



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO- ICOMP  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA - PPGI

# ERPLab: Laboratório Remoto de Ensino Robótica de Programação

Ronilson Cavalcante da Silva

Manaus - AM  
Setembro/2024

Ronilson Cavalcante da Silva

# ERPLab: Laboratório Remoto de Ensino Robótica de Programação

Dissertação submetida à avaliação, como requisito parcial, para a obtenção do título de Mestre em Informática no Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Computação.

Orientador(a)

Dr. José Francisco de Magalhães Netto

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituto de Computação- IComp

Manaus - AM

Setembro/2024

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586e Silva, Ronilson Cavalcante da  
ERPLab: Laboratório Remoto de Ensino Robótica de  
Programação / Ronilson Cavalcante da Silva . 2024  
151 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Francisco de Magalhães Netto  
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Aprendizagem de programação. 2. Laboratório Remoto. 3.  
Robótica Educacional. 4. Tecnologias Educacionais. 5. Laboratório  
Virtual. I. Netto, José Francisco de Magalhães. II. Universidade  
Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Informática

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **"ERPLAB: LABORATÓRIO REMOTO DE ENSINO ROBÓTICA E PROGRAMAÇÃO"**

**RONILSON CAVALCANTE DA SILVA**

### **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA CONSTITUÍDA PELOS PROFESSORES:**

Prof. Dr. José Francisco de Magalhães Netto - PRESIDENTE

Prof. Dr. Raimundo da Silva Barreto - MEMBRO INTERNO

Prof. Dr. Vitor Bremgartner da Frota - MEMBRO EXTERNO

MANAUS, 27 de setembro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **José Francisco de Magalhães Netto, Professor do Magistério Superior**, em 11/02/2025, às 12:46, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **VITOR BREMGARTNER DA FROTA, Usuário Externo**, em 11/02/2025, às 14:10, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo da Silva Barreto**, **Professor do Magistério Superior**, em 11/02/2025, às 14:17, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2449597** e o código CRC **0C217138**.

---

Avenida General Rodrigo Octávio, 6200 - Bairro Coroado I Campus Universitário  
Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte - Telefone: (92) 3305-1181 / Ramal 1193  
CEP 69080-900, Manaus/AM, [coordenadorppgi@icomp.ufam.edu.br](mailto:coordenadorppgi@icomp.ufam.edu.br)

---

Referência: Processo nº 23105.041564/2024-13

SEI nº 2449597

Dedico esta dissertação à minha mãe, cuja força e sabedoria foram sempre fontes de inspiração e exemplo de perseverança. Foi com seu amor e apoio incondicional que trilhei este caminho, acreditando que a educação liberta e transforma.

---

# AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, cuja presença constante foi fundamental em minha jornada.

Expresso minha profunda gratidão aos meus pais, Elena Cavalcante e Raimundo Silva, cujo empenho incansável em me proporcionar as melhores condições possibilitou a conclusão desta etapa. Sua dedicação e amor incondicional foram essenciais para que eu pudesse alcançar meus objetivos acadêmicos.

À minha esposa, minha eterna companheira, por sua compreensão, paciência e apoio inabalável, especialmente nas noites longas e nos momentos de sacrifício. Juntos, compartilhamos os sonhos que me impulsionaram a seguir adiante.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. José Francisco Magalhães Netto, por sua orientação e apoio ao longo do processo de pesquisa. Sua experiência e incentivo foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Sou grato à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo suporte financeiro e institucional.

Finalmente, meus sinceros agradecimentos aos meus companheiros de jornada: Arcanjo Miguel, Matheus Freitas, Fabiann Matthaus, Joethe Carvalho, Ramayana Assunção e Angela Vieira, por compartilharem seus conhecimentos e por todas as contribuições.

*A diferença entre tentar e triunfar está na determinação em seguir em frente apesar dos  
obstáculos.*

SETH GODIN

# ERPLab: Laboratório Remoto de Ensino Robótica de Programação

Autor: Ronilson Cavalcante da Silva

Orientador: Dr. José Francisco de Magalhães Netto

## Resumo

Esta dissertação apresenta o ERPLab, uma plataforma educacional projetada para fomentar a participação e a diversidade no ensino de programação e robótica. O ERPLab integra conceitos de engenharia e de programação, com o objetivo de tornar o ensino de ciências mais acessível, especialmente em regiões remotas ou com recursos limitados. A ferramenta é versátil e reconfigurável, concebida para atender diferentes cenários de ensino da programação robótica, proporcionando uma experiência de aprendizado prática e instigante, que estimula a exploração ativa e o desenvolvimento de competências em robótica.

O cenário aplicado nesta dissertação destaca a utilização de estufas automatizadas e braços robóticos impressos em 3D. Essas ferramentas foram desenvolvidas para capacitar os alunos no monitoramento das condições de temperatura e umidade do solo, integrando sensores e dispositivos tecnológicos para facilitar a compreensão desses processos. O braço robótico, elemento central do sistema, é capaz de realizar movimentos precisos em três posições, correspondendo à localização dos vasos de plantas na estufa automatizada. Equipado com uma mangueira, o braço permite a irrigação das plantas de forma automática, acionada conforme os dados fornecidos pelos sensores de umidade do solo. Dessa forma, o sistema identifica quando as plantas precisam de irrigação e realiza o processo automaticamente, conforme a programação

definida pelo usuário. Esse modelo favorece a criatividade dos usuários, permitindo a personalização do comportamento do sistema por meio da programação de funções.

A funcionalidade do ERPLab foi validada em um cenário de cuidado de plantas, monitorando as condições de temperatura e umidade do solo. Para tanto, foram utilizados componentes amplamente reconhecidos no ensino de robótica, como servo motores MG995, placas Arduino, sensores de temperatura e umidade, LEDs, módulos ESP32 para controle e comunicação, e uma bomba de água para irrigação. A integração desses dispositivos proporcionou uma experiência prática e imersiva aos usuários, estimulando a aprendizagem por meio da interação com o sistema.

Os resultados obtidos indicaram um impacto positivo no processo de aprendizagem, com especial relevância em regiões com infraestrutura limitada. A avaliação de usabilidade técnica utilizando o método de Nielsen e métodos de usabilidade pedagógico de Nokelainen revelou uma média geral de satisfação de 2,45, posicionando o ERPLab na faixa de **Alto** (faixa de Alta Concordância: 2,1 - 3,0), conforme os critérios de análise estabelecidos. as técnicas de usabilidade de Nielsen e critérios de usabilidade pedagógica de Nokelainen.

O ERPLab permite sua adaptação a diferentes contextos e disciplinas, aproveitando tecnologias como a manufatura aditiva. Essa capacidade de reconfiguração posiciona o ERPLab como uma opção de modelo de laboratório remoto, capaz de atender a uma ampla gama de necessidades educacionais, promovendo a inclusão e a democratização do ensino de robótica e programação.

*Palavras-chave:* Sistema Multiagente, Aprendizagem de programação, Laboratório Virtual, Laboratório Remoto, Robótica Educacional, Tecnologias Educacionais.

# ERPLab: Laboratório Remoto de Ensino Robótica de Programação

Autor: Ronilson Cavalcante da Silva

Orientador: Dr. José Francisco de Magalhães Netto

## Abstract

The scenario presented in this dissertation highlights the use of automated greenhouses and 3D-printed robotic arms. These tools were developed to enable students to monitor soil temperature and humidity, integrating sensors and technological devices to facilitate the understanding of these processes. The robotic arm, a central component of the system, is capable of performing precise movements in three positions, corresponding to the locations of plant pots in the automated greenhouse. Equipped with a hose, the robotic arm enables automatic plant irrigation, triggered based on data provided by soil moisture sensors. The system identifies when irrigation is needed and carries out the process automatically, following a schedule defined by the user. This model fosters users' creativity by allowing them to customize system behavior through function programming.

The functionality of ERPLab was validated within a plant care scenario, monitoring soil temperature and moisture conditions. For this purpose, components widely recognized in robotics education were employed, including MG995 servo motors, Arduino boards, temperature and humidity sensors, LEDs, ESP32 modules for control and communication, and a water pump for irrigation. The integration of these devices provided users with a practical and immersive experience, stimulating learning through interaction with the system.

The results indicated a positive impact on the learning process, with particular significance in regions with limited infrastructure. The technical usability evaluation, based on Nielsen's usability methods, and the pedagogical usability evaluation, using Nookainen's criteria, revealed an overall satisfaction score of 2.45, placing ERPLab in the **High** range (High Agreement range: 2.1 - 3.0) according to the established analysis criteria.

ERPLab's adaptability to various contexts and disciplines is enhanced by its integration of technologies such as additive manufacturing. This reconfigurability positions ERPLab as a robust remote laboratory model, capable of addressing a wide range of educational needs while promoting inclusion and the democratization of robotics and programming education.

*Keywords:* Multiagent System, Programming Learning, Virtual Laboratory, Remote Laboratory, Educational Robotics, Educational Technologies.

---

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLP Controlador Lógico Programável

CPE Ambiente de Controle e Programação de Robô Móvel

CSS Cascading Style Sheets

DH Denavit-Hartenberg

EA Economicamente Acessíveis

ERPLab Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação

HTML HyperText Markup Language

IA Inteligência Artificial

IoT Internet of Things

LR Laboratório Remoto

LV Laboratório Virtual

MA Metodologias Ativas

PHP Hypertext Preprocessor

RE Robótica Educacional

RLMS Remote Labs Learning Environment

RSL Revisão Sistemática da Literatura

SAI Sala de Aula Invertida

SGLR Sistemas de Gerenciamento de Laboratórios Remotos

SMA Sistema MultiAgente

STEAM Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol

UPLAT Universal Platform for Laboratory Assessment and Testing

VAL II Linguagem de Programação para Robôs Industriais

---

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Visão geral da metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa. . . . .                                                                                               | 31 |
| Figura 2 – Fluxo do processo de pesquisa bibliográfica: esta figura representa o sequenciamento das etapas utilizadas no método de pesquisa bibliográfica adotado neste estudo. . . . . | 33 |
| Figura 3 – Representação do histórico da pesquisa. . . . .                                                                                                                              | 36 |
| Figura 4 – Relação Cliente-servidor descrita pelo autores . . . . .                                                                                                                     | 41 |
| Figura 5 – Fases do Processo de Revisão Sistemática da Literatura . . . . .                                                                                                             | 54 |
| Figura 6 – Arquitetura do ERPLab . . . . .                                                                                                                                              | 71 |
| Figura 7 – Braço robótico personalizado com o Tinkercad . . . . .                                                                                                                       | 76 |
| Figura 8 – Fatiamento da Base do Braço Robótico no Ultimaker Cura . . . . .                                                                                                             | 77 |
| Figura 9 – Base do braço robótico sendo impresso Ender 3 . . . . .                                                                                                                      | 78 |
| Figura 10 – Braço robótico pronto para operação . . . . .                                                                                                                               | 80 |
| Figura 11 – Braço Robótico em Funcionamento com Vasos 3D (Vaso 1, Vaso 2, Vaso 3) . . . . .                                                                                             | 81 |
| Figura 12 – Estrutura do ERPLabSERVER: Posicionamento da Bomba d'Água . .                                                                                                               | 82 |
| Figura 13 – Estrutura do ERPLabSERVER: Componentes Arduino e Shields . . .                                                                                                              | 84 |
| Figura 14 – Módulo Inicial do ERPLab . . . . .                                                                                                                                          | 86 |
| Figura 15 – Módulo de Login do ERPLab . . . . .                                                                                                                                         | 87 |
| Figura 16 – Módulo de Cadastro do ERPLab . . . . .                                                                                                                                      | 88 |
| Figura 17 – Módulo de Agendamento do ERPLab . . . . .                                                                                                                                   | 89 |
| Figura 18 – Módulo Observatório do ERPLab . . . . .                                                                                                                                     | 90 |

|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 19 – Módulo Manipulação Remoto do ERPLab . . . . .                                                                | 91  |
| Figura 20 – Ambiente de desafios e Nivelamento: Garantindo a Preparação dos<br>Usuários para o Ambiente Editor . . . . . | 93  |
| Figura 21 – Módulo Ambiente Editor do ERPLab . . . . .                                                                   | 95  |
| Figura 22 – Módulo Professor do ERPLab . . . . .                                                                         | 95  |
| Figura 23 – Módulo Professor do ERPLab Gerenciamento de Turmas . . . . .                                                 | 97  |
| Figura 24 – Módulo Professor do ERPLab Adicionar Questão . . . . .                                                       | 98  |
| Figura 25 – Módulo Professor do ERPLab Relatório da Turma . . . . .                                                      | 99  |
| Figura 26 – Módulo Administrador do ERPLab . . . . .                                                                     | 102 |
| Figura 27 – Módulo de Instruções em Vídeo do ERPLab com Aulas Introdutórias<br>para Robótica com Arduino . . . . .       | 104 |
| Figura 28 – Estudantes utilizando a ferramenta. . . . .                                                                  | 110 |
| Figura 29 – Resultado das opiniões sobre a experiência prática dos estudantes. .                                         | 113 |
| Figura 30 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) . . . . .                                                  | 151 |

