



ESCOLA SALESIANA SÃO JOSÉ
CENTRO PROFISSIONAL DOM BOSCO - CPDB

Ana Carolina Costa Silva

Rafael Leoni

Rebeca Lopes de Souza

ClareIA

Auxílio da Tecnologia para a Fonoaudiologia

CAMPINAS
2025

Ana Carolina Costa Silva

Rafael Leoni

Rebeca Lopes de Souza

ClareIA

Auxílio da Tecnologia para a Fonoaudiologia

Relatório referente ao Projeto de Conclusão de Curso, apresentado ao Centro Profissional Dom Bosco da Escola Salesiana São José, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Técnico em Informática.

Orientador: Adriana Maia da Silva Coelho

Coorientador: Geraldo Moreno Fiorentino Júnior

CAMPINAS
2025

*Dedicamos este trabalho à todas as pessoas que,
de alguma forma, enfrentam desafios na
comunicação e na expressão da própria voz,
aos que lutam para transformar sons em palavras.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, por nos abençoar e guiar em toda a nossa trajetória acadêmica e na realização deste trabalho.

Aos nossos pais, expressamos nossa profunda gratidão pelo incentivo constante, pelo suporte incondicional e por acreditarem em nossa capacidade de chegar até aqui.

Agradecemos também à Escola Salesiana São José, por todo o conhecimento transmitido e pelas oportunidades oferecidas ao longo do curso. Nosso reconhecimento especial vai aos professores que contribuíram diretamente para este projeto: à professora Adriana Maia, nossa orientadora de projeto, pelo aconselhamento e apoio essenciais na construção desta pesquisa; à professora Roberica Carone, orientadora escolar, pela colaboração no desenvolvimento das ideias para o aplicativo; e ao professor Antônio Santana, por compartilhar conosco seu conhecimento acadêmico e, sobretudo, por nos ensinar a pensar de forma crítica e independente.

Estendemos nossos agradecimentos à Isabella Vieira Rocha, cujo apoio profissional foi fundamental para o desenvolvimento do trabalho, contribuindo com ideias, orientações e validações técnicas indispensáveis ao tema proposto.

*“Aquele que não tem tempo para cuidar da saúde
vai ter que arrumar tempo para cuidar da doença.”*

Lair Ribeiro

RESUMO

A comunicação oral desempenha um papel central no desenvolvimento social, cognitivo e emocional do ser humano, entretanto há pessoas com dificuldades, como distúrbios da fala, que afetam de forma significativa a comunicação e a qualidade de vida, tornando essencial o acesso a tratamento especializado. No entanto, barreiras geográficas e de disponibilidade podem limitar a atuação presencial de fonoaudiólogos. Com o avanço da tecnologia, especialmente da inteligência artificial, surgem novas possibilidades para ampliar o alcance e a eficácia dessas terapias. Este trabalho teve como objetivo desenvolver, de forma experimental e conceitual, um aplicativo móvel com IA voltado ao apoio complementar da terapia fonoaudiológica, especialmente na prática de exercícios orofaciais e de fala fora do ambiente clínico. A pesquisa, de caráter bibliográfico, descritivo e exploratório, baseou-se na análise de literatura científica e de tecnologias já existentes, com foco no reconhecimento de padrões vocais e movimentos orofaciais. A partir da revisão teórica, foram definidas funcionalidades essenciais e identificados desafios técnicos, de usabilidade e de acessibilidade. O protótipo desenvolvido já oferece exercícios de leitura em voz alta para aprimoramento da dicção, com feedback automático, e recursos iniciais para reconhecimento de movimentos orofaciais voltados ao fortalecimento da musculatura facial. Espera-se que a solução proposta aumente a adesão ao tratamento, ofereça maior autonomia ao paciente e otimize o trabalho dos profissionais da área, contribuindo também para a democratização do acesso ao cuidado em saúde. O projeto visa ainda estimular a inovação tecnológica na fonoaudiologia, ao propor uma ferramenta acessível, interativa e personalizável, capaz de melhorar os índices de recuperação e ampliar o alcance do tratamento para públicos diversos.

Palavras-chave: Fonoaudiologia. Inteligência artificial. Reconhecimento de voz.

ABSTRACT

Oral communication plays a central role in human social, cognitive, and emotional development. Nevertheless, speech disorders can significantly impair communication and quality of life, making access to specialized treatment essential. Geographic and availability barriers, however, often limit the in-person work of speech-language pathologists. With advances in technology, particularly in artificial intelligence, new opportunities arise to enhance the reach and effectiveness of such therapies. This study aimed to develop, on an experimental and conceptual basis, an AI-powered mobile application designed to supplement speech-language therapy, especially through orofacial and speech exercises performed outside the clinical setting. The research was bibliographical, descriptive, and exploratory in nature, based on the analysis of scientific literature and existing technologies, with a focus on recognizing vocal patterns and orofacial movements. From the theoretical review, essential functionalities were defined, and technical, usability, and accessibility challenges were identified. The prototype already includes reading-aloud exercises to improve diction, with automatic feedback, and initial features for recognizing orofacial movements aimed at strengthening facial muscles. The proposed solution is expected to improve treatment adherence, provide greater patient autonomy, and optimize professional practice, while also contributing to the democratization of healthcare access. Furthermore, the project seeks to foster technological innovation in speech-language pathology by introducing an accessible, interactive, and customizable tool capable of enhancing recovery outcomes and extending treatment to diverse populations.

Keywords: Speech therapy. Artificial intelligence. Voice recognition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Como é o funcionamento da Librosa?.....	21
Figura 2 - O que é MediaPipe?.....	22
Figura 3 - Como funciona o Flutter?.....	23
Figura 4 - O que é dislalia?.....	25
Figura 5 - LipNet.....	28
Figura 6 - Exercícios orofaciais.....	30
Figura 7 - Exercício de leitura em voz alta.....	32
Figura 8 – Relatório de exercícios.....	32
Figura 9 - Protótipo de reconhecimento facial em desenvolvimento.....	33
Figura 10 - Detecção de boca para exercício.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha de custos do projeto

31

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CPDB – Centro Profissional Dom Bosco;

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

IA – Inteligência Artificial;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. JUSTIFICATIVA	14
3. OBJETIVOS	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
5.1. Dificuldades enfrentadas por crianças e adultos no aprendizado da fala	25
5.2. Tecnologias atuais que utilizam inteligência artificial no reconhecimento de fala e movimentos orofaciais	27
5.3. Contribuições do uso de inteligência artificial no auxílio ao tratamento fonoaudiológico	28
5.4. Exercícios orofaciais e de fala utilizados por fonoaudiólogos para diversas dificuldades de comunicação	30
6. PLANILHA DE CUSTOS DO PROJETO	32
7. RESULTADOS OBTIDOS	33
8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
9. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A comunicação oral desempenha um papel central no desenvolvimento social, cognitivo e emocional do ser humano. Desde os primeiros anos de vida, a fala é o principal meio pelo qual a criança interage com o mundo ao seu redor, expressa desejos, constrói vínculos afetivos e adquire conhecimento. É por meio da linguagem que ela internaliza regras sociais, desenvolve o pensamento simbólico e estabelece sua identidade dentro do meio em que vive.

No entanto, alterações na fala e na linguagem, como dislalias, gagueira e outros distúrbios comunicativos, podem comprometer significativamente a comunicação e a inclusão social, especialmente em crianças e indivíduos em desenvolvimento. O acompanhamento fonoaudiológico é, portanto, indispensável para a identificação precoce e tratamento adequado dessas alterações.

A fonoaudiologia é uma área da saúde que se dedica ao estudo, prevenção, avaliação, diagnóstico e tratamento dos distúrbios da comunicação humana, que abrange a fala, a linguagem, a voz, a audição e as funções orofaciais, como a mastigação, deglutição e respiração. O fonoaudiólogo tem uma grande área de atuação, atende vários tipos de pacientes, desde crianças até idosos, além de apenas tratamentos, também desenvolvem trabalho vocal com atores, locutores, jornalistas e outros profissionais que usam a fala como principal ferramenta.

Segundo Caldeira et al. (2013), em estudo publicado na Revista CEFAC, artigo intitulado "Prevalência de alterações de fala em crianças por meio de teste de rastreamento.":

“[...] foram avaliadas 404 crianças com média de idade de seis anos e cinco meses. A prevalência de alterações de fala foi de 33,7%. Pode-se observar presença de ceceo (ato de 'falar com a língua presa' ou 'língua solta') em 8,4% das crianças. Dos 137 alunos com alguma alteração nos processos fonológicos, os mais utilizados foram: substituição de /ʌ/ por /i/ ou /y/, /l/ por /r/, /z/ por /s/ e omissão do /l/ e /r/.”.

