saúde.

ABSTRACT

This study aimed to develop and test a hearing loss simulation software to assess the auditory condition of bus drivers in the Metropolitan Region of Belém. Given the impact of prolonged exposure to noise experienced by these professionals, the application of these testing software with simulated noise can present an alternative to evaluate the level of hearing loss in drivers. Initially, a plan was drawn up to define the software architecture and its interface, using the Python programming language. Subsequently, auditory perception tests were conducted on users, and a survey was also conducted on their satisfaction with the test interface. To collect data, the user, at the time of the test, had to type a sequence of three numbers that they heard added to a noise similar to that generated by a bus engine, which increased systematically in each of the 23 rounds of the operation. At the end of the practice, a score obtained by the user was presented on the screen, which served as data for the elaboration of the statistical survey. It is worth mentioning that headphones were used in all practices. The results of the research revealed that, through the application of the tests, the auditory perception capacity among the members of the control group was greater than the experimental group (bus drivers). This suggests that prolonged exposure to noise can negatively impact the auditory health of bus drivers. In summary, the architecture and dynamics of the software were able to simulate a convincing engine noise condition, giving credit to its effectiveness. In addition, the level of user satisfaction with the test interface was satisfactory. Considering the test results, it is evident that the software performed well in simulating an engine noise condition. In summary, the test results suggest that noise-induced hearing loss (NIHL) can significantly affect the auditory health and other aspects of the health of bus drivers, reinforcing the importance of the discussed topic. In addition, it should be emphasized that the software serves as a supplementary treatment of the patients' auditory system and not as a way to provide a definitive diagnosis of this health problem.

Keywords: Hearing. Hearing Loss. Audiometry. Cellphone app.

LISTA DE SIGLAS

EOAE: Emissão Otoacústicas Evocadas;
IQR: Interquartil Range;
NE: Nível de Exposição;
NEN: Nível de Exposição Normalizado;
NHO: Norma de Higiene Ocupacional;
NR: Norma Regulamentadora;
PAC: Perda Auditiva Condutiva;
PAIR: Perda Auditiva Induzida por Ruído
PAM: Perda Auditiva Mista;
PANS: Perda Auditiva Neurossensorial;
PEATE: Potencial Evocado Acústico do Tronco Encefálico;
SRT: Speech Reception Threshold;
TE: Tempo de Exposição.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hearwho.....	21
Figura 2 - Cóclea	24
Figura 3 - Interface do Teste	33
Figura 4 - Soundmeter	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre Nível Sonoro Máximo e Médio por Linha de Ônibus.....	34
Gráfico 2 - Histograma do Grupo Controle.....	38
Gráfico 3 - Histograma do Grupo Experimental.....	39
Gráfico 4 - Boxplot das Populações.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo Máximo Diário Permissível em Função do Nível de Ruído.....	27
Tabela 2 - Demografia do Grupo Experimental.....	37
Tabela 3 - Demografia do Grupo Controle.....	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	18
1.3 OBJETIVO GERAL	18
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2 INTRODUÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE PERDA AUDITIVA	20
2.1 CARACTERÍSTICAS DA FISIOLOGIA E ANATOMIA DO SISTEMA AUDITIVO ...	22
2.2 ANÁLISE DA LITERATURA E REVISÃO DE ESTUDOS SOBRE PERDA AUDITIVA E SAÚDE AUDITIVA DE MOTORISTAS DE ÔNIBUS.....	25
2.3 NORMAS DE HIGIENE OCUPACIONAL OU NORMAS REGULAMENTADORAS E SUAS IMPLICAÇÕES NA CONDUTA DE TRABALHO DOS MOTORISTAS DE ÔNIBUS.....	27
3 METODOLOGIA	31
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
5. CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE.....	47
ANEXOS	52

1. INTRODUÇÃO

O ruído é um fator físico bastante presente em um convívio social de trabalho e a exposição prolongada a ele pode acarretar diversos problemas de saúde para o trabalhador(a). No âmbito de trabalho de um motorista de ônibus, a questão do ruído é ainda mais presente e, com isso, o foco deste projeto é avaliar o impacto deste agente físico sobre a capacidade auditiva dos motoristas de ônibus.

Dessa forma, a exposição prolongada a sons de forte intensidade pode causar pequenas mudanças na estrutura interna da orelha, inicialmente, até danos mais drásticos a longo prazo. O resultado final geralmente é a destruição da maioria das células ciliadas do órgão de Corti e a consequente perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR)(Castro Junior e Santos, 2009 apud Theopold, 1975).

Esses estudos apontam, além da degeneração das células ciliadas internas e externas, para uma redução das sinapses neuronais nas células sensoriais e degeneração de fibras nervosas aferentes do nervo coclear. Esses danos podem, a curto prazo, afetar o exercício do trabalho dos motoristas, pois esses distúrbios causados à audição podem impedi-los de detectar sons ou sinais comuns ao ambiente urbano.

Com os riscos à saúde dos motoristas de ônibus causados pela longa exposição ao ruído, deve-se buscar medidas e testes para avaliar o desempenho do sistema auditivo dos profissionais. Entretanto, os testes de avaliação não são facilmente disponibilizados ou acessíveis para esse grupo de pessoas e, geralmente, as empresas de ônibus precisam fechar uma parceria com clínicas particulares. Com base nos pontos já levantados, surge uma pergunta: Como desenvolver e testar um software que possa avaliar a saúde auditiva de motoristas de ônibus da Região Metropolitana de Belém?

Nessa conjectura, o trabalho se propõe a criar um software que simule a perda auditiva em motoristas de ônibus, classificado como um teste SRT (Speech Reception Threshold). Ele é desenvolvido na linguagem Python e consiste numa bateria de testes na qual usuário ouve uma sequência de números. Tudo isso é inspirado no aplicativo *Hearwho*, fornecido pela Organização Mundial da Saúde. Além disso, o trabalho visa: desenvolver algoritmos para processar ruídos sobrepostos a um comando de voz; por meio do software, realizar testes para saber o impacto do ruído sobre a percepção auditiva do usuário; por fim, avaliar a aceitação e satisfação dos motoristas com o software.

Esse tema foi escolhido como uma alternativa de avaliação do desempenho auditivo dos motoristas de ônibus. A perda auditiva é um problema de saúde pública preocupante, pois afeta

a qualidade de vida e bem-estar das pessoas. Além disso, o ruído do motor, localizado próximo ao banco do motorista, é um fator preponderante para agravar esse problema. Com o intuito de avaliar essa questão, o software de simulação foi desenvolvido neste trabalho.

O software elaborado para esse trabalho se inspira num aplicativo filiado a *World Health Organization: Hearwho*. Esse aplicativo, apesar de não apresentar o idioma português, é desenvolvido pelo *hearX Group* (Google Play, 2024) e apresenta uma dinâmica semelhante ao software desenvolvido no trabalho: a tela apresenta 3 dígitos a serem pressionados sobre um plano de fundo com ruído significativo, em que o usuário deve digitá-los. São 23 testes realizados por sessão e, no final, aparecerá na tela uma pontuação. É com essa mesma dinâmica de teste que o software desenvolvido irá operar.

De forma sucinta, o teste será realizado por 31 pessoas, dividida em 2 grupos: o primeiro grupo (15 pessoas) conta com voluntários de 18 a 62 anos, com audição saudável, sem histórico de doenças auditivas e que não exerceram profissões no trânsito dos ambientes urbanos; o segundo grupo (16 pessoas) é composto de motoristas, cujo tempo de profissão varia de 4 a 27 anos. Obtendo as devidas pontuações, será feita uma inferência estatística.

O trabalho presente é dividido em 5 partes. Primeiramente, será abordada a introdução sobre o impacto do ruído na saúde auditiva humana e sobre os softwares de percepção auditiva existentes no mercado. Além disso, serão elucidadas a justificativa, a delimitação do tema, os objetivos gerais e os objetivos específicos. No segundo capítulo, serão apontadas: a introdução ao desenvolvimento de software de avaliação de perda auditiva; as características da fisiologia e anatomia do sistema auditivo; a análise da literatura e revisão de estudos sobre perda auditiva e saúde auditiva dos motoristas de ônibus; a análise das normas regulamentadoras e de higiene ocupacional no trabalho dos condutores de ônibus. No capítulo 3, serão abrangidas questões referentes a metodologia do teste realizado. No capítulo 4 será feita a análise dos resultados estatísticos das testes realizados. Por fim, o capítulo 5 abordará a conclusão do projeto.

1.1. JUSTIFICATIVA

O projeto de um software de percepção de perda auditiva é relevante pois os motoristas de ônibus estão expostos ao alto risco de perda auditiva, devido ao ruído contínuo e forte gerado por motores de ônibus e ruas urbanas congestionadas. Estima-se que, em 2010, 1,3 bilhões de pessoas no mundo todo tinham condições relacionadas à perda da audição (Vos et, al 2019). Além disso, a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) pode causar problemas na habilidade de condução, aumentando o risco de acidentes e comprometendo a segurança dos passageiros.

A perda auditiva é um problema de saúde pública significativo, pois afeta a qualidade de vida das pessoas e tem consequências econômicas e sociais. Além disso, a ausência de um sistema de avaliação acessível e confiável para a saúde auditiva dos motoristas de ônibus das regiões urbanas, como ocorre em Belém do Pará, torna-se um empecilho para assegurar o cumprimento das normas de saúde ocupacional dos trabalhadores de transporte urbano.

O software desenvolvido nessa pesquisa busca sanar essa lacuna, fornecendo um método rápido, seguro e eficaz para avaliar a saúde auditiva dos motoristas de ônibus. Isso permitirá que os reguladores de trânsito adotem medidas para garantir a saúde e segurança dos motoristas e cobradores de ônibus. Além disso, o teste presente no software poderá também ser aplicado em outros ambientes de intenso ruído, como em indústrias e em obras de construção civil.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A presente delimitação de tema de pesquisa científica destaca a necessidade de desenvolver e testar um software inovador que auxilia na detecção e acompanhamento da perda auditiva em motoristas de ônibus, auxiliando na promoção da saúde auditiva e melhoria de sua qualidade de vida.

Nessa conjectura, existe uma necessidade por busca por novos métodos de avaliação auditiva eficazes, baratos e acessíveis para trabalhadores ocupacionais, como é o caso de motoristas de ônibus. A exposição prolongada ao ruído (PAIR) pode, inclusive, afetar percepção dos motoristas acerca de ruídos e sinalizações sonoras presentes no ambiente de trânsito, aumentando o risco de acidentes e outros distúrbios durante o exercício da profissão.

O tema apresentado foca principalmente em desenvolver um software de teste de percepção auditiva, baseado em linguagem Python, cujo o público-alvo são os motoristas de ônibus da Região Metropolitana de Belém.

