

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS MORRINHOS**  
**CURSO SUPERIOR DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**RAILSON FERREIRA DE SOUZA**

**CAMLIBRAS:**  
**Ferramenta complementar e acessível ao ensino de Libras**

**MORRINHOS - GO**  
**2023**

**RAILSON FERREIRA DE SOUZA**

**CAMLIBRAS:**

**Ferramenta complementar e acessível ao ensino de Libras**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Ciência da Computação do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Ciência da Computação.

**Área de concentração:**

Desenvolvimento de Jogos Sérios.

**Orientador:** Alexandre Carvalho Silva

**MORRINHOS - GO**

**2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos**

S719c Souza, Railson Ferreira de.  
CAMLIBRAS: Ferramenta complementar e acessível ao ensino de Libras. / Railson Ferreira de Souza. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2023.  
42 f. : il. color.

Orientador: Dr. Alexandre Carvalho Silva.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Ciências da Computação, 2023.

1. Língua Brasileira de Sinais. 2. Gamificação. 3. Jogos Sérios I. Silva, Alexandre Carvalho. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 004:793.7

# TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

## PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

### NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

#### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

**Railson Ferreira de Souza**

Matrícula:

**2017104201940121**

Título do trabalho:

**CAMLIBRAS: Ferramenta complementar e acessível ao ensino de Libras**

#### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **29 / 11 / 2023**

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

#### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

**Morrinhos - GO**

Local

**29 / 11 / 2023**

Data

\_\_\_\_\_  
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 83/2023 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

### ATA DE DEFESA DA BANCA DE EXAME DE TRABALHO DE CURSO POR VIDEOCONFERÊNCIA

Aos **22** dias do mês de novembro de **2023**, às **19** horas foi realizada a Banca de Exame, nas dependências do Instituto Federal Goiano – campus Morrinhos - GO, para a apresentação pública e defesa do trabalho de curso do discente **Railson Ferreira de Souza** intitulado **CAMLIBRAS: Ferramenta complementar e acessível ao ensino de Libras**, como requisito necessário para a conclusão do curso.

A Banca de Exame foi constituída pelos membros: **Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva (orientador)** , **Profa. Me. Reidner Santos Cavalcante**, **Prof. Dr. Camilo de Lellis Barreto Júnior**. Após a análise, emitiram o seguinte resultado:

**1 - ( X ) Aprovado**

2 - ( ) Aprovado com ressalva

(A Banca Examinadora deve definir as exigências a serem cumpridas pelo aluno na revisão, ficando o orientador responsável pela verificação do cumprimento das mesmas.)

Observações: \_\_\_\_\_

3 - ( ) Reprovado com o seguinte parecer: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Morrinhos -GO, 22 de novembro de 2023.

Por ser verdade firmamos a presente:

*(Assinado Eletronicamente)*

**Prof. Dr. Alexandre Carvalho Silva**

Orientador(a)

*(Assinado Eletronicamente)*

**Me. Reidner Santos Cavalcante**

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

**Prof. Dr. Camilo de Lellis Barreto Júnior**

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Reidner Santos Cavalcante, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO , em 24/11/2023 07:45:48.
- Alexandre Carvalho Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 23/11/2023 15:47:55.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/11/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 549628

Código de Autenticação: 379f3f630b



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Morrinhos  
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000  
(64) 3413-7900

CAMILO DE LELLIS BARRETO JUNIOR  
PROFESSOR SUBSTITUTO

---



Documento assinado eletronicamente por CAMILO DE LELLIS BARRETO JUNIOR, PROFESSOR SUBSTITUTO, em 28/11/2023, às 17:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <http://www.iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador **8672ECC** e o código CRC **348C0AEF**.

---

Referência: NUP: 23468.004405/2023-20

DOCS nº 0000547154

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe por ter me ajudado durante toda essa jornada.

Ao meu orientador por me aceitar como orientando, pelo seu tempo e sua paciência.

A todos que me apoiaram.



## RESUMO

Cerca de 5% da população mundial é composta por pessoas com necessidades específicas; no Brasil, são mais de 10 milhões de indivíduos que enfrentam algum problema relacionado à surdez. Devido a mais de 90% das crianças surdas nascerem em famílias com pais não surdos, torna-se tarefa da escola a formação destes indivíduos na Língua Brasileira de Sinais (Libras). Diante do cenário de dificuldades apresentadas, surge a problemática de como promover recursos acessíveis e interativos, complementares ao processo de aprendizagem de Libras. O objetivo deste trabalho é apresentar uma estratégia de desenvolvimento de uma ferramenta baseada nos conceitos de jogos sérios (Serious Games em inglês) para complementar o processo de aprendizagem de Libras. Foi desenvolvido um jogo sério utilizando tecnologias que permitem a interação com o reconhecimento dos sinais de Libras através de uma câmera, promovendo a interatividade e acessibilidade da ferramenta. A solução desenvolvida atende corretamente aos recursos de aprendizagem, sendo capaz de validá-la para, em pesquisas futuras, realizar o teste de eficiência em relação ao processo de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Libras, Gamificação, Jogos Sérios, CAMLIBRAS.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	09
1.1 OBJETIVO GERAL .....	09
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO .....	10
1.4 DESCRIÇÃO DO MATERIAL .....	11
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1 LIBRAS .....	12
2.2 GAMIFICAÇÃO - JOGOS SÉRIOS .....	12
2.3 RECURSOS COMPUTACIONAIS ACESSÍVEIS .....	13
2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL .....	13
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ABORDAGEM .....	14
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	15
3.1 JOGO SÉRIO PARA AUXÍLIO DE APRENDIZAGEM DA LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS .....	15
3.2 I-SIGN: SIGN LANGUAGE LEARNING APPLICATION VIA GAMIFICATION ...	16
3.3 VIDEOGAME TO SUPPORT THE TEACHING OF READING TO DEAF CHILDREN USING GAMIFICATION .....	16
3.4 WORK-IN-PROGRESS-GAMIFYING THE PROCESS OF LEARNING SIGN LANGUAGE IN VR .....	17
3.5 WE PLAYAND LEARN RHYTHMICALLY: GESTURE-BASED RHYTHM GAME FOR CHILDREN WITH INTELLECTUAL DEVELOPMENTAL DISABILITIES TO LEARN MANUAL SIGN .....	18
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTADO DA ARTE .....	19
<b>4 ARQUITETURA PROPOSTA</b> .....	20
4.1 MODELAGENS .....	21
4.1.1 Casos de uso .....	21
4.1.2 Diagrama de sequência .....	23
4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ARQUITETURA .....	24
<b>5 DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	25
5.1 UNITY .....	25
5.2 MEDIAPIPE .....	26

5.3 FANN .....	26
5.4 GERAR DADOS PARA TREINAMENTO .....	27
5.5 UTILIZAR REDE NEURAL .....	27
5.6 NORMALIZAÇÃO DOS DADOS .....	27
5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ARQUITETURA .....	29
<b>6 FUNCIONAMENTO DO SISTEMAS .....</b>	<b>30</b>
6.1 TELA MENU .....	30
6.2 TELA ESTUDAR .....	30
6.3 TELA JOGAR .....	31
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PROTÓTIPO .....	31
<b>7 TESTES DE FUNCIONAMENTO .....</b>	<b>33</b>
7.1 PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO .....	33
7.2 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO .....	34
7.2.1 Jogar .....	34
7.2.2 Revisar .....	36
7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS TESTES .....	37
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>38</b>
8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	38
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O impedimento auditivo afeta um grande número de pessoas no mundo, em 2018, 466 milhões de pessoas do mundo que já tinham este impedimento, sendo que aproximadamente 34 milhões eram crianças (LIMA et al., 2019). Já no Brasil, segundo os dados do IBGE de 2020, são mais de 10 milhões de pessoas que possuem algum problema relacionado à surdez (PORTELA; BATISTA, 2022). Embora perceba-se algumas conquistas para a inclusão de pessoas com necessidades específicas, é possível observar a falta de conhecimento, e até mesmo preconceito, da sociedade para se relacionar com estas pessoas (GHASTE et al., 2019).

Para ajudar os surdos a se comunicarem entre si e com outras pessoas, existe uma língua de sinais da qual utilizam (GHASTE et al., 2019), no Brasil é a Língua Brasileira de Sinais (Libras). Um problema percebido é a dificuldade que pessoas comuns encontram para aprender esta língua e devido a isto torna-se difícil a interação com os surdos (GHASTE et al., 2019) e outras pessoas especiais que dependem desta língua para se comunicar, dificultando também a inclusão desses indivíduos na sociedade.

Pelo fato de mais de 90% das crianças surdas nascerem em famílias com pais não surdos, torna-se tarefa da escola a formação destes indivíduos na Libras. Devido a grande quantidade de tempo necessária para a formação linguística destas crianças, o acesso ao conhecimento acaba sendo afetado por falta do aprendizado natural do português. (BARRETO et al., 2019)

As pessoas com algum tipo de impedimento não tem muita acessibilidade no Brasil, de forma que alunos surdos matriculados em escola regulares é crescente, e na maioria destes casos eles são tratados como se fossem ouvintes (LACERDA; ALBRES; DRAGO, 2013).

Neste contexto, podemos observar diferentes áreas que podem contribuir, buscando reduzir a dificuldade encontrada no processo de aprendizado desses indivíduos (BAYER, 2022).

As evoluções tecnológicas nos últimos tempos marcam profundas mudanças sociais, políticas, culturais e educacionais. Este trabalho visa usar a computação para atender esta parcela de pessoas com impedimento auditivo, de forma a contribuir com o aprendizado da sua língua natural, a Libras, que proporciona a comunicação e uma maior inclusão desses indivíduos na sociedade.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é apresentar uma estratégia de desenvolvimento de uma ferramenta baseada nos conceitos de jogos sérios, de forma a complementar

o processo de aprendizagem de Libras, com o aprendizado através da prática, utilizando dispositivos convencionais, tecnologias acessíveis e que atendem aos recursos de aprendizagem. A abordagem visa não apenas oferecer uma boa experiência educacional, mas também garantir a acessibilidade por meio de dispositivos convencionais.