No Brasil, a carência de profissionais capacitados e a limitação de recursos em algumas regiões dificultam a continuidade do tratamento fonoaudiológico, gerando

desafios como a perda de progresso entre sessões e a redução da adesão ao acompanhamento terapêutico. Apesar de o Sistema Único de Saúde (SUS) oferecer serviços de fonoaudiologia, a oferta de profissionais é limitada, e muitas pessoas enfrentam longas filas de espera, especialmente em regiões afastadas dos grandes centros. Isso evidencia a necessidade de alternativas que complementam e ampliam esse atendimento.

Mesmo com a importância dessa profissão, as ferramentas de auxílio do fonoaudiólogo são precárias. Apesar da eficácia dos atendimentos presenciais, muitos pacientes enfrentam dificuldades ao realizar os exercícios em casa, o que pode comprometer o progresso do tratamento. Atualmente, os recursos mais acessíveis para esse momento fora do consultório são vídeos na internet, como os do YouTube, que não oferecem acompanhamento nem feedback personalizado.

Nesse contexto, soluções tecnológicas baseadas em aplicativos móveis integrados a recursos de inteligência artificial (IA) apresentam grande potencial para ampliar e complementar o acesso ao tratamento fonoaudiológico. Tais ferramentas podem viabilizar suporte remoto e personalizado, além de favorecer a continuidade da prática de exercícios fora do ambiente clínico. Assim, o desenvolvimento de um aplicativo capaz de avaliar o desempenho do usuário, gerar feedback imediato e disponibilizar relatórios de acompanhamento mostra-se uma proposta viável e promissora para a área.

O projeto ClareIA consiste no desenvolvimento de um aplicativo móvel voltado para pacientes em terapia fonoaudiológica, com foco na realização de exercícios de fala e orofaciais. O aplicativo utiliza recursos de IA para análise automática das respostas dos usuários, fornecendo feedback imediato, o que permite uma melhor experiência para o paciente e mais garantia ao profissional. A abordagem exploratória, fundamentada em revisão de literatura nacional e internacional, buscou identificar práticas, métodos e tecnologias que poderiam ser incorporadas à ferramenta, garantindo relevância clínica, usabilidade e potencial de impacto social.

Assim, a presente iniciativa contribui para a inovação tecnológica na área da saúde, demonstrando que soluções digitais podem apoiar o tratamento fonoaudiológico, que melhora a adesão às terapias e amplia o acesso a cuidados de qualidade, especialmente em regiões com menor disponibilidade de profissionais especializados.

2. JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento da fala é um processo essencial para a comunicação e interação social. Entretanto, constatou-se que muitas pessoas enfrentam dificuldades nesse aprendizado devido a diversos fatores, como distúrbios de linguagem. De acordo com Grepí (2018), em artigo publicado no Jornal da USP, aproximadamente 5% da população mundial apresenta dificuldades na fala, evidenciando o impacto social e a necessidade de soluções acessíveis para o tratamento.

Mesmo reconhecendo a importância do trabalho dos fonoaudiólogos, a pesquisa realizada confirmou que grande parte da população brasileira ainda enfrenta obstáculos para acessar esse tipo de atendimento. Em diversas regiões faltam profissionais, os custos são elevados e, em alguns casos, a distância até clínicas especializadas inviabiliza o tratamento. Além disso, verificou-se que a realização de exercícios em casa, etapa crucial da terapia, nem sempre é feita corretamente, já que muitos pacientes carecem de materiais adequados ou acompanhamento, o que compromete a evolução terapêutica.

No serviço público, o cenário é igualmente desafiador. Apesar de o Sistema Único de Saúde (SUS) oferecer atendimento fonoaudiológico, a quantidade de profissionais não supre a demanda nacional. Em algumas localidades, o tempo de espera por uma consulta ultrapassa seis meses. Segundo Bazzo e Noronha (2009), “constatamos as múltiplas dificuldades dos usuários no acesso a este cuidado, que podem ser explicadas pela especialização da oferta, pela fragmentação da rede e déficit dos procedimentos fonoaudiológicos, estimado em 131.315 por ano”. Isso evidencia a urgência no planejamento de estratégias que ampliem o acesso e tornem o cuidado mais equitativo nos três níveis de atenção.

Embora já existam iniciativas tecnológicas na área, constatou-se que a oferta de aplicativos e softwares voltados para o tratamento de distúrbios de linguagem é limitada, poucos recursos oferecem personalização, interatividade ou algum tipo de retorno ao paciente. Entretanto, estudos recentes têm demonstrado o potencial da inteligência artificial (IA) na área da saúde. Segundo Silvério et al. (2019), aponta para o uso de técnicas de aprendizado de máquina para a identificação de patologias, como as relacionadas à laringe, com uma precisão média de 86%. Embora essa precisão seja impressionante, o mais relevante é o alto nível de sensibilidade dos sistemas, o que garante maior confiabilidade nos resultados. Esse avanço sugere que tecnologias

similares poderiam ser aplicadas na avaliação e no acompanhamento de movimentos orofaciais, beneficiando tratamentos fonoaudiológicos.

Esse cenário se conecta a tendências globais de inovação em saúde. Organizações como a Organização Mundial da Saúde (OMS) têm incentivado o uso de tecnologias digitais acessíveis para ampliar a cobertura e a qualidade do atendimento, especialmente em regiões com escassez de profissionais. Países como Estados Unidos, Canadá e Austrália já aplicam IA em programas de reabilitação da fala, o que reforça a viabilidade e a relevância de soluções semelhantes no contexto brasileiro.

Diante disso, este trabalho propõe a investigação da aplicação da inteligência artificial no desenvolvimento da fala, com o objetivo de criar soluções capazes de oferecer feedback imediato, acompanhamento personalizado e ampliar o acesso ao tratamento fonoaudiológico. Ao aliar as demandas urgentes da área da saúde aos avanços tecnológicos e à experiência da equipe, esta pesquisa se apresenta como uma contribuição relevante e viável para a inclusão e a eficácia terapêutica no Brasil.

3. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo móvel integrado com inteligência artificial para auxiliar pacientes em terapia fonoaudiológica, permitindo a prática e o acompanhamento de exercícios orofaciais e de fala fora do consultório, com feedback personalizado.

Objetivos Específicos

- Identificar, a partir da revisão bibliográfica, as principais dificuldades enfrentadas por crianças e adultos no desenvolvimento da fala e linguagem.
- Analisar tecnologias atuais baseadas em inteligência artificial aplicadas ao reconhecimento de padrões de fala e movimentos orofaciais, avaliando seu potencial para aplicação no tratamento fonoaudiológico.
- Caracterizar os exercícios orofaciais e de fala mais utilizados por fonoaudiólogos para diferentes tipos de distúrbios de comunicação, visando sua adequação para uso em ambiente digital.
- Verificar a precisão, aplicabilidade, clareza do feedback gerado e a usabilidade do protótipo do aplicativo por meio da avaliação crítica de fonoaudiólogos especialistas.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A preocupação com os distúrbios da fala remonta à Antiguidade, como no caso de Demóstenes, que utilizava técnicas rudimentares para controlar sua gagueira (SILVA, 2015). No entanto, foi a partir do século XIX que a comunicação humana passou a ser estudada sistematicamente, com contribuições significativas da medicina, fonética, linguística e psicologia, que culminaram na consolidação da Fonoaudiologia como ciência e profissão (OLIVEIRA, 2002).

Como cita Berberian (2001), a população brasileira foi constituída de pessoas oriundas de diversos países provocou uma miscigenação na língua, que dificultava a compreensão de várias conversas. Em 1971, foi fundado o Curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Santa Maria, que em 1976, foi o primeiro Curso de Fonoaudiologia a ser reconhecido (Brasil, 1975). O primeiro currículo mínimo foi regulamentado pela Resolução nº 54/76, do Conselho Federal de Educação em 1977, o curso da Universidade de São Paulo foi o primeiro a ter seu funcionamento autorizado em nível de bacharelado.

Em 9 de dezembro de 1981, foi sancionada a Lei nº 6.965 (Brasil, 1981), que regulamentou a profissão de Fonoaudiólogo, as atividades do Conselho Federal de Fonoaudiologia tiveram início em 1983. Em 15/09/84, pela Resolução CFFa nº 010/84 (CFFa, 1984), foi aprovado o primeiro Código de Ética da profissão, que elencava os direitos, os deveres e as responsabilidades do Fonoaudiólogo em função de sua atividade profissional. Atualmente o Código de Ética da Fonoaudiologia encontra-se na sua 5ª edição (CFFa, 2021).