1.3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e testar um software simulador de perda auditiva, para avaliar a saúde auditiva dos motoristas de ônibus da Região Metropolitana de Belém

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver algoritmos para processar ruídos somados a um comando de voz;

- realizar testes para saber o impacto do ruído sobre a percepção auditiva do usuário;
- Avaliar o nível de satisfação dos usuários participantes, em relação à interface do teste.

2 INTRODUÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE PERDA AUDITIVA

A exposição a ruídos intensos, por longos períodos de tempo, pode acarretar complicações sérias à saúde dos trabalhadores. Quanto aos motoristas de ônibus, isso não é diferente, pois estão submetidos às exposições prolongadas de ruídos urbanos de trânsito e afins. Esse tipo de exposição pode acarretar em mudanças severas na estrutura da orelha interna, inicialmente transitórias e posteriormente permanentes (Castro Junior e Santos, 2009). Geralmente, o resultado se traduz em lesões das células sensoriais e, em um nível máximo, a destruição da maioria das células ciliadas do Órgão de Corti e a conseqüente perda auditiva induzida por ruído (PAIR).

A PAIR é um dos objetos de estudo para avaliação auditiva de trabalhadores ocupacionais, como é o caso em motoristas de ônibus, segundo Castro Junior e Santos (2009). Os atos de estudar as principais causas, analisar os efeitos a longo prazo dessa exposição ao ruído e desenvolver tecnologias para avaliação da saúde auditiva dos trabalhadores são de suma importância para assegurar os aspectos da saúde auditiva dos motoristas de ônibus. Paralelamente, outros aspectos da saúde ocupacional desses trabalhadores são abordados, quando se avalia o impacto da exposição ao ruído, como a saúde cardiovascular.

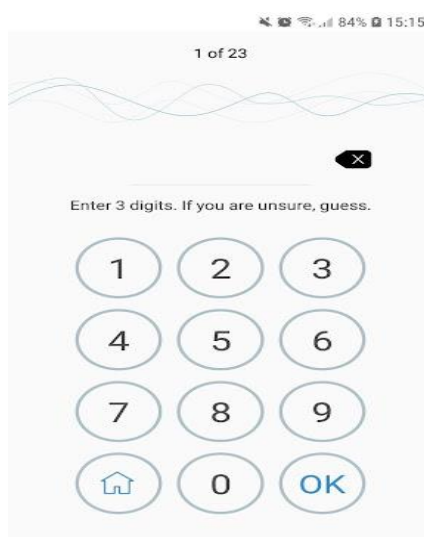
Existem diversas técnicas utilizadas para a avaliação da percepção auditiva do indivíduo. Segundo Castro Junior e Santos (2009) a audiometria é amplamente utilizada como um dos métodos de avaliação para o diagnóstico de perda auditiva. Também, devemos destacar os métodos complementares como a imitanciometria, a logoaudiometria, emissões otoacústicas evocadas (EOAE) e potencial evocado auditivo do tronco encefálico (PEATE). O trabalho desses autores citados, por exemplo, concentraram-se na utilização desse último método mencionado (PEATE). Ele é um método não invasivo de avaliação da perda auditiva neural que permite a predição do limiar psicoacústico através do limiar eletrofisiológico.

Conforme explicado acima, esses métodos de avaliação da percepção auditiva são amplamente utilizados por clínicos, médicos e otorrinolaringologistas, principalmente a audiometria. Contudo, em alguns casos, a audiometria por si só pode não ser eficaz para avaliar corretamente a saúde auditiva do paciente, necessitando de uma suplementação realizada pelos demais métodos avaliativos citados: PEATE e EOAE.

Com o avanço das novas tecnologias, como a inteligência artificial, surgem novas possibilidades de métodos de terapia e diagnóstico na área da saúde. Esse desenvolvimento tecnológico recorrente, criado pelo homem a serviço do homem, tem contribuído imensamente para a solução de problemas que pareciam insolúveis, acarretando em melhores condições de trabalho para os profissionais da saúde e melhoria da saúde dos pacientes (NETO et. al, 2020).

Nessa conjectura, o presente trabalho se propõe a desenvolver um software de teste de perda auditiva, inspirado no aplicativo para dispositivos móveis Hearwho (Figura 1). Esse aplicativo, fornecido pela Organização Mundial da Saúde, é utilizado como método de apoio para avaliar a qualidade de percepção auditiva de pacientes. Vale salientar que o mesmo não pode ser considerado como um método de diagnóstico definitivo, reforçando a procura de um profissional da saúde em caso de suspeita de alguma deficiência auditiva.

Figura 1 - Hearwho



Fonte: play.google.com/store/apps

Com base nas informações já citadas, o desenvolvimento de softwares de percepção auditiva se tornará uma tendência nos próximos anos. Além desse acima já citado, há diversos aplicativos e softwares online gratuitos que oferecem testes de avaliação auditiva, como Cognifit, Escuta Ativa e Resound (Gemini, 2024). Este último, por exemplo, avalia a capacidade de ouvir palavras e sequências de números com um ruído no plano de fundo.

Dessa forma, pode-se dizer que softwares de testes auditivos podem evoluir ainda mais num futuro próximo, aliando-se aos demais testes de triagem auditiva tradicionais, como a

audiometria e a EOAe. No entanto, deve-se salientar que os softwares de teste auditivo não substituirão definitivamente a intervenção de um profissional da medicina, tampouco irá proporcionar um diagnóstico definitivo da condição auditiva de um paciente.

2.1 CARACTERÍSTICAS DA FISIOLOGIA E ANATOMIA DO SISTEMA AUDITIVO

A perda auditiva é um problema de saúde que afeta milhões de pessoas em todo o mundo e é comum especialmente em trabalhadores ocupacionais, como motoristas de ônibus. Estudos epidemiológicos apontam que a exposição a ruídos por longos períodos de trabalho é considerada um dos principais fatores de risco à saúde ocupacional de trabalhadores no mundo (Weijia et al., 2020). Portanto, antes de mais nada, é necessário conhecer a fisiologia do sistema auricular, para, assim, avaliar e classificar os tipos de perda auditiva em seres humanos.

O sistema auricular apresenta uma grande complexidade, mas, em suma, ela é dividida em 3 partes: orelha externa, orelha média e orelha interna. Conforme dito por Bonaldi (2015), a orelha externa é representada pelo pavilhão auricular, também conhecido como orelha, pelo conduto auditivo externo ou meato acústico e pela membrana timpânica. Pode-se dizer que essa subestrutura é responsável pela captação e condução do som para o conduto da membrana timpânica e por proteger as orelhas média e interna. Neste contexto fica claro constatar que ela tem importância na localização e focalização da fonte sonora, causada pela pressão do volume sonoro sobre as orelhas (Palucci, 2005).

Conforme explicado acima, a fisiologia do sistema auditivo é significativamente complexa. A orelha média é representada por uma cavidade irregular, preenchida de ar, dentro do osso temporal. Apesar de seu comprimento aparentemente curto, ela é responsável pela transmissão da onda sonora do meio externo até orelha interna. Além disso, essa estrutura é formada por uma camada partindo da membrana timpânica até à cadeia ossicular. Essa cadeia é formada por três ossículos: martelo, bigorna e estribo (Bonaldi, 2015). A membrana timpânica vibra com a entrada da onda sonora na orelha externa, propiciando a vibração dos ossículos. Os três ossículos vibram em um movimento de ida e volta, de acordo com a frequência e a intensidade sonora.

Conforme Palucci (2005), a orelha média tem como função atenuar ou corrigir a perda de energia na transmissão de onda sonora do meio aéreo para o meio líquido da cóclea. Trata-se de uma estrutura funcionando por meio de dois mecanismos: mecanismo hidráulico e mecanismo de alavanca martelo-bigorna. O autor deixa claro mecanismo que hidráulico se

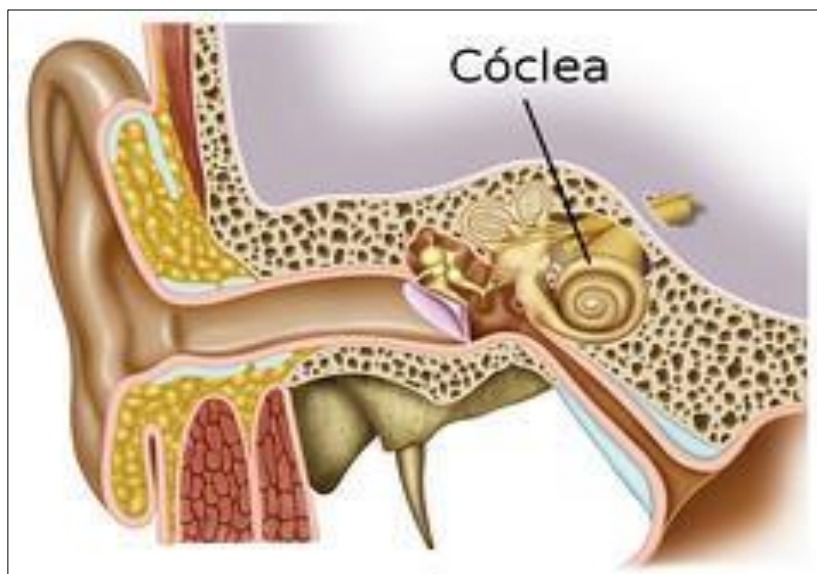
traduz no aumento de pressão que chega à janela oval de 17 a 25 vezes, aproximadamente 26 dB; já o mecanismo de alavanca martelo-bigorna diz respeito à vibração desse conjunto em torno de seu próprio eixo. Assim reveste-se de total importância que, no ramo da bigorna, as ondas sonoras transmitidas à janela oval aumentem a pressão acústica numa relação 2/1 (2,5 dB).

O eixo de rotação é formado pelo ligamento anterior do martelo e posterior da bigorna. O movimento de deslocamento da cadeia ossicular apresenta um alto grau de complexidade e compreende dois tipos de movimentos: de rotação, que ocorre em frequências baixas, e de translação, que ocorre em frequências altas.

Conforme mencionado pelo autor Bonaldi, as funções das orelhas média e externa apresentam alta complexidade. O mais preocupante, contudo, é constatar que Palucci descreve minuciosamente a fisiologia da estrutura ossicular dentro da porção intermediária (orelha média). Vale ressaltar que a orelha interna é formada por estruturas como a cóclea, membrana basilar, células ciliadas, órgão de Corti entre outros. É importante que se deva atentar-se aos mecanismos e subestruturas antes de classificar os tipos de perda auditiva existentes "A orelha média: trata-se de uma bolsa preenchida por ar, comunica-se com a nasofaringe através da tuba auditiva" (Palucci, 2005, p.2).