A proposta será composta parcialmente de elementos dos jogos sérios. Isso inclui a gamificação de conteúdo, narrativas envolventes, desafios graduais, contador de vidas e pontos de retorno.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar uma análise de ferramentas de tecnologia disponíveis para apoio ao aprendizado de língua de sinais.

Propor estratégia de reconhecimento de sinais de Libras com visão computacional e inteligência artificial.

Desenvolver uma solução computacional para auxílio ao ensino de Libras utilizando recursos de visão computacional e gamificação.

Realizar testes de funcionamento e usabilidade da ferramenta e validar os resultados obtidos.

## 1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A presente pesquisa se fundamenta em uma motivação intrínseca e no propósito claro de contribuir significativamente para o ensino da Língua Brasileira de Sinais por meio da aplicação da tecnologia. Em um mundo cada vez mais interconectado, é crucial estabelecer formas inovadoras de superar barreiras linguísticas e promover a inclusão, especialmente no âmbito educacional. Esta seção detalha a justificativa robusta e fundamentada que orienta o desenvolvimento deste trabalho.

A inclusão de pessoas com deficiência auditiva no cenário educacional é um desafio persistente (TEIXEIRA, 2022). Esta pesquisa é motivada pela convicção de que a tecnologia pode ser uma força transformadora nesse contexto. Ao desenvolver ferramentas de tecnologia voltadas para o ensino da Libras, busca-se eliminar as barreiras comunicativas que frequentemente dificultam o acesso dos surdos à educação. Este projeto tem como objetivo criar um ambiente de aprendizado inclusivo, onde tecnologia e Libras se unem para proporcionar uma experiência educacional rica e acessível a todos.

Um componente essencial da motivação para este trabalho é a contribuição para uma sociedade mais consciente e inclusiva. Ao promover o ensino da Libras através da tecnologia, busca-se fomentar a compreensão e o respeito pela diversidade linguística e cultural. Isso não só enriquece a experiência educacional, mas também

promove inclusão e direitos linguísticos (PEDROSO; PAIVA; ZACARIAS, 2018).

Em resumo, esta pesquisa é guiada pelo compromisso de criar um impacto transformador na inclusão de pessoas com necessidades especiais. Ao unir tecnologia, Libras e acessibilidade, busca-se promover a acessibilidade, capacitação, inovação e consciência em prol de uma sociedade verdadeiramente inclusiva. Este trabalho busca moldar um futuro onde a barreira da comunicação seja superada, permitindo que todos tenham igualdade de oportunidades e voz ativa em nossa sociedade.

## 1.4 DESCRIÇÃO DO MATERIAL

O trabalho está organizado em seções que exploram as bases teóricas, o desenvolvimento e testes de funcionamento. A estrutura do material se divide da seguinte forma:

- 2 - REFERENCIAL TEÓRICO: exploração dos fundamentos essenciais que sustentam o desenvolvimento deste trabalho.
- 3 - Trabalhos Relacionados: exploração dos fundamentos essenciais da Libras assim como tecnologias disponíveis para o ensino de Língua de sinais, definindo o estado da arte nesta área.
- 4 - ARQUITETURA PROPOSTA: detalhes técnicos sobre o desenvolvimento e tecnologias utilizadas.
- 5 - FUNCIONAMENTO DO SISTEMA: explanação sobre o funcionamento prático do protótipo desenvolvido.
- 6 - TESTES DE FUNCIONAMENTO: apresentação dos testes realizados para avaliar a eficácia e funcionamento da ferramenta.
- 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS: desfecho ao material, considera-se a efetividade da proposta, assim como intenções futuras de aplicação e validação de eficácia.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será realizado um desdobramento sobre os principais tópicos abordados neste trabalho.

### 2.1 LIBRAS

Libras é a língua materna ou natural dos surdos brasileiros, podendo ser aprendida por qualquer pessoa interessada pela comunicação com a comunidade surda, além das pessoas com outros tipos de impedimento auditivo. É composta por todos os componentes presentes na língua oral, cumprindo os requisitos científicos para ser considerado instrumento linguístico de poder e força. Assim como qualquer outra língua demanda prática para seu aprendizado. Da mesma forma que as línguas orais não são iguais, variando de um lugar para o outro, a língua de sinais também varia. (WITT, 2018),

De acordo com a legislação brasileira, "Entende-se como Língua Brasileira de Sinais - Libras a forma de comunicação e expressão, em que o sistema lingüístico de natureza visual-motora, com estrutura gramatical própria, constituem um sistema lingüístico de transmissão de idéias e fatos, oriundos de comunidades de pessoas surdas do Brasil". (BRASIL, 2002)

Desta forma, faz se predominante a comunicação da pessoa surda através da visão, como também a gestualização dos sinais da língua Libras, que é considerada a língua materna de uma pessoa surda. (MARANDOLA et al., 2022)

Para efeitos do cumprimento dos seus direitos como cidadão brasileiro, faz-se necessário a disponibilização de alternativas de conteúdos digitais adaptados para prover a acessibilidade a estas pessoas. (MARANDOLA et al., 2022)

Uma dificuldade percebida no desenvolvimento de crianças surdas é que a língua de sinais raramente se faz presente nas sua interações sociais, visto que a sociedade, na maior parte ouvinte, reconhece exclusivamente a língua oral oficial do país, ou seja, o português. (GARRUTTI; MOREIRA, 2022)

De forma que há repetidos casos de crianças surdas com atraso na sua construção social, o que afeta na sua forma de pensar e na formação de conceitos cotidianos e científicos. (GARRUTTI; MOREIRA, 2022)

### 2.2 GAMIFICAÇÃO - JOGOS SÉRIOS

Gamificação é uso de técnicas de jogo, não necessariamente digital, de forma a engajar, motivar e facilitar o aprendizado, um elemento importante da gamificação é o conceito de recompensa, que é utilizado com o intuito de engajar o usuário a chegar ao objetivo. As recompensas podem estar relacionadas com pontuação, con-

quistas ou outros elementos, podendo ser reais ou virtuais, além do que podem ser usados como fator de competição entre os participantes como outra forma de motivação. (BARBOSA, 2017). Foi implementado no protótipo algumas destas técnicas, como narrativas envolventes, desafios graduais, contador de vidas e pontos de retorno, de forma a engajar e evitar o desinteresse do estudante.

Apesar de diversas tecnologias da indústria 4.0 estarem sendo utilizadas com sucesso no setor corporativo e para o desenvolvimento da sociedade, a adoção desses recursos permanece uma questão inexplorada. (ALMEIDA; SIMOES, 2019)

A gamificação é um fenômeno emergente, ligado diretamente como a capacidade de motivar ações, resolver problemas e melhorar o processo de aprendizado. (ALMEIDA; SIMOES, 2019)

Os jogos digitais vem ganhando espaço em diversas áreas, uma categoria que vem ganhando espaço no âmbito educacional é a de jogos sérios. As técnicas de gamificação são amplamente usadas devido a utilização de mecânicas e elementos de jogos para enriquecer contextos não relacionados a jogos. (BARBOSA, 2017)

Os jogos sérios não possuem como principal objetivo a diversão e o entretenimento, embora precisam ser projetados para que alcancem os resultados esperados (BARBOSA, 2017). O uso de jogos em atividades pedagógicas cumprem uma importante função devido ao seu caráter lúdico, permitindo a interação de forma natural além de promover a socialização entre as pessoas (BARRETO et al., 2019).

Projetar um jogo sério envolve habilidades multidisciplinares e é um desafio necessariamente complexo. Cada parte do projeto deve ser minuciosamente pensada e desenvolvida de acordo com o objetivo, público alvo, preferencias e experiência do usuário. (ALMEIDA; SIMOES, 2019)

Em estudos realizados com a adoção de jogos sérios no processo de aprendizagem, onde se adotou práticas de educação 4.0, obteve resultados positivos com o envolvimento de alunos e projetos que visam a captação de alunos ao ensino superior. (ALMEIDA; SIMOES, 2019)

Existem algumas ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de jogos, dentre elas tem algumas que são específicas para desenvolvimento de jogos sérios, da qual podemos citar FJSU - Framework para o desenvolvimento de jogos sérios ubíquos (DA SILVEIRA JÚNIOR; MEDINA, 2019)

## 2.3 RECURSOS COMPUTACIONAIS ACESSÍVEIS

Telefones celulares nos dias atuais são utilizados por quase todos os brasileiros, segundo dados do IBGE 99,2% dos domicílios em 2018 utilizaram destes aparelhos para acesso a internet, sendo que os microcomputadores ocupam o segundo lugar com o percentual de 48,1% (IBGE, 2020).



Tanto telefones celulares como notebooks de baixo custo já possuem uma câmera integrada, o que é uma vantagem se comparado a um computador de mesa, onde se faz necessário a aquisição periféricos como este separadamente.

Devido à aplicação desenvolvida neste projeto não requisitar grande demanda de processamento computacional, sendo que para o próprio desenvolvimento, que exige ainda um pouco mais de recursos se comparado à execução da aplicação, foi utilizado um notebook fabricado no ano de 2011, o que faz-se necessário apenas uma câmera com qualidade de vídeo SD, o que é um dispositivo convencional facilmente encontrado nos smartphones e notebooks.