---

## LISTA DE TABELAS

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 – Objetivo conforme paradigma GQM . . . . .                          | 49  |
| Tabela 2 – Tabela de Expressões de Busca. . . . .                             | 51  |
| Tabela 3 – Critérios de Inclusão e Exclusão . . . . .                         | 52  |
| Tabela 4 – Resultados obtidos com a String de Busca. . . . .                  | 53  |
| Tabela 5 – Strings de pesquisa aplicadas em bibliotecas digitais. . . . .     | 55  |
| Tabela 6 – Recursos de Laboratório faz o uso da Programação de Ensino . . . . | 58  |
| Tabela 7 – Tabela Comparativa de Estudos sobre Laboratórios . . . . .         | 68  |
| Tabela 8 – Itens da Lista de Verificação de Usabilidade Técnica . . . . .     | 119 |
| Tabela 9 – Itens da Lista de Verificação de Usabilidade Pedagógica . . . . .  | 123 |
| Tabela 10 – Resultados da Usabilidade Técnica . . . . .                       | 124 |
| Tabela 11 – Resultados da Usabilidade Pedagógica . . . . .                    | 125 |
| Tabela 12 – Descrição das Faixas de Pontuação . . . . .                       | 127 |

---

# SUMÁRIO

|            |                                                   |           |
|------------|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>                                 | <b>22</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Contextualização</b>                           | <b>22</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Definição do Problema</b>                      | <b>24</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Justificativa</b>                              | <b>25</b> |
| <b>1.4</b> | <b>Objetivos</b>                                  | <b>26</b> |
| 1.4.1      | Objetivo Geral                                    | 26        |
| 1.4.2      | Objetivos Específicos                             | 27        |
| <b>1.5</b> | <b>Metodologia</b>                                | <b>27</b> |
| <b>1.6</b> | <b>Histórico da Pesquisa</b>                      | <b>35</b> |
| <b>1.7</b> | <b>Organização do Trabalho</b>                    | <b>36</b> |
| <b>1.8</b> | <b>Conclusão do Capítulo</b>                      | <b>37</b> |
| <b>2</b>   | <b>FUNDAMENTOS</b>                                | <b>39</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Conceitos Relacionados</b>                     | <b>39</b> |
| 2.1.1      | Laboratório Remoto de Robótica                    | 39        |
| 2.1.2      | Sistemas de Gerenciamento de Laboratórios Remotos | 41        |
| 2.1.3      | Robótica Educacional                              | 42        |
| 2.1.4      | Programação com Robôs                             | 44        |
| 2.1.5      | Sistema Multiagente                               | 45        |
| <b>2.2</b> | <b>Conclusão do Capítulo</b>                      | <b>46</b> |
| <b>3</b>   | <b>TRABALHOS CORRELATOS</b>                       | <b>47</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Trabalhos Relacionados</b>                     | <b>47</b> |
| 3.1.1      | Revisão Sistemática da Literatura                 | 48        |
| 3.1.1.1    | Objetivos                                         | 49        |

|            |                                                                                                                                                           |           |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.1.2    | Questão de Pesquisa . . . . .                                                                                                                             | 49        |
| 3.1.1.3    | Estratégia de Busca . . . . .                                                                                                                             | 50        |
| 3.1.1.4    | Idioma . . . . .                                                                                                                                          | 50        |
| 3.1.1.5    | Expressão de Busca . . . . .                                                                                                                              | 50        |
| <b>3.2</b> | <b>Discussão e Análise dos Resultados . . . . .</b>                                                                                                       | <b>53</b> |
| 3.2.1      | Resultados e Discussões . . . . .                                                                                                                         | 53        |
| 3.2.2      | Q1: Quais são as principais aplicações dos laboratórios virtuais e remotos? . . . . .                                                                     | 55        |
| 3.2.3      | Q2: Como os laboratórios virtuais e remotos podem facilitar o ensino de programação? . . . . .                                                            | 57        |
| 3.2.4      | Q3: Quais metodologias ou estratégias de ensino estão sendo utilizadas em laboratórios virtuais e remotos de robótica . . . . .                           | 61        |
| 3.2.5      | Q4: Como os laboratórios virtuais e remotos de robótica podem ser utilizados para promover a inclusão e a diversidade no ensino de programação? . . . . . | 64        |
| <b>3.3</b> | <b><i>Snowballing</i> . . . . .</b>                                                                                                                       | <b>66</b> |
| <b>3.4</b> | <b>Comparação de Estudos Revisados . . . . .</b>                                                                                                          | <b>66</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Conclusão do Capítulo . . . . .</b>                                                                                                                    | <b>67</b> |
| <b>4</b>   | <b>PROPOSTA . . . . .</b>                                                                                                                                 | <b>69</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Visão Geral do Sistema . . . . .</b>                                                                                                                   | <b>69</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Arquitetura do ERPLab . . . . .</b>                                                                                                                    | <b>70</b> |
| 4.2.1      | Principais Usuários e suas Funções na Arquitetura do Sistema                                                                                              | 71        |
| 4.2.1.1    | Usuários . . . . .                                                                                                                                        | 72        |
| 4.2.1.2    | Professor: . . . . .                                                                                                                                      | 72        |
| 4.2.1.3    | Aluno: . . . . .                                                                                                                                          | 72        |
| 4.2.1.4    | Administrador: . . . . .                                                                                                                                  | 72        |
| 4.2.2      | Agentes . . . . .                                                                                                                                         | 73        |
| 4.2.2.1    | Agente Educacional: . . . . .                                                                                                                             | 73        |
| 4.2.2.2    | Agente Assistente: . . . . .                                                                                                                              | 73        |
| 4.2.2.3    | Agentes Robóticos: . . . . .                                                                                                                              | 73        |

|            |                                                                                                 |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.2.4    | Agente Administrativo: . . . . .                                                                | 73        |
| 4.2.3      | Módulos do Sistema . . . . .                                                                    | 73        |
| 4.2.3.1    | Módulo de Estudo e Análise: . . . . .                                                           | 74        |
| 4.2.3.2    | Módulo de Codificação e Experimentação: . . . . .                                               | 74        |
| 4.2.3.3    | Módulo de Manipulação Robótica: . . . . .                                                       | 74        |
| 4.2.3.4    | Módulo de Controle de Acesso e Cadastro: . . . . .                                              | 74        |
| 4.2.4      | Banco de Dados . . . . .                                                                        | 74        |
| 4.2.5      | Fluxo de Operações . . . . .                                                                    | 75        |
| <b>4.3</b> | <b>Braço Robótico: Personalização e Impressão 3D . . . . .</b>                                  | <b>75</b> |
| 4.3.1      | Estrutura do Braço Robótico Pronto . . . . .                                                    | 79        |
| <b>4.4</b> | <b>Ambiente Físico ERPLab . . . . .</b>                                                         | <b>79</b> |
| <b>4.5</b> | <b>Organização do ERPLabSERVER . . . . .</b>                                                    | <b>82</b> |
| <b>4.6</b> | <b>Desenvolvimento das Interfaces do ERPLab . . . . .</b>                                       | <b>84</b> |
| 4.6.1      | Módulo Inicial do Sistema ERPLab . . . . .                                                      | 85        |
| 4.6.2      | Módulo de login do ERPLab . . . . .                                                             | 85        |
| 4.6.3      | Módulo Cadastro do ERPLab . . . . .                                                             | 86        |
| 4.6.4      | Módulo de Agendamento do ERPLab . . . . .                                                       | 87        |
| 4.6.5      | Módulo Observatório do ERPLab . . . . .                                                         | 89        |
| 4.6.6      | Módulo Manipulação ERPLab . . . . .                                                             | 90        |
| 4.6.7      | Ambiente de Desafios e Nivelamento . . . . .                                                    | 92        |
| 4.6.8      | Módulo Ambiente Editor do ERPLab . . . . .                                                      | 93        |
| <b>4.7</b> | <b>Módulo Professor do ERPLab . . . . .</b>                                                     | <b>94</b> |
| 4.7.1      | Gerenciamento de Turmas . . . . .                                                               | 95        |
| 4.7.2      | Lista de Turmas . . . . .                                                                       | 96        |
| 4.7.3      | Adicionar Aluno na Turma . . . . .                                                              | 97        |
| 4.7.4      | Adicionar Questões . . . . .                                                                    | 97        |
| 4.7.5      | Relatórios por Gráficos . . . . .                                                               | 99        |
| 4.7.6      | Importância do Módulo Professor para o Laboratório Remoto<br>de Ensino de Programação . . . . . | 100       |
| 4.7.7      | Benefícios do Módulo Professor . . . . .                                                        | 100       |

|             |                                                                          |            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4.8</b>  | <b>Módulo Administrador do ERPLab</b>                                    | <b>101</b> |
| <b>4.9</b>  | <b>Módulo de Instruções em Vídeo do ERPLab</b>                           | <b>101</b> |
| 4.9.1       | Descrição do Módulo de Instruções em Vídeo                               | 102        |
| 4.9.2       | Acesso ao Vídeo Tutorial                                                 | 103        |
| 4.9.3       | Aulas Iniciais para Usuários de Robótica com Arduino                     | 103        |
| <b>4.10</b> | <b>Conclusão do Capítulo</b>                                             | <b>104</b> |
| <b>5</b>    | <b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>                                            | <b>106</b> |
| <b>5.1</b>  | <b>Primeira Fase de Avaliação</b>                                        | <b>108</b> |
| 5.1.1       | Resultados e Discussões                                                  | 109        |
| 5.1.2       | Questionário para percepção dos estudantes                               | 109        |
| 5.1.3       | Percepções Obtidas                                                       | 110        |
| <b>5.2</b>  | <b>Conclusões sobre as Respostas à Questão:</b>                          | <b>113</b> |
| 5.2.1       | Você Encontrou Alguma Dificuldade ao Usar o LR ERPLab? Se<br>Sim, Quais? | 113        |
| 5.2.2       | Comparação com a Realidade Geográfica da Amazônia                        | 114        |
| 5.2.3       | Resultado da Primeira Avaliação                                          | 115        |
| <b>5.3</b>  | <b>Segunda Avaliação da Usabilidade Técnica e Pedagógica</b>             | <b>116</b> |
| 5.3.1       | CrITÉrios de Usabilidade Técnica                                         | 116        |
| 5.3.2       | CrITÉrios de Usabilidade Pedagógica                                      | 116        |
| 5.3.3       | Metodologia de Avaliação                                                 | 117        |
| 5.3.4       | Ferramentas e Referências                                                | 117        |
| 5.3.5       | Checklists de Usabilidade                                                | 118        |
| <b>5.4</b>  | <b>Avaliação da Usabilidade Técnica e Pedagógica</b>                     | <b>123</b> |
| 5.4.1       | Tabela T - Usabilidade Técnica                                           | 124        |
| 5.4.2       | Tabela P - Usabilidade Pedagógica                                        | 125        |
| 5.4.3       | Cálculo da Média das Avaliações de Usabilidade Técnica e Pe-<br>dagógica | 125        |
| 5.4.3.1     | Usabilidade Técnica                                                      | 125        |
| 5.4.3.2     | Usabilidade Pedagógica                                                   | 126        |
| 5.4.4       | Média Geral Final                                                        | 126        |