Ora, em tese, a orelha interna é a porção mais posterior do sistema auditivo. Conforme explicado acima por Palucci (2005), essa estrutura apresenta, por exemplo, a cóclea (Figura 2). Esse órgão apresenta uma estrutura cônica formada por três tubos paralelos que se afinam da base para o ápice (rampa vestibular, ducto coclear e rampa timpânica), além de abrigar o órgão de Corti. Ele se responsabiliza pela transdução de energia mecânica ou acústica em energia elétrica, realizada dentro do órgão de Corti. Conforme explicado acima ainda há presença da membrana basilar e das células ciliadas.

Figura 2 - Cóclea



Fonte: infoescola.com

Conforme dito por Palucci, acerca da membrana basilar, (2005, p.4)

Durante a transmissão sonora através da cadeia ossicular, a platina do estribo se projeta para o interior do vestíbulo pela janela oval, impulsionando a perilinfa. Como esse líquido se encontra dentro de uma caixa óssea rígida a pressão aplicada acaba sendo direcionada inferiormente sobre a membrana basilar e anteriormente em direção ao ápice; com isso, a onda mecânica se desloca ao longo da rampa vestibular, atinge o helicotrema e retorna pela rampa timpânica alcançando a janela oval, empurrando-a em direção à caixa timpânica.

O autor deixa claro que os movimentos dentro das estruturas da orelha interna são altamente complexos. Esse é o motivo pelo qual se deve frisar que o movimento de ida e volta da onda sonora proporciona uma diferença de pressão hidrostática sobre a membrana basilar, causando sua vibração de cima a baixo. Vale frisar que a membrana apresenta diferenças ao longo de seu comprimento: no ápice ela é mais delgada e solta, enquanto que na base é mais espessa e firme.

De acordo com o que foi verificado, o sistema auditivo apresenta diversas nuances em sua estrutura e funcionamento. A complexidade mostrada na focalização e transmissão da onda sonora nos fazem pensar nas possíveis causas da perda auditiva adquirida. Além disso, os tipos de perda auditiva só podem ser classificados de acordo com o estudo acerca da fisiologia e estrutura anatômica do sistema auditivo.

2.2 ANÁLISE DA LITERATURA E REVISÃO DE ESTUDOS SOBRE PERDA AUDITIVA E SAÚDE AUDITIVA DE MOTORISTAS DE ÔNIBUS

O estudo sobre perda auditiva em seres humanos possui grande destaque no meio científico acadêmico. No entanto, ainda há pouquíssimos trabalhos na literatura que avaliam a perda auditiva em motoristas de ônibus, uma classe que é exposta prolongadamente a ruídos intensos do motor e do trânsito urbano. Em posse desses cruciais trabalhos, pode-se traçar um paralelo entre os tipos de perda auditiva e suas principais causas, focando na saúde auditiva desses trabalhadores. Vale ressaltar que, segundo Barbosa et al. (2005), a perda auditiva é classificada como condutiva, neurossensorial e mista.

De acordo com os estudos de Barbosa et. al (2018), reforça-se a ideia de que a perda auditiva pode, também, apresentar características unilateral, bilateral ou total de 41 decibéis (dB) ou mais. A perda auditiva condutiva (PAC) ocorre quando há uma dificuldade na passagem de som conduto auditivo externo, membrana timpânica e os ossículos auditivos. Essa perda é causada por processos inflamatórios como otites externas ou médias, excesso de cerúmen no conduto auditivo externo, alterações na articulação da membrana com os ossículos, malformações, entre outros. Na maioria, esse é um tipo de perda totalmente reversível (Bonaldi, 2015).

A perda auditiva neurossensorial (PANS) ocorre quando a cóclea ou os nervos condutivos entre a orelha interna e córtex cerebral está danificada. Em adição a essa informação, o estribo está posicionado junto à membrana da janela oval da cóclea, o órgão auditivo da orelha interna que também possui um órgão responsável pelo equilíbrio.

Dentro da cóclea, estão os canais denominados de rampa vestibular e rampa timpânica, em meio ao líquido perlinfa. Esses canais abrigam o órgão de Corti no ducto coclear, preenchido por um líquido chamado de endolinfa. É nesse local onde estão as células sensoriais responsáveis por transformar a vibração da onda sonora em impulsos elétricos, possibilitando a condução da informação auditiva até o cérebro, onde ela será interpretada e processada. Essas células são distribuídas ao longo da cóclea, em um tubo amarrado em duas voltas e meia (Bonaldi, 2015).

As células sensoriais são extremamente delicadas e, após elas sofrerem danos, não são substituídas pelo organismo. Portanto, ao longo do tempo, o organismo perde células sensoriais auditivas, que costumam levar informação sonora para o sistema nervoso. A exposição a ruídos ambientais por longos períodos pode agravar ainda mais a degeneração dessas células,

culminando na perda de audição. Já a perda auditiva mista (PAM) é meramente a associação das duas perdas já mencionadas.

Em muitos países, incluindo o Brasil, o estudo acerca da perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores apontam que a exposição ao ruído é um dos principais fatores de risco para a perda auditiva. Conforme os estudos de Samelli et. al (2021), no período de 1981 a 2010, a ocorrência de perdas auditivas em trabalhadores ocupacionais foi de aproximadamente 20%, variando entre os diversos setores industriais dos Estados Unidos.

No contexto nacional, os trabalhos de Zannin et. al (2003) focaram na avaliação da saúde auditiva dos motoristas de ônibus, levando em consideração o período de exposição, o modelo dos motores do ônibus e, até mesmo a posição dos motores em relação ao motorista. Barbosa et. al (2018) também utilizou a audiometria para avaliar o perfil epidemiológico dos pacientes acometidos por perda auditiva. Foi constatado que a exposição prolongada ao ruído foi o principal fator de risco (26%), em um espaço amostral de mais de 1200 pacientes.

Os trabalhos de Zannin et. al (2003) apresentam resultados interessantes. Durante a realização de seus testes, constatou-se que em 23 de 25 ônibus usados na pesquisa as doses de ruído foram abaixo de 50%, o que é considerado aceitável pelos padrões de saúde ocupacional proposto pelo Ministério do Trabalho brasileiro. Os dois ônibus com ruído superior a 50% eram mais velhos e com o motor posicionado na parte frontal.

Ademais, na pesquisa foram constatados que 47% da frota de ônibus de Curitiba tinha motores no meio ou na parte traseira e os ônibus foram fabricados depois do ano de 1998. Além disso, foi consultada o código de normas técnicas brasileiras, como a NHO-01 (Norma de Higiene Ocupacional 01), em que determina o nível máximo de ruído sonoro a que um trabalhador pode ser exposto por dia.

Conforme explicado acima quantidade de estudos sobre a perda auditiva em motoristas de ônibus ainda é escassa. Os estudos mais comumente encontrados na literatura possuem como objeto de pesquisa a PAIR em pacientes no geral, não especificando o tipo profissional analisado. Embora ainda se tenha essa escassez de estudos, existem trabalhos na literatura nacional que apresentam um ponto de partida interessante, ao ponto de poder avaliar com sucesso as características da perda auditiva em motoristas de ônibus, como é o caso de Zannin et. al (2003). Portanto, é imprescindível que se investigue mais a fundo os riscos e os impactos da exposição do ruído à saúde auditiva dos motoristas de ônibus.

A exposição ao ruído desencadeia diversas reações oxidativas de estresse ao corpo, conduzindo à morte de células auditivas (Hu et. al, 2003). Além disso a exposição ao ruído

pode acarretar em desregulações nas pressões sistólica e diastólica do sistema cardiovascular, ou seja, comorbidades cardiovasculares, conforme os estudos de Weijia et. al (2024).

Em resumo, os estudos sobre o impacto do ruído aos demais aspectos da saúde dos motoristas de ônibus requerem mais atenção. Ao longo deste capítulo discutimos as principais características presentes nos estudos sobre a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) em motoristas de ônibus e outros trabalhadores ocupacionais, bem como suas limitações e projeções futuras. É possível perceber a escassez de estudos quando o foco se volta para os motoristas de ônibus.

No entanto, esse foco de estudo deve vir aliado à pesquisa de formas de avaliação da perda auditiva nessa classe de trabalhadores e, eventualmente, sugerir políticas públicas que visam à proteção da saúde dos motoristas.

2.3 NORMAS DE HIGIENE OCUPACIONAL OU NORMAS REGULAMENTADORAS E SUAS IMPLICAÇÕES NA CONDUTA DE TRABALHO DOS MOTORISTAS DE ÔNIBUS

As normas regulamentadoras (NR) consistem em obrigações, direitos e deveres que devem ser cumpridos, a fim de assegurar um trabalho seguro e sadio para os trabalhadores, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho. É de vital importância compreender as diretrizes dessas normas, a fim de exigir a suas respectivas fiscalizações e aplicações nos trabalhos ocupacionais dos motoristas de ônibus, vide as pesquisas de Zannin et.al (2003) e Guardiano et. al (2014).

O papel das normas regulamentadoras é, portanto, garantir a preservação da saúde dos trabalhadores e reduzir os riscos de ocorrências de acidentes e doenças, durante o exercício da profissão. Qualquer descumprimento dessas normas no ambiente laboral deve ser investigado e corrigido de prontidão, a fim de assegurar a integridade física do profissional. O trabalho do motorista é, geralmente, e se deparar com situações potencialmente estressantes, como precariedade do asfalto, baixos salários, calor, vibração, riscos de assaltos, congestionamento e ruídos, contribuindo para o aparecimento de doenças, acidentes de trabalho e de trânsito (Cunha et. al, 2019 apud Alquimim et. al, 2018).

Conforme explicado acima, vários agentes físicos e psicofísicos afetam a saúde ocupacional dos motoristas de ônibus. A norma de higiene ocupacional 01 (NHO-01), estabelecida pelo Ministério do Trabalho (01), diz respeito aos níveis de exposição trata dos níveis de exposição a ruído aos quais os trabalhadores devem ser submetidos. O nível de

exposição normalizado (NEN) é frequentemente levado em consideração nas medições de nível sonoro. Ele é determinado pela seguinte expressão:

$$NEN = NE + 10 \log \frac{TE}{48} \quad (1)$$

Onde NE indica o nível de exposição ocupacional diária, enquanto TE, o tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho. Sob este critério, o nível médio de ruído que um trabalhador deve ser exposto é de 85 dB, com um nível de exposição absoluto máximo permitido de 115 dB, para 8 horas (480 minutos) diárias de trabalho. A figura 3 abaixo ajuda a entender essa dinâmica

Tabela 1 – Tempo Máximo Diário Permissível em Função do Nível de Ruído

Nível de ruído dB (A)	Tempo Máximo Diário Permissível (minutos)
81	1209,52
82	960
83	761,95
84	604,75
85	480

Fonte: Ministério do Trabalho (2001)

Os trabalhos de Zannin et. al (2003) e Guardiano et. al (2014) também consultaram a NR-17 (Ministério do Trabalho 1978) da legislação brasileira de ergonomia. Ela estabelece as diretrizes e os requisitos que permitem a adaptação das condições do trabalho às condições psicofisiológicas dos trabalhadores. Portanto, essas informações apontam que as normas regulamentadoras apresentam um rigor científico significativo, ratificando a sua importância.