## 2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial é um campo da ciência da computação que se concentra no avanço de sistemas e software capazes de executar atividades que geralmente exigem aptidões humanas. Estes estudos buscam criar máquinas aptas a adquirir conhecimento, raciocinar, solucionar problemas, compreender linguagem natural e tomar decisões de maneira independente. (MICHAEL, 2005)

A inteligência artificial pode ser dividida em várias áreas e abordagens, estas áreas incluem: Agentes Inteligentes, Aprendizado de Máquina, Raciocínio Lógico e Busca, Processamento de Linguagem Natural, Visão Computacional, Redes Neurais Artificiais, Inteligência Artificial Ética e Social. Ela abrange uma ampla variedade de técnicas e aplicações e desempenha um papel cada vez mais importante em nossa sociedade, influenciando áreas como medicina, transporte, finanças, entretenimento e muito mais. O livro que você mencionou é uma excelente fonte para aprender mais sobre esse campo fascinante.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ABORDAGEM

É mostrado a importância da Libras como uma língua fundamental para a comunicação da comunidade surda no Brasil, destacando a necessidade de sua promoção e acessibilidade digital.

Além disso, aborda a gamificação e os jogos sérios como ferramentas educacionais promissoras, capazes de engajar e motivar os alunos de maneira eficaz. Por fim, salienta a relevância dos recursos computacionais acessíveis e da inteligência artificial, enfatizando a onipresença dos dispositivos móveis e a importância de tornar a tecnologia mais inclusiva para todos os brasileiros.

A inclusão e a acessibilidade são pilares essenciais para uma sociedade mais igualitária e preparada para os desafios da educação e da comunicação no mundo contemporâneo.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Realizou-se um levantamento da bibliografia correlata em alguns dos principais indexadores de trabalhos científicos, sendo eles o Scopus e o Google Scholar. Os termos de busca utilizados foram, Libras, língua de sinais, jogos sérios, gamificação, entre outros termos relacionados e sinônimos, incluindo também a busca dos termos correspondentes em inglês. No Scopus, somente com o filtro pela palavra 'Libras' no título foram encontrados 325 resultados, enquanto que buscando 'Libras gamificação' no Google Scholar foram encontrados 1230 resultado, veja a Tabela 1. Dentre estes trabalhos foram escolhidos, na maior parte, os para o auxílio do aprendizado Libras e também para línguas de sinais de outros países, priorizando aqueles publicados nos últimos 5 anos.

Tabela 1 – Quantidade de trabalhos encontrados

	Scopus	Google Scholar
Termos de busca	Libras	Libras gamificação
Número de resultados	325	1230

#### 3.1 JOGO SÉRIO PARA AUXÍLIO DE APRENDIZAGEM DA LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS

Para o auxílio na língua brasileira de sinais, no trabalho de Barreto et al. (BARRETO et al., 2019) foi desenvolvido um jogo sério com interações através de dispositivo Leap Motion para captura dos sinais, veja a Figura 1, através de cálculo de distância euclidiana são comparados e classificados em uma das 26 letras do alfabeto. A utilização de recursos de jogos sérios propõe prender a atenção dos usuários e o ensinar sem mesmo perceberem que está educando. A necessidade de um Leap Motion acaba dificultando o acesso à ferramenta desenvolvida neste trabalho, pois não é um dispositivo convencional, sendo de difícil acesso devido ao seu valor comercial.

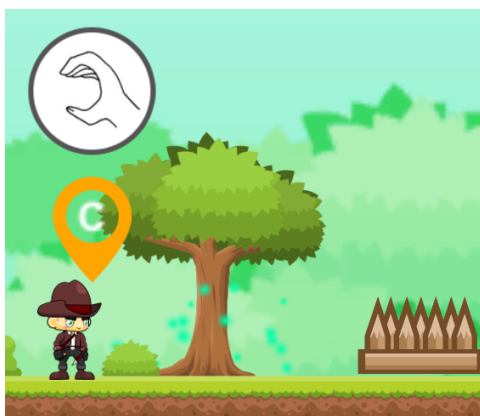


Figura 1 – Imagem do jogo de Barreto et al.

### 3.2 I-SIGN: SIGN LANGUAGE LEARNING APPLICATION VIA GAMIFICATION

O i-Sign é um aplicativo para ensino da língua de sinais da Malásia, desenvolvido no trabalho de Saman, Shariff e Nasaruddin (SAMAN; SHAARIFF; NASARUDDIN, 2019), possui um módulo de aprendizado e outro de avaliação. O módulo de aprendizado possui dois tópicos, um para o alfabeto e o outro para palavras básicas, é mostrado o sinal ao clicar no botão da palavra ou letra correspondente, o tópico de palavras é separado em objetos, família e frutas. O módulo de avaliação é um quiz dividido em 3 níveis e utiliza de recursos de gamificação, como mostra na Figura 2, aplicando estratégias de recompensa por tempo e quantidade de vidas para buscar maior engajamento do usuário. A necessidade de ser alfabetizado em malaio para conseguir utilizar corretamente o aplicativo acaba dificultando o acesso para as crianças que nascem surdas e não aprendem a língua oral de forma natural.



Figura 2 – Aplicativo i-Sign

### 3.3 VIDEOGAME TO SUPPORT THE TEACHING OF READING TO DEAF CHILDREN USING GAMIFICATION

O trabalho de Ramos-Ramirez e Maurício (RAMOS-RAMIREZ; MAURICIO, 2019) propõe a utilização de um jogo digital para ensino de espanhol através da língua de sinais peruana enquanto contribui para o reforço da língua natural das crianças surdas. O trabalho utiliza da arquitetura cliente-servidor, de forma que no cliente tem uma webcam para capturar os gestos da língua de sinais peruana e enviar ao servidor. O jogo utiliza de estratégias de gamificação para a estimular principalmente a competitividade nas crianças, veja a Figura 3, suas pontuações ficam salvas no servidor para ser ranqueada, as motivando a continuar jogando. No servidor é onde ocorre o reco-

nhecimento dos gestos para cada um dos sinais estáticos da língua de sinais peruana, neste lado da arquitetura, um professor fica responsável por personalizar as atividades e ajustar para o que for necessário no momento. Devido a proposta deste tipo de modelo e arquitetura, este jogo fica sendo funcional apenas em cenários onde se tem um turma de língua de sinais com pelo menos um professor e uma grande quantidade de recursos de hardware para todos os alunos.

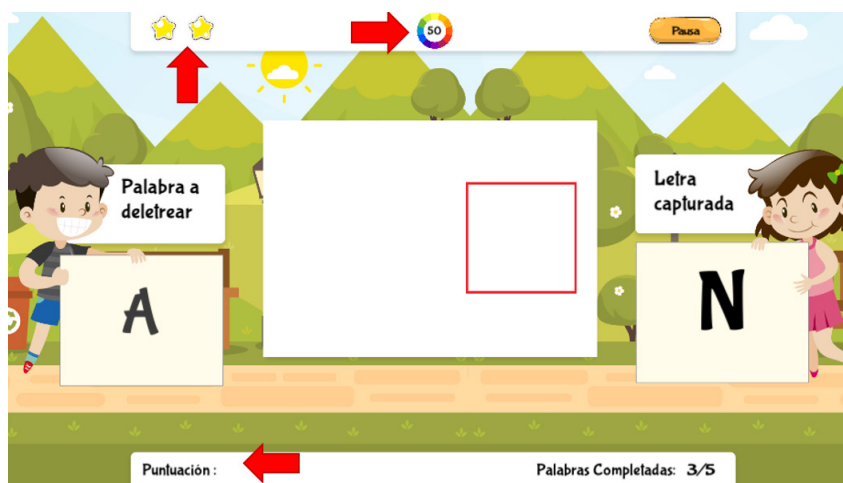


Figura 3 – Recursos de gamificação do jogo de Ramos-Ramirez e Maurício

### 3.4 WORK-IN-PROGRESS-GAMIFYING THE PROCESS OF LEARNING SIGN LANGUAGE IN VR

Uma aplicação compatível com realidade virtual está sendo desenvolvida por Economou et al. (ECONOMOU et al., 2022), onde é proposta a gamificação do processo de aprendizado da língua de sinais britânica através da imersão virtual. O trabalho de Economou propõe duas versões, uma como imersão total utilizando capacete de realidade virtual e equipamentos para rastreamento corporal, e a outra utilizando recursos convencionais, de forma que o jogo é exibido em uma tela de computador e o rastreamento corporal é feito através de um framework chamado MediaPipe, também utilizado neste trabalho, veja a demonstração de seu funcionamento na Figura 4. Para avaliar o aprendizado e satisfação do usuário será realizado um estudo com dois grupos em diferentes casos de uso, também será utilizado o rastreamento dos olhos para analisar o comportamento de visão do usuário de forma a descobrir possíveis problemas de usabilidade da aplicação.

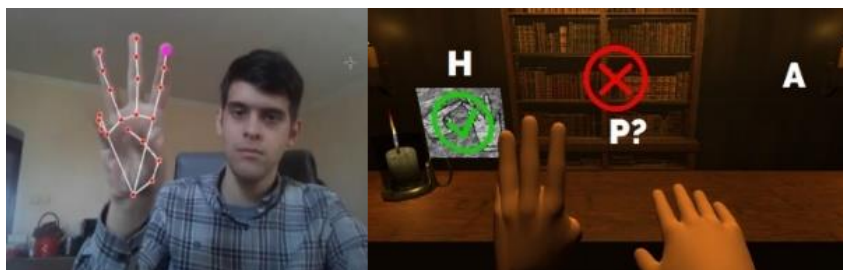


Figura 4 – Versão com Mediapipe do trabalho de Economou et al.