|                    |                                       |            |
|--------------------|---------------------------------------|------------|
| <b>5.5</b>         | <b>Pontuação e Variação</b>           | <b>127</b> |
| 5.5.1              | Pontuações Médias                     | 128        |
| <b>5.6</b>         | <b>Conclusão</b>                      | <b>128</b> |
| <b>5.7</b>         | <b>Análise e Comentários</b>          | <b>129</b> |
| 5.7.1              | Principais Vantagens                  | 129        |
| 5.7.2              | Principais Desafios                   | 130        |
| 5.7.3              | Sugestões de Melhoria                 | 130        |
| 5.7.4              | Interpretação da Média                | 132        |
| 5.7.5              | Principais Áreas para Aperfeiçoamento | 132        |
| <b>5.8</b>         | <b>Conclusão do Capítulo</b>          | <b>133</b> |
| <b>6</b>           | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>           | <b>136</b> |
| <b>6.1</b>         | <b>Contribuições</b>                  | <b>137</b> |
| <b>6.2</b>         | <b>Limitações</b>                     | <b>138</b> |
| <b>6.3</b>         | <b>Trabalhos Futuros</b>              | <b>139</b> |
| <b>Referências</b> |                                       | <b>141</b> |
| <b>APÊNDICE A</b>  | <b>APÊNDICE</b>                       | <b>147</b> |
| <b>B</b>           | <b>ANEXOS</b>                         | <b>151</b> |

# 1

---

## INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o cenário das tecnologias, descrições dos problemas que foram identificados e abordados, os objetivos que nortearam esta pesquisa, assim como as justificativas que motivaram o desenvolvimento desta proposta.

### 1.1 Contextualização

Com o crescente uso das tecnologias os laboratórios remotos se configuram como uma ferramenta valiosa para o aprendizado dos alunos, viabilizando um amplo acesso aos experimentos e interação em tempo real com o sistema do laboratório para realização das práticas, visualizando e analisando o comportamento dos componentes do experimento remoto ([CARDOSO et al., 2020](#)).

Os laboratórios remotos estão ganhando cada vez mais importância no setor educacional, atraindo um interesse significativo nos últimos anos na tentativa de personalizar e melhorar a aprendizagem dos alunos ([INJADAT et al., 2020](#)). Como em muitas outras áreas, o ensino está descobrindo o potencial desses ambientes no processo de aprendizagem. Certamente aumentam a eficiência e a qualidade do ensino e aprendizagem ([ALDOWAH; AL-SAMARRAIE; FAUZY, 2019](#)).

Com o surgimento da COVID-19 tem-se percebido algumas dificuldades para a educação em todo mundo. Uma das principais mudanças ocasionadas pela pandemia foi a necessidade de se adaptar ao ensino remoto em um curto período de tempo, o que

resultou em uma brusca ruptura no meio educacional ([AVELINO; MENDES, 2020](#)).

Uma das áreas afetadas pela pandemia foi o ensino da programação com *arduino*, que requer a utilização de laboratórios específicos para o desenvolvimento de projetos práticos. Com a impossibilidade de acesso aos laboratórios devido às medidas de distanciamento social, muitos professores e educadores têm buscado soluções para continuar a ensinar programação com *arduino* de forma remota.

Uma possível solução para esta questão é o uso de laboratórios remotos ou simuladores de *Arduino*, que permitem aos alunos desenvolver projetos em um ambiente virtual sem a necessidade de acesso físico aos equipamentos. Estes simuladores podem ser facilmente integrados ao ensino remoto e possibilitar a realização de atividades práticas de forma remota. De acordo com [Diesel, Baldez e Martins \(2017\)](#), o processo de ensino e aprendizagem deve buscar capacitar o aluno a ultrapassar os níveis de mera memorização da disciplina. O formato tradicional, ainda comumente utilizado por muitos educadores, não estimula o desenvolvimento do pensamento crítico e da habilidade de solução de problemas do aluno. Isso tem como consequência a falta de preparação para o mundo profissional e, portanto, não atende às necessidades atuais de forma satisfatória ([BRACKMANN, 2017](#)).

Para superar essas limitações, metodologias ativas (MA) são uma alternativa contemporânea de ensino. De acordo com [Tavares et al. \(2020\)](#), elas podem ser definidas pela busca da autonomia do aluno no seu próprio processo de aprendizagem. Baseadas em uma educação crítico-reflexiva, que estimula o pensamento crítico e a colaboração entre professores e alunos ([MACEDO et al., 2018](#)). Dentro desta abordagem, existem diferentes formatos de aprendizagem, como Aprendizagem Baseada em Projetos, Aprendizagem Baseada em Problemas, Gamificação, Sala de Aula Invertida (SAI), Cultura Maker, entre outros.

Além disso, vários autores têm sugerido a implementação de metodologias ativas e baseadas em projetos para o ensino de programação com *Arduino*. Estas metodologias buscam promover a aprendizagem autônoma e o trabalho em equipe, possibilitando aos alunos aplicarem os conceitos aprendidos em situações reais ([SOARES, 2021](#)).

A pandemia de COVID-19 causou um período de desafios para a educação,

especificamente no que diz respeito ao ensino da programação com arduino. No entanto, o uso de laboratórios virtuais e metodologias ativas baseadas em projetos são algumas das soluções possíveis para continuar oferecendo um ensino eficaz e de qualidade nessa área, mesmo em tempos de ensino remoto.

Diante do cenário exposto, esta pesquisa tem como proposta a elaboração de Laboratórios Remotos de Ensino de Programação, onde os alunos aprenderão a programar. Esses espaços possibilitam a capacitação de um maior número de alunos, a redução dos custos da instituição com laboratórios presenciais, a autonomia dos alunos na aprendizagem, maior flexibilidade de horários para experimentos e a aquisição de dados com modelos reais. Dessa forma, a pesquisa explorará a eficácia dos laboratórios remotos no ensino da programação, comparando-a com o ensino tradicional em laboratórios presenciais. Além disso, será realizada uma avaliação de usabilidade para determinar o potencial dos laboratórios remotos. Para avaliar a efetividade dos laboratórios remotos no ensino da programação, serão realizadas entrevistas com professores e alunos, além da aplicação de questionários e avaliações de desempenho.

## 1.2 Definição do Problema

A maioria dos estudantes das escolas públicas ingressam no ensino médio sem ter tido experiência com programação. Dessa maneira, não é fácil para os alunos compreenderem os conceitos envolvidos em lógica de programação e ao mesmo tempo conhecerem a sintaxe da linguagem. De acordo com [Tan, Ting e Ling \(2009\)](#) essas disciplinas têm sido consideradas um desafio aos alunos e os conteúdos são difíceis de aprender. Levando em consideração o momento atual nas escolas públicas de ensino médio, torna-se cada vez mais complexo para o professor detectar as dificuldades individuais ou coletivas. Frequentemente, este reconhecimento só é notado por meio dos resultados das notas finais que fazem parte do método avaliativo que compõe o processo educacional ([SOBRAL, 2018](#)). O ambiente educacional é composto por três elementos: professor, aluno e ambiente. A interação entre estes elementos gera uma grande quantidade de dados que podem ser agrupados de maneira sistemática para obter informações valiosas. O

agrupamento de dados permite que os acadêmicos prevêm o desempenho dos alunos, identifiquem diferentes estilos de aprendizagem e comportamentos, e melhorem o desempenho institucional coletivamente (DUTT; ISMAIL; HERAWAN, 2017). Considerando a quantidade de dados gerados pelos sistemas de apoio ao ensino e aprendizagem (COSTA et al., 2013), o projeto propõe criar um ambiente que atraia o interesse dos usuários pela programação em robótica. Para isso, serão utilizados módulos e sensores robóticos totalmente programados com base na web, para ajudar os alunos a desenvolver conhecimentos básicos de programação robótica. A Questão de Pesquisa desta investigação é: de que forma um laboratório remoto de robótica motiva os usuários a aprender programação, baseado em experiências práticas que permitam a assimilação de conteúdos teóricos?

### 1.3 Justificativa

Em março de 2020, devido à pandemia de COVID-19, o Ministério da Educação decretou a suspensão temporária das atividades presenciais em escolas e universidades. Como resultado, muitos professores tiveram que se adaptar e utilizar recursos digitais para continuar ministrando aulas. Isso os obrigou a migrarem para o ensino online, transportando suas metodologias e práticas pedagógicas típicas de ambientes presenciais para o ensino remoto de emergência (JOYE; MOREIRA; ROCHA, 2020).

O ensino médio encontra desafios devido às diferentes origens acadêmicas dos alunos e instrutores, bem como à disponibilidade limitada ou falta de equipamentos modernos para aplicar os conceitos teóricos. Para que a maioria dos alunos da escola pública possa aprender robótica, é importante incluir componentes práticos em laboratórios ou exercícios de mão. Embora as universidades com financiamento geralmente tenham equipamentos disponíveis, eles são usados apenas por um curto período de tempo. Além disso, os alunos têm diferentes habilidades de aprendizagem, e alguns podem querer avançar além do currículo exigido, mas não têm a oportunidade devido à falta de disponibilidade de equipamentos e à necessidade de supervisão.

A educação online e remota tem ajudado a aliviar alguns desafios, oferecendo

ferramentas de gerenciamento de sala de aula online e permitindo que os alunos tenham acesso a professores renomados ao clicar em um botão. No entanto, ainda há muito a ser feito para tornar o ensino de cursos online com componentes laboratoriais significativos. Alguns cursos online abertos em larga escala superaram esses desafios com kits eletrônicos padronizados e acessíveis, que os alunos comprem e usam para seus experimentos (RUKANGU; TUTTLE; JOHNSEN, 2021).

Dessa forma, fica evidente a necessidade de se desenvolver um laboratório remoto para ensinar a programação, a fim de auxiliar os estudantes a aprimorar sua habilidade especificamente em problemas de lógica de programação e programação com robôs. Isso permitiria o acompanhamento do progresso do conhecimento dos estudantes e ofereceria suporte para o professor, servindo como uma ferramenta pedagógica para a prática de avaliação.

## 1.4 Objetivos

Para atingir o propósito desta pesquisa, foi descrito a seguir o objetivo geral e os objetivos específicos.