Conforme os trabalhos de Cunha et. al (2019), foi consultado, também, o Limite de Tolerância - LT da Norma Regulamentadora - NR 15, em que o nível de médio admissível é de 85 dB (A) e o nível médio de ação é de 80 dB (A), para uma jornada padrão de 8 horas conforme a NR - 09 (FUNDACENTRO, 2001). Além disso, o Limite de tolerância para vibração de corpo inteiro é para a avaliação em aceleração de 1,1 m.s⁻² e 21,0 m.s^{-1,75} para o Valor de Dose de

Vibração -VDV e o nível de ação de 0,5 m.s-2 e 9,1 m.s-1,75 respectivamente, projetado para uma jornada padrão de oito horas (Ministério do Trabalho). O autor deixa claro que o audiosímetro utilizado cobriu todo ciclo de exposição, reforçando a recomendação da Norma de Higiene Ocupacional 01, que indica o uso de medidores integradores pessoais ou medidores de leitura instantânea.

Conforme mencionado pelo autor, há a necessidade de consultar as normas regulamentadoras no momento de avaliação da saúde ocupacional dos motoristas de ônibus, assim como fizeram os outros autores anteriores. O mais interessante, contudo, é constatar que outras normas regulamentadoras foram usadas como objeto de estudo de Cunha et. al, como a Norma Regulamentadora - NR 15, onde está a Norma de Higiene Ocupacional - 01, que discorre sobre o agente físico da vibração.

O foco central do trabalho do autor, acerca dos fatores de risco, deve ser levado em conta. "Dentre os fatores de risco destaca os ambientais (físicos: ruído e vibração de corpo inteiro), conforme apresentado nas Normas Regulamentadoras -NR 09 e 15 e o risco ergonômico (postura) abordado na NR 17" (Cunha, 2019, p. 6).

A Norma de Higiene Ocupacional - 01 não se limita somente ao nível médio de ruído admissível. Conforme explicado acima, as normas regulamentadoras obedecem a parâmetros técnico científicos modernos (Ministério do Trabalho, 1997/1998). É importante, por exemplo, atentar-se à medição do nível de ruído de impacto. Para isso, deve-se utilizar um medidor de nível de pressão sonora, operando no modo "Linear" e circuito de resposta ajustado para medição do nível de pico (Ministério do Trabalho, 2001). Dessa forma, o limite de exposição diária ao ruído de impacto é determinado pela seguinte expressão:

$$Np = 160 - 10 \log n \quad (2)$$

Onde, Np representa o nível de pico, em dB (Lin), máximo admissível, e n , o número de impactos ou impulsos ocorridos durante a jornada diária de trabalho.

De acordo com a Norma de Higiene Ocupacional 01 (Ministério do Trabalho, 2001, p. 21):

Quando o número de impactos ou de impulsos diários exceder 10000 ($n > 10000$), o ruído passa a ser considerado como contínuo ou intermitente. O limite de tolerância valor teto para ruído de impacto corresponde valor do nível de 140 dB (Lin). O nível de ação para exposição ocupacional ao ruído de impacto corresponde ao valor Np obtido, subtraído de 3 dB: ($Np - 3$) dB.

O autor deixa claro que os valores acima passaram por um rigor técnico científico adequado. Esse ponto deve ser frisado, pois qualquer valor que ultrapasse esses valores de nível

médio de ruído já pode acarretar riscos à saúde auditiva, no contexto dos motoristas. Nessa conjectura, o ruído é um dos agentes físicos de principal em destaque nos estudos acerca da perda auditiva em motoristas, assim como o agente físico da vibração.

Sendo assim, não só ruído, o principal fator de avaliação proposto no presente trabalho, mas também outros agentes físicos como as vibrações contribuem para ocorrência de distúrbios auditivos em motoristas de ônibus. Analisando os trabalhos dos autores citados, o conhecimento acerca das normas regulamentadoras é o que norteia os estudos de campo que avaliam à saúde auditiva dos trabalhadores, como motoristas de ônibus. Portanto, é evidente salientar que todas NRs citadas, apresentam importância equivalente, quando se deseja assegurar o bom funcionamento da saúde auditiva dos trabalhadores.

3 METODOLOGIA

Existem diversas formas de se conceituar as pesquisas. De acordo com Moresi (2003), a pesquisa se traduz numa atividade cotidiana, considerada como um "questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático" (Moresi, 2003, p.8 apud Demo,1993, p.38).

De acordo com Tozoni-Reis (2009), é necessário entender a pesquisa como um processo de produção de conhecimento, a fim de compreender e interpretar uma realidade. Em decorrência dos fins práticos desse software foi utilizado como natureza da pesquisa aplicada.

O presente trabalho apresenta características exploratórias descritiva. Isso se deve ao fato da utilização de fontes bibliográficas e descritivas, mas adicionando anotações, medições e observações e formulários na pesquisa.

As pesquisas exploratórias são realizadas onde se tem pouco conhecimento sistematizado acerca de determinado assunto; as pesquisas descritivas evidenciam as características de certo fenômeno ou população, podendo traçar um paralelo entre as variáveis e definir sua natureza (Moresi, 2003).

Conforme Moresi (2003), afirma que, termos gerais, a dedução parte de uma proposição mais geral para uma mais particular, ao passo que a indução obedece a lógica inversa disso.

Devido à realização de testes para coleta de dados, foi utilizada a abordagem quantitativa do tratamento de dados. Devido ao uso de modelos estatísticos e resultados em gráficos para a análise de dados, adotou-se a lógica dedutiva (predominância quantitativa) como raciocínio base.

Para coletar dados, deve-se escolher o procedimento adequado. Conforme Gil (2002), o levantamento é caracterizado pela indagação direta com um grupo de pessoas com determinada característica que se deseja investigar. Solicita-se, portanto, informações acerca de um grupo de pessoas com o problema a ser estudado, para que se realize uma análise quantitativa e, por conseguinte, se adquira conclusões com os dados coletados.

Durante o levantamento, foram recolhidos os scores (pontuações) obtidos a partir do teste realizado no software, após concluídas as 23 rodadas por usuário. Vale frisar também que foram realizadas as medições de nível sonoro (em decibéis) dos ônibus analisados, sob o mesmo caráter de pesquisa. O medidor utilizado foi o aplicativo *Soundmeter* (Gemini, 2024), disponível gratuitamente para várias plataformas de celular. Segundo Nunes (2001), a curva de

ponderação A procura aproximar os valores de ruídos medidos à forma de resposta da audição humana. É a medição mais utilizada para avaliar a percepção auditiva humana, simulando a sensibilidade do ouvido do ser-humano a níveis de som mais fracos.

O comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal do Pará concedeu autorização para a realização do estudo (ANEXO B – Parecer Consubstanciado do CEP). Além disso, os usuários foram noticiados sobre o objetivo da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A), assegurando-lhes, por meio desse documento, sigilo profissional

A coleta de dados dos usuários foi obtida através de testes, ou seja, por meio de teste no software simulador de perda auditiva, com participação de 31 usuários ao todo, dividido em dois grupos. O primeiro de 15 voluntários era formado por pessoas com boa saúde auditiva e que não atuavam como motoristas de ônibus (grupo controle). O segundo era formado por 16 voluntários pertencentes à classe de motoristas de ônibus (grupo experimental).

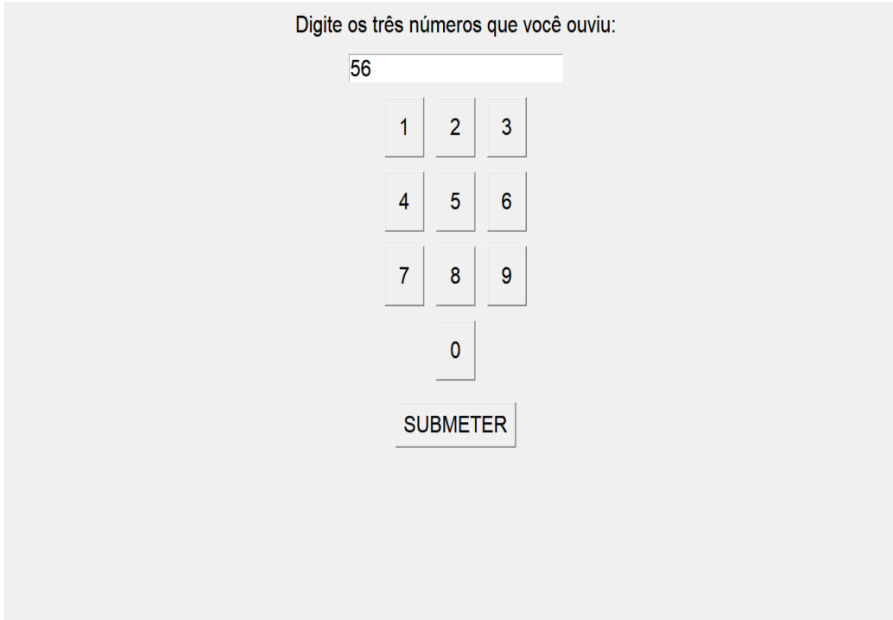
Gil (2002, p.51), assim conceitua

Na maioria dos levantamentos, não são pesquisados todos os integrantes da população estudada. Antes seleciona-se, mediante procedimentos estatísticos, uma amostra significativa de todo o universo, que é tomada como objeto de investigação. As conclusões obtidas com base nessa amostra são projetadas para a totalidade do universo, levando em consideração a margem de erro, que é obtida mediante cálculos estatísticos.

Para a realização deste levantamento, foi realizada uma consulta acerca da utilização de fontes primárias para embasar o tema escolhido. Além disso, foram utilizado o tratamento de dados primários, visto que esses dados foram por meio de medições. De acordo com Moresi (2003), as fontes para pesquisa correspondem a bases de dados organizadas para consulta, podendo ser de forma impressa ou digital.

De início, o presente trabalho utiliza o método de teste em um software, desenvolvido em linguagem Python. O ruído simulado foi obtido no site freesound.org (Freesound, 2024). O teste consiste em uma sessão de 23 rodadas ou sets, nas quais o usuário deve digitar uma sequência de 3 números na tela, após ouvir um comando de voz (Figura 4). Todavia, há um ruído de fundo que aumenta sistematicamente a cada rodada, como forma de criar uma condição simulada do ruído do motor. No final da sessão de testes, aparece na tela uma pontuação ou score que o usuário obteve.