### 3.5 WE PLAY AND LEARN RHYTHMICALLY: GESTURE-BASED RHYTHM GAME FOR CHILDREN WITH INTELLECTUAL DEVELOPMENTAL DISABILITIES TO LEARN MANUAL SIGN

O trabalho de Choi et al. (CHOI et al., 2022) tem como foco o aprendizado da língua de sinais para crianças com impedimento do desenvolvimento intelectual, utiliza de músicas infantis e um personagem macaco para engajar as crianças no estudo, cada lição é composto por 4 palavras, onde o estudante deve tentar repetir o personagem no momento correto, enquanto escuta ou lê a letra da música, está presente também recursos de gamificação específicos para o público alvo, a Figura 5 mostra a tela principal do jogo. Neste trabalho é necessário que haja um cuidador acompanhando para configurar a aplicação e escolher uma música de acordo com a preferência da criança. Mesmo com a necessidade do conhecimento da língua coreana para configurar a aplicação, isto acaba não sendo um grande problema, pois o estudo é sempre acompanhado pelo cuidador da criança.

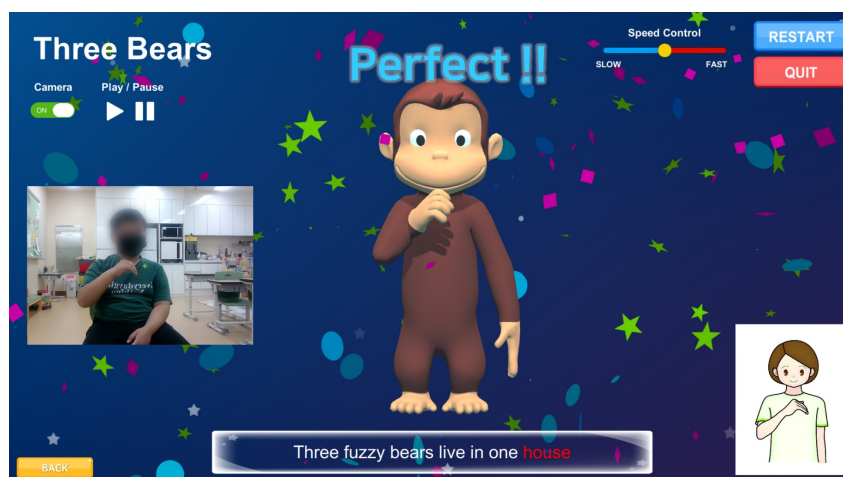


Figura 5 – Tela principal do jogo de Choi et al.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTADO DA ARTE

Este capítulo oferece uma revisão da literatura relacionada ao ensino de línguas de sinais, com foco na gamificação como abordagem. Ele destaca a importância de estratégias de gamificação para engajar os alunos no processo de aprendizado das línguas de sinais e destaca vários projetos e aplicativos que utilizam essa abordagem.

Pode-se concluir que a gamificação é um fator importante para ferramentas de apoio ao aprendizado e acaba sendo indispensável para o ensino de crianças, de forma a motivá-las e obter um bom resultado. A Tabela 2 faz um comparativo da proposta que fundamenta este trabalho com os trabalhos citados anteriormente.

Tabela 2 – Análise comparativa dos trabalhos

	Plataforma	Gráficos	Acessível	Gamificado	Requisito linguístico	Gestos dinâmicos
BARRETO, 2019	Computador	2D	Não	Sim	-	Não
SAMAN, 2019	Telemóvel	2D & 3D	Sim	Sim	Malaio (leitura)	Sim
RAMOS-RAMIREZ, 2019	Rede de Computadores	2D	Não	Sim	Língua de sinais peruana	Não
ECONOMOU, 2022	Computador	3D ou RV (Realidade virtual)	Sim	Sim	-	Sem informação
CHOI, 2022	Computador	2D & 3D	Sim	Sim	Coreano (leitura)	Sem informação
ESTE TRABALHO	Telemóvel, Computador	2.5D(pseudo-3D)	Sim	Sim	Português (leitura)	Não

É possível observar que a gamificação é implementada em todos os trabalhos, demonstrando ser um recurso indispensável. A maioria dos trabalhos apresenta um requisito de conhecimento prévio de uma língua para sua usabilidade.

Além disso, a gamificação demonstrou ser uma abordagem eficaz para motivar os alunos e tornar o aprendizado mais envolvente, independentemente da língua de sinais em questão. No entanto, é essencial continuar a pesquisa e o desenvolvimento nessa área para criar ferramentas cada vez mais acessíveis e eficazes para o ensino de línguas de sinais. A gamificação tem o potencial de tornar o aprendizado de línguas de sinais mais acessível e agradável, contribuindo assim para a inclusão de comunidades surdas em todo o mundo.

## 4 ARQUITETURA PROPOSTA

O presente trabalho parte do pressuposto de que o aprendizado de Libras deve ser algo de fácil acesso e atrativo, de forma que o aluno se sinta motivado a continuar estudando, pois o aprendizado de uma língua de forma não natural acaba sendo um pouco dispendioso.

Foi desenvolvido um jogo pseudo-3D para dispositivos convencionais, sendo o progresso realizado em uma temática cativante. Utilizou-se de reconhecimento de imagem com inteligência artificial para que os comandos sejam capturados através de sinais feitos em frente a uma câmera, de baixo custo e acessível, com o intuito de estimular o aprendizado através da prática.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado inicialmente um computador com processador Intel Core i7 2617M, 8GB de memória RAM, processador gráfico NVIDIA GeForce GT 540M com suporte para OpenGL 4.0, de forma a atender o requisito de OpenGL 3.1+ do MediaPipe, rodando o sistema operacional Ubuntu 18.04. As últimas implementações foram concluídas em outro computador com maiores recursos computacionais, embora não fosse nenhuma necessidade técnica.

A arquitetura da solução, mostrada na Figura 6, possui em seu núcleo a engine Unity, que faz interação com um módulo de inteligência artificial, sendo este dividido em dois componentes, um responsável por fazer o reconhecimento dos gestos da mão, e o outro por classificar os gestos em uma letra ou palavra correspondente. Para utilização desta solução, é necessário um computador com sistema operacional Windows ou Linux, ou um celular Android arm64, sendo necessário em ambos, uma câmera comum para captura dos sinais de Libras.

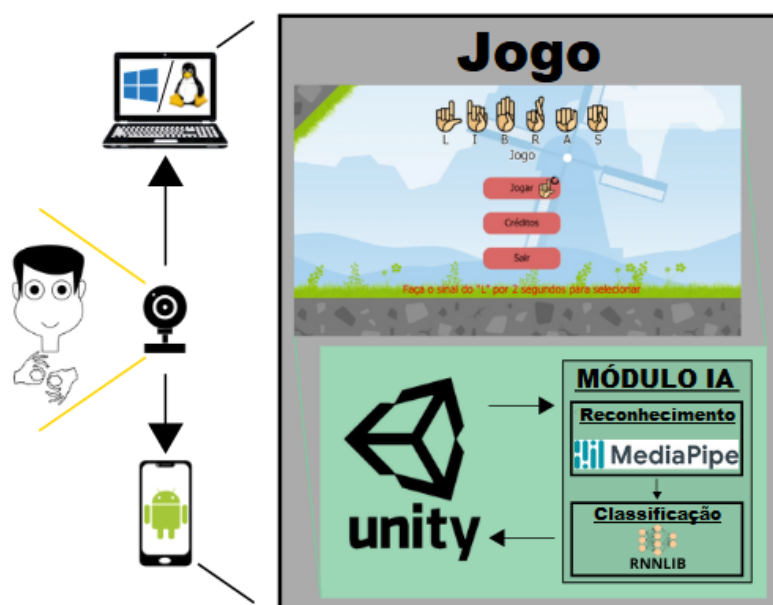


Figura 6 – Arquitetura da solução

Toda a interação que o usuário faz com o jogo é por meio de uma câmera, não sendo necessária a utilização de quaisquer outros periféricos, como mouse ou teclado. O aprendizado será separado em várias etapas, representadas como fases no jogo. No decorrer do jogo, será ensinado alguns sinais de Libras e realizadas atividades referentes a estes sinais, de forma que para progredir será necessários realizar pequenos desafios referentes a tudo que já foi ensinado anteriormente. Ao completar cada etapa, o desempenho será avaliado, de forma a obter mais recompensas quanto melhor for o resultado, será necessário a obtenção de uma pontuação mínima para avançar etapas, sendo possível repetir cada etapa caso desejado. Ao finalizar cada etapa será possível verificar o desempenho total atual do estudante.

## 4.1 MODELAGENS

A modelagem da solução é importante para que se possa entender como o sistema funciona, quem são os atores envolvidos e quais ações eles realizam.

### 4.1.1 Casos de uso

Nesta seção serão apresentados os principais casos de usos relacionados às ações do estudante na ferramenta proposta.

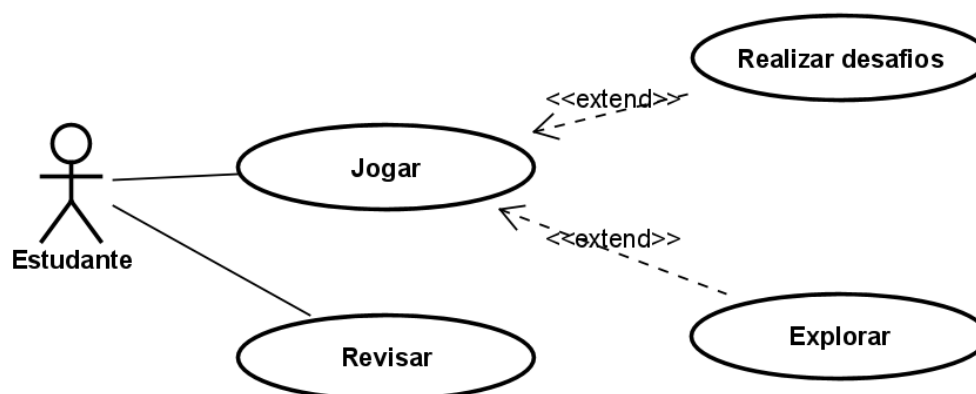


Figura 7 – Diagrama de casos de uso

Os atores do sistema, bem como suas atribuições podem ser vistos na Figura 7. As tabelas a seguir descrevem o ator "Estudante".