### 1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar a arquitetura de um Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação que promova a motivação dos usuários na aprendizagem da programação. O laboratório utilizará recursos interativos e acessíveis, visando tornar o processo de ensino e aprendizagem mais eficiente e atraente. Para validar esses aspectos, serão realizados experimentos que considerarão os critérios de usabilidade técnica, incluindo a análise da interface do usuário, a facilidade de navegação e o desempenho técnico do sistema, bem como os critérios de usabilidade pedagógica, que avaliam a eficácia do sistema em apoiar o aprendizado, a clareza das instruções e a adequação dos recursos pedagógicos. A implementação desses métodos visa aumentar a motivação dos usuários e aprimorar a qualidade do aprendizado no contexto do laboratório remoto.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, a presente pesquisa enumera os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as experiências de uso de Laboratórios Remotos para o Ensino de Programação;
- Elaborar uma proposta de um Laboratório Remoto voltado para o ensino e aprendizagem de Programação Robótica;
- Desenvolver experimentos remotos aplicáveis ao processo de ensino e aprendizagem de Programação de Robôs;
- Avaliar o processo de aprendizagem da abordagem adotada;

## 1.5 Metodologia

A metodologia empregada neste estudo explora as perspectivas da robótica como recurso pedagógico no contexto da Educação 4.0, focando na avaliação empírica de seu impacto educacional. A pesquisa investiga a integração da robótica ao currículo escolar, analisando como essa tecnologia contribui para o desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos, além de promover a inovação pedagógica. Utilizando um laboratório remoto de ensino de programação, a metodologia empregada examina a interação dos estudantes com um ambiente de aprendizagem virtual, onde eles constroem e programam robôs por meio de uma interface de acesso remoto. A análise dos dados, conduzida por meio de métodos quantitativos e qualitativos, oferece uma avaliação abrangente da eficácia desse modelo de ensino, conforme evidenciado por (SILVA, 2024) e (SCALVI, 2024), que examinam a integração da robótica em contextos educacionais por meio de laboratórios remotos.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização de um laboratório remoto de ensino e programação, empregando um estudo empírico como metodologia principal. Este tipo de estudo é crucial para a coleta de dados quali-quantitativos, permitindo uma

análise sobre o número de estudantes e professores envolvidos, a satisfação dos usuários com o software proposto e os resultados dos estudantes ao utilizarem o laboratório remoto. A pesquisa é relevante para compreender a evolução do conhecimento na área e identificar as tendências atuais na educação robótica, conforme destaque por [Lima \(2024\)](#) e [Medeiros e Faria \(2003\)](#). A metodologia adotada não só oferece uma visão detalhada do impacto e eficácia do laboratório remoto, mas também reforça a relevância do estudo empírico na avaliação de ferramentas educacionais inovadoras ([SANTOS, 2022](#)) e ([LEITE, 2020](#)).

Antes de iniciar a pesquisa, será realizada uma revisão dos produtos disponíveis no mercado que apoiam o ensino de robótica nas escolas públicas. Esta revisão inclui a análise de laboratórios remotos existentes, suas funcionalidades e tecnologias utilizadas, com o objetivo de identificar projetos de acesso livre, categorizando-os por natureza, área, instituição, país, condições de acesso e tecnologia empregada. O trabalho culminará na criação de um laboratório remoto que complemente os já existentes, definindo passos claros para sua implementação, incluindo natureza, equipamentos e recursos humanos necessários. Finalmente, será conduzida uma avaliação da abordagem adotada, fornecendo insights valiosos para futuras pesquisas e práticas educacionais.

O ERPLab é composto por três módulos principais, que servem como base para a investigação empírica: Observatório, Manipulação e Ambiente Editor. O Observatório permite aos alunos observar o laboratório remoto em tempo real, proporcionando uma visão geral das operações e atividades em andamento. A metodologia para este módulo inclui a coleta de dados sobre o tempo de observação dos alunos, as atividades visualizadas e a frequência das sessões. Questionários e entrevistas são aplicados para avaliar a percepção dos alunos sobre a eficácia da observação remota e como a visualização influencia a compreensão dos processos. A análise examina a relação entre o tempo e a intensidade da observação e o desempenho acadêmico, buscando entender o impacto da observação remota na compreensão e no interesse dos alunos.

O módulo de Manipulação possibilita a interação direta com o hardware do laboratório remoto, permitindo aos alunos manipular o braço robótico para realizar tarefas como regar plantas, verificar a umidade do solo e controlar LEDs. A metodologia

para este módulo inclui o registro de dados sobre as interações com o braço robótico, incluindo o tipo, a frequência e a eficácia das tarefas realizadas. Observações são feitas sobre as estratégias adotadas pelos alunos e as dificuldades enfrentadas durante a execução das tarefas. Questionários e entrevistas são usados para obter feedback dos alunos sobre a experiência prática, avaliando como a manipulação direta contribui para a consolidação dos conceitos de robótica e a aplicação prática do conhecimento.

O Ambiente Editor oferece aos alunos a capacidade de desenvolver e testar seus próprios códigos e algoritmos, facilitando a prática e a aplicação de habilidades de programação. A metodologia para este módulo envolve a análise dos códigos desenvolvidos pelos alunos, avaliando a complexidade, precisão e eficácia dos algoritmos, além de registrar a frequência de erros e a capacidade de resolução de problemas. As sessões de programação são monitoradas para avaliar o tempo dedicado ao desenvolvimento e à depuração dos códigos. Testes de desempenho são realizados para avaliar a evolução das habilidades de programação dos alunos e investigar como a prática no Ambiente Editor afeta a compreensão dos conceitos de robótica e a capacidade de resolução de problemas.

Adicionalmente, a análise dos dados qualitativos é complementada por métodos de triangulação, que permitem a verificação da consistência entre diferentes fontes e tipos de dados. As entrevistas com usuários e os questionários aplicados proporcionam insights detalhados sobre a experiência de uso do laboratório remoto, incluindo a facilidade de uso, a eficácia dos módulos de ensino e a aplicação prática dos conceitos de robótica. Estes dados são analisados para identificar padrões emergentes, desafios enfrentados pelos usuários e áreas para potencial melhoria, conforme discutido por (GIL, 2008).

Os resultados obtidos são discutidos à luz da literatura existente, comparando-os com estudos anteriores e modelos teóricos relevantes. A análise permite a identificação de tendências e lacunas no ensino de robótica em ambientes remotos, oferecendo recomendações baseadas em evidências para aprimorar a estrutura e a funcionalidade do sistema. O impacto do laboratório remoto é avaliado em termos de sua capacidade de promover a inclusão e a acessibilidade na educação de robótica, especialmente em

contextos com recursos limitados.

Além disso, são considerados aspectos como a adaptabilidade do sistema para diferentes disciplinas e sua escalabilidade para diferentes níveis de ensino. A pesquisa também investiga a percepção dos stakeholders, incluindo professores e administradores, sobre a utilidade do sistema e seu impacto no processo educativo. Essas informações são cruciais para a validação do laboratório remoto como uma ferramenta educativa e para o desenvolvimento de estratégias que garantam a sua contínua relevância e eficiência no cenário educacional.

Finalmente, a pesquisa conclui com uma discussão sobre as implicações dos resultados para a prática pedagógica e para futuras pesquisas na área de robótica educacional. Sugestões para melhorias e direções para investigações futuras são propostas, com o objetivo de contribuir para o avanço do campo e para a evolução contínua de metodologias e tecnologias educacionais.

A Figura 1 apresenta a metodologia utilizada, e as etapas apresentadas são descritas a seguir.

1 - Revisão Bibliográfica - Revisão exploratória informal da literatura para conhecimento inicial do tema analisando a situação do problema apresentado.

2 - Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o propósito de identificar e caracterizar a produção de Sistemas Educacionais que utilizam laboratórios Remotos no ensino da Programação.

3 - Proposta do ERPLab - Nesta etapa foram elaborados todos os requisitos e modelagem do sistema seu funcionamento em geral, arquitetura e aplicação dos aspectos pedagógicos na ferramenta.

4 - Desenvolvimento do Sistema - O ambiente de aprendizado e os agentes que integram a abordagem foram desenvolvidos, implementados e avaliados.

5 - Teste de usabilidade - Avaliações com professores da disciplina de programação, de forma a realizar experimentos iniciais com a plataforma proposta.

6 - Aplicação Empírica - Implementação e avaliação do ERPLab em um ambiente controlado de testes, coletando dados reais sobre a interação dos usuários com o laboratório remoto. A etapa inclui observações diretas, experimentos práticos, entrevistas e

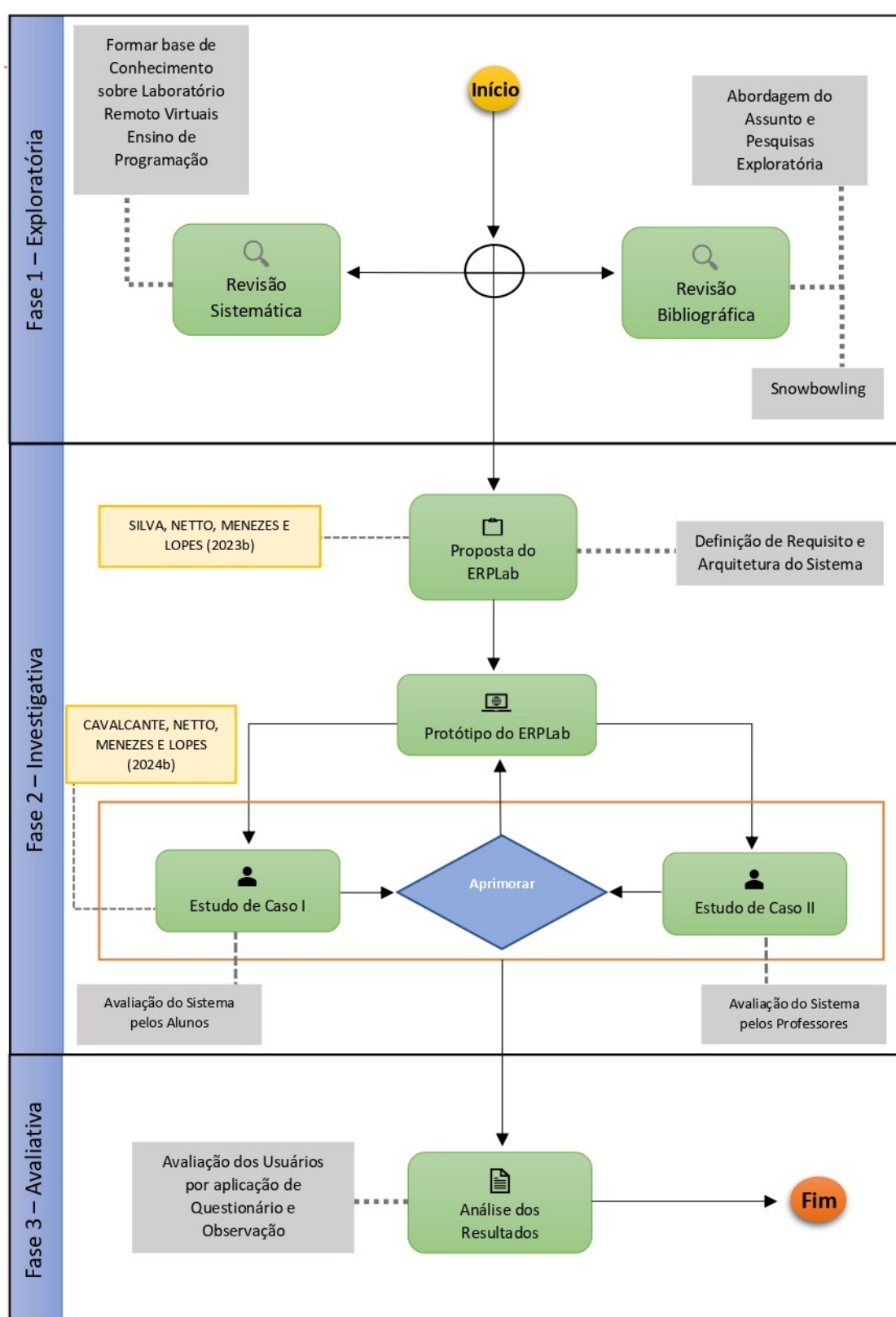


Figura 1 – Visão geral da metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa.

questionários para avaliar o impacto e a eficácia do sistema, envolvendo o ERPLab que foi definido na etapa anterior.

7 - Análise dos Resultados - Coleta dos dados da pesquisa e análise geral das experiências na utilização da plataforma.

A seguir são detalhadas as etapas do desenho de pesquisa, mostradas na Figura 1.

Etapa 1 (Exploratória) Nesta etapa, a metodologia adotada baseou-se em uma pesquisa exploratória, com um extenso estudo da literatura existente sobre os temas que fundamentam a tese. O foco principal foi o estado da arte em Laboratórios Remotos e Virtuais de Aprendizagem, especialmente no contexto do ensino de programação, que é o domínio central deste trabalho.