O crescimento da profissão, a ampliação do mercado de trabalho do fonoaudiólogo, o avanço de novas tecnologias e uma maior conscientização da categoria têm levado o Sistema de Conselhos de Fonoaudiologia a ampliar, cada vez mais, sua atuação em prol da Fonoaudiologia, do fonoaudiólogo e da sociedade.

O Conselho Federal de Fonoaudiologia, atualmente, reconhece quinze especialidades: Audiologia, Linguagem, Motricidade Orofacial, Voz, Disfagia, Fonoaudiologia do Trabalho, Fonoaudiologia Hospitalar, Fonoaudiologia Neurofuncional, Gerontologia, Fonoaudiologia Educacional, Fluência, Neuropsicologia, Perícia Fonoaudiológica e Otoneurologia, outras especialidades estão em estudo.

No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) oferece serviços de Fonoaudiologia em hospitais públicos, centros de reabilitação, unidades básicas de saúde e Núcleos de Apoio à Saúde da Família (NASF), embora a oferta varie de acordo com a região e a infraestrutura local (CFFa, 2021).

Em países como Reino Unido e Canadá, a assistência fonoaudiológica é disponibilizada amplamente pelos sistemas de saúde pública (NHS e Medicare, respectivamente), inclusive em escolas e centros comunitários, o que favorece o diagnóstico precoce e o acompanhamento contínuo.

De acordo com um estudo publicado na Revista CEFAC, cerca de 33,7% das crianças avaliadas apresentaram algum tipo de alteração na fala, sendo o ceceo e a troca de fonemas os distúrbios mais recorrentes entre crianças na faixa de 4 a 6 anos, por isso é importante que essas questões sejam tratadas desde cedo, com acompanhamento especializado (CALDEIRA et al., 2013).

Outra questão importante no nosso país é a grande diversidade de sotaques e variações regionais da fala, essas variações fazem parte da riqueza da língua portuguesa falada no Brasil, e precisam ser levadas em consideração no desenvolvimento de qualquer aplicativo voltado para a fala. Por isso, o ideal é que esse tipo de tecnologia seja adaptável a diferentes regiões e faixas etárias (SANTOS et al., 2021).

Com o avanço da tecnologia, a inteligência artificial (IA) tem se mostrado uma aliada interessante na área da saúde, inclusive na fonoaudiologia, já existem estudos que mostram como a IA pode ser usada para identificar padrões de fala e ajudar no diagnóstico de alguns distúrbios com mais rapidez e precisão. Alguns sistemas conseguem analisar os sons da fala e até mesmo os movimentos da boca por meio de câmeras e sensores, o que permite um acompanhamento mais visual e interativo, tanto para o profissional quanto para o paciente.

Assim, o desenvolvimento de um aplicativo que integre inteligência artificial, reconhecimento de padrões de fala e movimento orofacial, e que funcione com o acompanhamento de um fonoaudiólogo, pode representar uma inovação valiosa. Essa abordagem contribui para tratamentos mais acessíveis, personalizados e eficazes, especialmente em regiões com menor acesso a profissionais especializados.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

MÉTODOS

O método adotado para esta pesquisa foi do tipo de engenharia, com caráter exploratório e abordagem bibliográfica, possuindo natureza descritiva. O foco esteve no desenvolvimento e na validação preliminar de um protótipo de aplicativo móvel com inteligência artificial (IA), voltado ao apoio no tratamento fonoaudiológico, por meio da análise de imagens e sons captados em dispositivos móveis.

A primeira etapa consistiu em um levantamento bibliográfico, realizado ao longo de aproximadamente dois meses, com base em artigos científicos, livros, teses, reportagens e publicações acadêmicas confiáveis. Essa fase buscou compreender o funcionamento da fala, os distúrbios mais recorrentes, os desafios enfrentados por pacientes e profissionais, bem como o papel da tecnologia no suporte ao diagnóstico e tratamento. Ao mesmo tempo, foram analisadas soluções já disponíveis no mercado, como softwares, aplicativos e sistemas que utilizam IA para reconhecimento de padrões vocais e movimentos orofaciais, permitindo identificar funcionalidades relevantes, limitações e oportunidades de inovação.

Com base no levantamento teórico e na análise de tecnologias, foram definidos os requisitos do protótipo, incluindo os exercícios fonoaudiológicos mais recorrentes, os tipos de dados necessários para monitoramento clínico e os critérios de retorno esperados para pacientes e profissionais.

Na segunda etapa, foi iniciada a prototipagem do aplicativo, foram utilizados recursos como Python como linguagem principal, Librosa para extração de características de áudio, redes neurais convolucionais (CNNs) para análise de espectrogramas e imagens faciais, além do Firebase para armazenamento seguro de dados e autenticação. Como suporte ao desenvolvimento foram empregados o Google Colab, Visual Studio Code, GitHub, Gemini e ChatGPT. Todo o desenvolvimento foi realizado por três estudantes de programação, com apoio de uma profissional de fonoaudiologia, que contribuiu com orientações técnicas relacionadas às necessidades clínicas e à adaptação dos exercícios propostos.

A validação inicial do protótipo ocorreu em duas dimensões: Validação técnica, com uso de bases públicas e dados controlados, empregando métricas como precisão, sensibilidade, especificidade e F1-score, além de validação cruzada (k-fold) para reduzir viés e superajuste. E a validação clínica preliminar, será conduzida com apoio de uma fonoaudióloga, para avaliar situações simuladas se os resultados gerados correspondiam ao esperado em contexto terapêutico.

Além disso, aspectos de usabilidade foram analisados por meio de testes de protótipo, checklist de clareza, consistência, eficiência, prevenção de erros e acessibilidade, bem como métricas de tempo de execução, facilidade de navegação e clareza dos retornos fornecidos pelo aplicativo.

Em etapas futuras, será realizada uma avaliação clínica ampliada do aplicativo, envolvendo pacientes e profissionais de fonoaudiologia em contexto real. Essa fase buscará verificar a aplicabilidade prática da solução, sua contribuição para o acompanhamento terapêutico, os níveis de adesão ao uso e o impacto efetivo na evolução clínica dos usuários.

MATERIAIS

A escolha das ferramentas e tecnologias utilizadas neste projeto foi baseada na necessidade de construir um sistema inteligente, acessível e funcional, com função de captar e analisar sinais orais e visuais de pacientes com foco no tratamento fonoaudiológico.

Python

A linguagem Python foi escolhida como base principal do projeto devido à sua legibilidade, ampla adoção nas áreas de ciência de dados e inteligência artificial, além de ser bem aceita na comunidade de IA. Sua estrutura é adequada para o processamento de áudio e vídeo, bem como para o treinamento de modelos de Machine Learning, contando com diversas bibliotecas específicas para essas finalidades. Além disso, sua sintaxe simples favorece o desenvolvimento ágil e colaborativo, com grande suporte da comunidade acadêmica e profissional.

Pandas

A biblioteca Pandas foi utilizada para organizar e manipular os dados tabulares do projeto. Ela facilitou o tratamento de informações relacionadas aos pacientes, registros de sessões, transcrições e resultados de avaliações. Por meio dos DataFrames, o Pandas oferece uma estrutura eficiente para a análise estruturada de grandes volumes de dados clínicos, integrando de forma prática informações numéricas e descritivas ao processo analítico.

Librosa

A biblioteca Librosa foi utilizada para a análise de sinais de áudio, com foco no processamento e extração de características acústicas. Ela auxilia na captação de parâmetros da fala, como frequência, intensidade, coeficientes cepstrais (MFCCs), pitch, entonação, pausas, entre outros. Através dela, é possível extrair informações relevantes como ritmo, espectrogramas e os próprios MFCCs. Essas métricas são fundamentais para a avaliação de padrões vocais e contribuem na identificação de possíveis alterações fonoaudiológicas, como distúrbios articulatorios, prosódicos ou de fluência.

```
# librosa.display.waveshow visualizes amplitude over time
fig, ax = plt.subplots()
librosa.display.waveshow(y, sr=sr, ax=ax)
ax.set(title='Amplitude over time')
plt.xlabel('Time (Seconds)')
plt.ylabel('Amplitude')
plt.show();
```

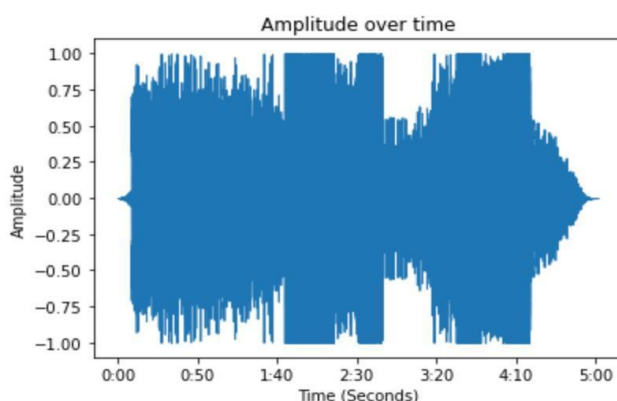


Figura 1 - Como é o funcionamento da Librosa?

