

CENTRO PAULA SOUZA

ETEC DE MAUÁ

Técnico em Informática

Bryan Junior Costa Silva

Gustavo Mantovani Roberto

Ryan Melo da Silva

Talita Marques Maia

**ALEARD: Dispositivo de captação e controle de ruído para
ambiente escolar inclusivo.**

Mauá

2026

Bryan Junior Costa Silva
Gustavo Mantovani Roberto
Ryan Melo da Silva
Talita Marques Maia

**ALEARD: Dispositivo de captação e controle de ruído para
ambiente escolar inclusivo.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso Técnico em Informática da ETEC de
Mauá, orientado pelo Prof. Edson Aparecido
como requisito para obtenção do título Técnico
em Informática.

Mauá

2026

Dedicamos este trabalho especialmente à Alessandra Mello Cardoso, cuja trajetória e contribuição foram fundamentais para o desenvolvimento deste estudo, e a todas as pessoas ao redor do mundo que convivem com a hipersensibilidade auditiva, na esperança de promover maior compreensão, respeito e inclusão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me conceder força e sabedoria ao longo desta jornada. A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Ao meu orientador, pelo apoio, paciência e direcionamento ao longo de todo o processo. Aos meus pais e familiares, pelo incentivo constante e compreensão nos momentos de dedicação intensa. Aos professores, pelos conhecimentos compartilhados durante minha formação. Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta conquista.

Bryan Junior Costa Silva

Agradeço aos professores da ETEC, que nos apoiaram e contribuíram para o aperfeiçoamento deste projeto, além de nos transmitirem o conhecimento necessário para sua realização. Agradeço aos meus pais, que me incentivaram a prestar o vestibulinho para ingressar na ETEC, decisão que me proporcionou momentos marcantes ao longo dessa trajetória. Agradeço, também, a cada integrante do grupo, pela colaboração e dedicação no desenvolvimento deste trabalho. Por fim, caso este projeto venha a ser reconhecido, registro meu agradecimento a toda a ETEC.

Gustavo Mantovani Roberto

Agradeço primeiramente a Deus pelo direcionamento na escolha do curso de Informática e pela força ao longo desta jornada. Aos meus pais, Jefferson e Ester, pela constante presença e apoio durante todo o período de aprendizagem. Sou grata também aos meus amigos Ryan, Gustavo e Bryan, pela paciência, companheirismo e incentivo. Por fim, agradeço aos professores, assim como ao orientador Edson Aparecido, que desempenharam papel fundamental no meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Talita Marques Maia

Posso agradecer a inúmeras pessoas que me ajudaram nessa parte da minha vida acadêmica, mas não podia deixar de prestigiar especialmente aos meus pais que sempre me apoiaram independentemente das minhas decisões e nunca pararam de me incentivar, ao meu orientador de TCC, que ajudo a mim e ao meu grupo nos guiando na direção certa e principalmente aos meus colegas de TCC, que estiveram comigo a todo momento e podemos agora nos formar juntos.

Ryan Melo da Silva

*“Não há verdadeira inteligência sem
bondade.”*

Ludwig van Beethoven

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico de monitoramento sonoro integrado a um aplicativo móvel, com aplicação no ambiente escolar. O objetivo do projeto é detectar em tempo real os níveis de ruído em salas de aula e emitir alertas quando os sons atingirem patamares considerados preocupantes, contribuindo para um ambiente mais inclusivo e saudável. A iniciativa visa mitigar os impactos negativos que sons excessivos podem causar em estudantes com transtornos como hiperacusia, hipersensibilidade auditiva e condições do espectro autista. A metodologia adotada inclui a utilização de sensores sonoros, microcontroladores e desenvolvimento de software para integração com dispositivos móveis. Espera-se que a ferramenta funcione como suporte à gestão escolar, promovendo ações preventivas e auxiliando na adaptação do espaço educacional às necessidades dos alunos com sensibilidades auditivas. Os resultados iniciais apontam para a viabilidade técnica do projeto e o potencial de impacto positivo na qualidade do ensino e bem-estar dos estudantes.

Palavras-chave: ambiente escolar; monitoramento sonoro; inclusão; espectro autista; tecnologia assistida.

ABSTRACT

This Final Year Project proposes the development of an electronic sound monitoring device integrated with a mobile application, designed for use in school environments. The aim is to detect, in real time, noise levels in classrooms and issue alerts when sound thresholds reach concerning levels, contributing to a healthier and more inclusive environment. The initiative seeks to mitigate the negative effects that excessive noise can have on students with conditions such as hyperacusis, auditory hypersensitivity, and autism spectrum disorder. The methodology involves the use of sound sensors, microcontrollers, and software development for mobile integration. The tool is expected to support school management by promoting preventive actions and assisting in the adaptation of educational spaces to meet the needs of students with auditory sensitivities. Preliminary results indicate the technical feasibility of the project and its potential to positively impact both educational quality and student well-being.

Keywords: school environment; sound monitoring; inclusion; autism spectrum; assistive technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Paleta de Cores	24
Figura 2 – Logo.....	24
Figura 3 – Página Menu do aplicativo.....	25
Figura 4 – Página de Perfis do aplicativo.....	26
Figura 5 – Página de Histórico do aplicativo.....	27
Figura 6 - Página de Ajustes do aplicativo.....	28
Figura 7 – ESP 32.....	30
Figura 8 – Circuito do ESP 32.....	30
Figura 9 – Sensor de som.....	31
Figura 10 – Código fonte.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Você considera a sua sala de aula barulhenta (caso não estude pode citar o seu local de trabalho ou a sua convivência geral em lugares públicos)?.....	16
Gráfico 2 - Já sentiu que alguma vez que o barulho da sua escola te prejudicou de alguma forma?.....	16
Gráfico 3 - Você sabia que a constante exposição a sons muito altos pode levar ao desenvolvimento de complicações futuras?.....	16
Gráfico 4 - Você acha que falta acessibilidade para pessoas com problemas auditivos em lugares públicos (mas especificamente em escolas)?.....	16
Gráfico 5 - Você conhece alguém que possua sensibilidade auditiva, hiperacusia ou algum outro problema auditivo?.....	16
Gráfico 6 - Se existisse um dispositivo que alerta quando o som da sala de aula chegasse a níveis preocupantes para a audição. Você gostaria de possuir ele na sua escola?.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETEC – Escola Técnica Estadual do Estado de São Paulo

TCC – Trabalho de conclusão de curso

TA – Tecnologia assistiva

TEA – Transtorno do Espectro Autista

HTML – HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa.....	12
1.2	Problemática.....	13
1.3	Objetivos.....	14
1.3.1	Objetivo Geral.....	14
1.3.2	Objetivos Específicos.....	14
1.4	Missão, Visão e Valores.....	14
1.4.1	Missão.....	14
1.4.2	Visão.....	15
1.4.3	Valores.....	15
1.5	Análise SWOT.....	15
1.5.1	Pontos Fortes.....	15
1.5.2	Pontos Fracos.....	16
1.5.3	Oportunidades.....	16
1.5.4	Ameaças.....	16
1.6	Metodologias.....	16
1.6.1	Linguagens e Ferramentas.....	17
1.6.2	Pesquisa de Campo.....	17
1.6.3	Gráficos de Resultados da Pesquisa de Campo.....	18
2	DESENVOLVIMENTO 1.....	21
2.1	Promover um ambiente escolar mais inclusivo e acolhedor para todos os estudantes.....	21
2.2	Proporcionar um ambiente escolar mais adequado à aprendizagem, promovendo saúde, concentração, bem-estar e melhor desempenho acadêmico....	21

2.3	Conscientizar a comunidade escolar sobre os riscos da exposição contínua a níveis elevados de ruído e seus impactos na saúde auditiva.....	21
3	DESENVOLVIMENTO 2.....	22
3.1	Identidade Visual.....	22
3.1.1	Paleta de Cores.....	22
3.1.2	Logo.....	22
3.2	Interface.....	22
3.3	Modelo de Relacionamento.....	26
3.4	Custos de Operação.....	26
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28
	APÊNDICE A _ ÉTICA E MORAL APLICADO AO TCC.....	29

1 INTRODUÇÃO

O ambiente escolar é um espaço fundamental para o desenvolvimento intelectual, social e emocional dos estudantes. Contudo, a presença de ruídos excessivos em salas de aula tem se mostrado um fator prejudicial à concentração, à aprendizagem e ao bem-estar dos alunos, especialmente daqueles que apresentam transtornos relacionados à sensibilidade auditiva, como a hiperacusia, a hipersensibilidade auditiva e condições do espectro autista. Esses indivíduos, muitas vezes, enfrentam dificuldades adicionais para se adaptar ao cotidiano escolar, o que reforça a necessidade de medidas que promovam ambientes mais inclusivos e saudáveis.