Essa fase foi crucial para estabelecer a base conceitual necessária, permitindo o avanço da pesquisa.

A pesquisa bibliográfica permitiu acessar um vasto acervo devido à disponibilidade dos bancos de dados bibliográficos e à abundância de artigos científicos. Entretanto, a escolha dos artigos mais pertinentes para construir a argumentação teórica essencial às pesquisas e textos acadêmicos apresentou desafios. Assim, foi desenvolvida uma estratégia para facilitar a identificação dos trabalhos mais relevantes e assegurar a delimitação das fronteiras do conhecimento.

O planejamento da pesquisa foi um dos passos fundamentais que viabilizaram a realização de uma revisão crítica da literatura, o acesso à bibliografia e a elaboração das fichas bibliográficas dos artigos mais relevantes. Este planejamento incluiu a definição de critérios rigorosos para a seleção e análise das fontes, garantindo que os artigos incluídos fossem pertinentes e de alta qualidade. A metodologia de pesquisa foi estruturada para garantir uma abordagem sistemática, com foco na identificação das principais tendências e lacunas na área de robótica educacional.

Durante o processo, foram estabelecidos procedimentos claros para a coleta e organização dos dados bibliográficos, o que facilitou a construção de um banco de dados robusto e acessível. As fichas bibliográficas elaboradas contêm resumos detalhados, análises críticas e informações relevantes que foram essenciais para a compreensão do

estado atual do conhecimento e para a fundamentação teórica do estudo.

A Figura 2 ilustra o fluxo do método de pesquisa bibliográfica empregado neste estudo, destacando as etapas desde a definição dos critérios de inclusão até a análise final dos dados. Esta visualização oferece uma representação concisa das etapas envolvidas, permitindo uma melhor compreensão do processo de revisão e a importância de cada fase para a condução de uma pesquisa rigorosa e bem fundamentada..

O planejamento cuidadoso e a execução metódica garantiram que a revisão crítica da literatura fosse compatível com os objetivos da pesquisa, contribuindo significativamente para a construção da base teórica e metodológica do estudo.

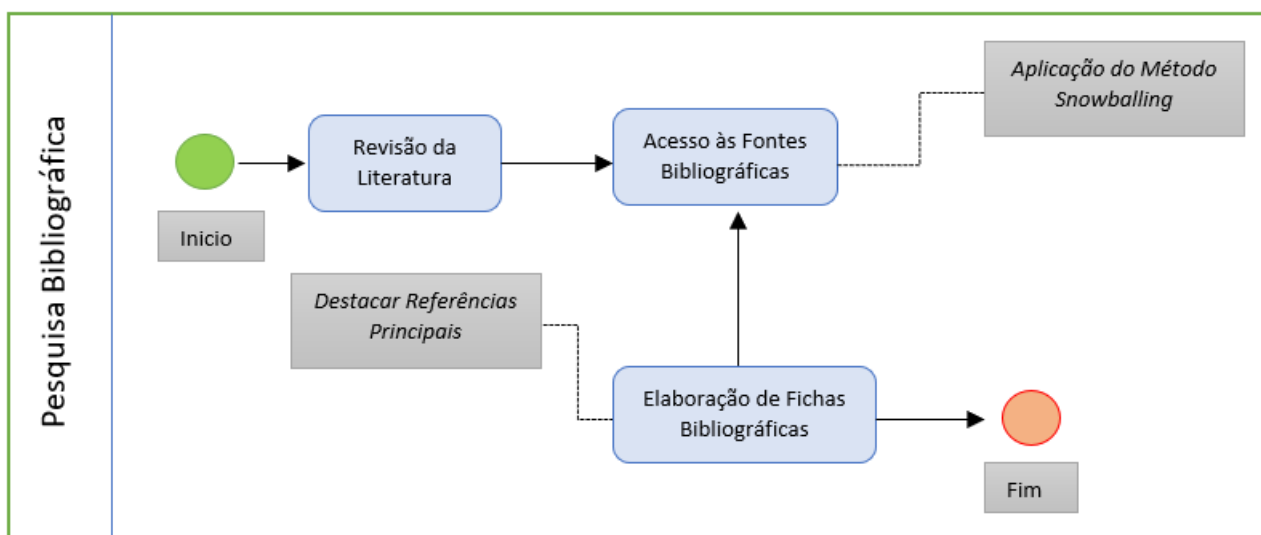


Figura 2 – Fluxo do processo de pesquisa bibliográfica: esta figura representa o sequenciamento das etapas utilizadas no método de pesquisa bibliográfica adotado neste estudo.

Início:

Introdução: Esta fase marca o começo da pesquisa, onde o problema de pesquisa é bem definido e as questões a serem investigadas são delineadas. É o momento de estabelecer os objetivos da pesquisa e o escopo da revisão da literatura.

Meta: Estabelecer uma base sólida para orientar todo o processo de pesquisa, garantindo que as direções e os focos sejam devidamente definidos desde o início.

Revisão da Literatura:

Análise: Nesta etapa, realiza-se uma revisão crítica da literatura existente relacionada ao tema de pesquisa. Isso envolve a análise de estudos anteriores, teorias

relevantes e descobertas principais dentro do campo de estudo específico. Propósito: Compreender o estado atual do conhecimento, identificar lacunas na pesquisa existente e estabelecer um contexto teórico sólido para o trabalho de pesquisa.

#### Acesso às Fontes Bibliográficas:

Exploração: Envolve a busca ativa e a obtenção de uma variedade de fontes bibliográficas, como artigos de periódicos, livros e outros documentos relevantes, por meio de bancos de dados acadêmicos, bibliotecas e outras fontes especializadas. Finalidade: Coletar uma variedade de literatura relevante e pertinente ao tema de estudo, garantindo uma base robusta de informações para análise e síntese.

#### Aplicação do Método Snowballing:

Expansão: O método Snowballing, ou bola de neve, é utilizado para encontrar novos estudos relevantes a partir das referências dos artigos já revisados. Isso inclui tanto referências citadas nos artigos quanto buscas por artigos que citam os artigos relevantes. Objetivo: Ampliar e enriquecer a base de dados bibliográficos, assegurando que as principais obras relacionadas ao tema sejam incluídas na revisão da literatura.

#### Elaboração de Fichas Bibliográficas:

Organização: Consiste na criação de fichas bibliográficas detalhadas para cada estudo selecionado durante a revisão da literatura. Essas fichas incluem informações como resumos, principais conclusões, metodologia utilizada e referências completas. Propósito: Organizar e sintetizar as informações de maneira estruturada para facilitar a consulta, análise e citação durante a redação do trabalho de pesquisa.

#### Destacar Referências Principais:

Identificação: Durante esta etapa, identificam-se e destacam-se as referências mais relevantes e influentes encontradas ao longo da pesquisa bibliográfica. Essas referências chave são aquelas que oferecem insights cruciais, fundamentam a argumentação teórica e contribuem significativamente para o avanço do conhecimento no campo de estudo.

Meta: Garantir que os estudos mais relevantes, impactantes e pertinentes sejam destacados e utilizados de maneira apropriada na revisão da literatura e no desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

## 1.6 Histórico da Pesquisa

O histórico da pesquisa compreende eventos do passado que justificam o presente e podem antecipar o futuro, por meio das ações e causas identificadas. O método histórico envolve o estudo, compreensão e explicação de eventos passados. Nesse sentido, o objetivo de uma pesquisa científica é entender as ocorrências passadas, seus resultados, causas e efeitos, ajudando a compreender processos, modelos e métodos históricos utilizados em determinados contextos para gerar resultados de pesquisa baseados em fatos.

Neste contexto, a Figura 2 apresenta as etapas do desenvolvimento da pesquisa ao longo dos cinco semestres do programa de Mestrado. A pesquisa da Tese teve início em agosto de 2021, com previsão de conclusão em agosto de 2024. Para garantir que todas as metas fossem alcançadas dentro do prazo, foi elaborado um cronograma detalhado, especificando as atividades a serem realizadas em cada fase do programa.

No segundo semestre de 2021 ao primeiro semestre de 2022, a pesquisa se concentrou em cursar as disciplinas obrigatórias do mestrado e em realizar a revisão da literatura e a definição do problema de pesquisa. No segundo semestre de 2022, foi realizada a revisão sistemática, a modelagem do braço robótico, e a impressão do braço robótico utilizando uma impressora 3D. Durante o primeiro semestre de 2023, foram realizados o curso de proficiência em inglês, o planejamento de implementação do ERPLab, e a qualificação de mestrado. No segundo semestre de 2023, ocorreram a montagem e os testes funcionais do braço robótico, bem como a implementação de recursos, testes de funcionalidade do laboratório remoto e a coleta de feedback para melhorias futuras.

O primeiro semestre de 2024 foi dedicado à publicação de artigos e à finalização da redação da dissertação. Especificamente, foram publicados os artigos "ERPLab: Remote Laboratory for Teaching Robotics and Programming" e a coautoria no artigo sobre o Dashboard para STI. Além disso, foram realizados testes de usuário e ajustes finais no ERPLab, o que resultou na escrita do artigo "Percepções dos Estudantes sobre o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação ERPLAB".

No segundo semestre de 2024, o foco foi na preparação final para a defesa,

incluindo a aceitação e apresentação do artigo no SBIE 2024 - Trilha 2.

O detalhamento e a organização rigorosa das etapas garantiram que o progresso da pesquisa se mantivesse no cronograma, permitindo a obtenção de resultados sólidos e confiáveis ao longo do período de estudo



Figura 3 – Representação do histórico da pesquisa.

## 1.7 Organização do Trabalho

O conteúdo desta proposta está estruturado em capítulos, sendo o presente capítulo o primeiro. Os demais capítulos são definidos nos seus seguintes propósitos:

**Capítulo 2 – Referencial Teórico:** este capítulo apresenta um panorama sobre Laboratórios Remotos e Virtuais, assim como uma explanação a respeito de Robótica Educacional, Sistemas Multiagente e Ensino de Programação com uso da Robótica.

**Capítulo 3 – Trabalhos Correlatos:** Neste capítulo são descritos os trabalhos

identificados na literatura como o estado da arte em Laboratório Remotos e Virtuais de Aprendizagem, com o foco no ensino da programação que é o domínio proposto por este trabalho.

O planejamento da pesquisa foi um dos passos mais cruciais, permitindo a condução de uma revisão crítica da literatura, o acesso a diversas fontes bibliográficas e a criação de fichas bibliográficas para os artigos mais relevantes.

Capítulo 4 – Solução Proposta: este capítulo destina-se a explicar os pontos essenciais para o entendimento do desenvolvimento da proposta, apresentando uma visão geral do cenário de estudo a ser desenvolvido, a construção da ferramenta tecnológica para a pesquisa e mostra o cronograma a ser seguido para a conclusão deste projeto.

Capítulo 5 – Resultados: Neste capítulo, apresentamos os resultados dos testes realizados com três grupos distintos de usuários para avaliar a interação e a eficácia do sistema. Os testes incluíram usuários sem treinamento prévio em robótica e programação, usuários com experiência prévia nessas áreas, e um grupo composto exclusivamente por professores especializados em programação com robótica. Os dados coletados são analisados a facilidade do sistema para diferentes públicos, além de identificar desafios, pontos fortes e sugestões para aprimoramentos.

Capítulo 6 – Considerações Finais: neste capítulo, são destacadas as contribuições da pesquisa, as dificuldades enfrentadas durante o processo e os trabalhos futuros a serem desenvolvidos.

## 1.8 Conclusão do Capítulo

Este capítulo apresentou o cenário atual das tecnologias educacionais, com ênfase no papel crescente dos laboratórios remotos no aprimoramento do ensino e na facilitação do aprendizado prático em contextos variados. A utilização dessas ferramentas tornou-se ainda mais relevante diante dos desafios impostos pela pandemia de COVID-19, que forçou uma rápida transição para o ensino remoto e revelou a necessidade de soluções inovadoras para a continuidade da educação.