Fonte: Medium

MediaPipe (Google)

Sua função é a detecção e rastreamento de movimentos orofaciais em tempo real. Usada para identificar e monitorar pontos-chave do rosto (como lábios, mandíbula, bochechas, olhos), permitindo analisar assimetrias, amplitude de movimentos, desvios ou

falhas articulatórias. Sendo extremamente leve e eficiente, pode ser integrado a dispositivos móveis e oferece suporte nativo para Flutter e Python. Um exemplo é rastrear se a boca abre simetricamente ao pronunciar sons como “a”, “o” ou “u”.

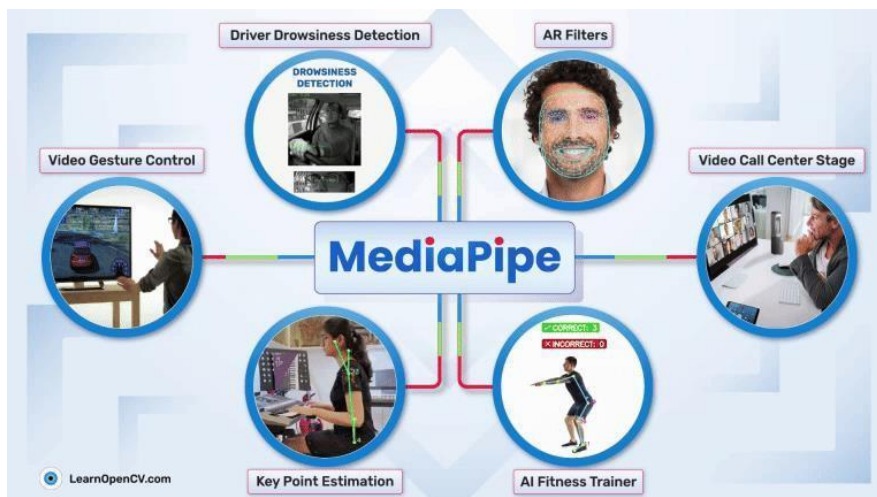


Figura 2 - O que é MediaPipe?

Fonte: Learn Open CV

NumPy

A biblioteca NumPy foi empregada para dar suporte a operações vetoriais e matriciais de alta performance, indispensáveis no processamento de sinais e no treinamento dos modelos de inteligência artificial. Sua estrutura otimizada para manipulação de arrays multidimensionais possibilita o tratamento eficiente dos dados extraídos dos áudios, favorecendo análises em tempo real, redução de custos computacionais e maior precisão nos cálculos necessários para a etapa de modelagem.

OpenCV + Dlib

No projeto, também foram utilizadas as bibliotecas OpenCV e Dlib, que ofereceram suporte adicional nas tarefas de análise facial e visão computacional. A OpenCV é responsável pela captura dos quadros da câmera e pelo pré-processamento das imagens, incluindo ajustes de contraste e alinhamento facial. Já a Dlib contribui com modelos pré-treinados para detecção de pontos faciais, como os 68 landmarks amplamente utilizados na análise de expressões e movimentos da face. Essas ferramentas se mostram complementares ao MediaPipe, especialmente em tarefas personalizadas ou mais complexas, nas quais é necessário um nível maior de precisão e controle.

Supabase

O Supabase está sendo utilizado como solução para armazenamento de dados e imagens na nuvem, além de autenticação e gerenciamento de usuários. No projeto, ele funciona como banco de dados relacional, armazenando informações dos pacientes, resultados, áudios e vídeos das sessões. Por ser uma alternativa moderna ao Firebase, o Supabase se destaca por ser uma plataforma de código aberto baseada em PostgreSQL, o que oferece maior flexibilidade e controle sobre os dados. Sua integração com Python vai ser realizada por meio da biblioteca supabase-py, permitindo uma comunicação eficiente entre o back-end e a base de dados.

Flutter

O desenvolvimento do aplicativo multiplataforma foi realizado com o uso do Flutter, que possibilita a criação de uma interface intuitiva e responsiva. O flutter é responsável pela interface do usuário para captação de áudio e vídeo, apresentação dos exercícios propostos, fornecimento de feedback sobre o desempenho do usuário e envio dos dados coletados para a nuvem. Durante o desenvolvimento, foram utilizados pacotes importantes como camera, audio_recorder, google_mlkit bibliotecas para integração com o backend, garantindo uma experiência fluida e eficiente para os usuários em diferentes dispositivos.

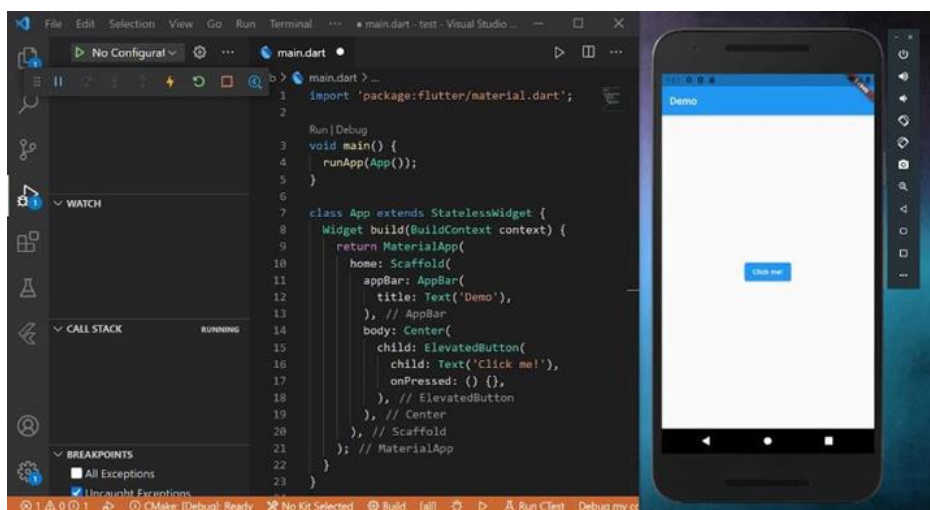


Figura 3 - Como funciona o Flutter?
Fonte: Google User Content

Google Colab / Jupyter Notebook

Para o ambiente de desenvolvimento e testes da IA, foi utilizado plataformas como o Google Colab. Esses ambientes permitiram o treinamento inicial dos modelos, a realização de testes com dados reais, a visualização dos resultados e os ajustes

necessários para aprimorar a performance. Uma das principais vantagens é a dispensa de hardware local de alto desempenho, além da facilidade de colaboração entre pesquisadores e desenvolvedores, o que agilizou significativamente o processo de desenvolvimento do projeto.

Visual Studio Code

O Visual Studio Code foi utilizado como editor principal de código durante o desenvolvimento do backend e dos scripts em Python. Ele serve como ambiente para a escrita das rotinas de inteligência artificial, o pré-processamento dos dados e a criação de APIs utilizadas no projeto. Entre os principais recursos explorados, destacam-se a integração com o Git para controle de versão, a formatação automática de código e o suporte completo às bibliotecas adotadas, o que contribuiu para um fluxo de trabalho mais ágil e eficiente.

Requests

A biblioteca requests foi utilizada para realizar requisições HTTP entre o aplicativo Flutter e o backend desenvolvido em Python. Por meio dela, foi possível enviar e receber dados de forma eficiente, como o envio de arquivos de áudio e vídeo para processamento no servidor. Essa comunicação entre as plataformas é essencial para garantir a integração entre os módulos do sistema e o funcionamento em tempo real de algumas funcionalidades.

OS (Python)

A biblioteca OS, nativa do Python, está sendo utilizada para realizar interações com o sistema operacional local. No projeto, ela tem um papel importante no gerenciamento de arquivos, permitindo a criação automática de pastas específicas para cada usuário e o controle dos diretórios utilizados durante as gravações de testes. Essa automação é essencial para manter a organização dos dados e facilitar o fluxo de trabalho durante o desenvolvimento e os testes da aplicação.