Diante desse cenário, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico de monitoramento sonoro, integrado a um aplicativo móvel, com aplicação no contexto educacional. A proposta visa detectar, em tempo real, os níveis de ruído em salas de aula, emitindo alertas sempre que os sons ultrapassarem limites previamente definidos como aceitáveis. A intenção é que essa ferramenta atue como suporte à gestão escolar, permitindo a adoção de ações preventivas e contribuindo para a adaptação do espaço físico às necessidades dos alunos com maior sensibilidade auditiva.

A metodologia empregada neste projeto envolve a utilização de sensores sonoros, microcontroladores e o desenvolvimento de um software compatível com dispositivos móveis, que juntos possibilitam a coleta, o processamento e a análise dos dados sonoros captados. Os resultados preliminares obtidos durante a fase de testes demonstram a viabilidade técnica do sistema proposto e indicam seu potencial de impacto positivo tanto na qualidade do ensino quanto na promoção de um ambiente mais acolhedor e inclusivo.

1.1 Justificativa

A hipersensibilidade auditiva é uma condição que compromete significativamente a qualidade de vida de indivíduos, afetando desde a capacidade de

concentração até a interação social e profissional. Sons cotidianos que para a maioria das pessoas são toleráveis podem tornar-se fontes de desconforto intenso, estresse e até dor física para aqueles que apresentam essa sensibilidade. Nesse sentido, torna-se urgente o desenvolvimento de soluções tecnológicas que atuem na identificação e mitigação desses estímulos sonoros no ambiente escolar.

O projeto de um dispositivo voltado ao auxílio na hipersensibilidade auditiva justifica-se pela necessidade de oferecer uma tecnologia versátil, capaz de detectar, analisar e sinalizar a presença de sons prejudiciais à saúde auditiva e ao bem-estar. Diferentemente dos protetores tradicionais, que atuam de maneira passiva, um sistema inteligente teria a capacidade de diferenciar frequências, intensidades e contextos sonoros, promovendo uma intervenção personalizada e adaptável ao ambiente.

Além de reduzir impactos nocivos para pessoas com hipersensibilidade, o dispositivo também apresenta aplicações em ambientes de trabalho expostos a ruídos constantes, contribuindo para prevenção de doenças ocupacionais, como perda auditiva induzida por ruído, e para a promoção de ambientes mais saudáveis.

Portanto, investir no desenvolvimento dessa tecnologia representa não apenas um avanço no campo da saúde e bem-estar, mas também uma inovação de caráter inclusivo e preventivo, com potencial de impacto social positivo e abrangente.

1.2 Problemática

A ausência de dispositivos acessíveis voltados a pessoas com hipersensibilidade auditiva representa uma significativa lacuna em termos de inclusão e qualidade de vida. O monitoramento do ambiente sonoro, aliado a sistemas de notificação ao usuário, poderia atuar de forma preventiva, reduzindo riscos de agravamento de condição e possíveis complicações futuras. Diante do aumento constante dos estímulos sonoros no cotidiano, torna-se essencial desenvolver soluções tecnológicas eficazes e acessíveis que respondam a essa necessidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Proposta de criação de um dispositivo capaz de monitorar continuamente os níveis de pressão sonora no ambiente escolar, detectando sons que ultrapassem o limite considerado seguro para a audição humana (geralmente acima de 85 decibéis). Ao identificar níveis de ruído prejudiciais, o sistema emitirá alertas visuais por meio de sinais luminosos, orientando os estudantes e colaboradores a reduzirem o volume ou ruídos excessivos, promovendo assim um ambiente mais saudável e propício ao aprendizado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Promover um ambiente escolar mais inclusivo e acolhedor para todos os estudantes;
- Proporcionar um ambiente escolar mais adequado à aprendizagem, promovendo saúde, concentração, bem-estar e melhor desempenho acadêmico;
- Conscientizar a comunidade escolar sobre os riscos da exposição contínua a níveis elevados de ruído e seus impactos na saúde auditiva.

1.4 Missão, Visão e Valores

1.4.1 Missão

Promover a inclusão de pessoas com hipersensibilidade auditiva no ambiente escolar, ao mesmo tempo em que se busca conscientizar a comunidade sobre os

riscos da exposição contínua a ruídos acima dos níveis considerados seguros para a audição.

1.4.2 Visão

A visão deste projeto é alcançar reconhecimento por parte de investidores, consolidando-se como uma solução tecnológica inovadora para o monitoramento e a atenuação da sobrecarga sensorial sonora em indivíduos com hipersensibilidade auditiva. Busca-se, assim, contribuir para a melhoria significativa da qualidade de vida desse público, promovendo sua inclusão social e ampliando sua participação ativa na sociedade por meio de dispositivos que potencializem sua autonomia e comunicação.

1.4.3 Valores

- Acessibilidade: Buscamos uma solução acessível para todas as pessoas.
- Praticidade: Visamos o conforto e a usabilidade de nosso dispositivo.
- Comprometimento: Comprometemos a entregar melhora na qualidade de vida de todos os usuários.
- Inovação: Com um produto jamais desenvolvido, nos orgulhamos da inovação vista em nosso projeto.

1.5 Análise SWOT

1.5.1 Pontos Fortes

Destacamos por sermos comunicativos, transmitindo ideias com clareza e eficiência, além de realizarmos comparações críticas que enriquecem a análise.

Trabalhamos de forma motivada e responsável, mantendo o foco e o compromisso com a qualidade. Estivemos sempre preparados para os desafios, enfrentando as dificuldades com resiliência e dedicação.

1.5.2 Pontos Fracos

Apresentou limitações pela falta de apoio técnico especializado na área de otorrinolaringologia, o que restringiu a profundidade da análise clínica. Além disso, a escassez de recursos tecnológicos e financeiros dificultou a prototipagem e testes práticos do dispositivo. Esses fatores impactaram a validação completa da proposta.

1.5.3 Oportunidades

Nosso dispositivo oferece uma grande oportunidade para criar um projeto inovador com impacto social significativo. As oportunidades se concentram na inovação tecnológica, como a aplicação de inteligência artificial para identificar sons de forma mais precisa, e a integração com outros dispositivos, como smartphones. Socialmente, o projeto pode melhorar a qualidade de vida de pessoas com hipersensibilidade auditiva (como as que possuem autismo), ao mesmo tempo que conscientiza sobre a poluição sonora.

1.5.4 Ameaças

Interferências ambientais: Ruídos de fundo e interferências eletromagnéticas podem comprometer a precisão da captação sonora, dificultando o monitoramento correto da sobrecarga sensorial.

1.6 Metodologias

Pesquisa aplicada, aos participantes com hiperacusia, familiares e profissionais da região de Mauá, São Paulo. A coleta de dados utilizou formulário estruturado aplicado via online, contendo questões fechadas (análise estatística) e abertas (análise qualitativa). A fundamentação teórica baseou-se em revisão de artigos científicos selecionados no Google Acadêmico e Scielo sobre hiperacusia e tecnologia assistiva, priorizando publicações dos últimos dez anos. Dados foram organizados em tabelas e gráficos e comparados aos achados da literatura revisada.