Figura 3 - Interface do Teste



Digite os três números que você ouviu:

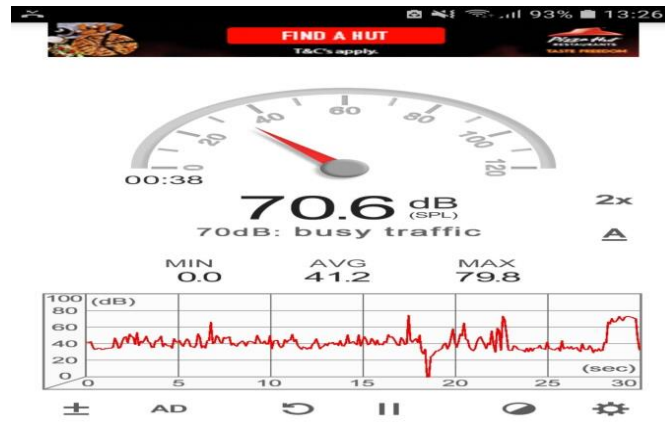
1	2	3
4	5	6
7	8	9
0		

SUBMETER

Fonte: autoria própria

Foram realizadas, também, medições de ruído dentro de 10 ônibus que integram a frota de coletivos da Região Metropolitana de Belém. Essa medição contou com a utilização de um aplicativo para celular: O Soundmeter (Figura 5). Este aplicativo é amplamente utilizado para testes de nível sonoro em qualquer ambiente de preferência, apresentando um layout inteligível e registrando a média de nível sonoro em uma duração de 7:45 min. Vale destacar que a Norma de Higiene Ocupacional 01 - NHO 01 recomenda a utilização de aparelhos de medição pessoais (Ministério do Trabalho, 2001).

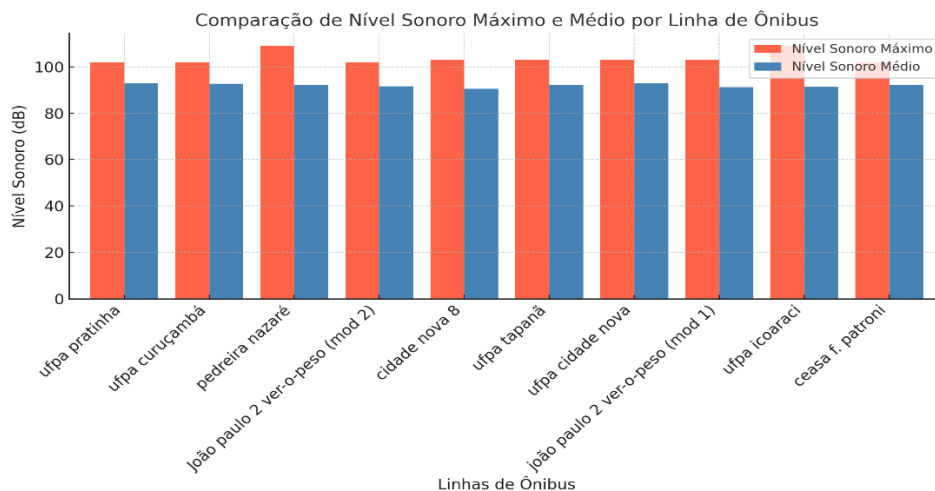
Figura 4 - Soundmeter



Fonte: pulsarinstruments.com

Abaixo, está um gráfico de barras comparativo entre a média de nível sonoro registrado no ônibus, em 7:45 min de medição, e o nível sonoro máximo registrado (nível de pico) com o aplicativo acima (Figura 6). O celular contendo esse aplicativo foi posicionado a cerca de 2 metros do motor do ônibus, ao lado da posição da roleta.

Gráfico 1 - Comparação entre Nível Sonoro Máximo e Médio por Linha de Ônibus



Fonte: autoria própria

Para a conclusão deste trabalho, foi realizado um levantamento estatístico acerca dos dois grupos (populações) estudados: os motoristas de ônibus e os não trabalhadores do transporte público. Os dados das variáveis do levantamento se traduzem nas pontuações

(scores) obtidas no teste realizado no software desenvolvido para este trabalho. A pesquisa foi realizada dentro do intervalo do dia 20 de julho de 2024 a 21 de novembro de 2024.

Também, foi realizado um levantamento acerca do nível sonoro medido dentro dos coletivos.

Em ambas as situações, para o cálculo de amostragem, utilizou-se o cálculo da média aritmética para as duas populações e para os níveis sonoros medidos, além da utilização do teste U de Mann-Whitney. É importante frisar que também foi utilizado um diagrama de caixa (Boxplot). Segundo Filho (1999), o teste U de Mann-Whitney é um teste não paramétrico utilizado para tratar dados ordinais. Ele é comumente utilizado para o teste t em amostras independentes e todos os cálculos neles são feitos com postos - rank. Nessa conjectura, o cálculo de U é efetuado da seguinte maneira:

$$U1 = n1 \cdot n2 + \frac{n1(n1 + 1)}{2} - R1 \quad (3.3)$$

$$U2 = n1 \cdot n2 + \frac{n2(n2 + 1)}{2} - R2 \quad (3.4)$$

Onde $n1$ é o tamanho da amostra menor, $n2$ é o tamanho da amostra e $R1$ e $R2$ é a soma dos postos em cada grupo.

Para o cálculo da média aritmética, utiliza-se a equação abaixo, em que x são os valores da amostra e n é o número de amostras:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (4)$$

A presente pesquisa buscou realizar um teste que avalia a percepção auditiva em um software desenvolvido em linguagem Python. Após a análise dos dados referente às pontuações, constatou-se que a média aritmética da população de motoristas foi de 14.6, enquanto que a da população de não motoristas 17.2. Vale destacar que se prezou pelo silêncio dentro ambiente, durante a realização dos testes.

Esses achados contribuem para se investigar como a exposição prolongada a ruídos pode afetar a percepção auditiva de motoristas de ônibus da Região Metropolitana de Belém, bem como outros aspectos da saúde dos mesmos.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A pesquisa se baseou na aplicação do teste utilizando o software para as duas populações estudadas. A interface apresenta na tela inicial um local para cadastrar as informações dos usuários como idade, gênero, local de nascimento, histórico auditivo e profissão. Em seguida, cada voluntário realizou o teste com o auxílio de um fone de ouvido com fio (Samsung AKG). Esse fone possui uma frequência de resposta de 20 a 20 KHz e uma potência de 94.3 dB +/- 3 dB (-10 dBFS de entrada), de acordo com o site do fabricante (Samsung, 2024).

É bom frisar que a população de não motoristas (grupo controle) apresentou a participação de ambos os gêneros e uma amplitude de idade variando de 18 a 62 anos, com todos apresentando ensino médio completo e com apenas três pessoas apresentando ensino superior completo; a população de motoristas de ônibus (grupo experimental) foi composta totalmente por homens, todos com ensino médio completo, com idades variando de 25 a 60 anos. Os dados coletados são representados pelas pontuações absolutas dos usuários no teste, ou seja, a cada sequência que o operador acertava, ele obtinha 1 ponto, num total de 23 rodadas.

A revisão sistemática foi realizada em três fases: (i) planejamento, no qual as diretrizes da pesquisa foram baseadas em um protocolo; (ii) condução, que consistiu em executar a busca e seleção de obras de interesse de acordo com a inclusão e exclusão dos critérios definidos no protocolo; e finalmente, (iii) a etapa de extração de dados, que nos permitiu examinar os estudos selecionados para entender o estado da arte na área sob investigação.

Além disso, os indivíduos população de não motoristas afirmaram apresentar uma saúde auditiva saudável, enquanto que alguns motoristas de ônibus se queixaram de certos incômodos em seu aparelho auditivo, devido à atividade exercida. Vale destacar que no grupo controle (não motoristas) somente 1/3 dos voluntários possuíam ensino superior completo. Isso tudo pode ser verificado nas tabelas das Figuras 7 e 8 abaixo:

Tabela 2 - Demografia do Grupo Experimental

Usuário	Tempo de profissão	Pontos	Grau de Escolaridade
Homem 52 anos	N/A	12	Ensino Médio Completo
Homem 25 anos	N/A	17	Ensino Superior Incompleto
Homem 51 anos	N/A	17	Ensino Médio Completo
Homem 51 anos	27 anos	12	Ensino Médio Completo
Homem 49 anos	N/A	14	Ensino Médio Completo
Homem 53 anos	25 anos	12	Ensino Médio Completo
Homem 54 anos	N/A	12	Ensino Médio Completo
Homem 59 anos	N/A	17	Ensino Médio Completo
Homem 34 anos	N/A	13	Ensino Médio Completo
Homem 60 anos	N/A	20	Ensino Médio Completo
Homem 40 anos	16 anos	13	Ensino Médio Completo
Homem 56 anos	10 anos	13	Ensino Médio Completo
Homem 42 anos	20 anos	16	Ensino Médio Completo
Homem 52anos	10 anos	15	Ensino Médio Completo
Homem 43 anos	12 anos	10	Ensino Médio Completo
Homem 47 anos	8 anos	19	Ensino Médio Completo

Fonte: autoria própria

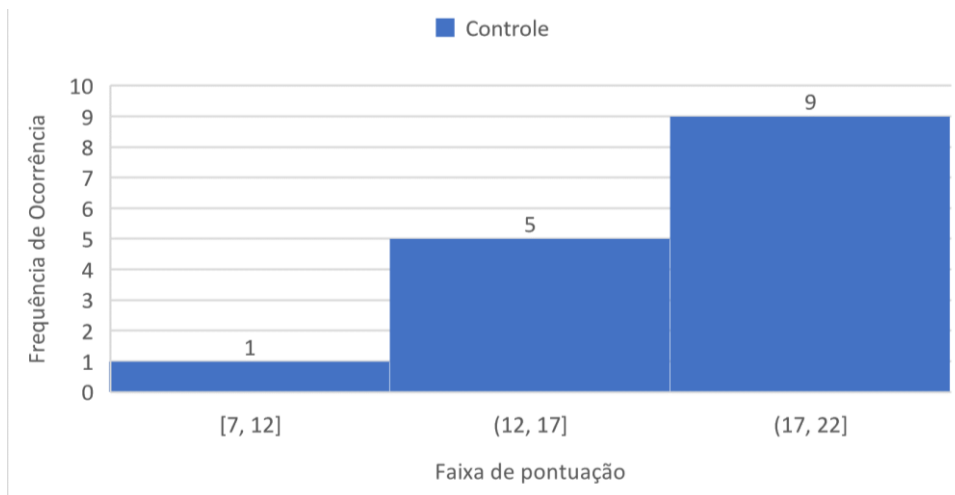
Tabela 3 - Demografia do Grupo Controle

Usuário	Pontos	Grau de Escolaridade
Homem 27 anos	16	Ensino Superior Incompleto
Mulher 62 anos	16	Ensino Superior Completo
Homem 27 anos	19	Ensino Médio Completo
Homem 59 anos	19	Ensino Médio Completo
Homem 26 anos	20	Ensino Médio Completo
Homem 22 anos	16	Ensino Superior Incompleto
Homem 18 anos	15	Ensino Superior Incompleto
Homem 42 anos	18	Ensino Médio Completo
Homem 52 anos	16	Ensino Médio Completo
Mulher 56 anos	17	Ensino Superior Completo
Mulher 50 anos	12	Ensino Médio Completo
Mulher 18 anos	7	Ensino Médio Completo
Homem 28 anos	17	Ensino Médio Completo
Homem 19 anos	21	Ensino Superior Incompleto
Mulher 41 anos	19	Ensino Superior Completo