Os laboratórios remotos emergem como uma solução promissora, permitindo que alunos e professores superem barreiras físicas e temporais, oferecendo acesso a experimentos e práticas laboratoriais de forma virtual. Esse modelo não apenas amplia o alcance do ensino, mas também contribui para a personalização da aprendizagem, promovendo maior autonomia e flexibilidade para os estudantes.

As dificuldades identificadas no ensino da programação com Arduino durante a pandemia destacam a necessidade urgente de alternativas adequadas para a realização de práticas laboratoriais. O uso de simuladores e ambientes virtuais surge como uma resposta viável, possibilitando a realização de atividades práticas e a aplicação de metodologias ativas que promovem o desenvolvimento do pensamento crítico e a resolução de problemas.

A proposta de um Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação, como descrito, visa abordar essas questões, oferecendo uma ferramenta que não só facilita o aprendizado de programação, mas também reduz custos e proporciona uma experiência de aprendizagem mais flexível e acessível. A pesquisa será conduzida com o objetivo de avaliar a eficácia desses ambientes virtuais comparados aos métodos tradicionais, além de explorar sua usabilidade e impacto na motivação e no desempenho dos alunos.

O desenvolvimento e a implementação do ERPLab refletem um esforço para superar as limitações do ensino presencial e promover uma educação mais adaptada às necessidades contemporâneas. A continuidade desta pesquisa buscará validar as hipóteses levantadas e fornecer insights valiosos sobre a integração da robótica e da programação no ensino remoto. Os próximos capítulos detalharão a fundamentação teórica, trabalhos correlatos e a metodologia adotada para o estudo empírico, estabelecendo uma base sólida para a avaliação e aprimoramento das ferramentas propostas.

## 2

---

# FUNDAMENTOS

**E**ste capítulo tem por objetivo contextualizar a proposta, apresentando teorias a respeito dos temas abordados na pesquisa que sustentam o desenvolvimento desta pesquisa. Neste contexto, será apresentada uma explanação a respeito de Robótica Educacional, Prática de Programação com Robôs, Sistemas Multiagente e Laboratório Remoto de Robótica.

## 2.1 Conceitos Relacionados

### 2.1.1 Laboratório Remoto de Robótica

O laboratório remoto é uma tecnologia que, embora tenha sido utilizada ao longo dos anos, continua sendo relevante, pois permite a realização de experimentos à distância, usando equipamentos e componentes reais. Ao acessar o computador do laboratório remoto, o usuário tem a capacidade de controlar os equipamentos, fazer observações, testar condições e coletar dados do experimento. A instalação de câmeras de vídeo no ambiente do laboratório torna possível acompanhar em tempo real a execução do experimento, oferecendo ao usuário uma visão completa do processo. Muitos educadores perceberam que o uso de ferramentas digitais se tornou uma alternativa viável para a realização de experimentos. Como mencionado por ([FARIAS et al., 2024](#)), a implementação de laboratórios remotos se mostrou essencial nesse contexto. Adicionalmente, ([MARUYAMA, 2024](#)) explora o desenvolvimento e a avaliação do sistema Asimov, que

propõe um ambiente de experimentação remota, permitindo que os alunos realizem atividades práticas de forma eficiente.

Nesse contexto, o uso de laboratórios remotos de robótica, que permitem a realização de experimentos com equipamentos físicos, tem se mostrado uma ferramenta útil para o ensino de programação. Essa abordagem ressalta a importância de um design pedagógico que descentralize o papel do professor e ofereça mais autonomia aos alunos. No contexto da pandemia de COVID-19, que impactou profundamente a saúde e a educação, a integração de tecnologias digitais na educação se torna essencial para enfrentar novos desafios. O ensino híbrido é uma das abordagens que surge para adaptar as práticas pedagógicas às novas exigências educacionais, conforme discutido por [Oliveira et al. \(2021\)](#).

De acordo com [Heradio et al. \(2016\)](#) e ([CHALLCO et al., 2024](#)), para controlar remotamente dispositivos reais, os laboratórios remotos utilizam uma arquitetura cliente-servidor. Um aplicativo baseado na Web do lado do cliente interage com o servidor para controlar e manipular remotamente os equipamentos reais presentes no laboratório e visualizar, por meio de streaming de vídeo, informações sobre as leituras dos sensores, entre outras.

Os requisitos básicos para os ambientes de experimentação remota são:

- Facilidade na instalação e no uso: devem ter instalação e uso simples, e oferecer ao aluno experiências ricas em detalhes e dispor de recursos para suprir a falta de um tutor;
- Acesso pela internet: devem ser acessados somente pela internet, necessitando apenas de um navegador web;
- Sem custos: o único custo para os alunos deve ser o tempo gasto para realizar as atividades e aprender na plataforma.
- Acesso pela internet. Nenhum tipo de software deve ser adquirido pelos alunos, e sem custos ao utilizarem os computadores do laboratório de informática;
- Realismo e interatividade: devem possuir um sistema dinâmico para responder em tempo real as práticas dos alunos. Independente se o ambiente possui dispositivos

reais ou simulados, devem despertar o interesse e curiosidade dos alunos em relação aos resultados reais apresentados;

- Disponibilidade total: sem restrição de tempo ao usar os ambientes de experimentação. com exceção do tempo em que o ambiente está em ajustes.

Seguindo a linha de pensamento de [Oliveira et al. \(2019\)](#), apontam que os laboratórios remotos são baseados em uma estrutura cliente-servidor que utiliza uma conexão TCP/IP. Esta estrutura é composta principalmente por quatro partes: (1) Cliente; (2) Servidor, que é responsável pela troca de informações entre computador local e remoto; (3) Servidor do experimento que atua como gateway entre o equipamentos e os computadores remotos, que controla a planta; e (4) a instalação em si.



Figura 4 – Relação Cliente-servidor descrita pelo autores

Fonte: Adaptado de ([IONESCU et al., 2013](#)) e ([CHEVALIER et al., 2016](#)).

### 2.1.2 Sistemas de Gerenciamento de Laboratórios Remotos

Para facilitar o gerenciamento dos recursos que fazem parte, os sistemas de gerenciamento de laboratórios remotos (SGLR) oferecem kits de ferramentas para facilitar o desenvolvimento e gerenciamento dos recursos dos laboratórios remotos. Estes kits incluem ferramentas para viabilizar o desenvolvimento de novos laboratórios, além de ferramentas de gerenciamento e serviços básicos, como autenticação, autorização e mecanismos de agendamento. De acordo com estudos de ([ORDUNA et al., 2015](#)) e ([MENDES et al., 2016](#)), a maioria dos sistemas de gerenciamento de laboratórios remotos

oferecem essas ferramentas para ajudar os professores e administradores a gerenciar eficientemente os recursos dos laboratórios remotos. A maioria dos experimentos remotos necessita de grupo de atividades comuns incorporadas, incluindo o controle de acesso e gerenciamento de dados. Neste sentido, os Sistemas de Gerenciamento de Laboratórios Remotos ou Remote Labs Learning Environment (RLMS) possuem uma infraestrutura de suporte confiável com o objetivo de gerenciar os componentes administrativos, técnicos e pedagógicos. Entre os principais RLMS estão iLab do (Massachusetts Institute of Technology) (MIT), Weblab Deusto e REALabs.

### 2.1.3 Robótica Educacional

A Robótica Educacional (RE) consiste em uma série de procedimentos para que um robô seja capaz de executar um conjunto de instruções. Na área educacional, é um método de ensino que incentiva o aluno a construir os próprios conhecimentos por meio da realização de uma ação, os kits de montagem de robótica e um espaço físico equipado é destinado para este fim.

Segundo [Campos \(2019\)](#), pode-se dizer que a robótica é um ramo que abrange áreas como computação, eletrônica e até mesmo a mecânica. O surgimento do robô de vários robôs humanoides que criavam outros robôs, simulando uma fabricação em série. Uma vasta literatura de investigação e uma gama de pesquisas abordam diferentes aspectos do uso da robótica no Ambiente escolar ([CAVALCANTI; ACCIOLY; BORBA, 2015](#)).

A Robótica vem sendo um campo que cada vez se consolida como um importante tema de pesquisa educacional, porém expõe uma necessidade de estudos sobre as possíveis contribuições no ensino da programação com alunos do ensino médio e do Superior e em suas diversas áreas tais como: eletricidade, mecânica, física moderna, ondas, termologia e etc.

Segundo estudos, ao realizar atividades pedagógicas com robótica, em algumas escolas, vem se constituindo uma prática interdisciplinar promover o aprendizado de conceitos curriculares utilizando sistemas robóticos que integram o fazer como meio de

aprender ([D'ABREU; MIRISOLA; RAMOS, 2012](#)).

A inserção de recursos tecnológicos no processo de ensino/aprendizagem representa um grande desafio para o Brasil. Este desafio é agravado pela realidade de que uma parcela significativa da população enfrenta dificuldades consideráveis no acesso a recursos computacionais e jogos educativos, tanto nas instituições de ensino quanto em suas residências. A ausência de infraestrutura tecnológica adequada e a falta de acesso a ferramentas digitais podem criar disparidades no aprendizado, afetando negativamente a inclusão digital e limitando as oportunidades educativas para muitos estudantes. Além disso, a integração dessas tecnologias requer não apenas a disponibilidade de recursos, mas também a capacitação dos educadores para utilizar essas ferramentas de maneira produtiva [Santos, Nascimento e Bezerra \(2010\)](#).

Segundo ([II et al., 2018](#)), o ensino de robótica possibilita aos estudantes uma aprendizagem autêntica.

O estudo da robótica é, sem dúvida, uma ferramenta notável para a motivação de jovens, pois é comum encontrar estudantes que se sentem curiosos e engajados com a área. A robótica é uma disciplina multidisciplinar que abrange conhecimentos de várias áreas, como Engenharia Mecânica, Engenharia de Computação e Engenharia Elétrica. Além disso, integra conceitos teóricos de Física, Matemática e até mesmo Filosofia e Artes, entre outras disciplinas relacionadas a aspectos fisiológicos, biológicos, sociais e humanos ([II et al., 2018](#)), (p. 454).

A crescente demanda por práticas educacionais que atendam às necessidades específicas de alunos com altas habilidades ou superdotação tem levado a uma investigação mais profunda sobre metodologias eficientes. Em particular, o uso de tecnologias educacionais, como a robótica, tem se mostrado promissor na promoção de um aprendizado inclusivo e adaptativo.

O estudo "Altas habilidades/superdotação: reflexões e práticas educacionais" ([BARTZ et al., 2022](#)), analisa práticas voltadas para alunos com altas habilidades, com foco em tecnologia e robótica educacional. Disponível no repositório da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a pesquisa explora a implementação dessas práticas para promover a inclusão escolar e destaca como a robótica pode atender às necessidades desses alunos, desenvolvendo suas habilidades e preparando-os para desafios futuros. A pesquisa ressalta a importância de estratégias pedagógicas adaptativas para um ambiente de aprendizagem inclusivo.

[Nunes, Viana e Viana \(2021\)](#), relata que a Quarta Revolução Industrial trouxe consigo a transformação digital e a necessidade de profissionais com novas habilidades

e competências. Para atender a essas demandas, a Educação 4.0 busca inserir novas tecnologias no ambiente educacional, favorecendo o ensino inovador e o aprender fazendo. Nesse contexto, a robótica educacional é vista como um recurso pedagógico importante para auxiliar a transição tecnológico-digital da educação.

O Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação é uma iniciativa pedagógica que busca aproveitar ao máximo as possibilidades da robótica e da programação para o ensino e a aprendizagem. O objetivo é proporcionar aos alunos uma experiência prática e desafiadora, que permita desenvolver suas habilidades técnicas e sua capacidade de pensamento crítico e criativo.