1.6.1 Linguagens e Ferramentas

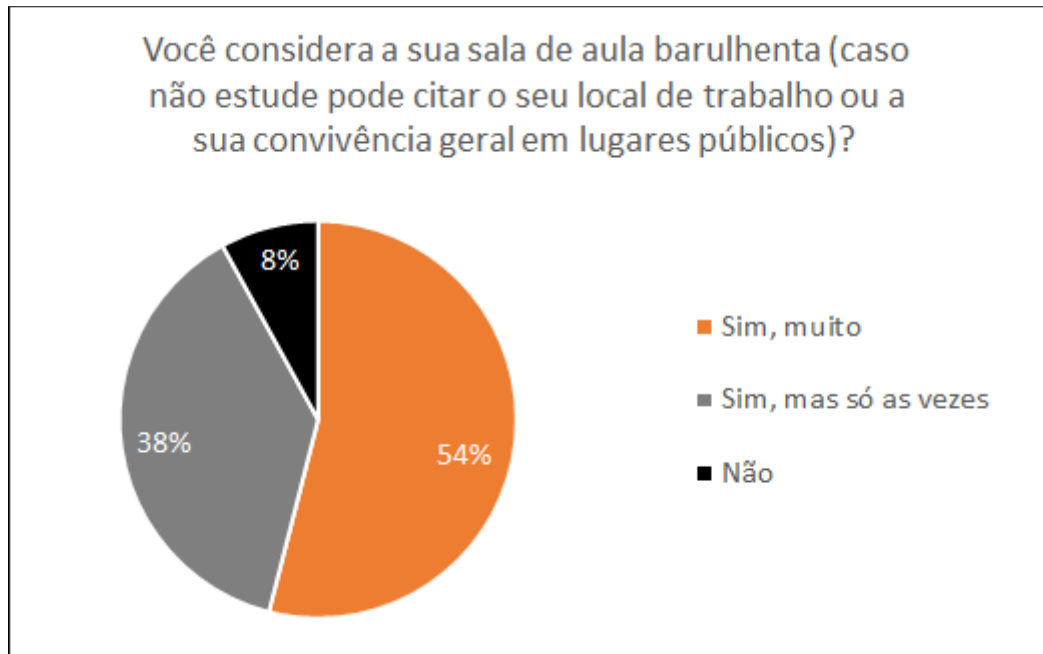
Para o desenvolvimento deste trabalho, foram integradas diferentes plataformas e tecnologias: a interface web foi construída em HTML5, CSS e JavaScript utilizando o editor Visual Studio Code; o circuito para captação de ruídos nocivos foi programado em C/C++ por meio da Arduino IDE; e a integração mobile foi prototipada na plataforma Base 44.

1.6.2 Pesquisa de Campo

Nossa pesquisa de campo foi realizada em um formulário disponibilizado pelo Google e foi direcionado para o público estudantil e portadoras dessas condições também, nosso formulário foi dividido em questões de múltipla escolha e perguntas dissertativas para sabermos a realidade dessas pessoas no ambiente escolar. Os dados obtidos foram de extrema importância para o nosso projeto ajudando em ideias e melhorias diversas.

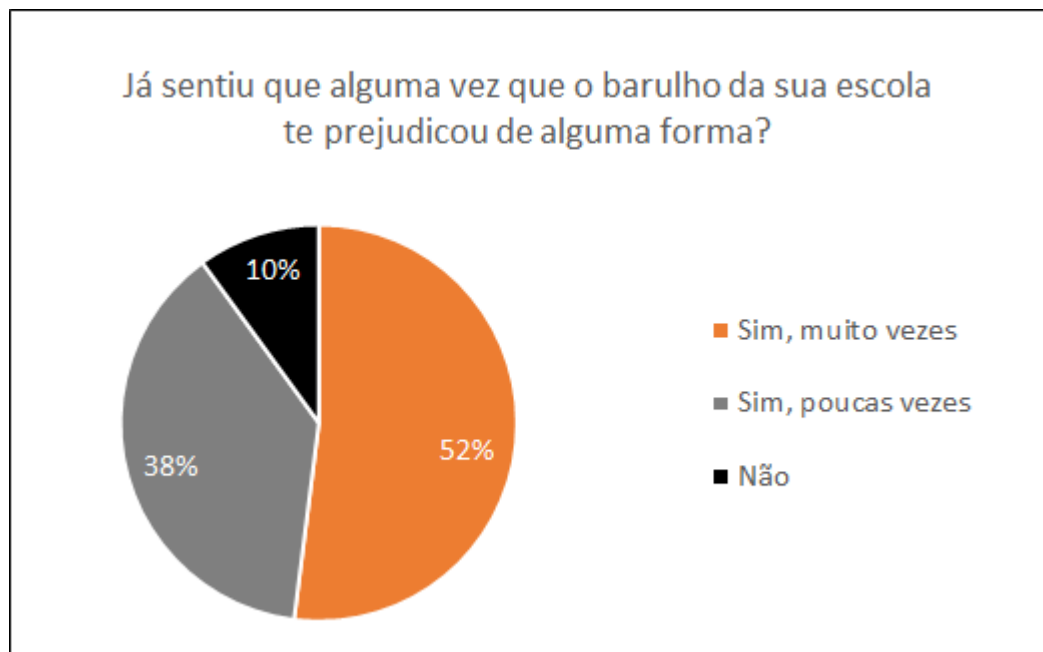
1.6.3 Gráficos de Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 1 - Você considera a sua sala de aula barulhenta (caso não estude pode citar o seu local de trabalho ou a sua convivência geral em lugares públicos)?



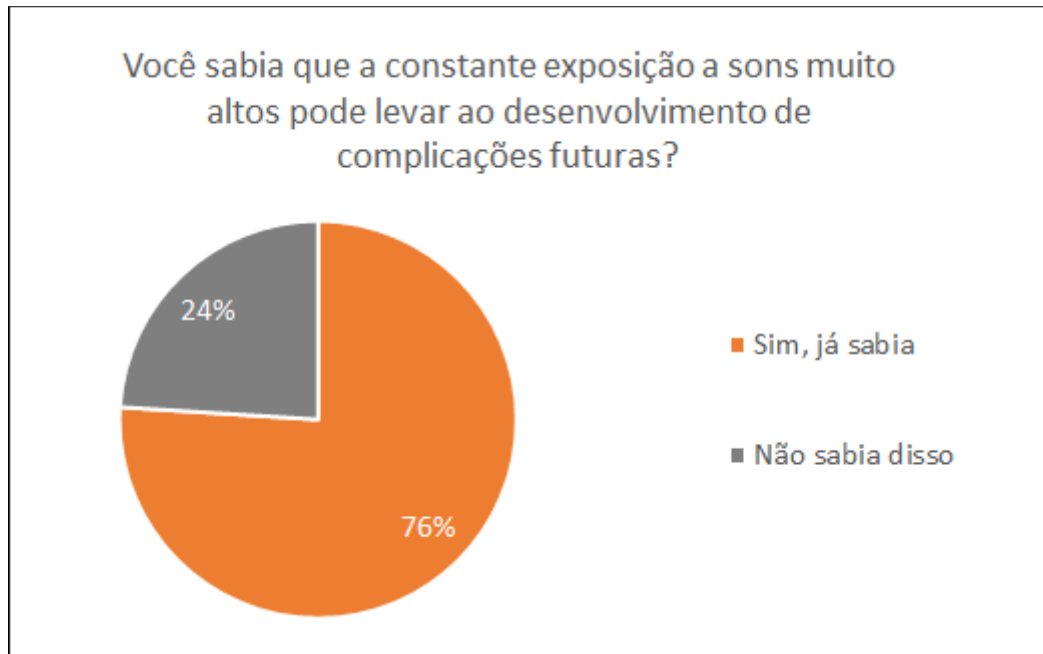
Fonte: própria (2025)

Gráfico 2 - Já sentiu que alguma vez que o barulho da sua escola te prejudicou de alguma forma?



Fonte: própria (2025)

Gráfico 3 - Você sabia que a constante exposição a sons muito altos pode levar ao desenvolvimento de complicações futuras?



Fonte: própria (2025)

Gráfico 4 - Você acha que falta acessibilidade para pessoas com problemas auditivos em lugares públicos (mas especificamente em escolas)?