PIL (Python Imaging Library)

A biblioteca PIL foi utilizada para a manipulação de imagens durante o desenvolvimento do projeto. Suas funcionalidades permitiram o redimensionamento, corte, formatação e preparação das imagens orofaciais capturadas, tornando-as adequadas para serem analisadas pelas redes neurais convolucionais (CNNs). Esse

processamento prévio das imagens é fundamental para garantir a qualidade e a consistência dos dados utilizados nas etapas de treinamento e inferência dos modelos.

Logging

A biblioteca logging, do Python, está sendo utilizada para o monitoramento de erros e o registro de eventos durante a execução do sistema. Com ela, é possível acompanhar em tempo real o comportamento dos scripts, identificar falhas de forma mais precisa e avaliar o desempenho geral do projeto. Esse recurso é essencial para garantir a estabilidade do sistema e facilitar a manutenção ao longo do desenvolvimento.

5.1. Dificuldades enfrentadas por crianças e adultos no aprendizado da fala

O desenvolvimento da fala é um marco essencial na comunicação humana e pode ser comprometido por uma variedade de fatores que afetam tanto crianças quanto adultos. Os distúrbios da linguagem englobam alterações que vão desde a dificuldade na articulação de sons até problemas mais complexos envolvendo planejamento motor e fluência verbal.

O reconhecimento e o diagnóstico precoce são fundamentais para que a intervenção fonoaudiológica seja eficaz. Entre os distúrbios mais prevalentes na infância, destaca-se a dislalia, caracterizada pela dificuldade em articular sons corretamente. Ela é considerada fisiológica até cerca dos quatro anos, mas se persistir além disso, pode indicar atraso no desenvolvimento da fala.



Figura 4: O que é Dislalia?
Fonte: APAE Cruzilia

Outro transtorno importante é a apraxia de fala na infância, uma condição neurológica que afeta a coordenação dos movimentos musculares envolvidos na fala, mesmo com musculatura aparentemente normal. A criança com essa condição sabe o que quer dizer, mas o cérebro tem dificuldade em enviar os sinais corretos aos músculos da boca, resultando em uma fala inconsistente e de difícil compreensão. Não se trata de fraqueza ou paralisia muscular, mas sim de um problema na coordenação motora da fala.

Segundo a Dra. Elisabete Giusti, em um artigo sobre distúrbios da linguagem:

“Crianças com distúrbios no desenvolvimento da fala e da linguagem podem apresentar fala ininteligível (troca de sons na fala), dificuldades na elaboração de frases, dificuldades na elaboração oral (dificuldade para relatar fatos, histórias), podem apresentar um vocabulário pobre, déficits de memória, etc. Estas dificuldades na oralidade podem prejudicar o desenvolvimento das habilidades de leitura e escrita, dificuldades de alfabetização (não compreendem a relação letra-som), dificuldade de compreensão, dificuldade de acesso ao léxico (pobre conhecimento semântico), dificuldade em aprender o alfabeto.” (Elisabete Giusti, 2020).

Existem diferentes tipos de patologias da fala, que variam de acordo com a natureza do distúrbio. O mais comum na infância são os distúrbios da fala, caracterizados pela dificuldade na produção física e motora dos sons. Nesses casos, o indivíduo compreende o que deseja expressar, mas encontra obstáculos para articular as palavras com clareza.

Outro grupo importante são os distúrbios da linguagem, que comprometem a capacidade de compreender e utilizar a linguagem em sua totalidade, englobando tanto a compreensão das palavras quanto a construção de frases. Essas alterações podem se manifestar de maneira expressiva, quando há dificuldade em transmitir a mensagem, ou receptiva, quando a limitação está na compreensão do que é dito.

Também se destacam os distúrbios da fluência, que afetam o ritmo e o fluxo da fala. Nessas situações, embora o indivíduo saiba o que pretende comunicar, o discurso é

interrompido por repetições, prolongamentos ou bloqueios, frequentemente associados a fatores de ordem psicológica.

Os distúrbios da voz, por sua vez, estão relacionados a alterações na produção vocal, geralmente originadas nas cordas vocais, o que pode comprometer a qualidade, a altura ou a intensidade da voz. Já os distúrbios da motricidade oral dizem respeito a desequilíbrios ou fraquezas nos músculos da face, boca e língua, estruturas essenciais não apenas para a fala, mas também para funções como mastigação, deglutição e respiração.

Por fim, os distúrbios auditivos afetam diretamente a capacidade de perceber os sons, o que repercute de maneira significativa no desenvolvimento da fala e da linguagem.

Em síntese, os distúrbios da fala e da linguagem, embora variados em suas manifestações, compartilham o impacto direto na comunicação e no desenvolvimento global do indivíduo. O diagnóstico precoce e a intervenção fonoaudiológica são fundamentais para minimizar prejuízos na aprendizagem, nas relações sociais e na qualidade de vida.

5.2. Tecnologias atuais que utilizam inteligência artificial no reconhecimento de fala e movimentos orofaciais

Com os avanços na tecnologia, a inteligência artificial (IA) tem se tornado uma aliada valiosa na área da saúde, incluindo a fonoaudiologia. Por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, reconhecimento de fala, análise facial e visão computacional, novas ferramentas vêm sendo desenvolvidas para diagnosticar e tratar distúrbios da fala com mais precisão e eficiência.

Um dos exemplos mais relevantes é o LipNet, sistema de machine learning criado por pesquisadores da Universidade de Oxford e da DeepMind, que realiza leitura labial com precisão de até 93,4%, superando inclusive a capacidade humana. Já o aplicativo LipLearner, baseado em aprendizado contínuo, permite que o usuário treine comandos de voz por leitura labial silenciosa, sendo útil especialmente para pessoas com deficiências auditivas. Para a classificação de 25 comandos, uma pontuação F1 de 0,8947 é alcançável usando apenas uma tentativa, e seu desempenho pode ser ainda mais aprimorado pelo aprendizado adaptativo a partir de mais dados.

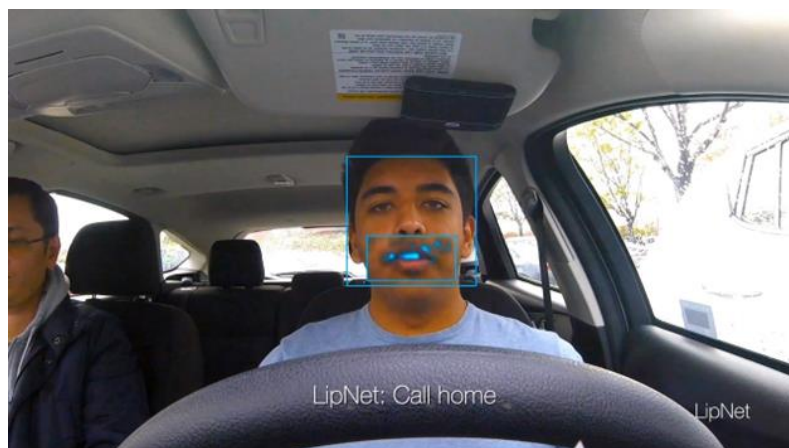


Figura 5: LipNet.

Fonte: YouTube

Enquanto essas soluções refletem avanços em contextos acadêmicos e experimentais, já existem iniciativas no mercado voltadas ao uso clínico e doméstico. Um exemplo é a empresa Little Bee Speech, desenvolvedora de aplicativos como o Articulation Station Hive, que oferece práticas de articulação de sons voltadas tanto a fonoaudiólogos quanto a pais e pacientes. Esses recursos são úteis no treino da fala, mas apresentam limitações importantes, como a ausência de avaliação automática de pronúncia baseada em IA, de comparação com padrões clínicos validados e de relatórios detalhados de progresso. Essa lacuna abre espaço para novas soluções que integrem técnicas de reconhecimento de fala e análise facial, capazes de fornecer feedback em tempo real e suporte objetivo ao acompanhamento terapêutico.

Além disso, ferramentas como o Google Teachable Machine vêm sendo exploradas para treinos de pronúncia e análise de padrões vocais em tempo real. Sistemas que analisam as frequências e variações da voz ajudam a identificar alterações vocais como rouquidão, fadiga vocal ou disfonias, que podem estar associadas a nódulos ou paralisias.

5.3. Contribuições do uso de inteligência artificial no auxílio ao tratamento fonoaudiológico

As contribuições da inteligência artificial para o tratamento fonoaudiológico são expressivas e vêm transformando a prática clínica. Um dos principais benefícios é a agilidade no diagnóstico, possibilitada por softwares que analisam automaticamente características da voz e da fala.