Fonte: autoria própria

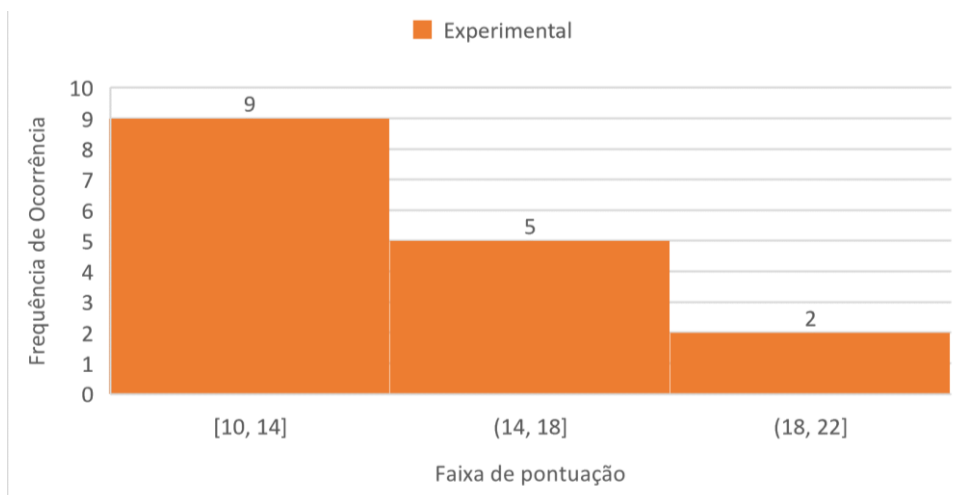
É importante notar a dinâmica dos histogramas abaixo (Figuras 9 e 10). O grupo controle apresentou um deslocamento à esquerda, com uma grande frequência de participantes obtendo as pontuações mais altas e somente um participante marcando uma pontuação muito baixa de 7 pontos. Já o grupo experimental apresentou um deslocamento à direita no histograma, com uma grande frequência de usuários obtendo as pontuações mais baixas e poucos voluntários marcando pontuações mais altas.

Gráfico 2 - Histograma do Grupo Controle



Fonte: autoria própria

Gráfico 3 - Histograma do Grupo Experimental



Fonte: autoria própria

A imagem a seguir (Figura 11) representa o boxplot ou diagrama de caixa das duas analisados. De acordo com Filho (1999), estão representados em um boxplot o 1º quartil, a mediana ou 2º quartil, o 3º quartil, os limites superior e inferior e os outliers. A mediana ou 2º quartil (Percentil 50) divide o conjunto em duas partes iguais, em que 50% dos valores serão iguais ou inferiores a ela, ao passo que os outros 50% serão iguais ou superiores; O 1º quartil

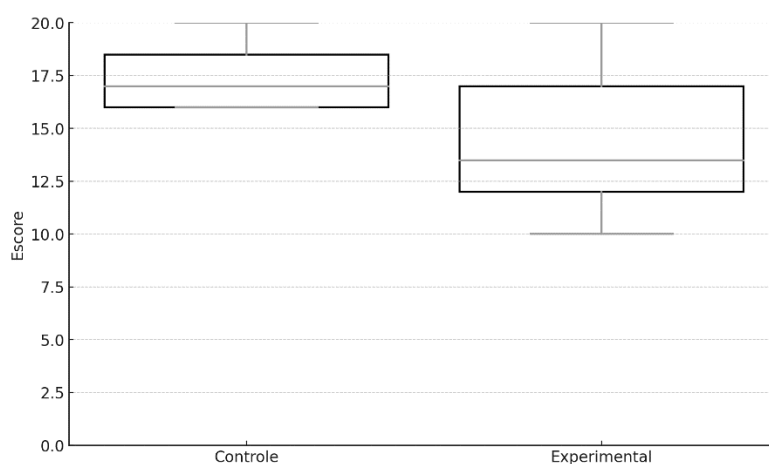
corresponde ao percentil 25, contendo 25% dos valores inferiores do conjunto; O 3º quartil corresponde ao percentil 75, contendo 25% dos valores superiores do conjunto.

Os limites superior e inferior correspondem, respectivamente, ao valor máximo e mínimo do conjunto sem ser os outliers. Os outliers são os valores discrepantes do conjunto e, para achá-los, precisamos calcular os valores dos limites superior e inferior teórico abaixo, respectivamente. Nota-se que IQR corresponde à amplitude interquartil, calculada por (Q3 - Q1):

$$\text{Limite Superior Teórico} = Q1 - 1,5 \cdot IQR \quad (5.1)$$

$$\text{Limite Inferior Teórico} = Q3 + 1,5 \cdot IQR \quad (5.2)$$

Gráfico 4 - Boxplot das Populações



Fonte: autoria própria

Pode-se observar nesta tabela comparativa alguns dados interessantes. A média de pontuação da população de não motoristas, em 23 rodadas, apresentou uma média de 16,73 pontos (com um outlier de 7 pontos), superior à média de 14,5 dos motoristas. Isso indica uma diferença de 2,23 na média de pontuação. Além disso, após a realização do teste U de Mann-Whitney, retirando o outlier do grupo controle no cálculo, constata-se que $U=139,5$ e $p=0,011$. Dessa forma, pode-se dizer que o software desenvolvido foi uma ferramenta confiável para ratificar o impacto da exposição do ruído à saúde auditiva dos motoristas.

O presente trabalho procurou desenvolver uma arquitetura de software e um algoritmo que criasse uma condição simulada de ruído. Pode-se dizer que houve uma grande satisfação dos usuários, em relação ao software. Ademais, a interface do teste foi de fácil compreensão para os usuários, que rapidamente entenderam a sua dinâmica. Com isso, pode-se afirmar que a grande maioria dos usuários aprovaram o desenvolvimento da arquitetura do software e do algoritmo, confirmando que o software é uma ferramenta eficaz para simular uma condição ruidosa do trânsito urbano.

A ferramenta se provou ser acessível ao usuário. Porém, algumas desvantagens foram apresentadas, como a falta de capacidade de armazenar com eficácia os dados cadastrais dos usuários, sendo necessário recorrer à caneta e papel. Um outro empecilho é que o software não apresentava um ícone de "cancelar operação", obrigando o usuário a continuar o teste até o final. Essas desvantagens foram enfatizadas por alguns dos voluntários do teste.

Com base na porcentagem de satisfação dos usuários e nas reclamações feitas, pode-se dizer que o software se mostrou satisfatório no objetivo de criar uma condição simulada de ruído.

Vale destacar que existem na internet softwares gratuitos que podem ser encontrados, também, em lojas virtuais, como a play store. Como exemplos, podemos destacar o *Hearwho*, *Cognifit* e o *Audbility*, sendo que o primeiro pode ser baixado em celulares com sistema Android ou IOS. Um fato interessante é que o software desenvolvido apresentou uma robustez e eficiência semelhantes ao do aplicativo *Hearwho*, mas sempre frisando que ambos não devem ser tomados como métodos de diagnóstico.

Sendo assim, alguns usuários e até outros docentes consultores forneceram as seguintes sugestões: o botão de "cancelar operação" durante a efetuação do teste, uma interface digitação um pouco mais ampla e o armazenamento dados cadastrais junto com seu histórico. Além disso, o software desenvolvido se provou uma ferramenta barata, eficiente e acessível para qualquer usuário poder usá-la, incluindo motoristas de ônibus. Isso tudo ratifica o caráter suplementar desse software para a avaliação da percepção auditiva.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo focou-se na análise do impacto do ruído na saúde auditiva dos trabalhadores de transporte coletivo (motoristas), utilizando software de teste desenvolvido em linguagem Python para avaliar a percepção auditiva. Além disso, o software procurou fazer uma condição simulada do ruído do motor no decorrer da avaliação, compreender a influência da exposição ao ruído em motoristas de ônibus.

De um modo geral, o software desenvolvido foi bem avaliado pelos usuários. Todavia, ainda possui algumas limitações, como a falta de uma tela mais ampla e da opção "cancelar operação". Como a média de pontuação da população de não motoristas foi maior que a de motoristas (16,73 a 14,5), nota-se que o software conseguiu simular uma condição de ruído significativa durante o teste, ratificando o impacto do mesmo na percepção auditiva.

Como podemos ver nos resultados apresentados no diagrama de caixa e histogramas, o software obteve um desempenho satisfatório, semelhante a outros softwares e aplicativos, que realizam o mesmo teste, disponíveis gratuitamente na internet. Mesmo não sendo uma ferramenta que fornece um diagnóstico definitivo de surdez, ele ainda pode ser utilizado para fins acadêmicos ou clínicos, como objeto de estudo no campo da saúde auditiva.

A análise de artigos acadêmicos e das normas regulamentadoras serviu como base para compreender o impacto da exposição do ruído aos motoristas de ônibus. A revisão bibliográfica forneceu um panorama de como o uso de aparato tecnológico médico e de outros softwares podem ser benéficas para a avaliação da saúde auditiva dos usuários. Além disso, software desenvolvido apresentou resultados satisfatórios, visto que o mesmo foi bem avaliado pela maioria dos participantes, devido à sua praticidade e eficácia em simular uma condição de ruído.

Ademais, a pesquisa acadêmica nos permitiu identificar as tendências tecnológicas futuras para o campo da saúde, o que serviu de inspiração para o desenvolvimento do software. Ele se enquadra no grupo de teste auditivo, onde se avalia a capacidade de compreender uma sequência de dígitos em meio ao ruído ajustado.

Dada a importância do tema e do seu impacto no campo auditiva, é bastante necessário o desenvolvimento de softwares como o apresentado neste trabalho, podendo ser aplicado para fins clínicos e acadêmicos. Contudo, vale destacar o fato que a interface gráfica do teste poderia ser aprimorada. Além disso, como a pesquisa da revisão bibliográfica constatou a influência das vibrações na saúde auditiva dos motoristas, poderia existir no futuro o desenvolvimento de um software que avaliasse os padrões de vibração do banco dos motoristas de ônibus.