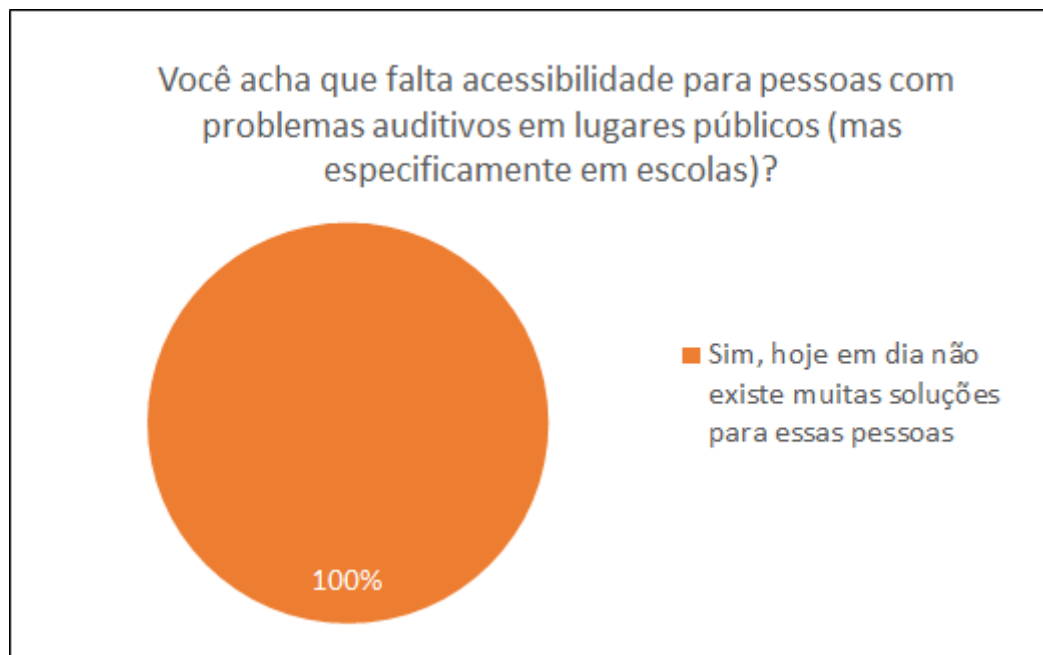
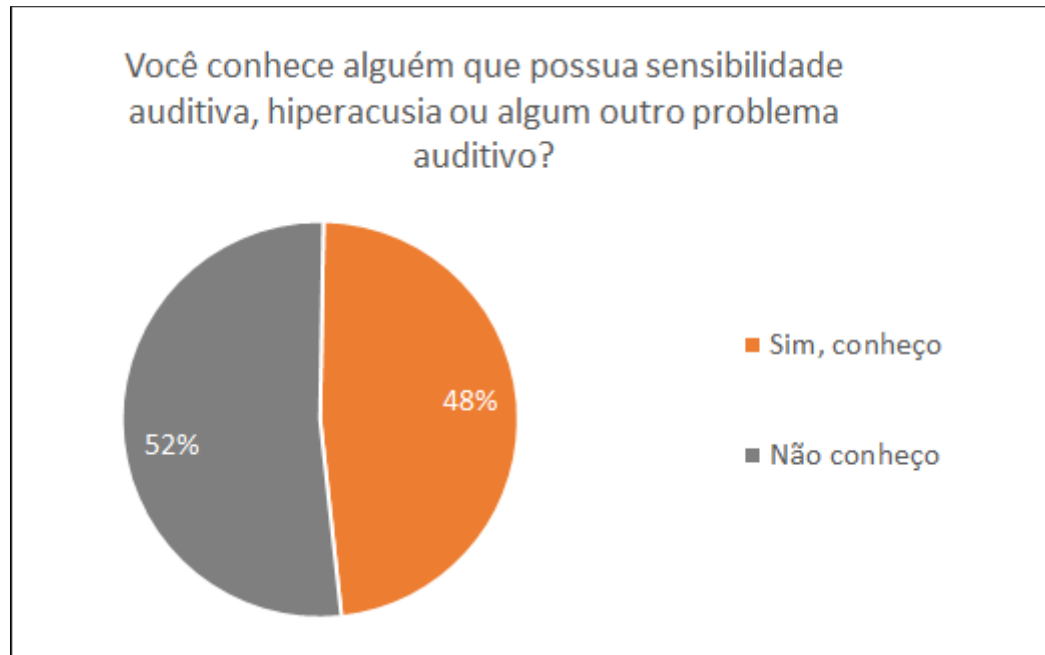
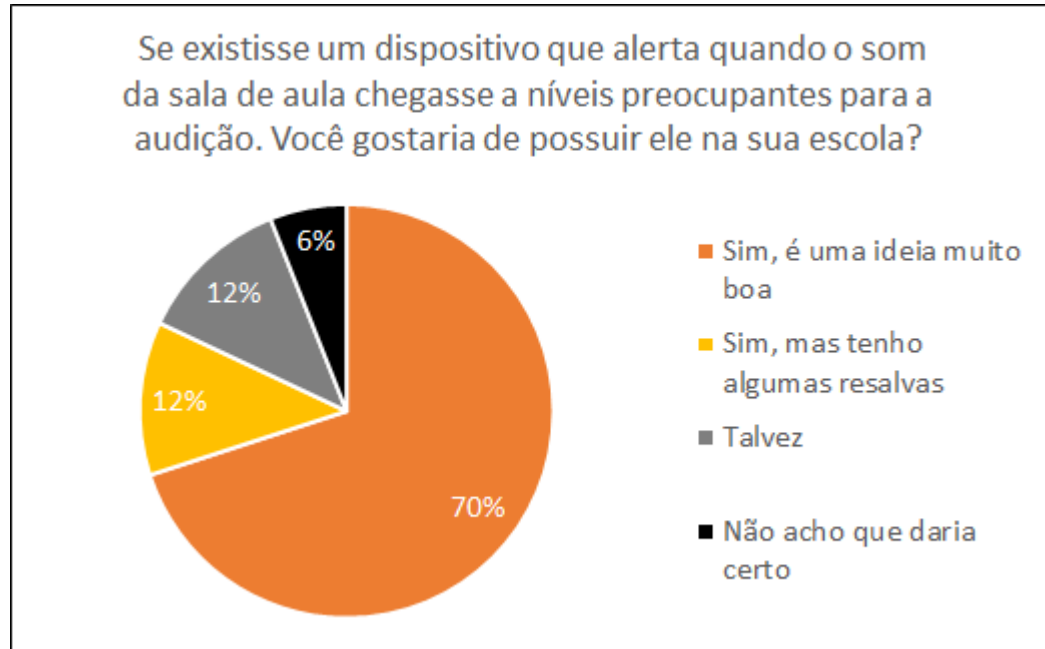


Gráfico 5 - Você conhece alguém que possua sensibilidade auditiva, hiperacusia ou algum outro problema auditivo?



Fonte: própria (2025)

Gráfico 6 - Se existisse um dispositivo que alerta quando o som da sala de aula chegasse a níveis preocupantes para a audição. Você gostaria de possuir ele na sua escola?



Fonte: própria (2025)

2 DESENVOLVIMENTO 1

2.1 Conceitos e Diagnósticos

A compreensão dos impactos do ruído no cotidiano escolar exige, inicialmente, a delimitação clínica das condições que afetam a percepção sonora. Embora frequentemente confundidas no senso comum, a hiperacusia e a hipersensibilidade auditiva possuem mecanismos fisiológicos e manifestações distintas. A hiperacusia é caracterizada por uma alteração física e estrutural na modulação do volume pelo sistema auditivo periférico e central. Conforme apontam Tyler et al. (2014), indivíduos com hiperacusia experimentam uma redução drástica nos limiares de desconforto dinâmico; sons de intensidade considerada normal ou moderada pela maioria das pessoas são percebidos por esses sujeitos como exageradamente altos, intrusivos e, em muitos casos, acompanhados de dor física crônica.

Por outro lado, a hipersensibilidade auditiva — frequentemente associada ao processamento neurológico — não decorre necessariamente de uma disfunção na orelha física, mas sim de uma dificuldade de integração e filtragem dos estímulos pelo Sistema Nervoso Central. Baguley e Hoare (2018) esclarecem que, enquanto a hiperacusia envolve uma resposta exacerbada à intensidade física do estímulo (dB), as alterações centrais de tolerância ao som estão ligadas à incapacidade do cérebro em habituar-se ou ignorar estímulos auditivos repetitivos ou de fundo. O Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5) categoriza essas manifestações dentro do espectro das reações de hiperreatividade a estímulos sensoriais, onde o indivíduo falha em realizar a modulação sensorial (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014). Dessa forma, a diferenciação torna-se crucial para o desenvolvimento de tecnologias assistivas: a solução não deve apenas mitigar o volume absoluto, mas prever o impacto da desorganização informacional que o excesso de ruído causa no aparato neurológico do estudante.