Os atores do sistemas são descritos na Tabela 3, e nas Tabelas de 4 à 6, os detalhes dos casos de uso.



Tabela 3 – Atores do sistema

<b>Nome</b>	<b>Descrição</b>	<b>Atribuições</b>
Estudante	Estudante de Libras	Utilizar ferramenta como auxílio para o aprendizado de Libras.

Tabela 4 – Descrição dos casos de uso do estudante

<b>Caso de uso</b>	<b>Descrição</b>
Jogar	Utilizar recursos gamificados para aprender Libras.
Realizar desafios	Participar de desafios como minigames, para testar seus conhecimentos.
Explorar	Navegar pelo jogo, aprendendo com narrativas e pequenos treinamentos.
Revisar	Revisar o que já foi aprendido durante "Jogar"

Tabela 5 – Ações dos casos de uso do estudante

<b>Caso de uso</b>	<b>Ação</b>
Jogar	Utilizar webcam para selecionar "Jogar"
Realizar desafios	Concluir desafios de forma correta
Explorar	Explorar o cenário e interagir
Revisar	Revisar o que já foi aprendido durante "Jogar".

Tabela 6 – Pós ações dos casos de uso do estudante

<b>Caso de uso</b>	<b>Pós ação</b>
Jogar	Entra no cenário principal
Realizar desafios	Desbloquear novos desafios
Explorar	Retorno visual das ações
Revisar	-

### 4.1.2 Diagrama de sequência

A seguir, na Figura 8 será apresentado o diagrama de sequência da ferramenta ilustrando seu comportamento diante de um evento de atualização.

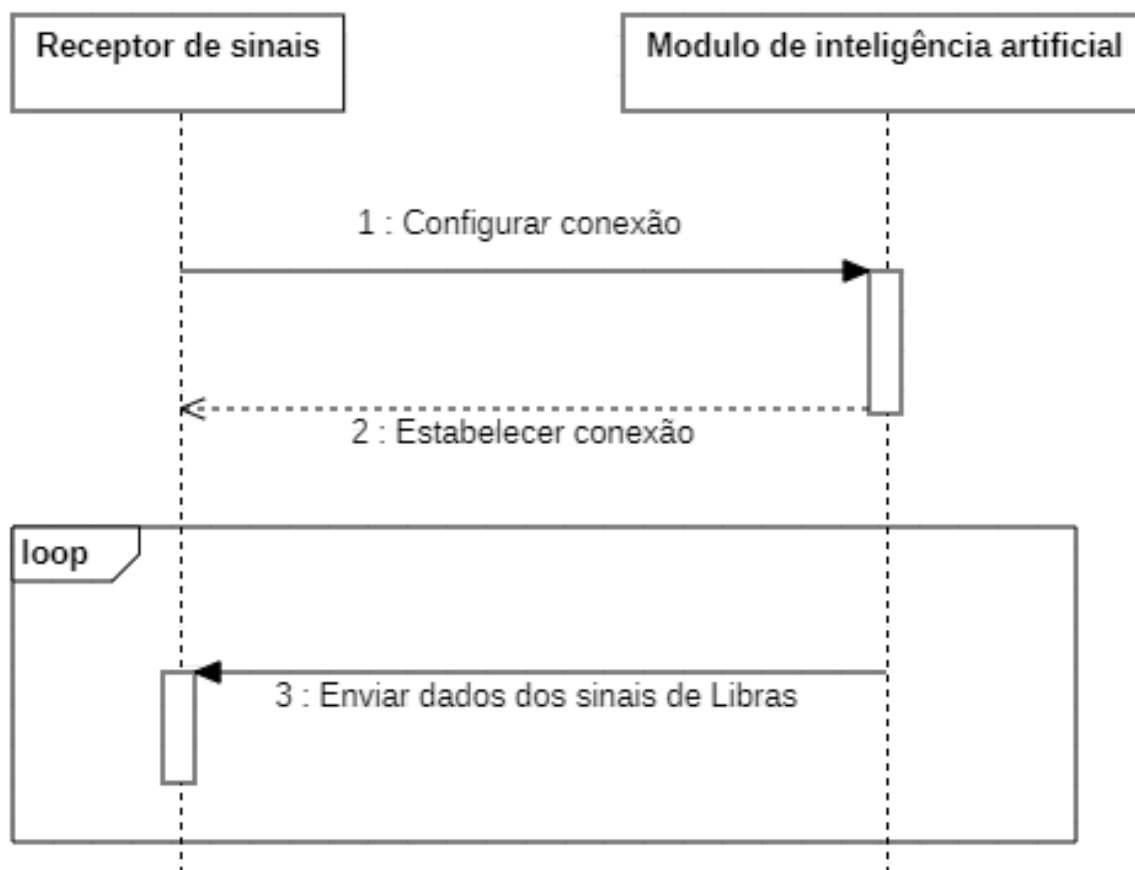


Figura 8 – Diagrama de sequência

Na inicialização, a conexão com o módulo é configurada e então estabelecida. Após a inicialização inicia-se um processo de repetição, onde os dados dos sinais de Libras são enviados continuamente para o receptor.

1. Configurar conexão: São definidas as configurações internas de conexão e inicia-se o módulo de inteligência artificial.
2. Estabelecer conexão: O receptor fica esperando pela conexão bem sucedida do módulo.
3. Enviar dados dos sinais de Libras: O módulo de inteligência artificial continuamente processa os sinais de Libras e envia os dados para o receptor.

## 4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ARQUITETURA

A modelagem é uma etapa essencial no desenvolvimento de sistemas, pois ajuda a compreender como o sistema funciona, quem são os atores envolvidos e quais ações eles realizam. No contexto apresentado, o principal ator é o "Estudante de Libras", cujas atribuições incluem utilizar a ferramenta como auxílio para aprender Libras.

Por fim, um diagrama de sequência foi apresentado, ilustrando o comportamento da ferramenta diante de um evento de atualização. Esse diagrama mostra o fluxo de inicialização, configuração da conexão, estabelecimento da conexão e envio contínuo de dados dos sinais de Libras para o receptor. Esse processo é fundamental para a interação eficaz do estudante com a ferramenta de aprendizado de Libras. Em resumo, essa seção fornece uma visão completa da modelagem da ferramenta de aprendizado de Libras, desde os atores envolvidos e os casos de uso até o funcionamento detalhado por meio do diagrama de sequência. Isso é essencial para o desenvolvimento e compreensão do sistema, garantindo que atenda às necessidades do estudante de Libras de maneira eficaz e educativa.

## 5 DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção, descrevemos os principais componentes tecnológicos que impulsionam o funcionamento do sistema proposto. O motor de jogos Unity foi escolhido devido à sua versatilidade e compatibilidade com várias plataformas, tornando possível o desenvolvimento simultâneo para dispositivos móveis e computadores. O MediaPipe, um framework de visão computacional e inteligência artificial, é utilizado para o rastreamento de mãos em tempo real, fornecendo informações precisas das articulações dos dedos. Além disso, a biblioteca FANN é empregada para criar e treinar redes neurais artificiais que classificam os gestos em letras de Libras, permitindo a interação em tempo real com o sistema. A geração e normalização dos dados são etapas cruciais para o treinamento eficaz da rede neural, garantindo a precisão e o desempenho desejados do sistema.

### 5.1 UNITY

Com o objetivo de tornar esta ferramenta acessível, foi escolhido o motor de jogos chamado Unity, na versão 2020.3.26f1, por ser compatível com múltiplas plataformas. Um motor de jogo é um software que facilita o desenvolvimento de jogos, equipado com ferramentas e bibliotecas específicas para este objetivo (DA SILVA FILHO et al., 2018). Na Figura 9 é possível visualizar algumas destas ferramentas.

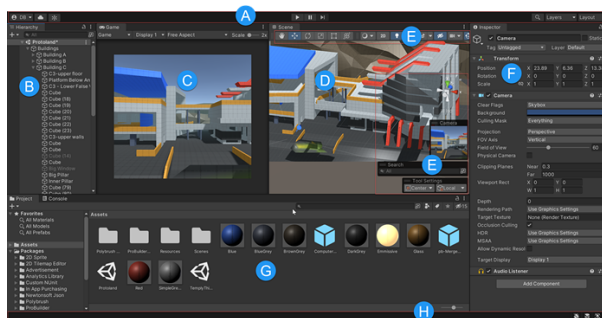


Figura 9 – Janela de edição do Unity

Fonte: (Unity Technologies, 2022)

Unity além de oferecer suporte para computadores, também é possível gerar uma versão para dispositivos celular, possibilitando o desenvolvimento simultâneo para um multitude de dispositivos, favorecendo a acessibilidade da ferramenta, pois sua compatibilidade engloba todos os sistemas operacionais mais comuns: Android, iOS, Windows, Linux e MacOS. (DA SILVA FILHO et al., 2018)

## 5.2 MEDIAPIPE

MediaPipe é um framework de código aberto, com suporte para várias plataformas, que oferece soluções de visão computacional através de inteligência artificial (SILVA et al., 2021), dentre elas, este trabalho utiliza apenas o rastreamento de mãos, no qual é possível obter uma representação no formato de coordenadas em 3 dimensões de cada articulação dos dedos de uma ou das duas mãos, como mostrado na Figura 10, necessitando apenas de uma câmera comum para capturar as imagens da mão em tempo real.