Ademais, deve-se apontar que serão realizadas mais coletas, a fim de tentar associar o tempo de trabalho do motorista com os seus scores.

Nesse sentido, a utilização de softwares de teste de percepção auditiva é uma tendência que os profissionais da saúde, de tecnologia médica e pesquisadores acadêmicos devem se atentar, procurando desenvolver esse recurso tecnológico no campo da saúde auditiva. Isso tudo acaba sendo extremamente benéfico para o tratamento da saúde auditiva dos trabalhadores, como os motoristas de ônibus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALQUIMIM, A. F.; BARRAL, A. B. C. R.; GOMES, C.; REZENDE, M. C de. Avaliação dos fatores de risco laborais e físicos para doenças cardiovasculares em motoristas de transporte urbano de ônibus em Montes Claros (MG). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 2151-2158, 2012

BARBOSA HJC, AGUIAR RA, BERNARDES HMC, AZEVEDO RR Júnior, BRAGA DB, SZPILMAN ARM. Perfil clínico epidemiológico de pacientes com perda auditiva. **J Health Biol Sci**. 2018 Jul-Set; 6(4):424-430

BONALDI, Laís P *et al.* Exposição ao Ruído: Aspectos Funcionais e Morfológicos do Sistema Auditivo em Humanos e Animais Experimentais. Modelo. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, [s. l.], ano 2001, v. 67, ed. 1, p. 16-21, 1 jan. 2001.

CASTRO JÚNIOR, Ney de; SANTOS, Adriana Silveira. Audiometria de tronco encefálico em motoristas de ônibus com perda auditiva induzida pelo ruído. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, [s. l.], ano 2009, v. 75, ed. 5, p. 753-759, 1 out. 2009.

CUNHA, José Rodrigo *et al.* Avaliação de riscos ocupacionais de motorista de ônibus intermunicipal: um estudo de caso no Estado do Pará. **Revista Sustinere**, [S. l.], ano 2019, p. 4-18, 30 maio 2019. DOI 10.12957. Disponível em: [dx.doi.org/10.12957/sustinere2019.41782](https://doi.org/10.12957/sustinere2019.41782). Acesso em: 24 nov. 2024.

DEMO, Pedro. Pesquisa e construção de conhecimento. **Tempo Brasileiro**, Rio de Janeiro - RJ, ano 1996, p. 38, 1 jan. 1996.

FILHO, Ulysses. Introdução à biostatística: Para simples mortais. **Introdução à biostatística**, [s. l.], v. 7, 1999.

FREESOUND. Freesound, 2024. Página inicial. Disponível em: <https://freesound.org/>. Acesso em: 4 de dezembro de 2024

FUNDACENTRO -FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO, DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. Norma de Higiene Ocupacional NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico. **Fundacentro**, São Paulo - SP, p. 1-63, 1 jan. 2013.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. atual. São Paulo - SP: Atlas, 2002. 176 p.

GOOGLEPLAY. Hearwho. 2024. 1 fotografia.166x296 pixels. Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hearxgroup.hearwho&hl=pt>. Acesso em: 26 de novembro de 2024

GUARDIANO, José Antonio Silva *et al.* Avaliação da perda auditiva dos motoristas de ônibus de Curitiba. **Scielo**, [s. l.], 1 mar. 2014. DOI 10.1590. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-0216201410212>. Acesso em: 24 nov. 2024.

HEARWHO. Versão 3.2. São Paulo. hearX Group, 2024. Aplicativo para dispositivos móveis: Android, IOS.

HU, BH *et al.* Involvement of apoptosis in progression of cochlear lesion following exposure to intense noise. **Hear.Res**, [s. l.], ano 2002, v. 166, ed. 1-2, p. 62-71, 1 abr. 2002. DOI 10.1016. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-5955\(02\)00286-1](https://doi.org/10.1016/S0378-5955(02)00286-1). Acesso em: 26 nov. 2024.

IA, Gemini. Comunicação pessoal. Plataforma Gemini, 4 de dezembro de 2024.

INFOESCOLA. Localização da cóclea dentro do ouvido interno. 2024. 1 fotografia. 1000x774 pixels. Disponível em <https://www.infoescola.com/audicao/coclea/>. Acesso em: 26 de novembro de 2024

MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). Governo Federal. 2001. **Norma de Higiene Ocupacional**: Procedimento Técnico: Avaliação da exposição Ocupacional ao Ruído, [S. l.], p. 1-40, 1 jan. 2001.

MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). Governo Federal. **NR - 17: Ergonomia**. [S. l.: s. n.], 1978. 22 p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). Governo Federal. Portaria MTb nº3214 de 08 de junho 1978. **NR - 17: Ergonomia**, [S. l.], p. 1-22, 1978.

MORESI, Eduardo. Metodologia da Pesquisa. **Metodologia da Pesquisa**, Brasília - DF, ano 2003, p. 8, 1 mar. 2003.

NETO, Conrado DN *et al.* Inteligência artificial e novas tecnologias em saúde: desafios e perspectivas. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], ano 2020, 28 fev. 2020. DOI 10.34117/bjdv6n2-306. Disponível em: ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7210/6282. Acesso em: 24 nov. 2024.

NUNES, R.A.S. Avaliação de Ruído de Compressores Herméticos e de Sistemas de Refrigeração Através da Qualidade Sonora. *In*: NUNES, R.A.S. **Avaliação de Ruído de**

Compressores Herméticos e de Sistemas de Refrigeração Através da Qualidade Sonora. 2001. Avaliação de Ruído de Compressores Herméticos e de Sistemas de Refrigeração Através da Qualidade Sonora (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2001. p. 138.

PALUCCI, Bruno Peres. Fisiologia da Audição. **R1- ORL- HCFMUSP- 2005**, São Paulo - SP, ano 2005, p. 1-14, 1 jan. 2005.

PULSARINSTRUMENTS. Soundmeter. 1 fotografia. 675x1200. Disponível em <https://pulsarinstruments.com/news/decibel-meter-vs-sound-meter-app/>. Acesso em 26 de novembro de 2024.

SAMELLI, A.G. *et al.* Revisão sistemática de intervenções para prevenção da perda auditiva induzida por ruído ocupacional - uma atualização. **Scielo**, São Paulo - SP, 2 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-1782/20202019189>. Acesso em: 4 dez. 2024.

SAMSUNG. Samsung © 1995-2024. **Fone Samsung AKG USB Tipo – C com fio e controles.** Disponível em <https://www.samsung.com/br/audio-sound/others/type-c-earphones-black-eo-ic100bbegbr/#specs>. Acesso em 26 de novembro de 2024.

THEOPOLD, HM. Degenerative alterations in the ventral cochlear nucleus of the guinea pig after impulse noise exposure: A preliminary light and electron microscopic study.. **Arch Otorhinolaryngol**, [s. l.], v. 209, ed. 4, p. 247-62, 1 jan. 1975.

TOZONI-REIS, Marília FC. **Metodologia da Pesquisa.** 2. ed. Curitiba - PR: IESDE Brasil, 2009. 136 p.

VOS, Bénédicte *et al.* Risk factors for hearing loss in children: a systematic literature review and metaanalysis protocol. **Systematic Reviews**, [s. l.], ano 2019, 17 jul. 2019. DOI 10.1186. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13643-019-1073-x>. Acesso em: 24 nov. 2024.

WEIJIA, Zhi *et al.* Effects of 90 dB pure tone exposure on auditory and cardio-cerebral system functions in macaque monkeys. **Scielo**, [s. l.], 15 maio 2024. DOI 10.1016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118236>. Acesso em: 24 nov. 2024.

ZANNIN, Paulo HT *et al.* Perfis de ruído interno de ônibus em Curitiba. **Scielo**, [s. l.], 1 maio 2003. DOI 10.1016. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(03\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(03)00019-1). Acesso em: 24 nov. 2024.

APÊNDICE

APÊNDICE A – ALGORITMO DO SOFTWARE

```

import os
import random
import subprocess
from pydub import audiosegment
import tkinter as tk
from tkinter import messagebox, font

# function to mix and play audio
def mix_and_play_audio(digits, noise, noise_gain_db):
    # adjust levels for mixing
    adjusted_noise = noise + noise_gain_db
    print(f"noise gain: {noise_gain_db} db")
    print(f"adjusted noise level: {adjusted_noise.dbfs} db")

    # combine digits audio files
    combined_digits = sum(digits)

    # match noise duration to combined digits duration
    adjusted_noise = adjusted_noise[:len(combined_digits)]

    combined = adjusted_noise.overlay(combined_digits)
    combined_file = os.path.join(current_directory, "combined.wav")
    combined.export(combined_file, format="wav")

    # play combined audio
    try:
        print(f"playing combined audio with noise gain: {noise_gain_db} db")
        subprocess.run(["ffplay", "-nodisp", "-autoexit", combined_file], check=True)
    except subprocess.CalledProcessError as e:
        print(f"error during playback: {e}")
    except FileNotFoundError:
        print("ffplay not found. ensure ffmpeg is correctly installed and in the path.")
    os.remove(combined_file)

# get current directory
current_directory = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))

# paths to digit audio files
digit_files = {
    "0": os.path.join(current_directory, "zero.wav"),
    "1": os.path.join(current_directory, "one.wav"),
    "2": os.path.join(current_directory, "two.wav"),

```

```

"3": os.path.join(current_directory, "three.wav"),
"4": os.path.join(current_directory, "four.wav"),
"5": os.path.join(current_directory, "five.wav"),
"6": os.path.join(current_directory, "six.wav"),
"7": os.path.join(current_directory, "seven.wav"),
"8": os.path.join(current_directory, "eight.wav"),
"9": os.path.join(current_directory, "nine.wav")
}
noise_path = os.path.join(current_directory, "noise.wav")

# check if files exist
for digit, path in digit_files.items():
    if not os.path.exists(path):
        raise FileNotFoundError(f"file not found: {path}")
if not os.path.exists(noise_path):
    raise FileNotFoundError(f"file not found: {noise_path}")

# load noise file
noise = audiosegment.from_file(noise_path).set_channels(1)

# load digit files
digit_audio = {digit: audiosegment.from_file(path).set_channels(1) for digit, path in
digit_files.items()}

# create gui
class hearingtestapp(tk.tk):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.title("hearing test")
        self.attributes('-fullscreen', true)

        self.custom_font = font.Font(family="helvetica", size=24)
        self.trial = 1
        self.total_trials = 23
        self.score = 0

        self.noise_gain_db = -15 # starting noise level
        self.noise_increment = 0.5 # increment noise level per trial

        self.instruction_screen()

    def instruction_screen(self):
        for widget in self.winfo_children():
            widget.destroy()

        instruction = ("você vai ouvir três números com um ruído de fundo. ")