2.2 A hipersensibilidade no contexto da neuro divergência

A arquitetura neurológica de indivíduos neurodivergentes, especialmente aqueles inseridos no Transtorno do Espectro Autista (TEA), apresenta particularidades na forma como decodifica o ambiente externo. A base científica para essa compreensão remonta aos estudos pioneiros de Jean Ayres (2005) sobre a Teoria da Integração Sensorial. Segundo a autora, o cérebro funciona como um organizador de fluxos de dados sensoriais; quando há uma disfunção nesse processamento, os estímulos do ambiente colidem e se sobrepõem sem um filtro eficiente, gerando um estado de sobrecarga ou "engarrafamento" neurológico. No caso da audição, a ausência desse filtro inibitório impede que o estudante separe a voz do professor dos ruídos periféricos.

Essa realidade é evidenciada em dados comparativos. Tomchek e Dunn (2007) demonstram que crianças com autismo apresentam uma frequência significativamente maior de respostas atípicas e reações de aversão extrema a estímulos auditivos quando comparadas a seus pares neurotípicos. No cenário nacional, Gomes et al. (2008) corroboram essa perspectiva ao mapear o perfil comportamental auditivo desse público, destacando que o ambiente ruidoso frequentemente desencadeia comportamentos de isolamento, fuga ou reações defensivas extremas (como cobrir as orelhas com as mãos). O sofrimento gerado por essa incapacidade crônica de modulação do som não se restringe a um desconforto momentâneo, mas atua como um fator contínuo de exclusão e estresse, tornando o ambiente escolar hostil e segregador para o estudante neurodivergente.

2.3 O impacto do ruído no ambiente escolar

A escola comum, por sua própria natureza dinâmica, é um ecossistema com alta densidade sonora. No entanto, a falta de planejamento acústico transforma salas de aula, pátios e corredores em verdadeiras barreiras arquitetônicas intangíveis. No Brasil, os parâmetros normativos para o conforto acústico interno são regidos pela Norma Brasileira NBR 10152 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece limites estritos de pressão sonora para ambientes educacionais, visando garantir a inteligibilidade da fala e o bem-estar. Contudo, estudos empíricos

demonstram que a realidade das salas de aula rotineiramente extrapola esses limites, operando em níveis de decibéis prejudiciais à saúde cognitiva.

O impacto dessa exposição ao ruído excessivo vai muito além do cansaço físico. Shield e Dockrell (2003) realizaram uma revisão abrangente sobre os efeitos do ruído na infância e constataram que ambientes acusticamente poluídos deterioram a capacidade de processamento cognitivo, memória de trabalho e discriminação de fala, prejudicando o desenvolvimento acadêmico global dos alunos. Para o estudante que apresenta hipersensibilidade ou hiperacusia, esse panorama é potencializado. Conforme discutido por Klatte et al. (2013), a má acústica das salas de aula deteriora diretamente o bem-estar emocional das crianças, gerando fadiga mental precoce e desencadeando estados de ansiedade crônica. O ruído não controlado nas escolas atua, portanto, como um vetor silencioso de exclusão pedagógica.

2.4 Estratégias de mitigação: onde o Aleard se encaixa

Diante do diagnóstico de que o ambiente acústico escolar sabota a inclusão de alunos neurodivergentes, surge a necessidade de intervenções estruturadas por meio da Tecnologia Assistiva (TA). Cook e Polgar (2014) definem a TA como qualquer recurso ou estratégia que atue diretamente para aumentar, manter ou melhorar as capacidades funcionais de pessoas com deficiência ou restrições sensoriais. No Brasil, Bersch (2017) enfatiza que o papel fundamental dessas ferramentas na escola é promover a autonomia e eliminar as barreiras que impedem o estudante de participar plenamente das atividades pedagógicas. O projeto Aleard alinha-se a esses preceitos ao propor uma abordagem tecnológica ativa para um problema historicamente negligenciado.

A inovação do Aleard reside na aplicação dos conceitos de Internet das Coisas (IoT). Afastando-se de abordagens estáticas ou do isolamento severo provocado por abafadores auriculares comuns, o sistema propõe uma infraestrutura inteligente. Apoiado nos conceitos arquiteturais de IoT discutidos por Gubbi et al. (2013) — que envolvem a captação de dados por sensores físicos, processamento em hardware (Arduino) e distribuição das informações em rede —, o Aleard transforma o som invisível em um dado visual e mensurável através de um aplicativo de software. Ao

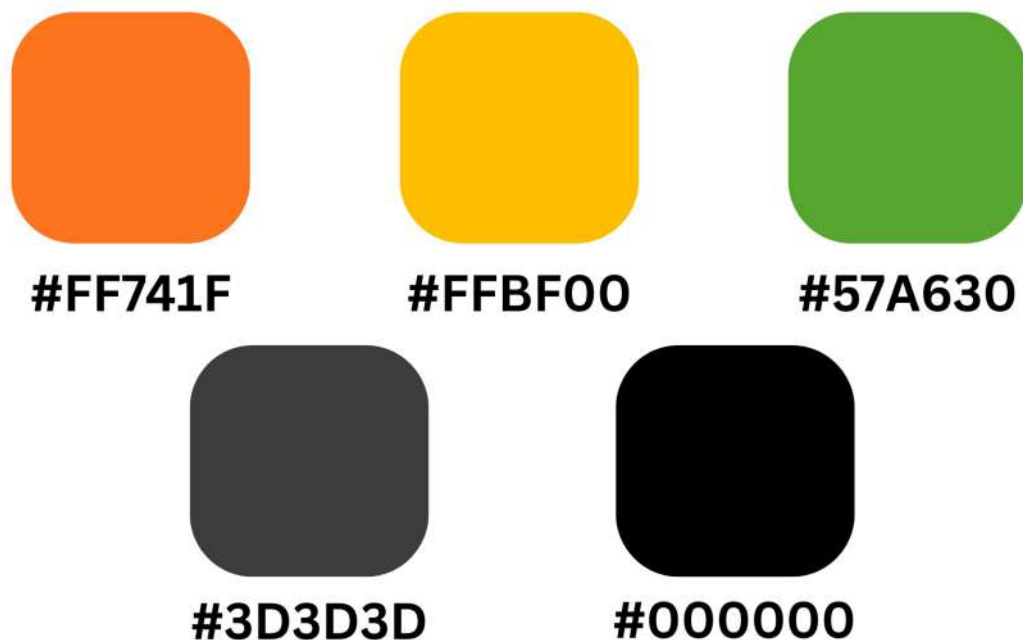
monitorar os níveis de decibéis em tempo real e emitir alertas preditivos, o sistema fornece aos educadores o controle e a previsibilidade necessários para modular o ambiente antes que o limiar de dor ou desorganização sensorial do aluno seja atingido, consolidando-se como uma ferramenta prática de inclusão escolar.

3 DESENVOLVIMENTO 2

3.1 Identidade Visual

3.1.1 Paleta de Cores

Figura 1 – Paleta de Cores



Fonte: própria (2026)

#FF741F: O laranja representa o ponto crítico e a prevenção ativa. Foi escolhido no lugar do vermelho para comunicar urgência sem gerar pânico ou reações de crise em alunos com hipersensibilidade auditiva. Além de representar o novembro Laranja, campanha nacional de alerta ao zumbido, misofonia e hiperacusia.

#FFBF00: O amarelo remete aos girassóis presentes no cordão utilizado por pessoas com doenças ocultas (condições não visíveis fisicamente), como autismo,

TDHA, surdez e doenças crônicas. Esse cordão pode ser chamado de Cordão de Girassóis.

#57A630: O verde está associado ao cordão de girassóis, que tem essa tonalidade como predominância. Este cordão é utilizado por pessoas que possuem deficiências invisíveis, sendo a hipersensibilidade auditiva uma delas.

#3D3D3D: O cinza está associado a neutralidade, sofisticação e descrição ajudando a criar uma atmosfera serena, calma e equilibrada, ideal para o público com hiperacusia e hipersensibilidade auditiva.

#000000: O preto representa o vazio sonoro ou o refúgio, no contexto sensorial, a ausência de "ruído visual" que ajuda o cérebro a descansar da exaustão causada pela hipersensibilidade auditiva.