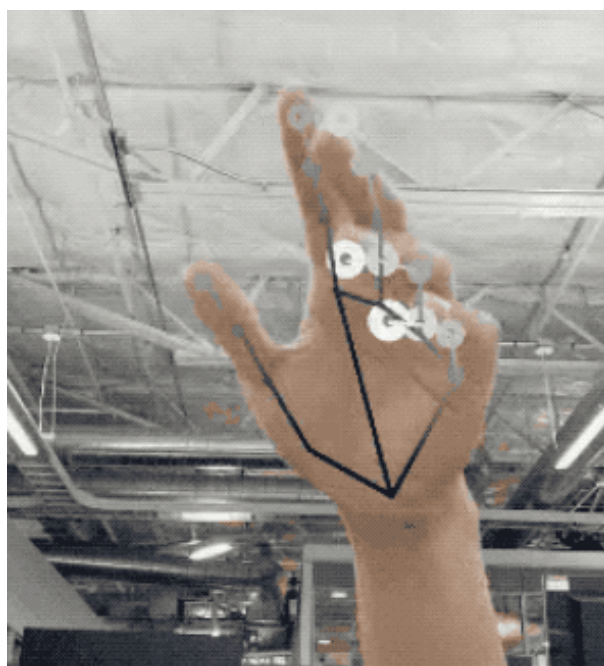


Figura 10 – Rastreamento das mãos com MediaPipe

Fonte: (Google, 2023)

## 5.3 FANN

FANN é uma biblioteca que para criação de redes neurais artificiais, assim como operações básicas de treinamento e execução das mesmas. Esta é uma biblioteca fácil uso e possibilita treinamento através de dados salvos em um arquivo, enquanto do outro lado é possível obter os resultados de classificação em tempo de execução, permitindo a integração com todo o sistema e interação em tempo real. (NISSEN, 2003)

Os dados, obtidos em formato de coordenadas pelo MediaPipe, foram utilizados como input da rede neural para um treinamento supervisionado, onde o conjunto de coordenadas era rotulada com uma letra do alfabeto correspondente ao sinal de Libras realizado com as mãos. Com uma rede neural treinada, foi desenvolvido um módulo integrado ao MediaPipe que recebe os dados para classificação, de forma que

o resultado é a letra de Libras equivalente ao sinal realizado em frente à câmera.

## 5.4 GERAR DADOS PARA TREINAMENTO

Para gerar os dados necessários para o treinamento da rede neural, foi necessário fazer a leituras dos dados retornados pelo MediaPipe, adicionar informação da letra manualmente, transformá-los e então salvar em um arquivo, como mostrado na Figura 11.

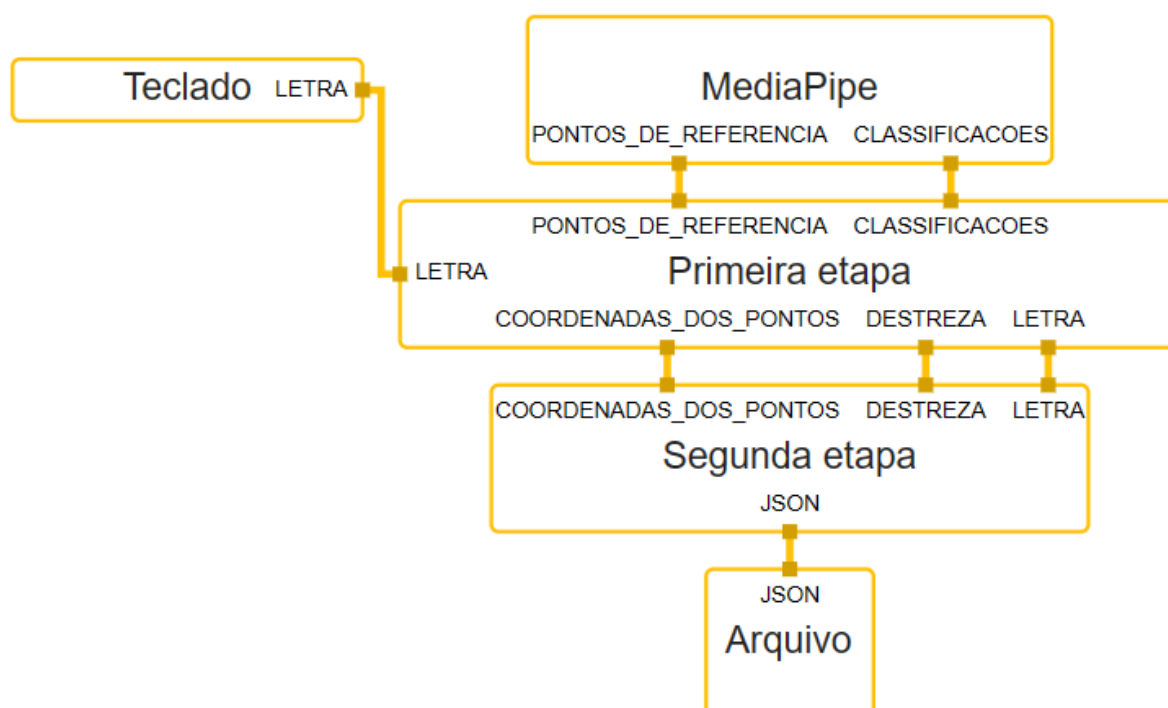


Figura 11 – Gerador de dados para treinamento.

Após a etapa de coleta dos dados de treinamento, os mesmos foram normalizados, antes do treinamento com a biblioteca FANN.

## 5.5 UTILIZAR REDE NEURAL

Para utilizar a rede neural são obtidos os dados do MediaPipe da mesma forma que na etapa de treinamento, com a adição da etapa de normalização dos dados no mesmo código, antes do teste de classificação. Veja a Figura 12.

## 5.6 NORMALIZAÇÃO DOS DADOS

A normalização dos dados foi realizada com o intuito de melhorar a precisão da rede neural, alcançando a taxa de erro desejada de 0.1%, após sua utilização com o

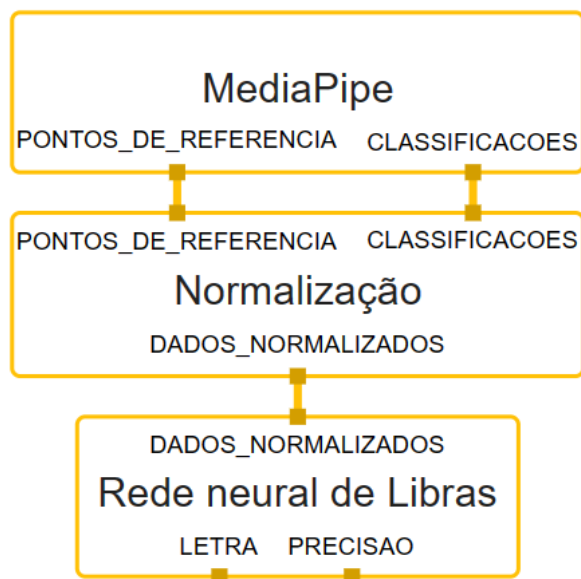


Figura 12 – Uso da rede neural treinada.

conjunto de dados coletados. A normalização realizada se resume em utilizar a distância das duas primeiras juntas da mão como referência de escala, redimensionando a mão para que fiquem aproximadamente do mesmo tamanho em todos os dados. Para finalizar a normalização, as coordenadas são reposicionadas de forma a encostar as coordenadas mais próximas no lado superior e esquerdo. Veja alguns exemplos nas Figuras 13 e 14.

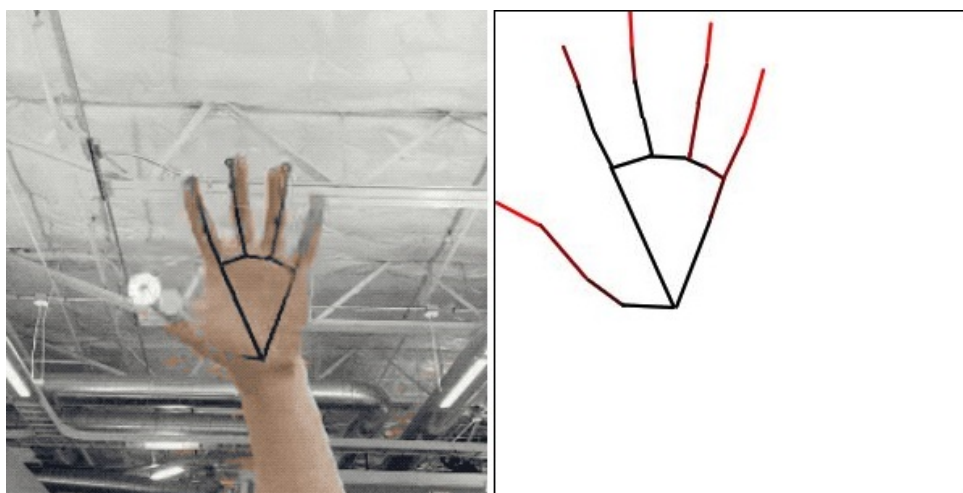


Figura 13 – Esquerda: 1ª Imagem de exemplo do MediaPipe . Direita: 1º Resultado após a normalização.

Fonte: (Google, 2023)

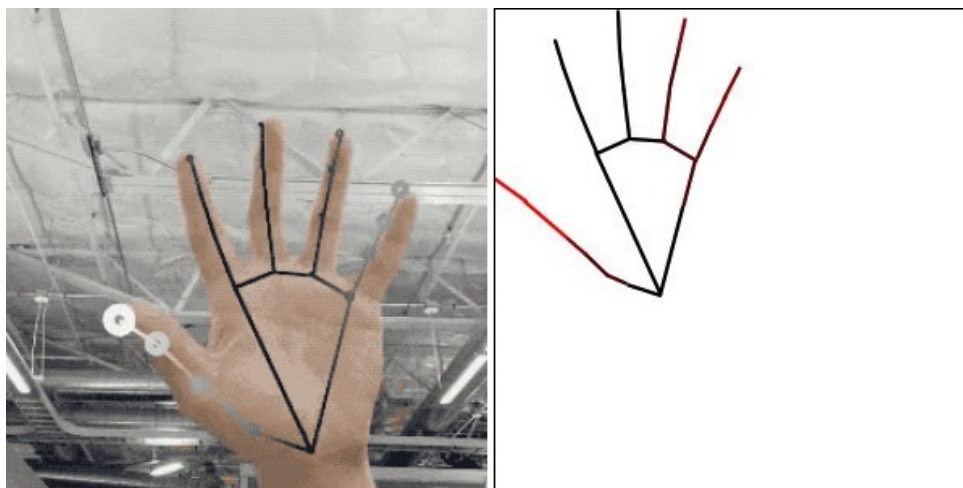


Figura 14 – Esquerda: 2ª Imagem de exemplo do MediaPipe . Direita: 2º Resultado após a normalização.