Um exemplo relevante é o trabalho de Guedes (2019), que aplicou técnicas de deep learning para a classificação de patologias da voz, como disfonia, laringite e paralisia das

cordas vocais. Utilizando redes neurais convolucionais e recorrentes, o estudo alcançou índices significativos de precisão, como 99% na classificação binária entre laringite e vozes saudáveis, além de resultados promissores na análise de fala contínua. Esses avanços demonstram o potencial da IA em auxiliar o diagnóstico de distúrbios vocais de forma mais precisa e eficiente.

Além de contribuir para o diagnóstico, a inteligência artificial apresenta grande potencial para ampliar a adesão ao tratamento fonoaudiológico, sobretudo em contextos de telessaúde, nos quais o acompanhamento presencial é limitado. Aplicativos móveis que oferecem feedback imediato ao usuário têm se mostrado eficazes na manutenção do engajamento.

Um exemplo relevante é o Duolingo, voltado ao ensino de idiomas, que utiliza tecnologias de reconhecimento de fala para fornecer correções instantâneas de pronúncia. Embora não seja direcionado à fonoaudiologia, esse modelo demonstra como o uso de mecanismos de gamificação, recompensas progressivas e personalização do aprendizado pode ser adaptado para o contexto terapêutico. Assim, aplicativos baseados em IA podem não apenas fornecer relatórios objetivos de desempenho, mas também favorecer a prática contínua, reduzindo a taxa de abandono e aumentando a eficácia do processo terapêutico.

Outro benefício é a personalização da terapia, já que a IA permite que os sistemas aprendam com os padrões de erro do paciente e ofereçam exercícios sob medida, isso melhora os resultados e reduz o tempo necessário para atingir metas terapêuticas. Além disso, a acessibilidade é ampliada com o uso de ferramentas digitais, beneficiando populações com dificuldades de locomoção ou que vivem em áreas com poucos profissionais especializados.

A análise pode ainda se beneficiar da integração multimodal, combinando dados de voz e imagem (movimentos orofaciais), o que aumenta a precisão diagnóstica e amplia as possibilidades de intervenção terapêutica. Além disso, a automatização de tarefas repetitivas, como a contagem de exercícios ou a verificação de pronúncia, contribui para a redução da sobrecarga dos profissionais, permitindo que o fonoaudiólogo concentre seus esforços em aspectos mais complexos da reabilitação.

Outro ponto relevante é a acessibilidade, já que ferramentas digitais podem beneficiar populações com dificuldades de locomoção ou que vivem em regiões com poucos profissionais especializados. Nesse sentido, a tecnologia tem potencial de democratizar o acesso à terapia da fala e da linguagem, ampliando seu alcance social.

A combinação de IA com o atendimento clínico aponta, portanto, para um futuro promissor, no qual tecnologia e cuidado humano caminham juntos, garantindo maior eficiência terapêutica e melhor qualidade de vida para pacientes com distúrbios de comunicação.

5.4. Exercícios orofaciais e de fala utilizados por fonoaudiólogos para diversas dificuldades de comunicação

Para ajudar no tratamento em fonoaudiologia, há muitos exercícios que podem ser feitos com a intenção de estimular o progresso da comunicação nas crianças. Esses métodos são importantes na promoção do desenvolvimento da voz e na correção dos estilos de falar. Uma das formas que funciona bem no tratamento é usar jogos para a fala, esses jogos são ótimos para melhorar a clareza da fala porque por meio de brincadeiras que possuem repetição de palavras e som as crianças aprendem a fazer certo os fonemas e a correção de erros na fala.

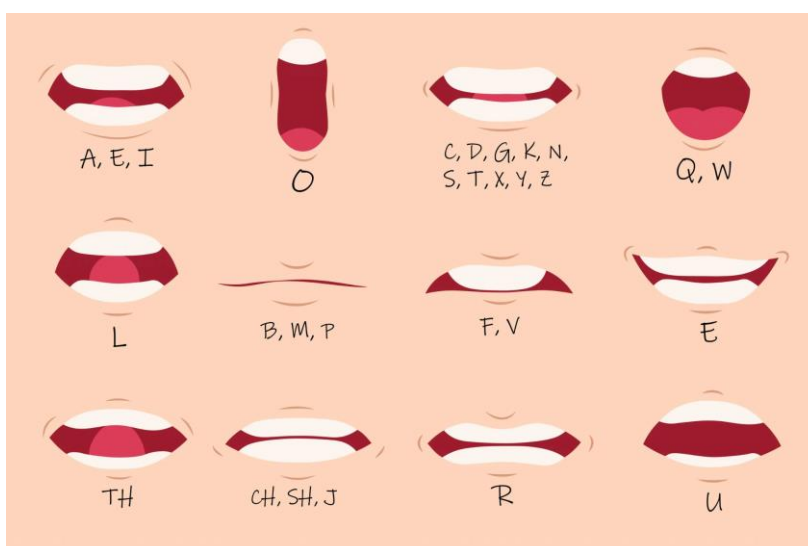


Figura 6: Exercícios orofaciais

Fonte: Clube da Fala

É uma outra forma boa de aprender, é ao ler histórias ou textos pequenos, a pessoa não só melhora seus sons e ritmo, mas, também aumenta seu vocabulário o que

enriquece como ela se comunica. A ação de ler em voz alta também ajuda num maior controle no fluxo da fala algo importante para quem busca melhorar a clareza na conversa.

Imitar sons do ambiente ou de animais é uma técnica simples, mas muito eficaz, esse exercício auxilia no desenvolvimento auditivo e na capacidade de articular diferentes sons, essenciais para a formação de palavras e frases. Além disso, ao imitar sons, a pessoa trabalha sua percepção auditiva e sua habilidade de se expressar de maneira mais precisa e clara, o que é útil para qualquer faixa etária.

Portanto, além desses exercícios, a fonoaudiologia utiliza também técnicas para aprimorar a dicção. Um exemplo é a imitação de sons vibratórios, como o zumbido de uma abelha. Esse exercício ajuda a melhorar a ressonância da voz e promove um aumento da circulação sanguínea nas vias nasais, o que pode melhorar a clareza na produção de sons.

6. PLANILHA DE CUSTOS DO PROJETO

QTD	DESCRIÇÃO DO RECURSO	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	FONTE
1	Notebook Acer Aspire 15 555Q Intel Ci5 13gen 8gb 256ssd W11	R\$ 2.699,10	R\$ 2.699,10	Mercado Livre
1	PC Gaming i7 RX 580	R\$ 2.294,00	R\$ 2.294,00	Amazon
1	Monitor Samsung T350 24	R\$ 578,00	R\$ 578,00	Samsung
3	Pagamento da equipe	R\$ 3.500,00	R\$ 10.500,00	---
1	Google colab pro	R\$ 58,00	R\$ 58,00	Google Colab
1	Webcam Full Hd 1080p Microfone Pc Notebook HW Home Office Marca Bahrein	R\$ 36,86	R\$ 36,86	Mercado Livre
TOTAL			R\$	R\$ 16.165,96

Tabela 1 - Planilha de custos do projeto

Fonte: Autoria própria

7. RESULTADOS OBTIDOS

Até o momento, foi possível validar algumas funcionalidades do aplicativo em desenvolvimento. A primeira delas é o exercício de leitura em voz alta, que já se encontra em pleno funcionamento. O usuário pode acessar a tela de leitura, ativar o microfone e ter sua voz gravada. O sistema compara a fala com o texto exibido na tela, retornando um feedback imediato sobre acertos e erros, além de gerar um relatório resumido que pode ser exportado em PDF. Esse recurso já foi testado com frases simples, mostrando que o aplicativo consegue diferenciar corretamente quando o usuário lê de forma adequada e quando há falhas de pronúncia ou omissões.