3.1.2 Logo

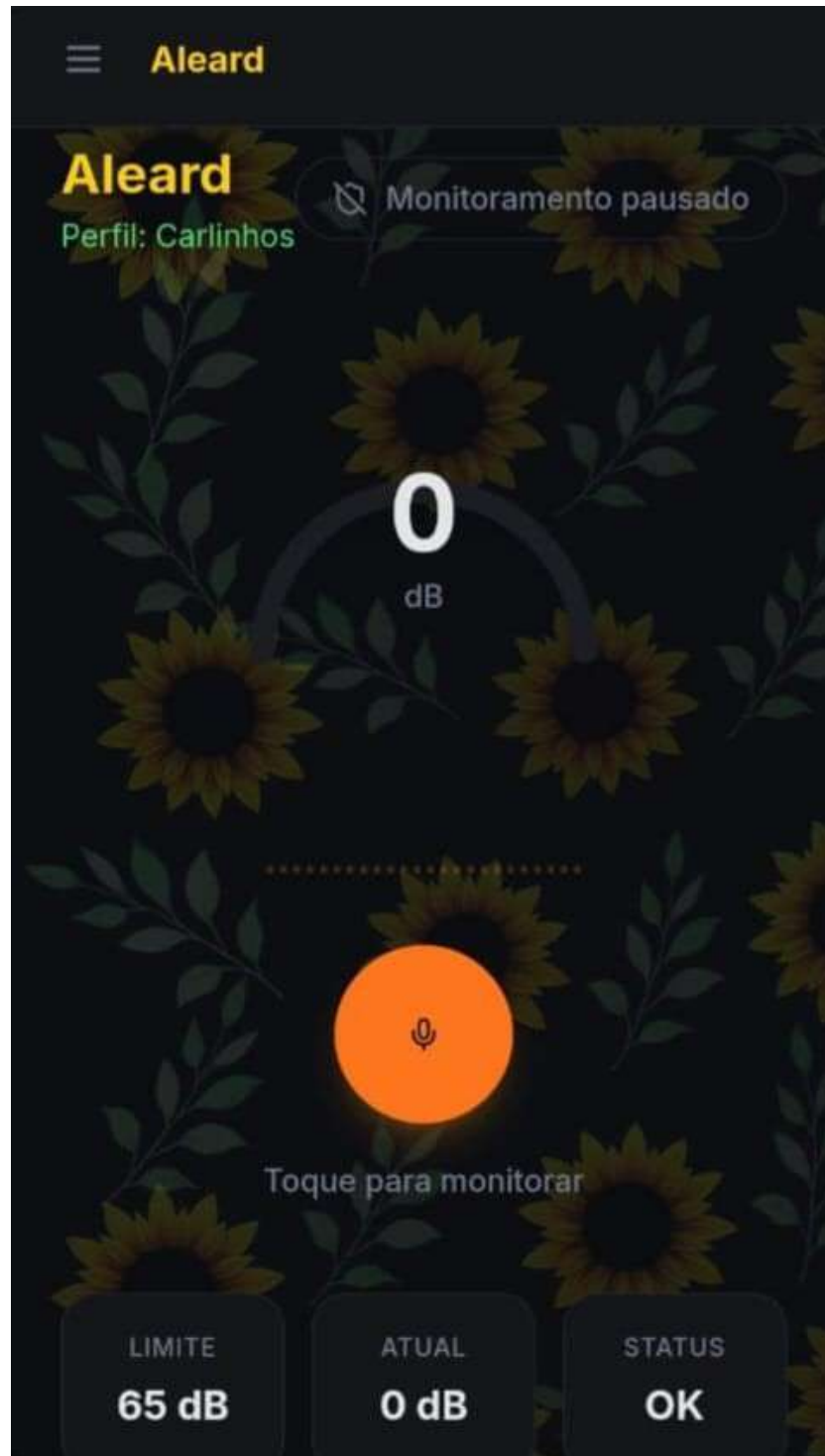
Figura 2 – Logo



Fonte: própria (2026)

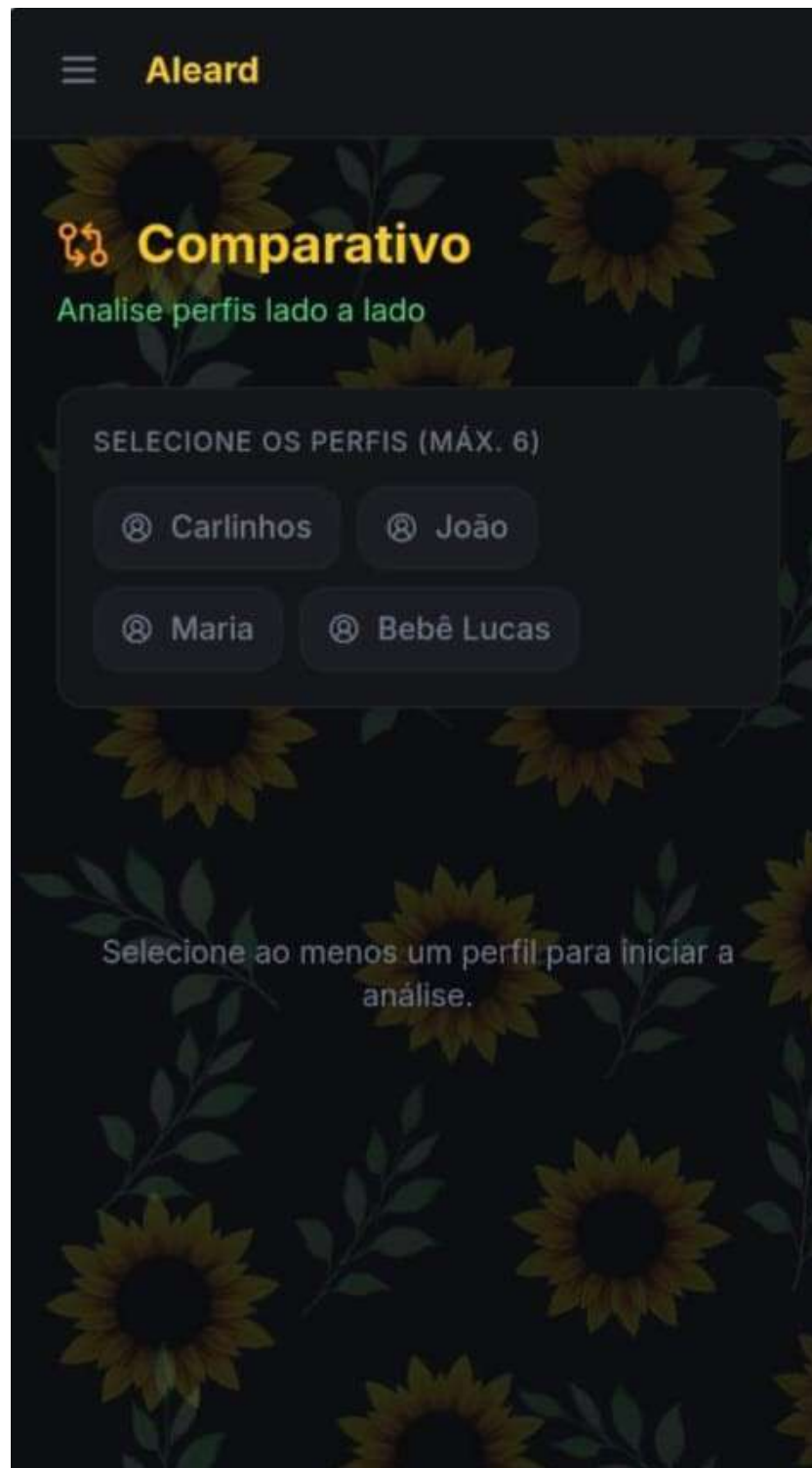
3.2 Interface

Figura 3 – Página Menu do aplicativo



Fonte: própria (2026)

Figura 4 – Página de Perfis do aplicativo



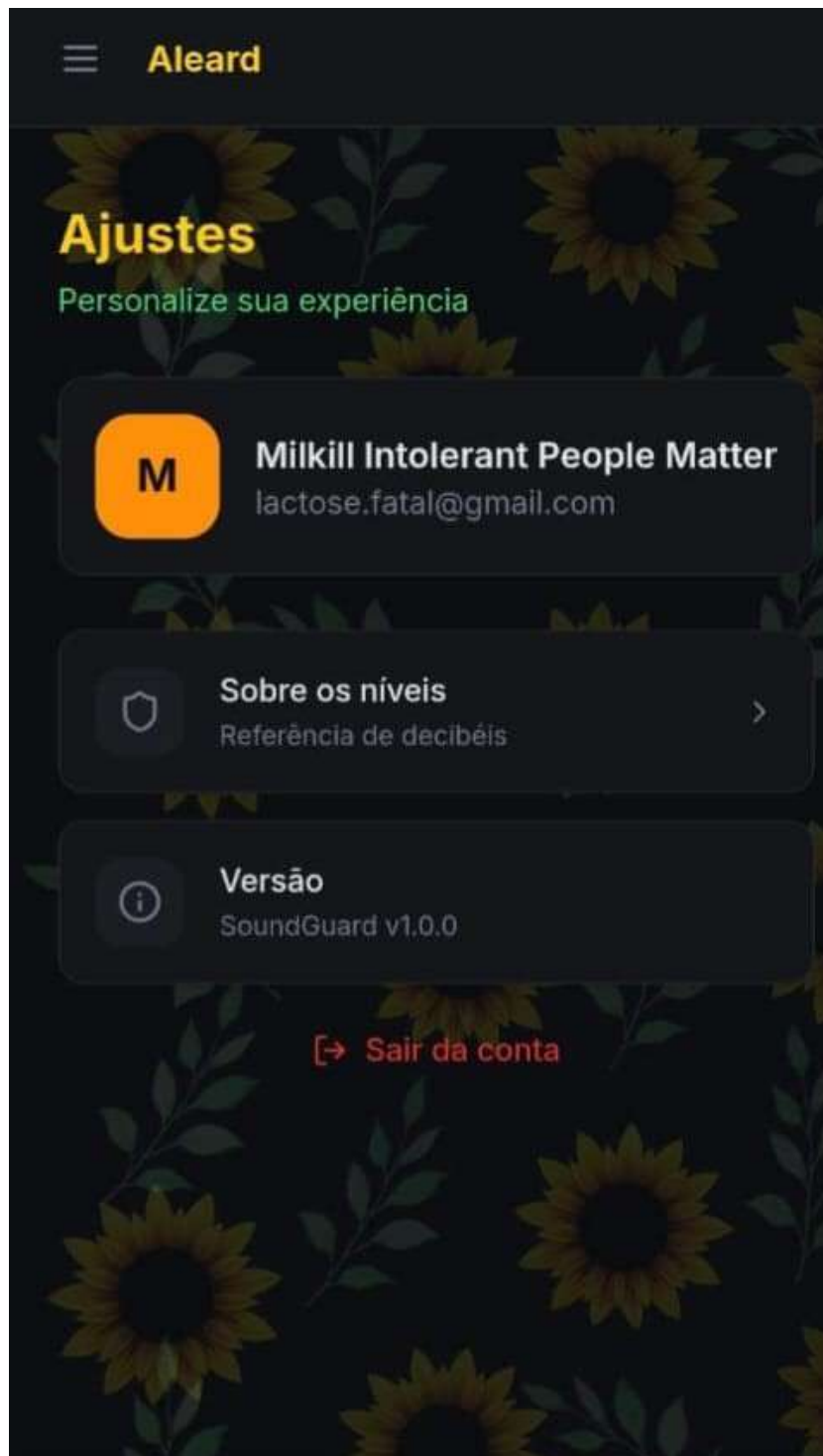
Fonte:

Figura 5 – Página de Histórico do aplicativo

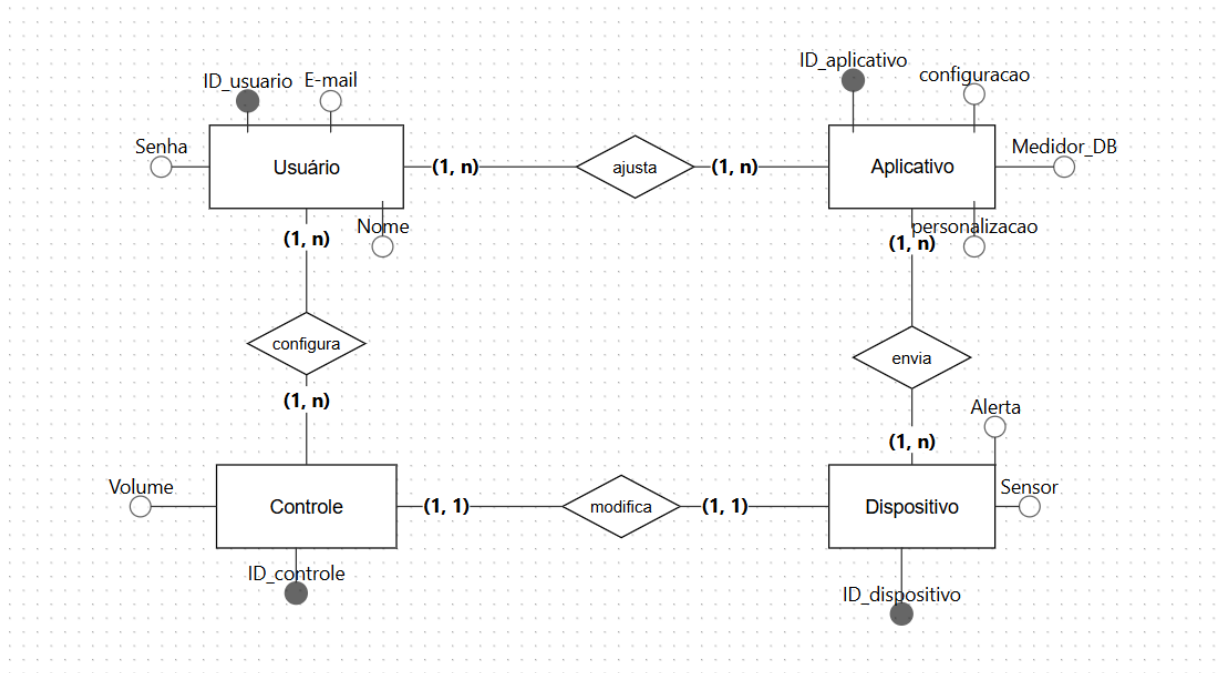


Fonte: própria (2026)

Figura 6 - Página de Ajustes do aplicativo



Fonte: própria (2026)



3.3 Modelo de Relacionamento

Figura 7- Modelo de Relacionamento do Projeto

Fonte: própria (2026)

3.4 Custos de Operação

Equipamentos:

MATERIAL	PREÇO (R\$)
Arduíno Uno	27.90
ESP32 (Dev kit)	29.99
Jumpers	5.99
Resistores	6.99
Protoboard	39.40
Sensor de som	15.70
Módulo Bluetooth	21.50
Display LCD	12.80
TOTAL: R\$160.27	

4 DESENVOLVIMENTO 3

4.1 Material e Método

Para o projeto em questão, utilizou-se em primeiro momento, a construção preliminar do circuito em uma protoboard, como estratégia construtiva e de desenvolvimento. Nele, foram conectados os fios jumpers que realizaram a conexão entre o microcontrolador (ESP32) representado na Figura 1, o display e o sensor KY-037. Nesta construção, foi utilizado um resistor 100Ω (cem ohms) e um Led verde, de forma a possibilitar que quando algum barulho fosse detectado pelo sensor de som, o led acendesse. Esse circuito teste construído está representado na Figura 2, o microcontrolador utilizado foi um ESP32 dev kit responsável pela execução das rotinas programadas por meio do código implementado em C/C++ por meio do arduino IDE (integrated development environment) de programação.