O programa de ensino se baseia em atividades práticas e experimentais, que possibilitam aos alunos experimentar e desenvolver projetos relacionados à robótica e à programação. Dessa forma, é possível promover a aprendizagem baseada na experimentação e na vivência, como defendido pela Educação 4.0. Além disso, o Laboratório Remoto permite que os alunos trabalhem de forma independente e colaborativa, favorecendo o desenvolvimento de suas habilidades sociais e emocionais.

Em resumo, o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação é uma iniciativa pedagógica que busca aproveitar as possibilidades da robótica e da programação para o ensino e a aprendizagem, contribuindo para a formação de profissionais habilitados e preparados para as demandas da Quarta Revolução Industrial.

#### 2.1.4 Programação com Robôs

Robôs são mecanismos automáticos que realizam trabalhos e movimentos semelhantes aos humanos. São controlados por humanos e providos de sistemas eletrônicos. A palavra Robô apareceu pela primeira vez em um teatro, na peça “Robôs Teatrais de Rossum”, do tcheco Karel Capek. Isso foi a 100 anos, mas já naquela época, o robô era símbolo de desenvolvimento tecnológico e grandeza. O estudo incidiu sobre a problemática do ensino da programação onde se procurou aferir, de que forma a utilização de robótica:

- Proporciona a aprendizagem da programação.
- Evidencia no aluno a compreensão dos problemas.

O estudo de ([VARGAS; NICOLAIDES, 2022](#)) discute como a robótica pode ser utilizada no ensino de disciplinas de lógica e linguagem de programação. O artigo apresenta a utilização de robôs como uma ferramenta para ajudar os estudantes a compreender conceitos complexos de lógica e programação de forma prática e concreta. Os resultados do estudo mostraram que a utilização da robótica no ensino dessas disciplinas aumentou a compreensão e o engajamento dos estudantes em relação aos conceitos abordados. Este estudo sugere que a robótica pode ser uma ferramenta valiosa para o ensino de disciplinas relacionadas à lógica e programação, e pode ser considerada para incluir como metodologia pedagógica no ensino.

### 2.1.5 Sistema Multiagente

Um Sistema Multiagente (SMA) é composto por diversos agentes autônomos que interagem entre si para alcançar um objetivo comum. Segundo [Russell e Norvig \(2004\)](#), agentes são entidades que percebem o ambiente ao seu redor por meio de sensores e atuam sobre ele por meio de atuadores, tomando decisões baseadas em suas percepções e objetivos. Em um sistema multiagente, esses agentes colaboram ou competem para resolver problemas complexos que são difíceis ou impossíveis de serem solucionados por um único agente.

De acordo com ([WOOLDRIDGE, 2009](#)), os sistemas multiagente são particularmente úteis em cenários onde a descentralização e a distribuição de tarefas são essenciais, como em aplicações de robótica. Cada agente pode ser programado para realizar tarefas específicas, e a coordenação entre eles é feita por meio de protocolos de comunicação que permitem a troca de informações e a tomada de decisões em conjunto.

No contexto dos laboratórios remotos de ensino e robótica educacional, os conceitos de sistemas multiagente podem ser aplicados para simular cenários onde múltiplos robôs precisam cooperar para atingir um objetivo comum, como montar uma estrutura ou explorar um ambiente desconhecido. Essa abordagem não só ilustra a importância da colaboração entre agentes, mas também proporciona uma plataforma para que os estudantes compreendam a complexidade da programação e coordenação de sistemas

distribuídos.

Além disso, no contexto dos laboratórios remotos, os SMAs são especialmente úteis para gerenciar a interação dos alunos com componentes físicos do laboratório, como sensores, atuadores e câmeras IP, que compõem o ambiente de aprendizado. Como mencionado por [Prado, Mariano e Quintela \(2024\)](#), o uso de nós sensores inteligentes em sistemas embarcados com aprendizado de máquina pode ser relacionado ao monitoramento em tempo real das condições do laboratório, como a umidade das plantas ou a precisão dos movimentos de um braço robótico. Isso permite que os agentes tomem decisões rápidas, otimizando o processo de aprendizado e a interação com os recursos disponíveis no laboratório.

## 2.2 Conclusão do Capítulo

Nesta fundamentação teórica, foram explorados conceitos essenciais relacionados ao desenvolvimento desta dissertação, abordando temas como Laboratório Remoto de Robótica, Sistemas de Gerenciamento de Laboratórios Remotos, Robótica Educacional, Programação com Robôs e Sistema Multiagente. por meio do estabelecimento de um entendimento sólido desses conceitos, foi possível destacar sua relevância no contexto educacional contemporâneo e sua aplicabilidade para o desenvolvimento da proposta em questão.

Seguindo essa compreensão, o próximo capítulo apresentará os trabalhos relacionados, explorando pesquisas anteriores que serviram como base para o desenvolvimento da proposta. Esta análise comparativa situará o trabalho no contexto mais amplo da pesquisa acadêmica, identificando lacunas de conhecimento e oportunidades para uma contribuição original.

Este capítulo teve por objetivo contextualizar a proposta, apresentando teorias relacionadas aos temas abordados na pesquisa que sustenta o desenvolvimento deste trabalho. Nesse contexto, foram explorados tópicos como Robótica Educacional, Prática de Programação com Robôs, Sistemas Multiagente e Laboratório Remoto de Robótica.

## 3

---

# TRABALHOS CORRELATOS

**N**este capítulo, são apresentados os principais trabalhos identificados na literatura, compondo o estado da arte após a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). O objetivo é explorar pesquisas recentes e relevantes que abordam a Robótica Educacional (RE) aplicada ao ensino e aprendizagem de programação, destacando as contribuições e tendências nessa área.

### 3.1 Trabalhos Relacionados

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é uma abordagem que categoriza e resume de forma imparcial as informações existentes sobre uma questão de pesquisa. Esta RSL foi realizada em três etapas: elaboração do protocolo da revisão, extração das informações e análise dos resultados. Além disso, foram analisadas publicações científicas com o objetivo de caracterizar e identificar técnicas utilizadas no desenvolvimento de sistemas que auxiliem no ensino e aprendizado de programação por meio do uso de robôs, sob a perspectiva de pesquisadores no meio acadêmico.

Pela consonância com a proposta deste artigo, é importante iniciar enfatizando que elaboraram uma pesquisa com o propósito de caracterizar e identificar técnicas utilizadas para desenvolver sistemas que auxiliem no ensino e aprendizagem de programação utilizando robôs, do ponto de vista dos pesquisadores no meio acadêmico.

De acordo com [Almeida et al. \(2017\)](#)., os laboratórios remotos ou virtuais estão se tornando cada vez mais populares como ferramentas de ensino para a programação,

pois permitem que os alunos experimentem com código em um ambiente seguro e controlado, sem a necessidade de equipamentos físicos caros. Além disso, os laboratórios remotos possibilitam que os professores acompanhem o progresso dos alunos e forneçam feedback em tempo real, o que contribui para aumentar a interatividade e a colaboração entre eles, tornando o processo de aprendizado mais produtivo. O artigo intitulado "O desenvolvimento de um Laboratório de Robótica e Programação com o apoio de Sistemas Multiagentes (SMA) para auxiliar usuários a aprender habilidades de programação utilizando robôs" destaca como a experimentação científica, vinculada a sistemas de ensino e aprendizagem, tem demonstrado trazer melhorias significativas no processo de aprendizagem.

De acordo com [Gomes, Silva e Teixeira \(2020\)](#), outro artigo, intitulado "Robótica Educacional em Tempos de Pandemia", demonstra a possibilidade de utilização de laboratórios remotos como uma metodologia de ensino simples. O artigo lista e compara softwares simuladores em diversas plataformas, analisando a viabilidade de utilização desses laboratórios. A proposta é apresentar um conjunto de soluções para que os professores possam analisar e selecionar as que melhor se identificam e se adequam às especificidades de suas turmas.

### 3.1.1 Revisão Sistemática da Literatura

A RSL é uma abordagem amplamente utilizada para resumir e categorizar informações relevantes sobre uma determinada questão de pesquisa. Nesse sentido, a revisão sistemática foi conduzida em três fases distintas, incluindo a elaboração do protocolo, extração de informações e análise dos resultados.

O objetivo desta revisão sistemática foi caracterizar e identificar as técnicas utilizadas pelos pesquisadores acadêmicos no desenvolvimento de sistemas de ensino e aprendizagem de programação utilizando robôs. Para alcançar esse objetivo, foram analisadas publicações científicas relevantes e criteriosamente selecionadas.

Essa revisão sistemática da literatura é fundamental para se ter uma compreensão aprofundada do estado da arte da área de ensino e aprendizagem de programação com

robôs. Por meio desse processo, é possível identificar as principais tendências e desafios na área, bem como as lacunas existentes na literatura para orientar futuras pesquisas.

#### 3.1.1.1 Objetivos

O objetivo do protocolo da RSL foi definido conforme o paradigma GQM (Goal-Question-Metric) desenvolvido por [Caldeira e Rombach \(1994\)](#) que define métricas a serem coletadas de forma a atender determinados objetivos, e encontra-se descrito no Quadro 3.1.

Tabela 1 – Objetivo conforme paradigma GQM

|                              |                                                                                                  |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Analisar</b>              | Publicações científicas através de um estudo baseado em uma Revisão Sistemática                  |
| <b>Com o propósito de</b>    | Caracterizar abordagens de apoio, técnicas e ferramentas                                         |
| <b>Em relação a</b>          | Identificação de laboratórios virtuais e remotos de robótica como apoio ao ensino de programação |
| <b>Do ponto de vista dos</b> | Pesquisadores                                                                                    |
| <b>No contexto de</b>        | Acadêmicos                                                                                       |

#### 3.1.1.2 Questão de Pesquisa

A pergunta de pesquisa é necessária para fornecer informações ou resultados com base em nosso objetivo. Para obter informações que contribuam para o processo de pesquisa, você precisa entender abordagens e métodos apropriados com base na condição da organização. Assim, as questões de pesquisa deste estudo são as seguintes:

- Q1: Quais são as principais aplicações dos laboratórios virtuais e remotos?
- Q2: Como os laboratórios virtuais e remotos podem facilitar o ensino de programação?
- Q3:Quais metodologias ou estratégias de ensino estão sendo utilizadas em laboratórios virtuais e remotos de robótica?

- Q4: Como os laboratórios virtuais e remotos de robótica podem ser utilizados para promover a inclusão e a diversidade no ensino de programação?

#### 3.1.1.3 Estratégia de Busca

As buscas foram realizadas nos repositórios digitais Scopus, IEEE *Xplore*, ACM Digital Library e Science Direct, desde o ano de 2017 até o ano de 2021. A Scopus foi selecionada por ser uma das maiores bases de dados de indexação de resumos e citações [Kitchenham e Charters \(2007\)](#) e as bibliotecas IEEE *Xplore*, foram utilizadas devido à relevância acadêmica destes repositórios. Foram selecionadas apenas publicações cujo idioma era Inglês ou Português.

No entanto, para garantir que a nossa busca fosse a mais completa possível, em 2022 complementamos a pesquisa realizando buscas manuais e aplicando a técnica de busca por bola de neve. Essa técnica permitiu analisar as referências citadas nos artigos encontrados e buscar em outras fontes, como teses, dissertações e livros, ampliando assim a investigação e garantindo que nenhum artigo relevante fosse deixado de fora.

Dessa forma, buscamos maximizar a cobertura da nossa revisão e garantir que encontrássemos os estudos mais relevantes sobre o tema em questão

#### 3.1.1.4 Idioma

O idioma escolhido para ser utilizado nas máquinas de busca foi o Inglês, tendo em vista que é o idioma adotado por grande parte das conferências e periódicos existentes relacionados com o tema de pesquisa. Para buscas manuais, o idioma foi de acordo com o utilizado no evento pesquisado.