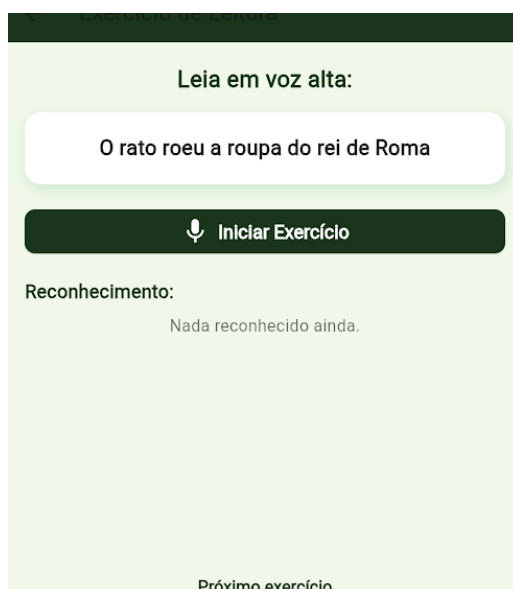


Figura 7: Exercício de leitura em voz alta
Fonte: Autoria própria

Relatórios de Exercícios	
	Data: 11/08/2025 - 17:36 Tipo: Leitura Exercícios: 3 Acertos: 1 Acerto: 33.3%
	Data: 11/08/2025 - 17:36 Tipo: Leitura Exercícios: 2 Acertos: 1 Acerto: 50.0%
	Data: 11/08/2025 - 17:36 Tipo: Leitura Exercícios: 2 Acertos: 0 Acerto: 0.0%
	Data: 11/08/2025 - 17:36 Tipo: Leitura Exercícios: 1 Acertos: 0 Acerto: 0.0%

Figura 8: Relatório de exercícios
Fonte: Autoria própria

Outro resultado alcançado foi a autenticação de usuários e armazenamento de dados. Através do Supabase, foi validado o fluxo de cadastro, login e registro das informações do usuário, assegurando que cada exercício realizado seja associado corretamente ao perfil do paciente. Isso possibilitou a criação de um histórico de desempenho individual, que já pode ser acessado pelo próprio usuário na tela de relatórios.

No âmbito da análise facial, também foi desenvolvido um protótipo funcional em Python utilizando as bibliotecas OpenCV e MediaPipe, capaz de capturar imagens em tempo real pela câmera e identificar automaticamente os pontos de referência da boca (como lábio superior, inferior e contorno labial). Essa ferramenta já se encontra implementada e validada, permitindo destacar a região da boca com marcadores visuais de forma confiável. Além de confirmar a viabilidade da abordagem, esse recurso servirá como base para a integração de outros exercícios de motricidade orofacial, possibilitando que novos gestos e movimentos sejam progressivamente reconhecidos pelo sistema.



Figura 9: Protótipo de reconhecimento facial em desenvolvimento

Fonte: Autoria própria

Um dos exercícios já integrados ao protótipo é o de envio de beijos, prática comum em terapias fonoaudiológicas por estimular a mobilidade labial, o fortalecimento dos músculos orofaciais e a coordenação dos movimentos da boca. A inteligência artificial foi treinada para reconhecer automaticamente o gesto de protrusão labial (formato de bico para frente e para trás), contabilizando cada repetição de forma precisa. Essa funcionalidade demonstra como o sistema pode automatizar a contagem de exercícios, fornecer feedback imediato e reduzir a necessidade de supervisão constante por parte do profissional, ao mesmo tempo em que incentiva a adesão do paciente ao tratamento.



Figura 10: Detecção de boca para exercício

Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos até o momento confirmam a viabilidade técnica do protótipo, tanto na análise facial quanto na identificação automática de exercícios específicos, como o de envio de beijos. Essas implementações demonstram que a inteligência artificial pode ser aplicada de forma prática no acompanhamento de movimentos orofaciais, oferecendo feedback em tempo real e registros objetivos de desempenho.

Como próximos passos, será realizada a integração completa do módulo de reconhecimento facial ao aplicativo, seguida da validação das funcionalidades em conjunto com uma profissional fonoaudióloga, de modo a avaliar não apenas a precisão técnica, mas também o impacto clínico do sistema no acompanhamento e evolução dos pacientes.

8. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou, por meio de revisão bibliográfica e estudo de tecnologias existentes, a viabilidade do desenvolvimento do aplicativo que utiliza a inteligência artificial para auxiliar pacientes em terapia fonoaudiológica, oferecendo recursos de acompanhamento e feedback personalizado.

A pesquisa evidenciou que a fonoaudiologia, consolidada como ciência e profissão no Brasil desde a segunda metade do século XX, possui papel fundamental no diagnóstico e tratamento de distúrbios da fala. Também foi possível identificar que o uso de inteligência artificial na área da saúde, já adotado em outros países, apresenta potencial para ser adaptado ao contexto brasileiro, desde que considere fatores como variações regionais e etárias da fala.

A IA mostra-se uma ferramenta promissora para ampliar a precisão diagnóstica, otimizar o acompanhamento terapêutico e viabilizar o acesso remoto a tratamentos. Na fonoaudiologia, pode ser empregada para verificar em tempo real a execução correta de exercícios orofaciais e de fala, auxiliando pacientes a manter regularidade e qualidade nas práticas recomendadas. O uso de visão computacional permite identificar padrões e corrigir erros de forma imediata, garantindo retorno rápido e possibilitando ajustes personalizados no tratamento, o que contribui para maior engajamento e melhor adesão às orientações clínicas.

Ao desenvolver soluções desse tipo, é essencial que a tecnologia reconheça a diversidade linguística brasileira, incluindo sotaques, entonações e diferenças articulatórias entre faixas etárias, pois esses elementos influenciam diretamente a precisão no reconhecimento de padrões vocais e orofaciais. Incorporar essas variações ao treinamento da inteligência artificial aumenta a clareza e a confiabilidade das análises, garante a inclusão de usuários de diferentes contextos socioculturais e amplia o alcance e a utilidade do sistema.

O estudo bibliográfico permitiu a visão de que as tecnologias disponíveis possuem diversas funcionalidades, porém várias limitações, a partir desse ponto se criou a concepção inicial de um protótipo. Essa proposta, ao combinar reconhecimento de padrões de fala e análise de movimentos orofaciais com acompanhamento profissional, se mostra inovadora e com potencial de ampliar o acesso e a personalização dos tratamentos.

Entretanto, destaca-se que esta pesquisa não envolveu testes com pacientes ou coleta de dados primários. A validação prática da solução e a análise de seu impacto clínico dependerão de estudos futuros, que poderão incluir avaliações com usuários e aprimoramentos técnicos a partir do feedback recebido.

O projeto encontra-se em estágio avançado de desenvolvimento, tendo evoluído para um protótipo funcional simplificado em relação à concepção inicial, considerando as limitações de tempo e recursos. Ainda que não contemple todas as funcionalidades previstas no planejamento original, essa versão já demonstra o potencial de aplicação da inteligência artificial no acompanhamento fonoaudiológico, servindo como base sólida para futuras expansões e aprimoramentos que tornem a solução mais completa e próxima da proposta inicial.

9. REFERÊNCIAS

ALMENARA, Igor. **Novo sistema de leitura labial transcreve falas a partir da câmera do celular**. Canaltech, 2021. Disponível em: <canaltech.com.br/inovacao/novo-sistema-de-leitura-labial-transcreve-falas-a-partir-da-camera-do-celular-180973/>. Acesso em: 02 de maio de 2025.

APAE. **Dislalia**. APAE Cruzília, 2012. Disponível em: <apaecruzilia.org.br/site/index.php/noticias/item/130-dislalia.html>. Acesso em: 04 de maio de 2025.

BARBOSA, Isabella. **Quanto custa um fonoaudiólogo?** Cronoshare, 2025. Disponível em: <www.cronoshare.com.br/quanto-custa/fonoaudiologo>. Acesso em: 24 de maio de 2025.

BAZZO, Leda Maria Fonseca & NORONHA, Ceci Vilar. **A ótica dos usuários sobre a oferta do atendimento fonoaudiológico no Sistema Único de Saúde (SUS) em Salvador**. Ciênc. Saúde Colet. (Impr.): 1553-1564, 2009. Disponível em: <busqueda.bvsalud.org/portal/resource/fr/lil-525015>. Acesso em: 01 de agosto de 2025.

BERBERIAN, A. P. **Linguagem e Fonoaudiologia: uma análise histórica. Distúrbios da Comunicação**. São Paulo: v. 12, n. 2, p. 265-278, 2001. Disponível em: <revistas.pucsp.br/dic/article/download/11566/22772>. Acesso em: 4 de julho de 2025.

BRASIL. **Concede reconhecimento ao curso de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Santa Maria, com sede na cidade de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul**. Decreto nº 76.316 de 19 de setembro de 1975. Disponível em: <www.normasbrasil.com.br/norma/decreto-76316-1975_32118.html>. Acesso em: 18 de julho de 2025.

BRASIL. **Dispõe sobre a regulamentação da Profissão de Fonoaudiólogo**. Lei nº 6.965, de 9 de dezembro de 1981. Disponível em: <cffa-br.implanta.net.br/59a564af-8a31-4e58-aefc-c7db9327509f>. Acesso em: 30 de julho de 2025.