Figura 8 – ESP 32



Fonte: ACEPIC Tecnologia (2026)

ESP32 Pinagem

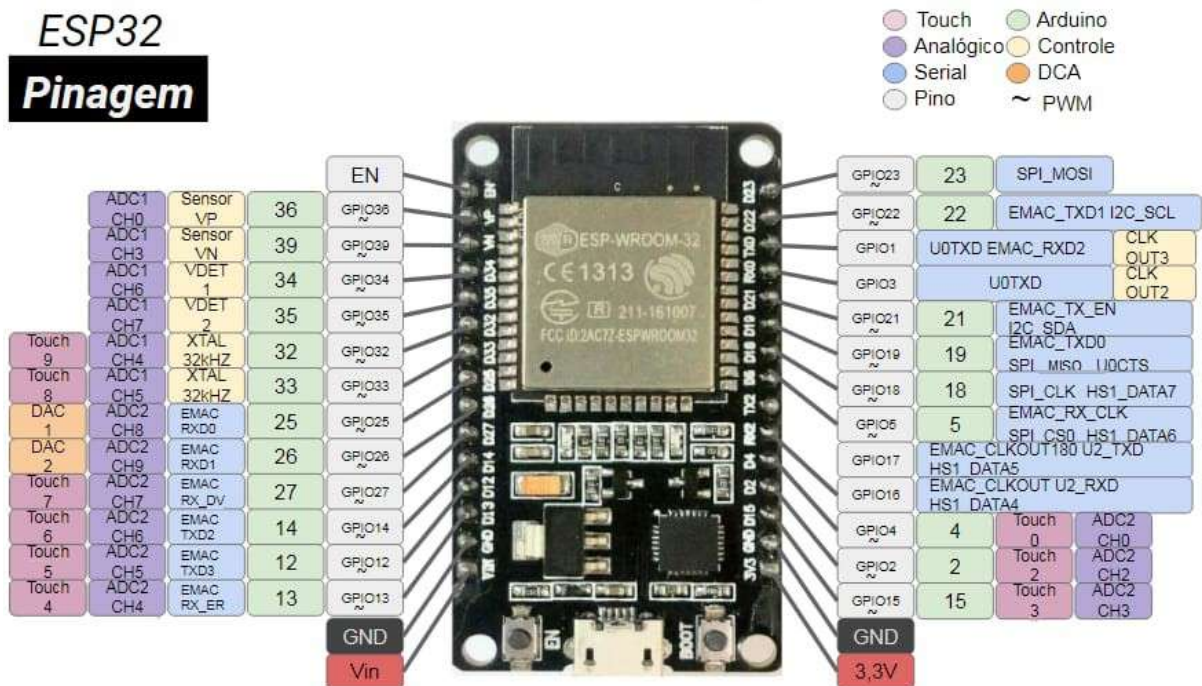


Figura 9 – Circuito do ESP 32

Fonte: Curto-Circuito Blog (2026)

4.1.1 Sensor de detecção de som

O sensor de detecção sonora, responsável por detectar o som do ambiente e retornar com informações para placa ESP32 é ilustrado na Figura 3, onde é possível notar que além do microfone são utilizados dispositivos eletrônicos capazes de amplificar e condicionar o sinal sonoro.

Figura 10 – Sensor de som



Fonte: Hills Eletronic Company (2026)

4.2 Código fonte utilizado

Inicialmente os testes realizados utilizaram um sensor sonoro (KY-037), um Led verde, alguns jumpers, uma protoboard 400 pinos e o próprio microcontrolador, onde o sensor de som estava ligado em 1 porta analógica do ESP32. Este teste visava a realização de medidas comparativas entre o sinal interno e externo, porém a implementação final só contempla a instalação de um sensor interno e conectado à porta A0 do módulo. A Figura 4 ilustra o código fonte utilizado na IDE de programação para a execução de rotinas de aquisição e processamento de sinais.

Figura 11 – Código fonte

```

1
2
3  const int sensor = 4;
4  const int led = 19;
5  bool estado = 0;
6
7  void setup(){
8      pinMode(sensor, INPUT); //Define o pino 4 (sensor) como entrada
9      pinMode(led, OUTPUT); //Define o pino 19 (LED) como saída
10     digitalWrite(led, LOW); //Garante que o led irá iniciar desligado
11 }
12
13 void loop(){
14     if (digitalRead(sensor) == HIGH)
15     {
16         estado = digitalRead(led);
17         digitalWrite(led, !estado);
18         delay(500);
19     }
20 }
```

Fonte: própria (2026)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto Aleard evidenciou que a verdadeira inclusão escolar de alunos neurodivergentes transcende as adaptações curriculares convencionais, exigindo um olhar atento e estruturado sobre as barreiras físicas invisíveis do ambiente de aprendizado. Condições clínicas como a hiperacusia e a hipersensibilidade auditiva, frequentemente negligenciadas na rotina escolar, revelaram-se fatores críticos de exclusão pedagógica, capazes de gerar sobrecarga sensorial, isolamento e severo sofrimento emocional em estudantes inseridos no Transtorno do Espectro Autista (TEA) e outras condições correlatas.

A integração proposta entre o hardware do Arduino e a interface responsiva do aplicativo móvel tem o intuito de preencher uma lacuna histórica na gestão do ambiente de aula. Em vez de simplesmente isolar o aluno por meio de abafadores de ruído — o que muitas vezes acentua o estigma social —, o dispositivo Aleard permitiu dar visibilidade ao som. A transformação de ondas sonoras imperceptíveis em dados visuais e métricas de decibéis em tempo real tem a intenção de conferir previsibilidade ao ecossistema escolar.

Com isso, o sistema cumpre com rigor os preceitos metodológicos da Tecnologia Assistiva, fornecendo à equipe pedagógica alertas preventivos essenciais para mediar o ambiente acústico antes que os limiares de desconforto e dor do aluno sejam atingidos. O monitoramento contínuo provou que é possível criar uma ecologia acústica escolar mais harmônica e controlável, mitigando as crises sensoriais e fomentando a autonomia do estudante no espaço comum.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- AYRES, A. Jean. **Sensory integration and the child**: 25th anniversary edition. Los Angeles: Western Psychological Services, 2005.
- BAGULEY, David M.; HOARE, Derek J. **Hyperacusis**: major research avenues. Expert Review of Neurotherapeutics, [s. l.], v. 18, n. 12, p. 959-969, 2018.
- BERSCH, Rita. **Introdução à Tecnologia Assistiva**. Porto Alegre: Centro de Tecnologia Assistiva (Assistiva Tecnologia e Educação), 2017.
- COOK, Albert M.; POLGAR, Jan Miller. **Assistive Technologies**: principles and practice. 4. ed. St. Louis: Elsevier Health Sciences, 2014.
- GOMES, Erissandra et al. **Perfil de comportamento auditivo de crianças com transtorno do espectro autista**. Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 279-284, 2008.
- GUBBI, Jayavardhana et al. **Internet of Things (IoT)**: a vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, [s. l.], v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013.
- KLATTE, Maria et al. **Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children**. Environment and Behavior, [s. l.], v. 45, n. 6, p. 708-742, 2013.
- SHIELD, Bridget M.; DOCKRELL, Julie E. **The effects of noise on children at school**: a review. Building Acoustics, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 97-116, 2003.
- TYLER, Richard S. et al. **A review of hyperacusis**. American Journal of Audiology, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 402-419, 2014.

APÊNDICE A _ ÉTICA E MORAL APLICADO AO TCC

Encontra a ética no projeto na ideia de promover a inclusão do público com hipersensibilidade auditiva, buscando através de um dispositivo o controle do som. Tendo como moral o valor da acessibilidade.

Pessoas com esta condição são constantemente excluídas de ambientes, pois as pessoas interpretam sons altos como algo comum e não procuram uma solução, porque já estão acostumados.

Essas pessoas deveriam poder se portar em qualquer lugar público. Pela Lei nº 13.146/2015, conhecida com lei da pessoa deficiente, deve ser garantido igualdade, cidadania e acessibilidade para todo e qualquer tipo de pessoa em qualquer lugar. nosso projeto vem justamente para garantir que essa lei ocorra com vigor e pessoas portadoras de hiperacusia, autismo ou qualquer condição auditiva tenham os seus devidos direitos.

Por isso, cabe a nós através do nosso senso de empatia prezar e apoiar essa lei, para garantir acessibilidade e inclusão desse público bem seletto, que muitas vezes sofre de invalidação e silenciamento frequente.

APÊNDICE B _ NIOSH Sound Level Meter

O NIOSH Sound Level Meter é um aplicativo gratuito para iOS desenvolvido para medir ruído ambiental e ocupacional com foco em saúde auditiva. Ele mostra em tempo real o nível de som captado pelo microfone do aparelho e, quando usado com microfone externo calibrado, pode atingir precisão de ± 2 dBA e atender requisitos de Type 2 da IEC 61672.

Além da leitura instantânea em decibéis, o app oferece métricas mais completas do que um medidor comum, como LAeq, TWA, nível máximo, pico, dose de ruído e dose projetada, além das ponderações A, C e Z. Isso faz dele uma ferramenta útil para profissionais de segurança do trabalho, higiene ocupacional e prevenção de perda auditiva.

Outro ponto importante é a sua proposta de transformar uma medição técnica em algo fácil de interpretar. A CDC destaca que o app ajuda a aumentar a percepção do usuário sobre o ambiente sonoro em tempo real, permitindo avaliar se a exposição ao ruído está em nível seguro ou perigoso.

Fonte: cdc.gov (2026)