```

```

        "o ruído aumentará a cada tentativa. "
        "digite os números que você ouviu e pressione enter. "
        "se você não ouviu direito, chute o número. "
        "pressione a barra de espaço para iniciar o experimento.")
label = tk.Label(self, text=instruction, wraplength=1000, font=self.custom_font)
label.pack(expand=True)
label.place(relx=0.5, rely=0.5, anchor=tk.CENTER) # center the text

self.bind("<space>", self.start_biographical_data)

def start_biographical_data(self, event):
    self.unbind("<space>")
    for widget in self.winfo_children():
        widget.destroy()

    self.biographical_data_screen()

def biographical_data_screen(self):
    for widget in self.winfo_children():
        widget.destroy()

    self.biographical_data = {}

    tk.Label(self, text="nome:", font=self.custom_font).pack(pady=10)
    self.biographical_data['nome'] = tk.Entry(self, font=self.custom_font)
    self.biographical_data['nome'].pack(pady=10)

    tk.Label(self, text="idade:", font=self.custom_font).pack(pady=10)
    self.biographical_data['idade'] = tk.Entry(self, font=self.custom_font)
    self.biographical_data['idade'].pack(pady=10)

    tk.Label(self, text="local de nascimento:", font=self.custom_font).pack(pady=10)
    self.biographical_data['local de nascimento'] = tk.Entry(self, font=self.custom_font)
    self.biographical_data['local de nascimento'].pack(pady=10)

    tk.Label(self, text="gênero:", font=self.custom_font).pack(pady=10)
    self.biographical_data['gênero'] = tk.StringVar()
    gender_options = ["masculino", "feminino", "prefiro não dizer"]
    for gender in gender_options:
        tk.Radiobutton(self, text=gender, variable=self.biographical_data['gênero'], value=gender,
font=self.custom_font, width=20, anchor=tk.W).pack(pady=5)

    tk.Label(self, text="profissão:", font=self.custom_font).pack(pady=10)
    self.biographical_data['profissão'] = tk.Entry(self, font=self.custom_font)
    self.biographical_data['profissão'].pack(pady=10)

```

```

submit_button = tk.button(self, text="submeter", command=self.validate_biographical_data,
font=self.custom_font)
submit_button.pack(pady=20)
self.bind("<return>", lambda event: self.validate_biographical_data())

def validate_biographical_data(self):
if any(entry.get() == " for entry in self.biographical_data.values()):
messagebox.showwarning("incomplete data", "por favor, preencha todas as informações.")
elif self.biographical_data['gênero'].get() == "":
messagebox.showwarning("incomplete data", "por favor, selecione o gênero.")
else:
self.unbind("<return>")
self.hearing_test_screen()

def hearing_test_screen(self):
for widget in self.winfo_children():
widget.destroy()

tk.label(self, text="você consegue ouvir o som?", font=self.custom_font).pack(pady=10)

def play_test_audio():
digits = [digit_audio['1'], digit_audio['2'], digit_audio['3']]
mix_and_play_audio(digits, noise, self.noise_gain_db)

play_button = tk.button(self, text="ouvir", command=play_test_audio, font=self.custom_font)
play_button.pack(pady=10)

response_frame = tk.frame(self)
response_frame.pack(pady=10)

self.can_hear = tk.stringvar()
tk.radiobutton(response_frame, text="sim", variable=self.can_hear, value="sim",
font=self.custom_font, width=10).pack(side=tk.left, padx=20)
tk.radiobutton(response_frame, text="não", variable=self.can_hear, value="não",
font=self.custom_font, width=10).pack(side=tk.left, padx=20)

submit_button = tk.button(self, text="submeter", command=self.validate_hearing_test,
font=self.custom_font)
submit_button.pack(pady=20)

def validate_hearing_test(self):
if self.can_hear.get() == "":
messagebox.showwarning("no input", "por favor, selecione se você pode ouvir o som.")
elif self.can_hear.get() == 'não':
messagebox.showinfo("ajuste o volume", "por favor, aumente o volume do som e teste
novamente.")

```

```

        self.hearing_test_screen()
    else:
        self.run_trial()

def run_trial(self):
    for widget in self.wininfo_children():
        widget.destroy()

    # wait for the screen to be ready before playing audio
    self.after(1000, self.play_audio_and_show_entry)

def play_audio_and_show_entry(self):
    digits = random.choices(list(digit_audio.values()), k=3)
    correct_digits = random.choices(list(digit_files.keys()), k=3)
    self.correct_answer = ".join(correct_digits)
    print(f"correct answer: {self.correct_answer}")

    # show the answer pad
    self.show_answer_pad()

    # play the audio
    self.after(500, lambda: mix_and_play_audio([digit_audio[digit] for digit in correct_digits],
noise, self.noise_gain_db))

def show_answer_pad(self):
    tk.label(self, text="digite os três números que você ouviu:",
font=self.custom_font).pack(pady=10)

    self.answer_var = tk.stringvar

```

ANEXOS

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: “Desenvolvimento e Teste de um Software Simulador de Perda Auditiva”

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Antônio Pereira Júnior

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar da pesquisa intitulada “Desenvolvimento e Teste de um Software Simulador de Perda Auditiva”, conduzida pelo Prof. Dr. Antônio Pereira Júnior, da Universidade Federal do Pará. Este projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento e a validação de um software que simula diferentes graus de perda auditiva, permitindo avaliar as dificuldades auditivas que indivíduos podem enfrentar em ambientes com ruído de fundo. **Essa pesquisa não tem caráter diagnóstico** e não substitui exames médicos tradicionais, sendo seu foco na avaliação da percepção auditiva em condições simuladas.

Justificativa:

A perda auditiva afeta milhões de pessoas em todo o mundo e impacta significativamente a qualidade de vida. O desenvolvimento de ferramentas que simulem essa condição é essencial para aumentar a conscientização sobre o impacto da perda auditiva, melhorar a comunicação entre pacientes e profissionais de saúde e fomentar o desenvolvimento de novas abordagens para a prevenção e o tratamento da surdez. Além disso, este estudo contribuirá para o avanço da ciência no campo da Audição e poderá ser utilizado em ambientes educacionais e clínicos.

Procedimentos:

O estudo envolve duas etapas principais:

1. **Coleta de Dados Biográficos e Socioeconômicos:** Será solicitada a sua participação no preenchimento de uma ficha de avaliação contendo informações pessoais, como idade, sexo, local de nascimento, profissão e histórico auditivo.
2. **Aplicação do Simulador de Perda Auditiva:** Você será convidado(a) a utilizar um software que reproduz sons com diferentes níveis de perda auditiva simulada. Durante o teste, você ouvirá números pronunciados em meio a ruídos de fundo que aumentarão progressivamente. Sua tarefa será identificar os números ouvidos, utilizando um teclado numérico na tela.

Os procedimentos serão acompanhados por um pesquisador da equipe.

Riscos:

Os riscos relacionados à participação nesta pesquisa são mínimos. No entanto, alguns participantes podem experimentar leve desconforto auditivo ou ansiedade, especialmente devido ao aumento progressivo do ruído de fundo durante a simulação. Caso sinta desconforto, você poderá interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer penalidade ou prejuízo. A equipe estará disponível para prestar suporte imediato em caso de qualquer desconforto durante os testes.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa, você contribuirá para o desenvolvimento de um software inovador que

pode ajudar profissionais de saúde e pacientes a compreender melhor as dificuldades causadas pela perda auditiva. Embora a pesquisa não tenha o objetivo de fornecer diagnósticos clínicos, ela poderá lhe fornecer uma melhor compreensão de sua própria percepção auditiva. Ademais, a sua participação pode contribuir significativamente para o progresso científico no campo da Audição.

Confidencialidade:

Todas as informações coletadas serão tratadas com total confidencialidade. Os dados obtidos durante a pesquisa serão utilizados exclusivamente para fins científicos e estarão armazenados em servidores da Universidade Federal do Pará por um período de até 5 (cinco) anos, sendo acessados somente pela equipe de pesquisa. Os resultados do estudo poderão ser divulgados em publicações científicas, trabalhos acadêmicos (TCCs, dissertações e teses) e eventos científicos, sempre de maneira anonimizada, sem qualquer identificação individual dos participantes.

Assistência e Compensação:

Em caso de qualquer dano relacionado à pesquisa, você receberá assistência imediata e gratuita. Conforme disposto pela Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), você tem o direito de solicitar compensação por quaisquer prejuízos decorrentes da sua participação.

Voluntariedade:

A participação nesta pesquisa é totalmente voluntária. Você tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase do estudo, sem que isso acarrete qualquer prejuízo ou penalidade. Recomendamos que você tome o tempo necessário para refletir sobre sua participação e, em caso de dúvidas, entre em contato com a equipe de pesquisa.

Contato para Esclarecimentos:

Se você tiver qualquer dúvida sobre este estudo ou sobre seus direitos enquanto participante, poderá entrar em contato com a equipe de pesquisa pelo telefone: (91) 3201-7476 ou pelo e-mail: apereira@ufpa.br. As dúvidas sobre os aspectos éticos da pesquisa podem ser esclarecidas com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Pará (CEP-ICS/UFPA). Rua Augusto Corrêa, nº 1, Campus do Guamá. UFPA, Faculdade de Enfermagem do ICS, Sala 13, 2º Andar. CEP: 66.075-110, Belém-Pará. Tel: 3201-7735 Email: cepccs@ufpa.br

Declaração de Consentimento

Declaro que fui informado(a) sobre todos os aspectos relevantes desta pesquisa, compreendi os objetivos, os riscos e os benefícios envolvidos, e concordo em participar voluntariamente deste estudo.

Nome do Participante: _____

Assinatura: _____

Data: _____

Pesquisador Responsável: _____

Assinatura: _____

Data: _____

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ



Continuação do Parecer: 7.217.729

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

- O estudo envolve risco mínimo, pois os participantes apenas ouvirão amostras de áudio.
- Não há procedimentos invasivos envolvidos.

Benefícios:

- Os participantes podem ganhar uma melhor compreensão da perda auditiva e seu impacto na comunicação.
- O simulador desenvolvido pode ser uma ferramenta educacional valiosa para audiologistas, educadores e pesquisadores.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo encaminhado dispõe de metodologia e critérios definidos conforme resolução 466/12 do CNS/MS.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentados, nesta versão, contemplam os sugeridos pelo sistema CEP/CONEP.

Recomendações:

1 - De acordo com a solicitação do pesquisador responsável e deliberação do colegiado, encaminhamos o parecer para liberação imediata.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP: