

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

PROJETO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TÉCNICO



**HUMBERTO - DISPOSITIVO PARA A SEGURANÇA
DO DEFICIENTE AUDITIVO NA INDÚSTRIA**

**NICOLAS BERGAMO DA SILVA
TIMÓTEO BORGES VICENTE**

**SÃO LEOPOLDO
2025**

NICOLAS BERGAMO DA SILVA
TIMÓTEO BORGES VICENTE

**HUMBERTO - PARA A SEGURANÇA
DO DEFICIENTE AUDITIVO NA INDÚSTRIA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso
Técnico apresentado ao Curso de
Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual
Frederico Guilherme Schmidt como requisito
para aprovação nas disciplinas do curso sob
orientação do professor Deny Pontin e
coorientação do professor Dr. André Furtado.

SÃO LEOPOLDO
2025

RESUMO

Este projeto intitulado "Humberto", apresenta uma solução para a exclusão de trabalhadores com deficiência auditiva absoluta em ambientes industriais, onde alarmes sonoros são cruciais para a segurança. O nome "Humberto" é inspirado no personagem surdo-mudo da *Turma da Mônica*, que utilizava a expressão "hum, hum" para se comunicar, destacando a importância de alternativas sensoriais à comunicação sonora. O tema gira em torno da criação de um dispositivo sensorial capaz de converter sinais sonoros de alerta em vibrações táteis, permitindo que pessoas surdas percebam situações de perigo iminente. O problema identificado é a falta de acessibilidade para esse público, o que aumenta o risco de acidentes em fábricas e indústrias, especialmente em ambientes com alta dependência de sinais auditivos. O objetivo principal é desenvolver um protótipo eficiente que identifique sons acima de 90 dB e os traduza em estímulos vibratórios, assegurando que os trabalhadores surdos estejam cientes dos alertas de segurança. A justificativa do projeto baseia-se na necessidade de inclusão social e no cumprimento da legislação que exige adaptação dos ambientes de trabalho para pessoas com deficiência. A metodologia aplicada inclui o uso de um RP2040, um sensor de som KY-037 e um módulo vibratório MV50, programados para converter estímulos sonoros em vibrações. O desenvolvimento do protótipo foi testado em ambientes simulados, para verificar sua eficácia em situações reais de emergência. Os resultados esperados incluem a criação de um dispositivo acessível e de baixo custo, que melhore a segurança e promova a inclusão de trabalhadores surdos no mercado de trabalho industrial, contribuindo para um ambiente mais seguro e inclusivo.

Palavras-chave: Surdez, segurança, dispositivo sensorial, vibração, inclusão.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - deficientes auditivos severos na região do vale dos sinos	10
Figura 2 – Anatomia da Orelha	20
Figura 3 – Representação da Frequência	22
Figura 4 – Exposição do ouvido ao som	23
Figura 5 - Sirene Industrial X10	24
Figura 6 – Anatomia do sistema epitelial	26
Figura 7 – Anatomia do sistema nervoso - vista do plano latero lateral.	28
Figura 8 – Anatomia do sistema nervoso, vista lateral do rosto.	30
Figura 9 – RP2040	32
Figura 10 – Módulo Motor Vibracall MV50.	33
Figura 11 – Sensor de Som KY-037.	34
Figura 12 – Pilha 9V	35
Figura 13 - Fluxograma	40
Figura 14 - Esquema elétrico HUMBERTO	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da arte	16
Tabela 2 – Anatomia da orelha	20
Tabela 3 – Cronograma	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abrev.	Abreviada
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SAS	Semana de Acessibilidade Surda
HIAE	Hospital Israelita Albert Einstein
CID	Classificação Internacional de Doenças
ICD	<i>International Classification of Diseases</i>
BAHA	<i>Bone Anchored Hearing Aid</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
PWM	Modulação por Largura de Pulso

LISTA DE SÍMBOLOS

dB – decibéis

Hz – hertz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

1.2 PROBLEMA

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

1.3.2 Objetivos Específicos

1.4 JUSTIFICATIVA

2 ESTADO DA ARTE

2.1 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA PRÓTESE AUDITIVA ANCORADA NO OSSO PARA PERDA AUDITIVA SENSORIONEURAL UNILATERAL

2.2 A INCLUSÃO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NO MERCADO DE TRABALHO BRASILEIRO: UM ESTUDO DAS NORMAS E AÇÕES AFIRMATIVAS À LUZ DO DIREITO INTERNACIONAL

2.3 O SURDO E O TRABALHO: PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL

2.4 HUMBERTO: DISPOSITIVO PARA A SEGURANÇA DO DEFICIENTE AUDITIVO NA INDÚSTRIA

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O QUE É SURDEZ

3.2 O QUE É SOM

3.2.1 Frequência

3.2.1.1 Tipos de frequência

3.3 DECIBÉIS (DB)

3.3.1 Escala Logarítmica

3.4 DECIBÉIS EM ALARMES INDUSTRIAIS

3.4.1 Níveis Típicos de Decibéis em Alarmes Industriais

3.5 SURDOS NO TRABALHO

3.6 VIBRAÇÃO COMO ESTÍMULO

3.6.1 Receptores Sensoriais

3.7 NERVOS CUTÂNEOS CERVICAIS

3.7.1 Plexo Cervical e Nervos Cutâneos

3.7.2 Função dos Nervos Cutâneos Cervicais

3.8 NERVO AURICULAR MAGNO

3.8.1 Anatomia do Nervo Auricular Magno

3.8.2 Função Sensitiva

3.8.3 Limitações do Estudo

3.8.4 Aplicação no HUMBERTO

3.9 COMPONENTES DO SISTEMA

3.9.1 RP2040

3.9.2 Módulo Vibratório

3.9.3 Sensor de Som KY-037

3.9.4 Fonte de alimentação

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

4.1.2 Objetivos Específicos

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.2.1 RP2040

4.2.2 Sensor de Som KY-037

4.2.3 Módulo Vibratório MV50

4.2.4 Fonte de Alimentação 9V

4.3 FUNCIONAMENTO DO HUMBERTO

4.4 ESQUEMA ELÉTRICO

4.5 PROGRAMAÇÃO

5 CRONOGRAMA

6 RECURSOS

7 RESULTADOS ESPERADOS

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desta pesquisa leva em consideração a premissa da inclusão social, buscando acessibilidade e inserção de um grupo no qual a deficiência auditiva é absoluta e impossibilita um dia a dia íntegro.

Ao longo deste projeto estão sendo abordados aspectos técnicos e científicos relacionados a construção de um dispositivo auxiliar para surdos, incluindo arranjo, descrição de funcionamento e teste de desempenho. Além disso, também será abordado as vantagens e desvantagens associados à implementação de tal tecnologia em diferentes contextos socioambientais e industriais.

Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para o maior auxílio possível para pessoas surdas que contribuam para seu cotidiano, melhorando e colaborando para a convivência social e comunidade industrial.

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no censo de 2022, aponta que 5% da população brasileira é composta de pessoas que apresentam alguma deficiência auditiva. Essa porcentagem significa que mais de 10 milhões de cidadãos apresentam a deficiência e 2,7 milhões têm surdez profunda, ou seja, não escutam nada. No Rio Grande do Sul, na região do Vale do Rio dos Sinos o número de pessoas desce para cerca de 15 mil pessoas, com surdez severa (Censo, 2010)

Figura 1 - deficientes auditivos severos na região do vale dos sinos

Tabela - Deficiência auditiva severa (null)

Divisões Territoriais	2010
Araricá	62
Dois Irmãos	172
Ivoti	203
Nova Hartz	254
Estância Velha	285
Nova Santa Rita	333
Portão	441
Sapiranga	817
Campo Bom	857
Esteio	1.180

Sapucaia do Sul	1.594
São Leopoldo	2.304
Novo Hamburgo	2.773
Canoas	4.481
Rio Grande do Sul	138.708
Brasil	2.143.173

Fonte: IBGE (2010)

A Lei nº 8.213 de 24 de julho de 1991, que dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências, Art. 93, a empresa com 100 (cem) ou mais empregados está obrigada a preencher de 2%(dois por cento) a 5%(cinco por cento) dos seus cargos com beneficiários reabilitados ou pessoas portadoras de deficiência, habilitadas, para criar um ambiente de trabalho inclusivo que atenda às necessidades específicas desses trabalhadores com deficiência auditiva severa, como os que têm anacusia profunda, que não consiga ouvir um som abaixo de 90 dB.

Porém, segundo o Instituto Locomotiva, O Brasil tem 10,7 milhões de pessoas com alguma deficiência auditiva, mas apenas 37% delas estão inseridas no mercado de trabalho, mostra uma pesquisa do Instituto Locomotiva apresentada na 2ª Semana de Acessibilidade Surda (SAS), em São Paulo. Em comparação, esse número é de 58% entre a população geral, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Além do emprego, os surdos também encontram obstáculos na educação: segundo a pesquisa, 32% das pessoas com alguma deficiência auditiva não têm nenhum grau de instrução – na população em geral, esse número é de apenas 8%.

Mas não é só: muitos relatos de pessoas com deficiência auditiva indicam que as dificuldades também perpassam a vida cotidiana, como ir ao cinema, utilizar um serviço público ou dirigir. Dois em cada três brasileiros que possuem essa condição dizem encontrar obstáculos habituais por causa dela.

Quatro em cada dez pessoas com alguma surdez admitem que têm dificuldades para conversar com amigos, por exemplo, e 14% revela que esse problema se estende à família. “Como meus parentes não sabem libras, eles tentam fazer mímica, gestos ou então inventam uma linguagem própria para falar comigo. Por causa disso, eles não conhecem meu verdadeiro eu até hoje”, diz um dos relatos coletados para a apresentação. (Instituto Locomotiva, 2019)

Em 2022, o estado do Rio Grande do Sul contava com 51.189 empresas industriais, representando 8,9% do total de empresas do setor industrial do Brasil. Dentre elas, 2.652 são médias e grandes empresas, sendo consideradas médias aquelas com 50 a 225 empregados e grandes as que possuem mais de 225 empregados.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

Desenvolver um dispositivo sensorial cuja vibração auxilia na percepção sonora de elementos emergenciais no setor industrial.

1.2 PROBLEMA

Quais são os riscos ao deficiente auditivo absoluto em ambientes industriais, sociais e esportivos devido a qualquer descuido que possa causar morte ou lesões fatais durante o processo de fabricação.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar e validar a eficácia de um dispositivo sensorial desenvolvido para auxiliar deficientes auditivos absolutos (CID 10) na identificação de sinais sonoros de alerta em ambientes sociais, industriais e esportivos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Demonstrar, por meio de testes e simulações, a funcionalidade do dispositivo sensorial em ambientes que simulam o setor fabril;

- Avaliar a capacidade do sistema em converter sinais sonoros em estímulos vibratórios perceptíveis de forma eficaz e em tempo hábil;
- Discutir o impacto da tecnologia assistiva desenvolvida na inclusão e segurança de trabalhadores surdos no setor industrial;
- Entender quais os sinais de emergência são utilizados no setor fabril e a população deficiente auditiva absoluta, em tese, é desassistida.

1.4 JUSTIFICATIVA

A surdez é uma condição caracterizada como ausência ou perda profunda da capacidade de ouvir sons externos. A surdez pode ser causada por meios externos, biológicos e genéticos (HIAE).

As pessoas surdas enfrentam uma série de desafios no cotidiano fabril que muitas vezes passam despercebidos pela maioria da indústria. Com isso, a acessibilidade nos espaços ainda é insuficiente. Sinais visuais, legendas em vídeos e sistemas de alerta visual em emergências são algumas das adaptações necessárias que muitas vezes não estão disponíveis.

Dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontam que 5% da população brasileira é composta de pessoas que apresentam alguma deficiência auditiva. Essa porcentagem significa que mais de 10 milhões de cidadãos apresentam a deficiência e 2,7 milhões têm surdez profunda, ou seja, não escutam nada.

Portanto, as empresas são incentivadas a adotar medidas de acessibilidade, como sinais visuais, legendas em vídeos e sistemas de alerta visual em emergências, não apenas cumprir a Lei nº 8.213 de 24 de julho de 1991, que dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências, Art. 93, a empresa com 100 (cem) ou mais empregados está obrigada a preencher de 2%(dois por cento) a 5%(cinco por cento) dos seus cargos com beneficiários reabilitados ou pessoas portadoras de deficiência, habilitadas (BRASIL, 1991), para criar um ambiente de trabalho inclusivo que atenda às necessidades específicas

desses trabalhadores com deficiência auditiva severa, como os que têm anacusia profunda, que não consiga ouvir um som abaixo de 90 dB.

Assim, nasce a necessidade de garantir acessibilidade e inclusão no ambiente de trabalho para pessoas com deficiência auditiva, incluindo aquelas com anacusia profunda, ou seja, a perda completa da audição. A legislação estabelece uma reserva de cargos para essas pessoas, visando não apenas cumprir uma exigência legal, mas também proporcionar oportunidades de emprego e inclusão social.

Ao todo, 51.189 empresas industriais em 2022 no estado do Rio Grande do Sul. 8,9% do total de empresas que atuam no setor industrial do Brasil. São 2.652 empresas no RS que compõem Médias (50 - 225 empregados) e Grandes (225 ou mais.) empresas.

O Rio Grande do Sul é responsável por 8,1% das exportações brasileiras. A indústria do estado emprega cerca de 900 mil trabalhadores. As informações são do site Perfil da Indústria nos Estados, produzido pela Confederação Nacional da Indústria (CNI). Com uma economia diversificada, os cinco maiores setores industriais do estado são o da construção, seguido pelo de alimentos; veículos; máquinas e equipamentos; e químico.

A indústria do vale dos sinos se destaca em 3 grandes áreas: Calçadista; Metalúrgica; Mecânica; da Borracha (ObservaSinos). Essas indústrias apresentam grande risco físico ambiental ao seu trabalhador, já que operam com maquinário pesado.

Em caso de emergência, alertas sonoros são algumas das adaptações necessárias que muitas vezes não estão disponíveis. Logo a população com deficiência auditiva se encontra desassistida, muitas vezes dependendo de outros colegas, algo que não é sistemático.

Assim entendemos que é necessário desenvolver um dispositivo, visando a segurança pessoal e bem estar social do vínculo sócio coletivo no ambiente fabril, com a finalidade de alertar pessoas de surdez absoluta ou extrema de quaisquer ameaças físicas do mesmo, através da criação de um aparato que transforma sons altos de possíveis alarmes (acima de 90dB), em vibrações nos músculos e ossos temporais posteriores, garantido que o surdo esteja integrado ao ambiente que se encontra de uma forma acessível e de fácil uso ao usuário. Além disso, o nome “Humberto” nasce de uma inspiração brasileira.

Turma da Mônica® é uma série de histórias em quadrinhos e uma franquia de mídia produzida pela Mauricio de Sousa Produções, criada pelo cartunista e empresário Mauricio de Sousa. Foi originada em 1959 de tirinhas de jornal, na qual os personagens principais eram Bidu e Franjinha. A partir dos anos 1960, a série começou a ganhar a identidade atual, com a criação de Mônica e Cebolinha, entre 1960 e 1963, que passaram a ser os protagonistas. No ano de 1969, o Humberto é incluído aos protagonistas.

O Nome “Hum”berto, vem da necessidade de comunicação do personagem, na qual, o mesmo quando apresentado, só murmurava: “hum, hum”. Em histórias mais antigas, os personagens se referiam ao Humberto como mudo (por exemplo, a tirinha "Exame Médico"). Com o tempo, a sua falta de fala passou a ser atribuída à surdez, e também chegou a se comunicar através de Libras (Língua Brasileira de Sinais). nas histórias em quadrinhos.

A justificativa para este trabalho se dá na importância do desenvolvimento de um dispositivo que possibilite a inclusão de pessoas deficientes auditivas absolutas em quaisquer ambientes, assim aumentando a independência e o permitindo trabalhar em indústrias com alarmes sonoros. Também justifica-se pela necessidade de aplicação em diferentes contextos, como a industrial e social. Com a compreensão das dificuldades deste projeto permitirá o consumo do método adequado para sua operação eficaz e de longo prazo.

Portanto, a justificativa do atual projeto baseia-se na relevância social de oferecer ao surdo um dispositivo que lhe permita maior segurança no ambiente de trabalho industrial. Ao criar e aprimorar um dispositivo capaz de transformar sons em vibrações, estaríamos contribuindo para a inclusão desta parcela da sociedade.

2 ESTADO DA ARTE

A partir de uma pesquisa realizada na plataforma Sucupira, na área de saúde coletiva, utilizando o termo “Fono” foi-se encontrado apenas 1 resultado, a revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia. Quando mudamos a área para engenharia e mantivemos o termo “Fono” nenhum resultado foi encontrado, demonstrando a enorme lacuna na área pesquisada, por esse motivo decidimos realizar uma pesquisa mais ampla e geral nas plataformas SciELO e BDTD.

Na pesquisa avançada do SciELO incluímos os termos “Surdez” e “Trabalho” que resultaram em 81 resultados, sendo selecionado apenas 1.

Na plataforma BDTD se pesquisou “Surdez”, “Inclusão” e “Trabalho” que resultaram em 236 resultados, escolhendo-se apenas 1. Ainda na plataforma BDTD se procurou com a palavra chave “Prótese Auditiva” um dispositivo que compartilhasse de similaridades com nosso projeto, sendo selecionado 1 trabalho.

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Avaliação da eficiência da prótese auditiva ancorada no osso para perda auditiva sensorineural unilateral	Molina, Natália Oliveira	2019
A inclusão das pessoas com deficiência no mercado de trabalho brasileiro: um estudo das normas e ações afirmativas à luz do direito internacional	Castro, Moisés Coelho	2016
O surdo e o trabalho: perspectivas de desenvolvimento profissional	Sena, Elaine Cristina	2011

Fonte: os autores (2024)

2.1 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA PRÓTESE AUDITIVA ANCORADA NO OSSO PARA PERDA AUDITIVA SENSORIONEURAL UNILATERAL

No trabalho de Molina, se encontra um importante estudo do dispositivo BAHA (Bone Anchored Hearing Aid) ou prótese auditiva ancorada ao osso, que tem a função de transmitir o som através da vibração óssea. Este dispositivo é fixado na calota craniana através de uma cirurgia, localizado atrás da orelha em um vibrador ósseo externo que transmite o som diretamente para a cóclea. Este dispositivo atende a aqueles que não se beneficiam do aparelho de amplificação sonora comum. No estudo comprova-se a funcionalidade e eficiência do produto, mas ressalta-se seu preço, que passa dos 60 mil reais. Além de ser um procedimento cirúrgico, ou seja, carrega riscos ao paciente. O objetivo deste dispositivo é a conversão de sons em vibrações, assim como o nosso, porém o motivo se diferencia. Enquanto este dispositivo propõe vibrações sistemáticas para que o deficiente possa ouvir sons novamente, Nosso projeto tem a intenção de apenas alertar o deficiente auditivo, de forma que eles estejam integrados ao local de trabalho.

2.2 A INCLUSÃO DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA NO MERCADO DE TRABALHO BRASILEIRO: UM ESTUDO DAS NORMAS E AÇÕES AFIRMATIVAS À LUZ DO DIREITO INTERNACIONAL

A inclusão de deficientes no trabalho tem sido um tema central no atual século, com a constante discussão da dignidade humana e na construção de uma sociedade livre, justa e igualitária a todos seus membros. Diante da importância do trabalho na vida das sociedades, incluir essa parcela da população garante seu direito de liberdade, aumentando sua autonomia, bem-estar e a própria condição humana. Este trabalho estuda as ações e normas que visam efetivar esse direito de trabalho, considerando os mecanismos legislativos brasileiros que protegem esse direito, com destaque para a Lei 8.213/1991, também conhecida como Lei de Cotas.

2.3 O SURDO E O TRABALHO: PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL

O projeto discute a inclusão das pessoas surdas no mercado de trabalho, destacando o cenário político e social que tem evoluído graças aos movimentos de defesa dos direitos das pessoas com deficiência. Embora haja legislação favorável à inserção desses indivíduos, as barreiras para seu desenvolvimento profissional continuam significativas, especialmente em um ambiente cada vez mais competitivo. O estudo enfoca as dificuldades enfrentadas pelos surdos no acesso a oportunidades de crescimento dentro das empresas, apesar da existência da lei de cotas que obriga a contratação de pessoas com deficiência. A pesquisa realizada com trabalhadores surdos e empresas revela persistência de preconceitos e discriminações, evidenciando uma lacuna entre os discursos de inclusão e as práticas reais no ambiente de trabalho.

2.4 HUMBERTO: DISPOSITIVO PARA A SEGURANÇA DO DEFICIENTE AUDITIVO NA INDÚSTRIA

Encontramos uma enorme lacuna na área de engenharia elétrica pesquisando nas principais fontes de artigos e trabalhos, que demonstram a necessidade da realização de tal trabalho. Nosso projeto coloca em foco os problemas fundamentais já relatados nos artigos acima, com o propósito de solucionar estes mesmo com o desenvolvimento de nosso dispositivo. De uma forma que seja acessível ao proletariado e empresário da região.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo que converta sons em vibrações para melhorar a integração de trabalhadores surdos no ambiente industrial. Nesse sentido, estaremos abordando o funcionamento do sistema auditivo, bem como o sistema sensorial. Desta forma, buscamos compreender como o deficiente auditivo absoluto se encontra na indústria e como um dispositivo pode auxiliá-lo, visando a sua segurança no ambiente de trabalho e também o bem-estar e sensação de zelo do mesmo.

3.1 O QUE É SURDEZ

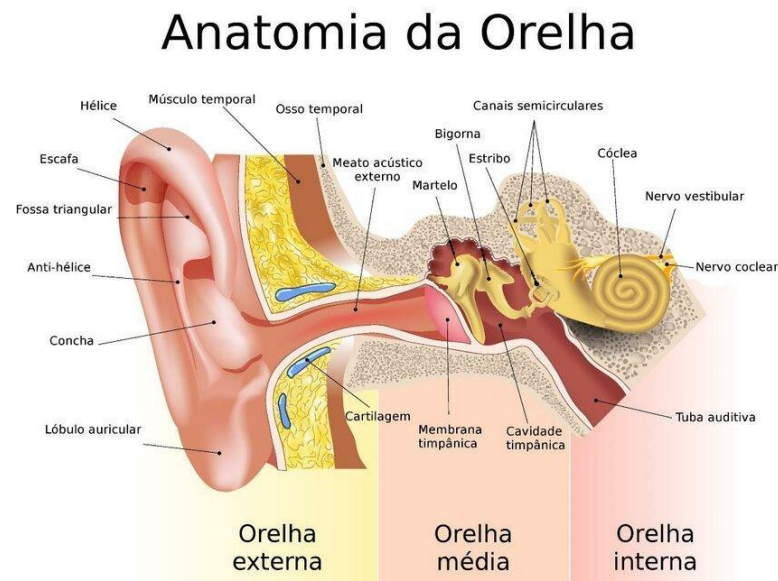
A surdez é uma condição caracterizada pela perda total ou parcial da capacidade auditiva, que pode ocorrer de forma temporária ou permanente. Essa deficiência auditiva afeta milhões de pessoas ao redor do mundo e pode comprometer significativamente a qualidade de vida, interferindo na comunicação, no aprendizado e nas interações sociais. Existem diferentes causas para a surdez, que podem ser divididas em congênitas e adquiridas.

A surdez congênita é aquela presente ao nascimento ou adquirida logo nos primeiros anos de vida, podendo ser causada por fatores genéticos, complicações durante o parto, infecções na gestação (como a rubéola) ou falta de oxigênio ao nascer. Já a surdez adquirida pode ocorrer em qualquer momento da vida devido a diversas causas, como infecções, acúmulo de líquido na orelha média, exposição prolongada a ruídos elevados, traumas físicos, envelhecimento natural, uso de medicamentos ototóxicos (que podem danificar a audição), entre outros.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a perda auditiva é considerada clinicamente significativa quando uma pessoa não é capaz de ouvir tão bem quanto alguém com audição normal. O critério estabelecido pela OMS define perda auditiva quando o limiar auditivo de ambas as orelhas é igual ou superior a 25 decibéis (dB). Um limiar abaixo de 25 dB é considerado dentro dos padrões de audição normal.

3.1.1 Anatomia da Orelha

Figura 2 - Anatomia da Orelha



Fonte: Researchgate (2022)

Tabela 2 - Anatomia da orelha

Orelha externa	Orelha média	Orelha interna
A orelha externa é formada pelo pavilhão auricular, que tem a função de captação e destinação dos sons até a membrana timpânica.	A orelha média é o canal estreito cheio de ar em forma de fenda que vai da membrana timpânica à orelha interna.	A orelha média é constituída por escavações no osso temporal, cobertas por membranas e preenchidas por líquidos. As membranas são responsáveis pela audição e os líquidos pelo equilíbrio

3.2 O QUE É SOM

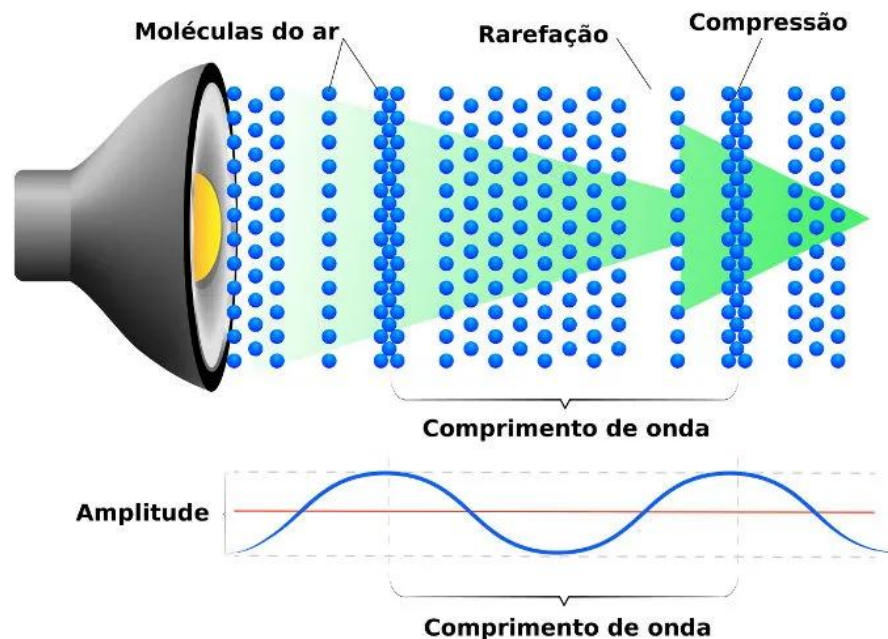
O som é uma forma de energia que percebemos através da audição, sendo captado pelos nossos ouvidos de forma natural. Ele é gerado pelo movimento organizado das moléculas no ar, ou seja, por vibrações que criam uma sequência de compressões e rarefações no meio ambiente. Essas vibrações são transmitidas em forma de ondas mecânicas, que se propagam pelo ar, pela água ou por sólidos.

Quando, por exemplo, um diapásão é acionado, ele cria uma perturbação no ar ao redor, fazendo com que as moléculas desse meio vibrem. Essas vibrações geram ondas sonoras que se espalham em todas as direções. Ao chegarem aos nossos ouvidos, essas ondas sonoras são captadas pelo sistema auditivo. O ouvido externo direciona o som para o canal auditivo, onde as vibrações fazem o tímpano vibrar. Essas vibrações são então transmitidas para o ouvido médio e, posteriormente, para o ouvido interno, onde são convertidas em impulsos elétricos interpretados pelo cérebro, permitindo-nos perceber o som.

3.2.1 Frequência

A frequência sonora refere-se à quantidade de vibrações ou oscilações que uma onda sonora realiza por segundo, sendo medida em Hertz (Hz). Ela determina o tom ou a altura de um som, com frequências mais altas correspondendo a sons agudos e frequências mais baixas a sons graves. A propagação do som ocorre em diferentes meios, como o ar, a água ou sólidos, e é influenciada pela densidade e elasticidade de cada um desses materiais.

Figura 3 - Representação da Frequência



Fonte: Mundo Educação

3.2.1.1 Tipos de frequência

A frequência sonora é a quantidade de vezes que uma onda oscila por segundo. A frequência sonora é medida em hertz (Hz). Os seres humanos conseguem ouvir sons com uma frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz, aproximadamente. Esta faixa de frequências é chamada de espectro audível e inclui sons como ruídos cotidianos, fala e música. Os sons com frequência inferior a 20 Hz são chamados de infrassom e os sons com frequência superior a 20.000 Hz são chamados de ultrassom. Embora os infrassons não sejam audíveis, podem ser sentidos como vibrações e têm várias aplicações e efeitos.

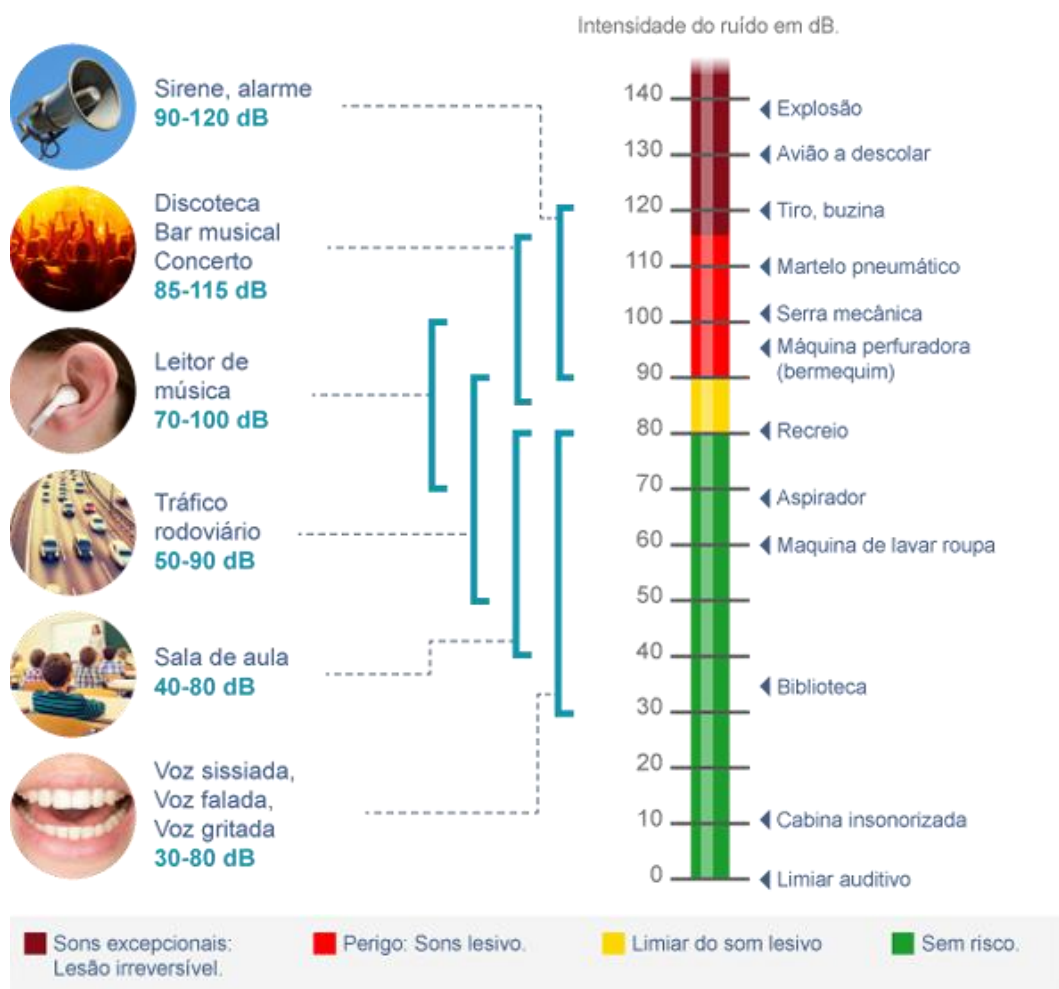
3.3 DECIBÉIS (DB)

O decibel (dB) é uma unidade logarítmica amplamente utilizada para medir a intensidade do som, sendo crucial para quantificar a pressão sonora percebida. Ele

representa a razão entre a intensidade de um som específico e uma intensidade de referência padrão, que geralmente é o limiar mínimo de audição humana (20 micropascal no ar).

A escala de decibéis é usada em muitas aplicações, desde medições de ruído ambiental até a avaliação de sistemas de áudio e proteção auditiva. Sons acima de 85 dB, por exemplo, podem causar danos auditivos com exposição prolongada, enquanto sons acima de 120 dB são geralmente considerados dolorosos para o ouvido humano. O uso de decibéis permite uma representação clara das grandes variações na intensidade do som que encontramos no cotidiano, facilitando a compreensão e o controle dos níveis sonoros em diversos contextos.

Figura 4 - Exposição do ouvido ao som



Fonte: Cochlea (2017)

3.3.1 Escala Logarítmica

A escala de decibéis é logarítmica porque a percepção humana da intensidade sonora não é linear. Em termos práticos, isso significa que um aumento pequeno em dB pode representar uma grande diferença na intensidade percebida do som.

- **30 dB:** Som de um ambiente silencioso, como um quarto tranquilo.
- **60 dB:** Conversa normal entre duas pessoas.
- **85 dB:** Limite a partir do qual a exposição prolongada pode causar perda auditiva.
- **120 dB:** Som de uma sirene de ambulância a curta distância, pode causar dor imediata no ouvido.

3.4 DECIBÉIS EM ALARMES INDUSTRIAIS

Os alarmes industriais são projetados para emitir sons em níveis de decibéis altos o suficiente para serem ouvidos claramente em ambientes ruidosos, onde o nível de som ambiente pode ser elevado. Esses alarmes desempenham um papel crucial na segurança, alertando os trabalhadores sobre perigos imediatos, como incêndios, falhas em equipamentos ou outras situações de emergência.

Figura 5 - Sirene Industrial X10



Fonte:Eaton

3.4.1 Níveis Típicos de Decibéis em Alarmes Industriais

Os níveis de decibéis de alarmes industriais variam dependendo do tipo de ambiente e da função do alarme. Em geral, os alarmes industriais são projetados para operar em uma faixa de 85 dB a 120 dB.

3.5 SURDOS NO TRABALHO

A inclusão de trabalhadores surdos no mercado de trabalho é um aspecto crucial para promover a igualdade de oportunidades e garantir um ambiente de trabalho diversificado. No entanto, apesar dos avanços nas políticas de inclusão e acessibilidade, pessoas com deficiência auditiva ainda enfrentam barreiras significativas para acessar e se manter no mercado de trabalho. Isso se deve a diversos fatores, como a falta de conscientização das empresas, a ausência de adaptações adequadas no ambiente de trabalho e a escassez de ferramentas tecnológicas que facilitem a comunicação e a segurança desses profissionais.

A inclusão se torna difícil considerando que o surdo sem qualquer auxílio se torna refém da sua visão, na indústria grande parte dos alarmes são sonoros, tornando o risco de uma tragédia acontecer muito maior. Para isso devemos tirar a dependência visual do surdo e adicionar outra forma sensorial de inclusão ambiental, para que caso haja um estímulo sonoro, o surdo esteja acato do perigo.

Além disso, a inclusão de trabalhadores surdos vai além da questão da segurança. É necessário investir em treinamentos de sensibilização para todos os funcionários, garantindo que o ambiente de trabalho seja acolhedor e colaborativo. A comunicação também precisa ser facilitada com o uso de tecnologias de tradução de linguagem de sinais e outros meios que permitam uma interação fluida e eficiente entre surdos e ouvintes. O desenvolvimento de políticas inclusivas que reconheçam as necessidades específicas dos trabalhadores surdos é fundamental para construir uma força de trabalho mais diversa e produtiva.

Essa abordagem não só aumenta a segurança e a eficiência, mas também promove uma cultura organizacional mais justa e inovadora, onde todos, independentemente de suas limitações, têm a oportunidade de contribuir e crescer profissionalmente.

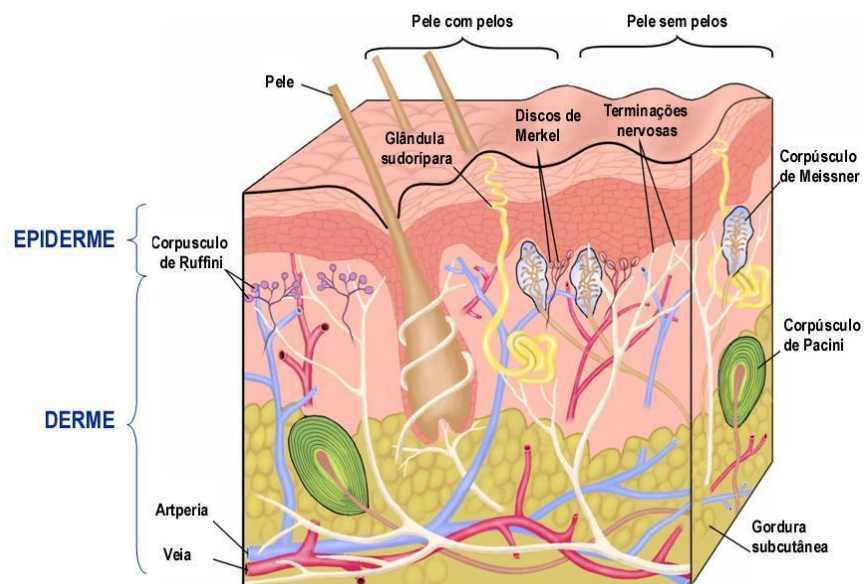
3.6 VIBRAÇÃO COMO ESTÍMULO

A vibração é um tipo de estímulo tátil que pode ser percebido pelo corpo humano através dos receptores sensoriais na pele e nos músculos. Em contextos onde a audição não está disponível ou é insuficiente, a vibração pode servir como uma alternativa eficaz para transmitir informações e alertas.

3.6.1 Receptores Sensoriais

Os receptores sensoriais responsáveis pela percepção de vibrações, como os corpúsculos de Vater-Pacini e Meissner, estão localizados na pele e em tecidos subcutâneos. Esses receptores detectam diferentes tipos de estímulos táteis e transmitem essas informações para o sistema nervoso central através dos nervos periféricos.

Figura 6 - Anatomia do sistema epitelial



Fonte: HAINES (2006)

3.7 NERVOS CUTÂNEOS CERVICAIS

Os nervos cutâneos cervicais são uma rede de nervos sensoriais que emergem do plexo cervical, responsável pela inervação sensitiva da pele em regiões do pescoço, parte da face, e áreas ao redor da orelha. Esses nervos desempenham um papel fundamental na percepção tátil, transmitindo informações sobre toque, dor e temperatura para o sistema nervoso central.

3.7.1 Plexo Cervical e Nervos Cutâneos

O plexo cervical é uma intrincada rede de nervos formados pelas raízes ventrais dos nervos espinhais que se originam nas vértebras cervicais C1 a C4. Ele desempenha um papel vital na inervação sensorial e motora da cabeça, pescoço e parte superior do tórax, sendo essencial para várias funções neurológicas e musculares. Entre os muitos nervos que emergem desse plexo, os nervos cutâneos cervicais são especialmente importantes para a transmissão de informações sensoriais da pele dessas regiões.

Os nervos cutâneos cervicais têm a função primária de inervar a pele de partes do pescoço, orelha e áreas circundantes, fornecendo sensações táteis como toque, dor e temperatura. Esses nervos contribuem para a percepção sensorial, proteção contra lesões e reações a estímulos externos. Eles são divididos em quatro principais ramificações:

Nervo Occipital Menor: Este nervo surge do plexo cervical e é responsável por inervar a pele na parte posterior do couro cabeludo, particularmente na área superior do pescoço até o ponto mais baixo do crânio. Ele também é importante para fornecer sensibilidade a essa região, e lesões nesse nervo podem causar dor ou desconforto no couro cabeludo.

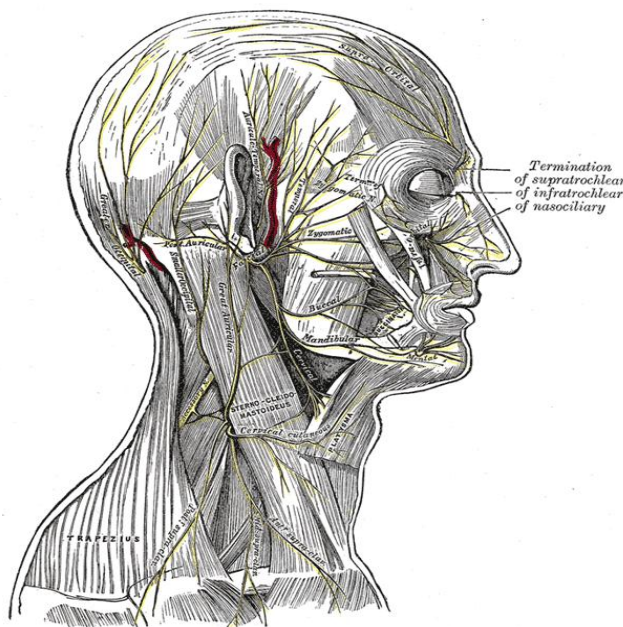
Nervo Auricular Magno: Um dos maiores nervos cutâneos do plexo cervical, o nervo auricular magno se estende pela lateral do pescoço, inervando a pele sobre a mandíbula, o lóbulo da orelha e a região atrás da orelha. Sua função sensorial é crucial para detectar estímulos táteis nessa área, além de desempenhar um papel na

sensação de dor e temperatura. Esse nervo é frequentemente utilizado como referência em procedimentos cirúrgicos próximos à orelha e mandíbula.

Nervo Transverso do Pescoço: Também conhecido como nervo transverso cervical, ele inerva a pele da parte anterior do pescoço, desempenhando um papel essencial na sensibilidade dessa área. Esse nervo se ramifica transversalmente através do pescoço, e sua função sensorial garante que o pescoço anterior, uma região vulnerável, tenha proteção sensorial adequada.

Nervos Supraclaviculares: Esses nervos se dividem em vários ramos menores e têm a função de inervar a pele sobre a clavícula, a parte superior do tórax e até a região dos ombros. A extensão desses nervos é importante para garantir a percepção sensorial em áreas onde o movimento é constante, como no ombro e clavícula, ajudando a proteger essas áreas de traumas e oferecendo uma resposta rápida a estímulos externos.

Figura 7 - Anatomia do sistema nervoso - vista do plano latero lateral.



Fonte: Henry Gray's Anatomy of the Human Body (1918)

3.7.2 Função dos Nervos Cutâneos Cervicais

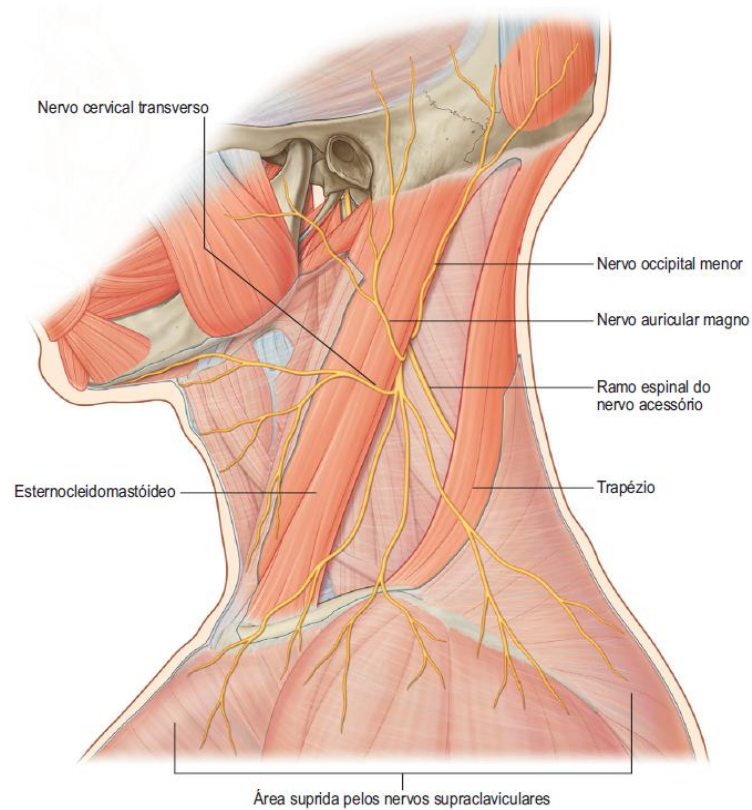
Os nervos cutâneos cervicais têm a função de transmitir sensações da pele dessas regiões para o cérebro. Eles são responsáveis por detectar estímulos táteis, térmicos e dolorosos, permitindo que o corpo responda adequadamente a diferentes estímulos ambientais.

A sensibilidade proporcionada por esses nervos é crucial para diversas funções diárias, como a percepção de objetos tocando a pele ou a sensação de temperatura, e também desempenha um papel na proteção contra lesões.

3.8 NERVO AURICULAR MAGNO

O nervo auricular magno, sendo o maior e mais significativo dos nervos cutâneos cervicais, é particularmente relevante para o desenvolvimento de nosso projeto devido à sua localização e função. Ele é um alvo ideal para a aplicação de estímulos vibratórios.

Figura 8 - Anatomia do sistema nervoso, vista lateral do rosto.



Fonte: STANDRING (2010)

3.8.1 Anatomia do Nervo Auricular Magno

O nervo auricular magno emerge das raízes nervosas C2 e C3 do plexo cervical. Ele ascende superficialmente pelo pescoço, passando por trás do músculo esternocleidomastóideo, e distribui-se na pele sobre a mandíbula, o lóbulo da orelha, e a região posterior da orelha.

3.8.2 Função Sensitiva

O nervo auricular magno é um nervo puramente sensorial, responsável por transmitir sensações táteis, como toque e vibração, da pele dessas regiões para o cérebro. Sua localização superficial e ampla área de cobertura fazem dele um componente-chave na percepção de estímulos vibratórios, especialmente na região ao redor da orelha.

3.8.3 Limitações do Estudo

O protótipo projetado visa atender a uma comunidade, ainda, invisibilizada na nossa sociedade deficientes auditivos absolutos. Desta forma, tal projeto possui a necessidade de verificação da sua viabilidade e eficiência em humanos. Nesse sentido, estamos atentos às resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e entendemos que tal procedimento deve possuir preceitos éticos muito bem definidos. Ainda, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) em seus preceitos indica que uma pesquisa em humanos deve:

- Respeitar o participante da pesquisa em sua dignidade e autonomia, reconhecendo sua vulnerabilidade, assegurando sua vontade de contribuir e permanecer, ou não, na pesquisa, por intermédio da manifestação expressa, livre e esclarecida;
- Ponderar entre riscos e benefícios, tanto conhecidos como potenciais, individuais ou coletivos, comprometendo-se com o máximo de benefícios e o mínimo de danos e riscos;
- Garantir que danos previsíveis sejam evitados; e ter relevância social, o que garante a igual consideração dos interesses envolvidos, não perdendo o sentido de sua destinação sócio humanitária.

Desta forma, compreendemos a importância e o respeito aos preceitos éticos em pesquisa. No entanto, o nosso sistema de ensino - Rede Estadual de Ensino do Rio Grande do Sul - bem como a nossa escola (Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt), não possuímos uma Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) constituída, nem mesmo um modelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para que o nosso dispositivo possa ser testado e aprovado em humanos.

Tais entraves constituem em uma limitação da nossa pesquisa e do nosso trabalho com o dispositivo, que ao fim e ao cabo, busca auxiliar no desenvolvimento da ciência e, também, melhorar a inclusão dos sujeitos - neste caso deficientes auditivos absolutos - em diferentes ambientes de trabalho, com a devida segurança e a garantia dos direitos fundamentais que estão descritos na nossa carta magna.

Frente a tudo isso, assumimos tais limitações e acreditamos que com o nosso desenvolvimento educacional e acadêmico poderemos futuramente buscar condições para realizarmos os testes mais adequados ao que se propõe o dispositivo projetado.

Desta forma, buscamos realizar testes em ambientes simulados da indústria e utilizando sinais sonoros similares aos usados nesses cenários. Tais testes estão em movimento para que o dispositivo venha cumprir o seu papel que é a solução de um problema não só de saúde, mas de prevenção a riscos e de inclusão social.

3.8.4 Aplicação no HUMBERTO

A escolha da parte de trás da orelha para posicionar o dispositivo do projeto "HUMBERTO" é estratégica, especialmente devido à presença do nervo auricular magno, que é um dos principais nervos cutâneos cervicais, conforme discutido na seção sobre esse nervo no seu trabalho. Esse nervo, que emerge do plexo cervical, inerva uma ampla área da pele ao redor da orelha e a região atrás da orelha.

Sua função sensorial o torna um alvo ideal para a aplicação de estímulos vibratórios, pois ele transmite sensações táteis, como vibração e toque, de forma eficiente para o cérebro. Isso significa que as vibrações geradas pelo módulo vibratório no dispositivo podem ser facilmente percebidas pelo usuário, proporcionando uma resposta rápida e clara aos alertas de som convertidos em vibrações.

Além disso, a localização do nervo auricular magno, que passa superficialmente pela pele atrás da orelha, facilita a aplicação do dispositivo em uma área que é estável e discreta, garantindo o conforto do usuário sem comprometer a eficácia da percepção dos estímulos.

3.9 COMPONENTES DO SISTEMA

3.9.1 RP2040

O RP2040 é uma plataforma de desenvolvimento open-source que se destaca pela sua acessibilidade e versatilidade. Utilizando um microcontrolador Atmel de 8 bits, o RP2040 é projetado para facilitar a criação de projetos eletrônicos. Sua interface de conexão com computadores é feita através de uma comunicação USB, permitindo uma integração direta com a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado), que também é open-source.

A IDE do RP2040 utiliza uma linguagem de programação baseada em C/C++, simplificando o processo de codificação para iniciantes e especialistas. Essa plataforma oferece uma ampla gama de bibliotecas e recursos que facilitam o desenvolvimento de projetos, desde a prototipagem até a produção final. O RP2040 é amplamente utilizado em projetos de automação, controle e monitoramento, oferecendo flexibilidade e facilidade de uso para uma variedade de aplicações.

Figura 9 - RP2040



Fonte: WaveShare (2024)

3.9.2 Módulo Vibratório

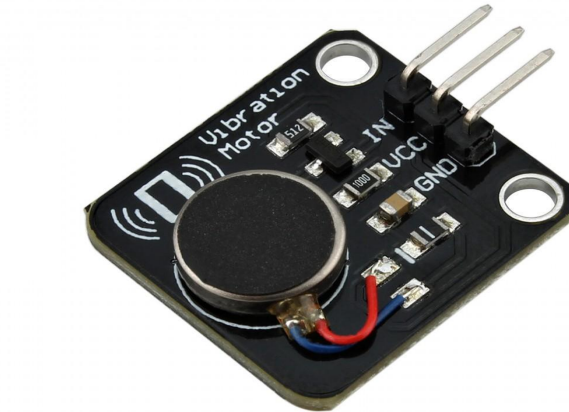
O Módulo Motor Vibracall MV50 é uma excelente escolha para projetos que requerem feedback tátil. Este módulo é conhecido por sua eficácia e confiabilidade. O Vibracall MV50 é um micro motor vibratório montado em uma placa de circuito impresso, projetado para proporcionar vibrações quando alimentado.

Características do Módulo Motor Vibracall MV50:

- **Conexão:** O módulo possui três pinos de conexão que facilitam a integração com outros componentes do sistema. Além disso, conta com duas perfurações para fixação, garantindo uma instalação segura.
- **Tensão de Funcionamento:** O motor opera com uma tensão ideal de 5V DC, que é padrão para muitos sistemas de microcontroladores, incluindo o RP2040.
- **Controle:** A intensidade das vibrações pode ser regulada eletronicamente através de modulação por largura de pulso (PWM). O motor começa a vibrar sempre que a entrada (IN) for alta, permitindo a notificação do usuário sobre eventos específicos, como alarmes ou alertas de emergência.

O Módulo Motor Vibracall MV50 é ideal para projetos que requerem um mecanismo de feedback tátil eficiente e de fácil controle, contribuindo para uma interação mais intuitiva com o usuário.

Figura 10 - Módulo Motor Vibracall MV50



Fonte: UsinaInfo (2024)

3.9.3 Sensor de Som KY-037

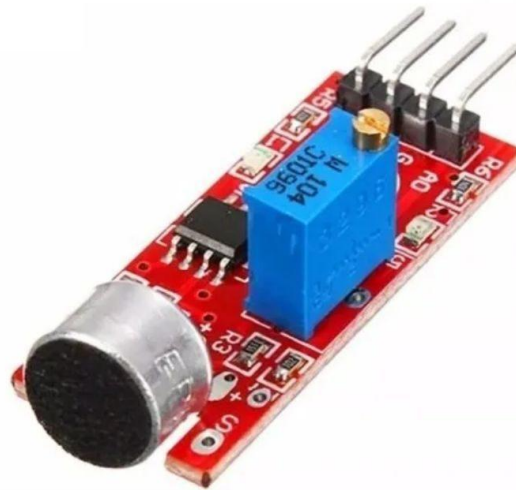
O Sensor de Som KY-037 é um módulo avançado para detecção de som, equipado com um microfone e o chip LM393. Este sensor é projetado para detectar níveis de pressão sonora e converter essas informações em sinais elétricos que podem ser interpretados por um microcontrolador.

Características do Sensor de Som KY-037:

- **Princípio de Funcionamento:** O sensor opera captando o som através do microfone embutido. Quando o som é detectado, o microfone altera a tensão na saída analógica (A0). Além disso, a saída digital (D0) é ativada conforme o ajuste do potenciômetro presente no módulo.
- **Ajuste e Sensibilidade:** O potenciômetro integrado permite ajustar a sensibilidade do sensor, possibilitando a detecção de sons com diferentes intensidades. Esse ajuste é crucial para adaptar o sensor às necessidades específicas do projeto.

- **Saídas:** O sensor oferece duas saídas: uma analógica (A0) que fornece uma variação contínua de tensão correspondente ao nível de som detectado, e uma digital (D0) que fornece um sinal de alta ou baixa de acordo com o limiar ajustado pelo potenciômetro.

Figura 11 - Sensor de Som KY-037



Fonte: Tech Sul (2024)

3.9.4 Fonte de alimentação

Uma fonte de alimentação de 9 volts é um dispositivo que fornece energia elétrica com uma tensão constante de 9 volts.

Figura 12 - Pilha 9V



Fonte: CFTV (2024)

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto foi estruturado em duas fases principais: a pesquisa e a construção do protótipo. Cada uma dessas etapas desempenhou um papel crucial na criação de um dispositivo funcional, voltado para a segurança de trabalhadores com deficiência auditiva em ambientes industriais.

4.1 TIPO DE PESQUISA

Neste projeto, adotamos uma abordagem qualitativa e quantitativa, que se complementam no desenvolvimento do protótipo para deficientes auditivos em ambientes industriais. A pesquisa qualitativa é utilizada para entender as necessidades específicas dos trabalhadores surdos, como a percepção de alertas em ambientes industriais ruidosos, e como o dispositivo poderá atender a essas

demandas. Para isso, foram realizadas entrevistas e análises de estudos de caso envolvendo trabalhadores com deficiência auditiva.

Já a pesquisa quantitativa foi aplicada no processo de validação e teste do protótipo, onde foram medidos parâmetros objetivos como a sensibilidade do sensor de som KY-037, a eficiência do módulo vibratório MV50 e o tempo de resposta do sistema. Esses dados permitem avaliar o desempenho do dispositivo em termos de precisão e confiabilidade.

A abordagem é exploratória e experimental. Exploramos diferentes tecnologias disponíveis, como sensores e módulos vibratórios, buscando a melhor solução para o problema proposto. A pesquisa experimental, por sua vez, permite a construção, teste e validação do protótipo em ambiente simulado, a fim de garantir que ele funcione de acordo com as expectativas.

4.1.1 Alinhamento com os objetivos

A abordagem qualitativa exploratória, conforme descrito em 4.1 Tipo de Pesquisa, foi usada para compreender as necessidades de trabalhadores surdos e os contextos industriais. A pesquisa quantitativa foi aplicada na fase experimental, em que se medirá a eficácia do dispositivo na identificação e conversão dos sinais sonoros em vibrações. O diagrama elétrico e a programação detalhada ajudaram na criação de um protótipo funcional e de baixo custo, alinhado ao objetivo geral de garantir segurança aos trabalhadores surdos em ambientes industriais.

4.1.2 Objetivos Específicos

Elaborar um projeto com base em um sistema eletrônico que seja capaz de traduzir os sinais sonoros em sensoriais para o surdo;

A escolha dos componentes apresentados no capítulo 4.2 Função dos Componentes se alinha diretamente com este objetivo. O RP2040 Uno, em conjunto com o sensor de som KY-037 e o módulo vibratório MV50, cria um sistema eletrônico simples e eficiente, capaz de detectar sinais sonoros e convertê-los em vibrações. O código de programação em 4.5 garante a operacionalização do sistema.

Atender à parcela da população, deficientes auditivos absolutos, trabalhadora no setor fabril, de forma eficaz nas situações de emergência durante sua jornada laboral;

A pesquisa qualitativa permite estudar os trabalhadores surdos em ambientes industriais, enquanto os testes quantitativos com o protótipo garantiram que ele funcione de forma eficaz em situações de emergência. O ajuste fino do sensor KY-037 descrito em 4.5 Programação será calibrado para identificar sons acima de 90 dB, típicos em alarmes industriais, oferecendo resposta rápida em tempo real.

Criar um aparelho eletrônico capaz de auxiliar os deficientes auditivos absolutos a identificarem os sinais de alerta no setor fabril;

O esquema elétrico descrito em 4.4 facilita a montagem e manutenção do sistema, garantindo que o dispositivo seja reproduzível e prático para uso em ambientes fabris. A funcionalidade dos componentes descritos em 4.2 garante que o aparelho possa detectar e converter alertas sonoros de forma precisa.

Entender quais os sinais de emergência são utilizados no setor fabril e a população deficiente auditiva absoluta, em tese, é desassistida.

A metodologia qualitativa exploratória abordada em 4.1 inclui uma fase de

levantamento de informações sobre os tipos de sinais de emergência em ambientes industriais e as necessidades da população surda. Esse entendimento foi utilizado para ajustar os parâmetros do protótipo, garantindo que ele seja capaz de detectar os sinais mais críticos para a segurança dos trabalhadores.

4.2 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.2.1 RP2040

O RP2040 Uno será o cérebro do dispositivo, responsável por processar os sinais captados pelo sensor de som KY-037. Ele lê os dados enviados pelo sensor e, com base na intensidade do som detectado, ativa o módulo vibratório. Sua função principal é interpretar os sinais sonoros e transformar essas informações em estímulos táteis para o usuário.

4.2.2 Sensor de Som KY-037

O Sensor de Som KY-037 capta os sons ambientes, especificamente os ruídos intensos como alarmes industriais. Sua sensibilidade ajustável permite que o sistema seja calibrado para captar sons acima de um determinado limite de decibéis (por exemplo, 90 dB). A função do sensor é enviar um sinal elétrico ao RP2040 quando o som ultrapassar o nível pré-determinado.

4.2.3 Módulo Vibratório MV50

O Módulo Vibratório MV50 é ativado pelo RP2040 quando o sensor de som detectar ruídos acima do limite estabelecido. Sua função é transformar o sinal

elétrico em vibrações que o usuário poderá sentir, servindo como alerta tátil em substituição ao som que ele não pode ouvir.

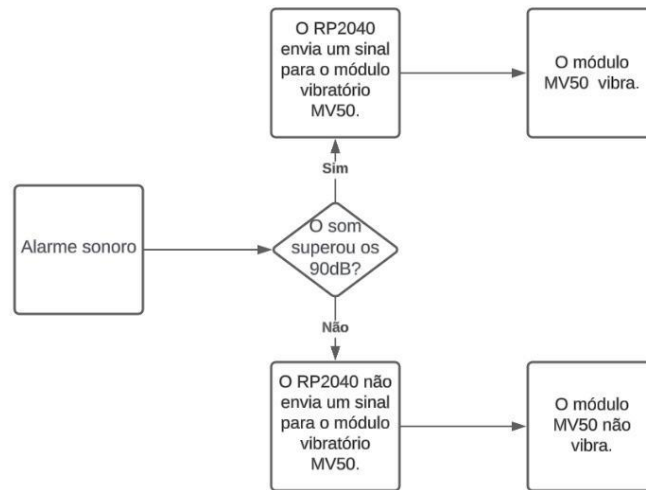
4.2.4 Fonte de Alimentação 9V

A Fonte de Alimentação de 9V fornecerá energia tanto para o RP2040 quanto para os outros componentes. Ela é fundamental para manter o sistema funcionando continuamente durante o período de operação do protótipo.

4.3 FUNCIONAMENTO DO HUMBERTO

O dispositivo "Humberto" opera como um sistema de segurança para trabalhadores com deficiência auditiva em ambientes industriais. Ele funciona capturando sons de alerta através do sensor de som KY-037, que detecta ruídos acima de 90 dB, como alarmes de emergência. Quando um som é identificado, o sensor envia um sinal ao microcontrolador RP2040, que interpreta o nível de ruído e ativa o módulo vibratório MV50. Este módulo gera vibrações táteis que são transmitidas para a pele do usuário, permitindo que o trabalhador perceba o alerta de forma rápida e eficiente. A energia necessária para o funcionamento do dispositivo é fornecida por uma bateria de 9V, garantindo sua operação contínua durante o período de trabalho. O protótipo é projetado para ser fixado na parte de trás da orelha, proporcionando mobilidade e conforto, enquanto mantém o usuário constantemente ciente dos alertas de segurança no ambiente de trabalho.

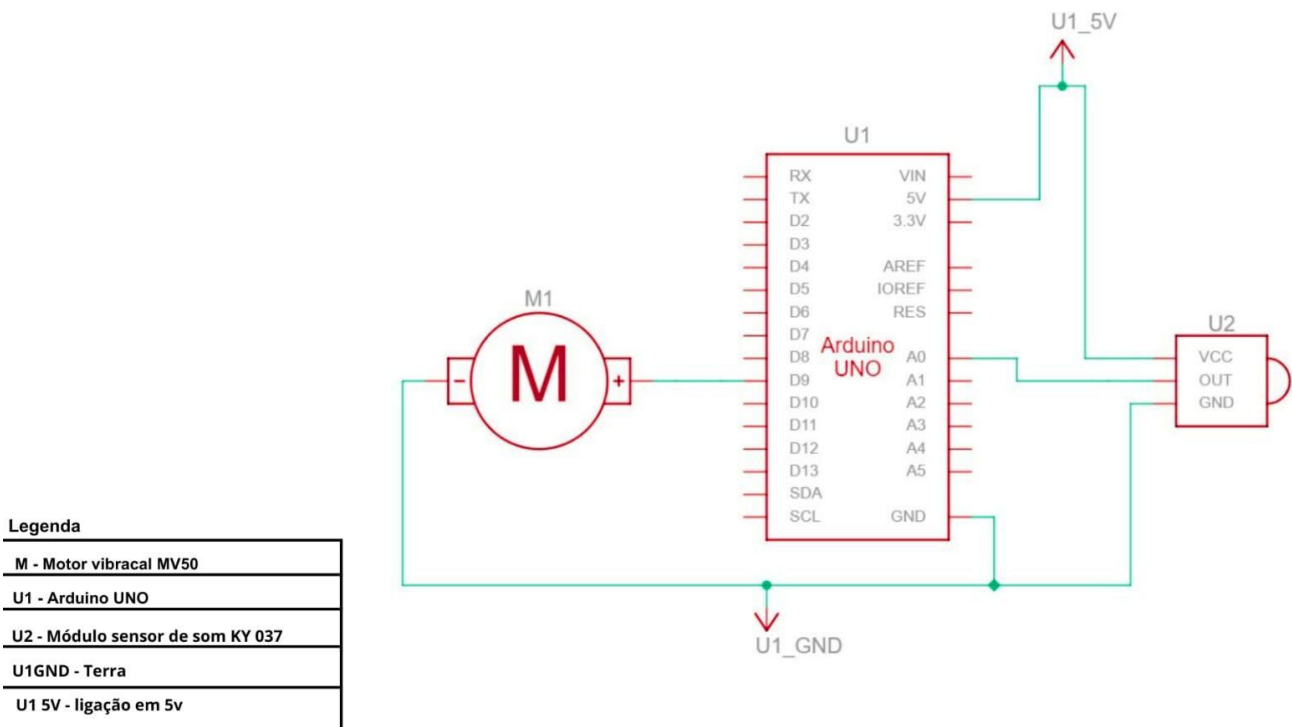
Figura 13 - Fluxograma



Fonte: os autores (2024)

4.4 ESQUEMA ELÉTRICO

Figura 14 - Esquema elétrico
HUMBERTO



Fonte: os autores (2024)

4.5 PROGRAMAÇÃO

```
import array, time
from machine import Pin, ADC
import rp2

NUM_LEDS = 1
PIN_NUM = 16
brightness = 0.1
motor = Pin(15, Pin.OUT)
mic_pin = ADC(Pin(26))
```

```
limiar = 44400
```

```
@rp2.asm_pio(sideset_init=rp2.PIO.OUT_LOW, out_shiftdir=rp2.PIO.SHIFT_LEFT,  
autopull=True, pull_thresh=24)
```

```
def ws2812():
```

```
    T1 = 2
```

```
    T2 = 5
```

```
    T3 = 3
```

```
    wrap_target()
```

```
    label("bitloop")
```

```
    out(x, 1) .side(0) [T3 - 1]
```

```
    jmp(not_x, "do_zero") .side(1) [T1 - 1]
```

```
    jmp("bitloop") .side(1) [T2 - 1]
```

```
    label("do_zero")
```

```
    nop() .side(0) [T2 - 1]
```

```
    wrap()
```

```
sm = rp2.StateMachine(0, ws2812, freq=8_000_000, sideset_base=Pin(PIN_NUM))
```

```
sm.active(1)
```

```
ar = array.array("I", [0 for _ in range(NUM_LEDS)])
```

```
def pixels_show():
```

```
    dimmer_ar = array.array("I", [0 for _ in range(NUM_LEDS)])
```

```
    for i, c in enumerate(ar):
```

```
        r = int(((c >> 8) & 0xFF) * brightness)
```

```
        g = int(((c >> 16) & 0xFF) * brightness)
```

```
        b = int((c & 0xFF) * brightness)
```

```
        dimmer_ar[i] = (g << 16) + (r << 8) + b
```

```
    sm.put(dimmer_ar, 8)
```

```
    time.sleep_ms(10)
```

```
def pixels_set(i, color):
```

```
    ar[i] = (color[1] << 16) + (color[0] << 8) + color[2]
```

```
def pixels_fill(color):  
    for i in range(len(ar)):  
        pixels_set(i, color)
```

```
RED = (255, 0, 0)  
GREEN = (0, 255, 0)
```

```
motor_active_until = 0  
sound_detected_last_time = 0  
detection_delay = 500
```

```
while True:  
    mic_value = mic_pin.read_u16()  
    current_time = time.ticks_ms()  
  
    print(f"Mic value: {mic_value}, Current time: {current_time}, Active until:  
{motor_active_until}")
```

```
    if mic_value > limiar:  
        if current_time - sound_detected_last_time > detection_delay:  
            motor.on()  
            print("Motor ligado")  
            pixels_fill(RED)  
            motor_active_until = current_time + 10000  
            sound_detected_last_time = current_time  
        elif current_time < motor_active_until:  
            motor.on()  
            pixels_fill(RED)  
    else:  
        motor.off()  
        print("Motor desligado")  
        pixels_fill(GREEN)
```

```
pixels_show()
```

```
time.sleep(0.1)
```


2024	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OU T	NO V
Produção do Banner								X	
26ª Exposchmidt									X

Fonte: os autores (2024)

6 RECURSOS

Tabela 3 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
Raspberry Pi 2040-zero	R\$45,10	1	R\$45,10	Mercado Livre	04/10/2024
Módulo vibratório MV50	R\$15,90	1	R\$15,90	Mercado Livre	23/07/2024
Microfone KY-037	R\$8,90	1	R\$8,90	Eletrogat e	23/07/2024
Jumpers	R\$0,30	20	R\$ 5,90	Eletrogat e	23/07/2024
Cabo USB-C	R\$20	1	R\$20	Mercado Livre	04/10/2024
					Valor final: R\$90,2

Fonte: os autores (2024)

7 RESULTADOS ESPERADOS

O dispositivo desenvolvido neste projeto busca solucionar o problema da exclusão de trabalhadores com deficiência auditiva em ambientes industriais, proporcionando uma solução acessível e eficaz. O protótipo, composto por um microcontrolador RP-2040, sensor de som KY-037 e módulo vibratório MV50, visa converter sons de alta intensidade, superiores a 90 dB, em vibrações táteis, permitindo que pessoas surdas percebam alertas de segurança. Espera-se que o dispositivo tenha um desempenho adequado, operando de forma eficiente em ambientes industriais simulados, com confiabilidade e resposta rápida. Em termos de viabilidade, o projeto se destaca pelo baixo custo dos componentes e pela facilidade de implementação, além de prazos curtos para seu desenvolvimento e produção. Além disso, a solução proposta traz benefícios socioeconômicos significativos ao promover a inclusão de trabalhadores surdos no mercado de trabalho, aumentando sua segurança e reduzindo riscos de acidentes. No âmbito técnico-científico, o projeto contribui com inovações simples, porém de grande impacto, aproveitando tecnologias acessíveis para resolver problemas de acessibilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 13434: **Sinalização de segurança contra incêndio e pânico** – Parte 1: Princípios de projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17240: **Sistemas de detecção e alarme de incêndio**. 2022.

BAALBAKI, Angela Corrêa Ferreira et al. **Algumas considerações sobre surdos no mercado de trabalho: uma experiência sobre língua e segurança**. Extensio: Revista Eletrônica de Extensão, v. 17, n. 36, p. 2-21, 2020.

BINAURAL. **Sinais de surdez e como obter o diagnóstico**. Disponível em: <https://www.binaural.com.br/blog/perda-auditiva/sinais-de-surdez-e-como-obter-o-diagnostico/>. Acesso em: 10 abril. 2024.

BRASIL ESCOLA. **O infrassom e o ultrassom**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-infrasom-ultrasom.htm>. Acesso em: 4 mai. 2024.

BRASIL. **Lei nº 8.213**, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1991.

CASTRO, Moisés Coelho. **A inclusão das pessoas com deficiência no mercado de trabalho brasileiro: um estudo das normas e ações afirmativas à luz do direito internacional**. 2016. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Estadual Paulista, São José dos Campos, 2016.

CONCEITO. **Amplitude**. Disponível em: <https://conceito.de/amplitude>. Acesso em: 4 mai. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Perfil da indústria no Rio Grande do Sul**. 2022. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/rs#:~:text=51.189%20empres>

[as%20industriais%20em%202022,no%20setor%20industrial%20do%20Brasil](#). Acesso em: 23 jun. 2024.

DONOSO, José Pedro. **Som e acústica**. Disponível em: https://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/12_som_acustica_1.pdf. Acesso em: 13 mai. 2024.

ECONODATA. **Maiores empresas do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://www.econodata.com.br/maiores-empresas/rs>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FERREIRA, Gabriely; CONTE, Marcelo Brito; GONÇALVES, Marcela de Almeida; CAPOTE, Ticiane Sidorenko de Oliveira. **O músculo temporal: descrição anatômica, função e inserção**. Revista Odontológica da Universidade Estadual Paulista, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1, 2019. Disponível em: <https://revodontolunesp.com.br/article/5dee41bb0e8825933ab5f734#:~:text=O%20m%C3%BAsculo%20temporal%20%C3%A9%20descrito,e%20inser%C3%A7%C3%A3o%20no%20processo%20coron%C3%B3ide>. Acesso em: 12 ago. 2024.

FURTADO DA SILVA, André Osvaldo. **Estudo do movimento I: anatomia e fisiologia**. [S.l.]: SAGAH, [s.d.].

INSTITUTO LOCOMOTIVA. **Apenas 37% dos brasileiros com deficiência auditiva estão empregados**. TV Brasil, 2019. Disponível em: <https://ilocomotiva.com.br/clipping/tv-brasil-apenas-37-dos-brasileiros-com-deficiencia-auditiva-estao-empregados/>. Acesso em: 13 jun. 2024.

KLEIN, Madalena. **Movimentos surdos e os discursos sobre surdez, educação e trabalho: a constituição do surdo trabalhador**. Sinais, v. 10, p. 2, 1995.

LIBRAS. **O que é surdez**. Disponível em: <https://www.libras.com.br/o-que-e-surdez>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MOLINA, Natália Oliveira. **Avaliação da eficiência da prótese auditiva ancorada no osso para perda auditiva sensorioneural unilateral**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

MUNDO EDUCAÇÃO. **O que é som**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-que-som.htm>. Acesso em: 02 jul. 2024.

NETTER, Frank H. **Atlas de anatomia humana: abordagem regional clássica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

PROJETO 95. **Usando um sensor de som para acender e apagar um LED – Arduino**. Disponível em: <https://www.squids.com.br/arduino/projetos-arduino/projetos-squids/basico/321-projeto-95-usando-um-sensor-de-som-para-acender-e-apagar-um-led-RP2040>. Acesso em: 29 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. **Perfis regionais 2015: Vale do Rio dos Sinos. Porto Alegre**: Secretaria de Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional, 2015. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/04105221-perfis-regionais-2015-vale-do-rio-dos-sinos.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2024.

SANTOS, Thalita Mara; VIEIRA, Lídia Cristiane; FARIA, Cleyciane Alves. **Deficiência auditiva e mercado de trabalho: uma visão de empregadores da cidade de Uberlândia-MG**. Psicologia: teoria e prática, v. 15, n. 2, p. 92-103, 2013.

SENA, Elaine Cristina. **O surdo e o trabalho: perspectivas de desenvolvimento profissional**. 2011. Dissertação – PUCSP, São Paulo, 2011.

SVANTEK. **Frequência sonora**. Disponível em: <https://svantek.com/pt/academia/frequencia-sonora/>. Acesso em: 13 abril. 2024.

VIANNA FILHO, Hermeto Marques et al. **BEEP FACTORY: um dispositivo para aumentar a segurança de pessoas surdas ou com limitações auditivas na indústria**. Protagonista, v. 4, n. 1, p. 19-23, 2023.