BRITO, Emilayne N. Dias; et al. **Inteligência artificial no diagnóstico de doenças neurodegenerativas: uma revisão sistemática da literatura**. Research, Society and Development, 2021, 10.11: e482101120004-e482101120004. Disponível em: <www.researchgate.net/publication/354548679>. Acesso em: 01 de maio de 2025.

CALDEIRA, Helena J. Meira; et al. **Prevalência de alterações de fala em crianças por meio de teste de rastreamento**. Revista CEFAC, 2013, 15: 144-152. Disponível em: <www.scielo.br/j/rcefac/a/v94xbPzryVRdH53RdTm39mP/>. Acesso em: 27 de março de 2025.

CAMPOS, Fernanda Rodrigues; et al. **Alterações da linguagem oral no nível fonológico/fonético em crianças de 4 a 6 anos residentes em Belo Horizonte**. Revista CEFAC, 2014, 16: 1151-1160. Disponível em: <www.scielo.br/j/rcefac/a/B9MfT8Gt9bRLyDKV6wKyf3x/>. Acesso em: 28 de março de 2025.

CARRERO, Cristina Martinez. **Distúrbio de linguagem (DEL): causas, sintomas e comorbidades**. NeuroUp, 2024. Disponível em: <neuronup.com/br/noticias-de-estimulacao-cognitiva/transtorno-de-linguagem/disturbio-de-linguagem-del-causas-sintomas-e-comorbidades>. Acesso em: 25 de março de 2025.

CFFA. **Aprova o Código de Ética do Fonoaudiólogo**. Resolução CFFa nº 010/84, 15 de setembro de 1984. Disponível em: <www.fonoaudiologia.org.br/resolucoes/resolucoes_html/CFFa_N_010_84.htm>. Acesso em: 30 de julho de 2025.

CFFA. **Dispõe sobre a aprovação da atualização do Código de Ética da Fonoaudiologia**. Resolução CFFa Nº 640, de 03 de dezembro de 2021. Disponível em: <www.fonoaudiologia.org.br/resolucoes/resolucoes_html/CFFa_N_640_21.htm>. Acesso em: 10 de junho de 2025.

CFFA. **Fonoaudiologia nas Redes de Atenção**. Conselho Federal de Fonoaudiologia, 2021. Disponível em: <fonoaudiologia.org.br/wp-content/uploads/2021/01/CFFa_Guia_RAS.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2025.

CFFA. **História da Fonoaudiologia**. Conselho Federal de Fonoaudiologia, 2024. Disponível em: <fonoaudiologia.org.br/historia-da-fonoaudiologia/>. Acesso em: 04 de maio de 2025.

FASTER CAPITAL. **IA da fonoaudiologia o potencial comercial da IA da fonoaudiologia explorando as tendências do mercado**. FasterCapital, 2025. Disponível em: <fastercapital.com/pt/contente/IA-da-fonoaudiologia--o-potencial->

comercial-da-IA---da-fonoaudiologia--explorando-as-tendencias-do-mercado.html>.

Acesso em: 02 de maio de 2025.

FAVARO, Susana O. Vilas Boas; et al. **Os desafios da fonoaudiologia no SUS**. Anais Vincit, Revista Científica Multidisciplinar, v. 6 n. 1 (2020), 2021. Disponível em: <portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/anaisvinci/article/view/5676>. Acesso em: 03 de maio de 2025.

FCM SANTA CASA SP. **Tudo o que você precisa saber para atuar como Fonoaudiólogo**. Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, 2023. Disponível em: <fcmsantacasasp.edu.br/blog/fonoaudiologo-o-que-faz-quanto-ganha-e-outras-curiosidades-sobre-esse-profissional/>. Acesso em: 04 de abril de 2025.

GAMA, Ana Cristina; et al. **Adesão a orientações fonoaudiológicas após a alta do tratamento vocal em docentes: estudo prospectivo**. Revista CEFAC 14 (2012): 714-720. Disponível em: <www.scielo.br/j/rcefac/a/V4VZfQxnPY8cDNpJ67GWLrc>. Acesso em: 01 maio 2025.

GARRETT, Felipe. **Google explica o básico sobre Inteligência Artificial em site divertido**. Techtudo, 2017. Disponível em: <www.techtudo.com.br/google/amp/noticias/2017/10/google-explica-o-basico-sobre-inteligencia-artificial-em-site-divertido.ghml>. Acesso em: 02 de maio de 2025.

GIUSTI, Elisabete. **Distúrbios de Linguagem & Transtornos de Aprendizagem**. Atraso na Fala, 2019. Disponível em: <www.atrasonafala.com.br/disturbios-de-linguagem-transtornos-de-aprendizagem.html>. Acesso em: 04 de maio de 2025.

GOULART, Bárbara N. Garcia de; et al. **Comunicação humana e saúde da criança: reflexão sobre promoção da saúde na infância e prevenção de distúrbios fonoaudiológicos**. Revista CEFAC, v. 14, p. 691-696, 2012. Disponível em: <www.scielo.br/j/rcefac/a/Tnwg9yvBQBtghH4GR3krSPS>. Acesso em: 01 maio 2025.

GREPI, Giovanna. **Gagueira atinge 5% da população mundial**. Jornal da USP, 2018. Disponível em: <jornal.usp.br/radio-usp/radioagencia-usp/gagueira-atinge-5-da-populacao-mundial/>. Acesso em: 28 de março de 2025.

GUEDES, Victor de Oliveira. **Deep learning aplicado a classificação de patologias da voz**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. Disponível em: <repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12481>. Acesso em: 31 de agosto de 2025.

MATZENAUER, Carmen; DA HORA, Dermeval. **Linguagem: variação e estrutura da língua.** Pontes Editores, 2021. Disponível em: <wp.ufpel.edu.br/midiars/files/2021/06/Linguagem_Variacao_Estrutura_24_06.pdf>.

Acesso em: 01 maio 2025.

MENDES, Ana P.; et al. **Softwares e hardwares de análise acústica da voz e da fala.** Distúrbios da Comunicação, 2012, 24.3. Disponível em: <revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/13159/9693>. Acesso em: 31 de março de 2025.

NUNES, Heloá da Conceição; et al. **Desafios bioéticos do uso da inteligência artificial em hospitais.** Revista Bioética, v. 30, n. 1, p. 82-93, 2022. Disponível em: <www.scielo.br/j/bioet/a/kG8vs4WHYKcGSrQVGwmrkTg>. Acesso em: 01 maio 2025.

OLIVEIRA, F. **Por uma terapêutica fonoaudiológica: os efeitos dos discursos médicos e do discurso pedagógico na constituição do discurso fonoaudiológico.** 2002. 186 fl. Dissertação (mestrado em Estudos da Linguagem). Univ Fed do RS. Porto Alegre, 2002. Disponível em: <lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2711/000325169.pdf>. Acesso em: 4 de julho de 2025.

PEREIRA, Cristina Camargo; VELOSO, Adriana Luiz. **Os desafios da Fonoaudiologia no Sistema Único de Saúde.** Editora científica digital. Ciências da saúde: desafios e potencialidades em pesquisa, 2022, 2: 353-60. Disponível em: <downloads.editoracientifica.com.br/articles/221010591.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2025.

SANTOS, Daniely Maria; et al. **Diálogos educacionais: entre teorias e práticas.** Editora Schreiben, 2021. Disponível em: <www.auloteca.com.br/wp-content/uploads/2025/02/DIALOGOS-EDUCACIONAIS.pdf>. Acesso em: 05 de julho de 2025.

SHAH, UDAYAN K.. **Distúrbios da comunicação em crianças.** Manual MSD Versão Saúde para a Família, 2022. Disponível em: <www.msmanuals.com/pt/casa/problemas-de-sa%C3%BAdede-infantil/dist%C3%BArbios-dos-ouvidos-do-nariz-e-da-garganta-em-crian%C3%A7as/dist%C3%BArbios-da-comunica%C3%A7%C3%A3o-em-crian%C3%A7as>. Acesso em: 04 de abril de 2025.

SILVA, Gisele da Silva. **O retorno à Demóstenes**. PUC SP: Linguagem e Subjetividade, 2015. Disponível em: <www.pucsp.br/linguagem-e-subjetividade/coluna-o-retorno-demostenes>. Acesso em: 08 de maio de 2025.

SILVÉRIO, Kelly C. Alves; et al. **Inteligência artificial como ferramenta de auxílio em diagnóstico de alterações vocais e patologias de laringe (2019)**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 2019. Disponível em: <repositorio.usp.br/item/003087997>. Acesso em: 01 de maio de 2025.