Fonte: (Google, 2023)

## 5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA IMPLEMENTAÇÃO

Foi desenvolvido um jogo pseudo-3D acessível para dispositivos convencionais, com o objetivo de tornar o aprendizado de Libras mais atrativo e de fácil acesso. Utilizando reconhecimento de imagem com inteligência artificial, os comandos são capturados por meio de gestos realizados em frente a uma câmera acessível de baixo custo, incentivando a prática e o engajamento no aprendizado da língua de sinais.

A solução emprega a engine Unity e um módulo de inteligência artificial dividido em componentes de reconhecimento de gestos e classificação das ações em letras. A interação do usuário é totalmente baseada na câmera, eliminando a necessidade de periféricos adicionais. O jogo é estruturado em etapas com desafios relacionados ao conteúdo aprendido, incentivando o desempenho. A gamificação desempenha um papel crucial ao tornar o processo de aprendizado envolvente e motivador. Essa abordagem visa facilitar o acesso ao ensino de Libras, contribuindo para a inclusão e motivando os estudantes a continuarem sua jornada de aprendizado da língua de sinais.



## 6 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O protótipo desenvolvido com Unity coleta os dados do módulo de inteligência artificial e é composto por 3 principais telas, onde é possível estudar, praticar e testar seus conhecimentos.

### 6.1 TELA MENU

A primeira tela que o estudante vê ao abrir o jogo é o Menu, Figura 15, onde é possível ver uma instrução abaixo, de como escolher entre as opções jogar, estudar e sair da aplicação.



Figura 15 – Tela Menu.

Quando o estudante posiciona sua mão em formato de ponteiro (como a letra L na Libras) em frente a câmera, de forma que o ponteiro fique em cima dos botões na tela, após 2 segundos a ação de clique é realizada, fazendo com que ele seja levado para outra tela, Tela Estudar, no caso do botão estudar, ou Tela Jogar, no caso do botão jogar, a aplicação é encerrada caso seja realizada a ação sobre o botão sair.

### 6.2 TELA ESTUDAR

Na tela Estudar, Figura 16, o aluno pode ver todas as letras do alfabeto e também praticar. No canto superior direito há um botão em formato de casa para voltar para o menu inicial.

Para garantir que o estudante esteja realizando corretamente os gestos, ele pode posicionar sua mão de forma que o ponteiro fique perto da letra correspondente na tela, assim confirmando que o gesto realizado está correto, após a realização dos gestos não ocorre nenhum evento no jogo.



Figura 16 – Tela Estudar com as letras do alfabeto.

### 6.3 TELA JOGAR

Assim como na tela Estudar, esta também possui um botão no canto superior esquerdo para voltar para o menu inicial. Para controlar o personagem, o usuário deve realizar os sinais da letra D, para ir para direita, ou o sinal da letra A, para ir para a esquerda. São ensinadas novas interações no decorrer do percurso, é necessário que o aluno tenha estudado os sinais na tela Estudar, para conseguir progredir e concluir os desafios. Veja na Figura 17 alguns dos desafios encontrados no decorrer do percurso.



Figura 17 – Desafios encontrados na tela Jogar.

Quando o estudante posiciona o personagem em pontos de desafios, os mesmos são abertos e precisam ser realizados. Após concluir de forma correta o desafio, ele poderá continuar explorando e buscando novos desafios.

### 6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PROTÓTIPO

Foi apresentado um protótipo desenvolvido no Unity, sendo composto por três telas principais, que oferece uma abordagem completa para o aprendizado da linguagem de sinais, começando com o estudo das letras do alfabeto na tela de Estudo e progredindo para a prática e aplicação desses conhecimentos na tela de Jogo. Essa

estrutura integrada proporciona aos alunos uma jornada educacional envolvente, onde podem desenvolver suas habilidades de forma progressiva e significativa.

É notável que o protótipo não apenas ensina a língua de sinais, mas também destaca a importância da prática e do comprometimento do aluno para o sucesso nos desafios. Isso incentiva a aprendizagem autônoma e reforça a ideia de que a fluência em linguagem de sinais pode ser alcançada com dedicação e esforço contínuo. Espera-se que iniciativas como essa contribuam para a inclusão e a comunicação eficaz entre surdos e ouvintes, construindo uma sociedade mais igualitária e consciente da importância da diversidade linguística e cultural.

Para uma melhor visualização do processo, consulte o vídeo de demonstração disponível em <https://youtu.be/9mDCxMYscl0>.

## 7 TESTES DE FUNCIONAMENTO

Neste capítulo serão abordados os dados relacionados aos testes realizados na rede neural e também no protótipo desenvolvido, de forma a avaliar os resultados obtidos.

### 7.1 PRECISÃO DA CLASSIFICAÇÃO

O treinamento da rede neural para reconhecimento dos sinais de libras foi realizado com imagens estáticas, enquanto que para a realização dos testes da precisão da classificação, foi desenvolvido uma aplicação de reconhecimento e exibição dos resultados em tempo real.

Para medir a precisão do reconhecimento dos sinais de Libras referentes às letras do alfabeto, foram realizados os testes de classificação pela rede neural com uma câmera 480p. O gesto de cada letra do alfabeto foi feito em 2 ciclos, de forma que a realização de cada gesto é realizado 1 vez a cada ciclo de 26.

Na Tabela 7 podemos ver os resultados do teste, sendo os valores percentuais, as médias obtidas para cada letra durante os 2 ciclos.

Tabela 7 – Resultados do teste de classificação

Letra	Média	Letra	Média	Letra	Média
A	99,1%	J	85,3%	S	98,2%
B	98,0%	K	37,7%	T	54,8%
C	96,2%	L	87,8%	U	3,6%
D	69,1%	M	94,8%	V	12,2%
E	63,9%	N	97,9%	W	98,9%
F	63,7%	O	96,7%	X	75,1%
G	92,7%	P	80,8%	Y	94,4%
H	6,0%	Q	97,8%	Z	77,0%
I	99,3%	R	92,9%		

Os resultados obtidos atingiram uma média de 75,91% de precisão na classificação e uma mediana de 51,35%. Pode-se observar que algumas letras atingiram valores abaixo de 50%, este alto nível de incerteza pode prejudicar a experiência do usuário, quando o estudante precisa praticar estes gestos. Estes números podem ser observados principalmente em letras onde os gestos são muito semelhantes, como os gestos de 'U' e 'V' e também os gestos de 'H' e 'K', veja as Figuras 18 e 19.



Figura 18 – Gestos das letras 'U' e 'V'.



Figura 19 – Gestos das letras 'H' e 'K'.

Além do fator de semelhança, este modelo de rede neural não pode classificar os gestos baseados em movimento, o que diferenciaria o 'H' e 'K', pois o posicionamento dos dedos é o mesmo, mas o movimento é diferente. Uma alternativa para uma possível melhoria na classificação seria a utilização de redes neurais recorrentes.

## 7.2 FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Para testar o funcionamento do protótipo da ferramenta desenvolvida, foi realizado um teste de caixa preta, testando os casos de uso Jogar e Revisar.

### 7.2.1 Jogar

Para avaliar o correto funcionamento do caso de uso Jogar, foram testados todos os comportamentos descritos como extensão de Jogar. Os resultados mostraram-se corretos, assim como ao não realizar um desafio resulta em perda de pontuação. Veja as Tabelas de 8 a 11.

Tabela 8 – Condições de entrada do caso de uso Jogar

Caso de uso	Condição de entrada
Jogar	<p>Não executar corretamente o primeiro desafio, esgotando o tempo.            Executar corretamente o primeiro desafio no tempo estipulado            Não execução do segundo desafio a tempo.            Executar a tempo o segundo desafio.            Não executar o terceiro desafio.            Executar o terceiro desafio.</p>

A seguir são apresentadas todas as classes válidas para as condições de entrada.

Tabela 9 – Classes válidas do caso de uso Jogar

Caso de uso	Classes válidas
Jogar	<p>1. O personagem perde uma vida e volta para o último check point (Início).            4. O personagem derrota o primeiro inimigo            7. O personagem perde um vida e volta para o último check point (Logo após o primeiro desafio).            9. O personagem avança e derrota o segundo inimigo.            10. Nada acontece            12. A demonstração acaba e o jogador volta para o menu inicial.</p>

A seguir são apresentadas algumas classes inválidas para as condições de entrada, que nunca devem acontecer, para um correto funcionamento da ferramenta.

Tabela 10 – Classes inválidas do caso de uso jogar

Caso de uso	Classes inválidas
Jogar	<p>2. Personagem continua sem perder uma vida,            3. Personagem não volta para o último check point            5. Personagem passa sem derrotar o inimigo,            6. O inimigo derrota o personagem            2. Personagem continua sem perder uma vida,            8. Personagem retorna para o início            5. Personagem passa sem derrotar o inimigo,            6. O inimigo derrota o personagem            11. Personagem perde uma vida subitamente            13. Personagem não volta para para o menu inicial,            14. Personagem morre e volta o último check point</p>

Foi observado a classe resultante para cada condição de entrada, e os resultados podem ser observados na Tabela 11. Os resultados apresentam apenas classes válidas, podendo concluir o correto funcionamento do caso de uso Jogar.

Tabela 11 – Resultados do caso de uso Jogar

Condição de entrada	Classe
Não executar corretamente o primeiro desafio, esgotando o tempo.	1
Executar corretamente o primeiro desafio no tempo estipulado	4
Não execução do segundo desafio a tempo.	7
Executar a tempo o segundo desafio.	9
Não executar o terceiro desafio.	10
Executar o terceiro desafio.	12

## 7.2.2 Revisar

Para avaliar o correto funcionamento do caso de uso Revisar, foi testado o único comportamento possível. Os resultados mostraram-se corretos, veja as Tabelas de 12 a 15.

Tabela 12 – Condições de entrada do caso de uso Revisar

Caso de uso	Condição de entrada
Revisar	Selecionar a opção Revisar no menu.

A seguir são apresentadas todas as classes válidas para as condições de entrada.

Tabela 13 – Classes válidas do caso de uso Revisar

Caso de uso	Classes válidas
Revisar	1. Visualizar a tabela com as letras em Libras.

A seguir é apresentada uma classe inválida para as condições de entrada, que nunca devem acontecer, para um correto funcionamento da ferramenta.

Tabela 14 – Classes inválidas do caso de uso Revisar

Caso de uso	Classes inválidas
Revisar	2. Não visualizar a tabela com as letras em Libras.

Foi observado a classe resultante para cada condição de entrada, e os resultados podem ser observados na Tabela 15. Os resultados apresentam apenas classes válidas, podendo concluir o correto funcionamento do caso de uso Revisar.

Tabela 15 – Resultados do caso de uso Revisar

Condição de entrada	Classe
Selecionar a opção Revisar no menu.	1

### 7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS TESTES

Neste capítulo, exploramos os resultados dos testes realizados na rede neural e no protótipo desenvolvido, com o objetivo de avaliar sua eficácia. No que diz respeito à precisão da classificação, a rede neural foi treinada com imagens estáticas e posteriormente testada em tempo real para reconhecimento dos gestos de Libras correspondentes ao alfabeto. Os resultados obtidos, apresentados na Tabela 7, revelam um desempenho notável, com altos índices de precisão, destacando a capacidade da rede em interpretar adequadamente esses gestos, o que é fundamental para a aplicação prática da linguagem de sinais.

Além disso, o teste de funcionamento do protótipo da ferramenta demonstrou sua capacidade de resposta eficaz em cenários diversos, desde a resolução bem-sucedida de desafios até a aplicação de penalizações quando necessário. Esses resultados validam a funcionalidade do protótipo como uma ferramenta educacional interativa, que pode desempenhar um papel importante na promoção do aprendizado da língua de sinais, contribuindo para a inclusão e acessibilidade da comunidade surda.



## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo desempenhou um papel fundamental na análise do uso de jogos sérios como uma ferramenta complementar no ensino da Língua Brasileira de Sinais. Foram obtidas informações valiosas que esclareceram questões relacionadas ao desenvolvimento dessas ferramentas no contexto do ensino de línguas de sinais. Além disso, identificaram-se os recursos específicos necessários para diferentes abordagens de ensino, contribuindo para a compreensão mais abrangente das possibilidades de uso das tecnologias educacionais.

Um dos resultados mais notáveis deste trabalho foi a validação da utilização de dispositivos convencionais de baixo custo como meios viáveis para a criação e utilização de ferramentas que incorporam elementos de jogos sérios e ensino de Libras. Isso abre caminho para a ampla acessibilidade a essas tecnologias, tornando-as acessíveis a um público diversificado e democratizando o acesso ao ensino de línguas de sinais.

### 8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Enquanto este estudo se concentrou em aspectos técnicos e na validação, as oportunidades para pesquisas futuras são vastas. Uma recomendação importante é a realização de testes de eficiência que se aprofundem no processo de aprendizagem da Libras com o uso de jogos sérios. Esses testes poderiam fornecer uma compreensão mais profunda de como as ferramentas de jogos sérios podem influenciar positivamente a curva de aprendizado dos alunos e como podem ser otimizadas para melhorar o processo educacional.

Além disso, estudos posteriores podem se concentrar em aspectos pedagógicos, analisando o impacto das ferramentas de jogos sérios no desempenho dos alunos, na motivação e no envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem da Libras. Também pode ser benéfico investigar como as adaptações nas ferramentas de jogos sérios podem ser usadas para atender às necessidades específicas de diferentes grupos de aprendizes, tornando o ensino da língua de sinais mais inclusivo e eficaz.

Estudos focados em melhorias no módulo de reconhecimento e classificação para suportar movimentos dinâmicos, ou seja, os que possuem movimentos, experimentando outras abordagens e redes neurais mais focadas em vídeo. Desta forma, possibilitando a tradução em tempo real completa de Libras para texto ou áudio, expandindo muito as possibilidades de uso desta tecnologia.

Por fim, uma área promissora de pesquisa futura pode envolver o desenvolvimento de plataformas e ambientes educacionais mais abrangentes que integrem jogos sérios e recursos de ensino de Libras, bem como a criação de um ecossistema colaborativo que envolve professores, alunos e desenvolvedores de jogos sérios para aprimorar continuamente as ferramentas de ensino. Essas recomendações oferecem diretrizes valiosas para pesquisas futuras que podem contribuir significativamente para o campo do ensino de línguas de sinais com o uso de jogos sérios.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.; SIMOES, J. **The role of serious games, gamification and industry 4.0 tools in the education 4.0 paradigm**. In: Contemporary Educational Technology. 2019. p. 120-136.

BARBOSA, B. G. **Projeto e implementação de um jogo sério sobre a dengue**. In: CONGRESSO. 2017.

BARRETO, C. et al. **Jogo Sério para Auxílio de Aprendizagem da Língua Brasileira de Sinais**. In: Proc. of SBGames. 2019. p. 855-858.

BAYER, V.; SIMÃO, V. L. **A música como estratégia pedagógica no ensino de Libras e no processo comunicativo entre estudantes ouvintes e surdos**. In: Congresso Internacional de Educação e Saúde. 2022. p. 50-54.

BRASIL. Lei Nº 10.436, de 24 de abril de 2002. **Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2002.

CHOI, Y. et al. **We Play and Learn Rhythmically: Gesture-based Rhythm Game for Children with Intellectual Developmental Disabilities to Learn Manual Sign**. In: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2022. p. 1-13.

DA SILVA FILHO, G. O. et al. **Unity: Criando jogos e outras aplicações multi-plataforma**. In: CONGRESSO. 2018.

DA SILVEIRA JÚNIOR, G.; MEDINA, R. D. **FJSU: Um Framework para o desenvolvimento de jogos sérios ubíquos**. In: RENOTE. 2019. p. 213-222.

ECONOMOU, D. et al. **Work-in-progress-Gamifying the process of Learning Sign Language in VR**. In: 8th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN). IEEE, 2022. p. 1-3.

GARRUTTI, É. A.; MOREIRA, T. N. D. A. **A criança surda na educação infantil bilíngue: a importância do social para a construção da linguagem**. In: Educação e Pesquisa. SciELO Brasil, 2022.

GHASTE, P. V. et al. **Sign Language Interpretation and Conversion to Text**. In: National Journal of Computer and Applied Science. 2019.

GOOGLE. **MediaPipe Hands**. Disponível em: <<https://github.com/google/mediapipe/blob/0a937eba9803533f71974b52d45b1724fccc1eae/docs/solutions/hands.md>>. Acessado em: 16 de abr. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua : acesso à internet e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2018**. Rio de Janeiro: 2020.

LACERDA, C. B. F. D.; ALBRES, N. D. A.; DRAGO, S. L. D. S. **Política para uma educação bilíngue e inclusiva a alunos surdos no município de São Paulo**. In: Educação e pesquisa. 2013. p. 65-80.

LIMA, D. F. L. et al. **Using convolutional neural networks for fingerspelling sign recognition in brazilian sign language**. In: Proceedings of the 25th Brazillian Symposium on Multimedia and the Web. 2019. p. 109-115.

MARANDOLA, T. D. R. et al. **Acessibilidade das informações sobre COVID-19 à pessoa surda nos canais oficiais do governo: estudo descritivo-exploratório**. In: Online Brazilian Journal of Nursing. 2022.

MICHAEL, N. **Artificial intelligence a guide to intelligent systems**. 2005.

NISSEN, S. **Implementation of a fast artificial neural network library (fann)**. In: Report, Department of Computer Science University of Copenhagen (DIKU). 2003. p. 26.

PEDROSO, E. C.; DE PAIVA, M. A. **Ensino de Libras no contexto da escola inclusiva e na escola bilíngue: Relato de Experiência**. In: Congresso Brasileiro de Educação Especial. 2018.

PORTELA, I. K.; BATISTA, M. S. **Por uma educação decolonial: a capoeira em jogo-aplicação de um jogo de memória para surdos**. In: Diálogos e Diversidade. 2022. p. e13690-e13690.

RAMOS-RAMIREZ, R.; MAURICIO, D. **Videogame to support the teaching of reading to deaf children using gamification**. In: Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação. Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 2019. p. 145-157.

SAMAN, F. I.; SHARIFF, N. F. M.; NASARUDDIN, N. I. S. **i-Sign: Sign Language Learning Application via Gamification**. In: Asian Journal of University Education. ERIC, 2019. p. 187-197.

SILVA, M. A. et al. **Desenvolvimento de aplicativo para promover comunicação e interação social para surdos**. In: VI Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica-EnICT (ISSN: 2526-6772). 2021.

TEIXEIRA, A. C. L. **Dança e educação inclusiva: processos educacionais formativos de uma artista-professora-pesquisadora com deficiência auditiva na licenciatura em dança**. 2022.

UNITY TECHNOLOGIES. **Unity - Manual: Unity's interface**. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/UsingTheEditor.html>>. Acessado em: 06 de nov. 2022.

WITT, H. A. **Língua Brasileira de Sinais-Libras**. Joinville: Clube de Autores, 2018.