#### 3.1.1.5 Expressão de Busca

Expressão de Busca: utilizada para a busca automática nas bibliotecas digitais escolhidas foi desenvolvida com o objetivo de incluir os conceitos principais relacionados à

programação de robôs a distância. Esses conceitos foram divididos em três partes para cobrir todas as áreas relevantes. A primeira parte inclui termos relacionados ao ensino de programação, como "aprendizagem de programação" e "ensino de programação". A segunda parte inclui termos relacionados à utilização de robôs, como "robôs educacionais" e "teleoperação de robôs". Por fim, a terceira parte inclui termos relacionados ao ensino a distância, como "laboratório virtual" e "ensino a distância".

Para uma visão detalhada das expressões de busca utilizadas, veja o Quadro 3.2: Tabela de Expressões de Busca a seguir.

Tabela 2 – Tabela de Expressões de Busca.

| Conceito           | Termos Alternativos e Sinônimos                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Laboratório Remoto | ("remote laboratory"OR "virtual laboratory"OR "distance education") |
| Ensino de Robótica | ("robotics"OR "robot programming"OR "robot education")              |
| Ensino             | ("teaching"OR "learning"OR "instruction"OR "education")             |

("remote laboratory"OR "virtual laboratory"OR "distance education")  
AND ("robotics"OR "robot programming"OR "robot education") AND  
("teaching"OR "learning"OR "instruction"OR "education")

A estratégia de busca está separada em 3 partes: definição das palavras-chave, definição da String de busca e definição das bases de dados. As palavras-chave definidas para o trabalho são: Laboratório Remoto, Laboratório Virtual, Laboratório Online Educação, Aprendizado, Ensino, Treinamento, Educação, Aprendizado, Ensino, Treinamento, Robótica, Programação de Robôs e Educação de Robôs.

Definidos os critérios de seleção, as bases de dados escolhidas para realização da revisão sistemática foram IEEE *Xplore*, Scopus e ACM Digital Library. Em relação às palavras-chave utilizadas para pesquisa nas bases de dados selecionadas, foram determinadas como parâmetros de pesquisa os termos "remote laboratory"OR "virtual laboratory"OR "distance education"AND "robotics"OR "robot programming"OR "robot education"AND "teaching"OR "learning"OR "instruction"OR "education". Sendo determinado que as publicações deveriam ter sido realizadas há menos de cinco anos, a fim

de conferir as pesquisas mais recentes relacionadas à temática, bem como definido que os resultados da busca deveriam ser artigos de conferências. A tabela abaixo apresenta os principais resultados encontrados nas bases de dados a partir dos critérios de busca definidos.

Durante a RSL somente as publicações relevantes para a questão de pesquisa foram selecionadas para posterior análise. [Kitchenham e Charters \(2007\)](#) sugerem a definição de critérios de inclusão e exclusão para os artigos que são retornados pela string de busca. Sendo assim, foram inclusos e excluídos os artigos considerados relevantes e irrelevantes, respectivamente, à pesquisa, conforme os critérios descritos no Quadro 3.3.

Tabela 3 – Critérios de Inclusão e Exclusão

| <b>Critérios de Inclusão</b>                                                 | <b>Critérios de Exclusão</b>                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CI1: Estar disponível em forma de artigo completo em uma biblioteca digital  | CE1: Artigos que não atendam aos critérios de inclusão.                                                                    |
| CI2: Artigos que abordem o ensino de programação utilizando robôs.           | CE2: Artigos que apresentem apenas recomendações ou orientações para o desenvolvimento de laboratórios remotos e virtuais. |
| CI3: Artigos que permitam a manipulação ou programação de robôs à distância. | CE3: Artigos duplicados do mesmo estudo em diferentes fontes.                                                              |
|                                                                              | CE4: Artigos introdutórios de congressos e workshops que não apresentem resultados de implementação.                       |

Durante a pesquisa, cada artigo encontrado foi avaliado para determinar se deveria ou não ser incluído. A primeira busca foi realizada nas bibliotecas digitais escolhidas, resultando em 168 artigos para avaliação. Para selecionar os artigos apropriados, os critérios de inclusão e exclusão foram usados para garantir que eles abordem o ensino de programação de robôs à distância. Artigos que não atendiam aos critérios de inclusão, que apenas ofereciam recomendações ou orientações para o desenvolvimento de laboratórios remotos ou que não apresentavam resultados claros e fundamentados foram descartados.

No primeiro filtro, os artigos foram avaliados por meio da leitura dos títulos e resumos. Nesta etapa, foram removidos trabalhos duplicados, estudos secundários e

shortpapers, resultando em 106 artigos selecionados.

No segundo filtro, foi feita a leitura integral dos 106 artigos selecionados no primeiro filtro e avaliados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Destes, 40 artigos foram resultantes e lidos novamente.

No terceiro filtro, os 40 artigos avaliados no segundo filtro foram novamente revisados, aplicando o critério de exclusão que descartou aqueles que não apresentavam resultados claros e bem fundamentados. A maior parte das pesquisas deixou de ser selecionada por não apresentar resultados claros e bem fundamentados e por não apresentar as funcionalidades dos agentes. O resultado final foi de 16 artigos apropriados para a pesquisa.

A string de busca informada na Tabela 2 apresenta os resultados:

Tabela 4 – Resultados obtidos com a String de Busca.

| <b>Biblioteca Digital</b>   | <b>String de Busca</b> | <b>1º Filtro</b> | <b>2º Filtro</b> | <b>3º Filtro</b> |
|-----------------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------|
| ACM Digital Library         | 20                     | 10               | 5                | 2                |
| IEEE Xplore Digital Library | 25                     | 16               | 10               | 4                |
| Scopus                      | 123                    | 80               | 25               | 10               |
| <b>Total</b>                | 168                    | 106              | 40               | 16               |

Fonte: Elaborado pelo autor

## 3.2 Discussão e Análise dos Resultados

Nesta seção são apresentadas as respostas para as questões de pesquisa. As respostas foram elaboradas com base na análise dos estudos selecionados.

### 3.2.1 Resultados e Discussões

As informações foram extraídas para responder às questões de pesquisa para este trabalho. Mostraremos os resultados obtidos com os artigos selecionados, de forma a analisarmos a sua importância para a aplicação em projetos colaborativos de ensino à distância na área da robótica ou programação.

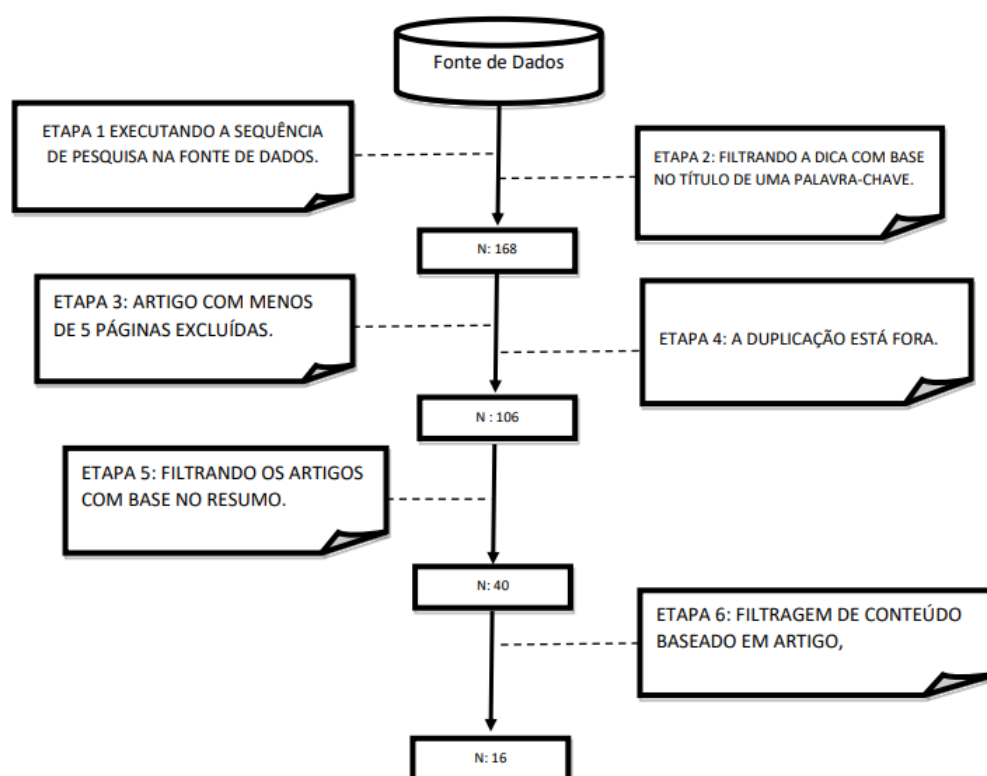


Figura 5 – Fases do Processo de Revisão Sistemática da Literatura

- Publicações Anuais

O número de publicações por ano dos artigos encontrados nesta pesquisa, bem como uma linha que mostra a tendência desse número. Nota-se que houve um crescimento no período inicial e que há um equilíbrio no número de artigos produzidos nos últimos anos. O pequeno número de artigos catalogados não significa que não houve pesquisas nessa área, mas apenas que essas pesquisas não se enquadram nos critérios de inclusão propostos por este trabalho. Apesar de ser um tema pouco explorado nos últimos 5 anos, observou-se que há uma leve tendência de aumento do número de publicações sobre o tema proposto.

- Biblioteca Digital de Pesquisas

Para um pesquisador, é importante conhecer o repositório digital com o maior número de publicações em sua área de interesse. Assim, são listadas as bibliotecas digitais e o número de obras das quais foram extraídos os 16 artigos mais relevantes para esta pesquisa. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 5 – Strings de pesquisa aplicadas em bibliotecas digitais.

| Biblioteca Digital  | Quantidades | Frequência |
|---------------------|-------------|------------|
| ACM Digital Library | 2           | 0.125      |
| IEEE EXplore        | 4           | 0.25       |
| Scopus              | 10          | 0.625      |

Nossa pesquisa revelou que a Biblioteca Digital Scopus tem a maior quantidade de publicações sobre laboratórios virtuais ou remotos na área de programação ou robótica, com 0,625% dos artigos selecionados. Apesar disso, a qualidade dos artigos na Biblioteca Digital IEEE *Xplore* é superior, mesmo com menos artigos relevantes. É importante destacar que muitos dos artigos publicados na Scopus já foram publicados anteriormente na IEEE EXplore.

### 3.2.2 Q1: Quais são as principais aplicações dos laboratórios virtuais e remotos?

De acordo com os estudos analisados, as principais aplicabilidades dos laboratórios virtuais e remotos incluem a educação a distância, a formação profissional, a simulação de experimentos em diferentes áreas, como física, química e biologia, e a realização de experimentos em condições seguras sem a necessidade de equipamentos reais ou perigosos. Além disso, os laboratórios virtuais e remotos também são usados na indústria para testes de produção, ensaios de segurança e controle de qualidade.

De acordo com a análise dos estudos selecionados, as principais aplicabilidades dos laboratórios virtuais e remotos são a educação a distância, a formação profissional, a simulação de experimentos em áreas como física, química e biologia, e a realização de experimentos seguros sem a necessidade de equipamentos reais ou perigosos. Além disso, eles também são usados na indústria para testes de produção, ensaios de segurança e controle de qualidade.

De acordo com [LI, FU e WANG \(2018\)](#), a introdução do modelo 'Escola Digital' é essencial para a educação, pois integra novas tecnologias de informação e comunicação com práticas educacionais, visando aumentar a eficiência do processo de

ensino-aprendizagem. O artigo enfatiza a importância de ferramentas modernas, como computação em nuvem, laboratórios virtuais, inteligência artificial e robótica, para adaptar os requisitos do ambiente educacional e a organização do aprendizado. Além disso, aborda a contradição entre a presença de sistemas de informação estatais e a falta de métodos adequados para sua aplicação na educação, discutindo a implementação dos sistemas automatizados Dnevnik.ru e E-educativo em escolas secundárias e seu impacto na gestão da qualidade educacional.

Uso de robôs seguidores de linha como ferramenta educacional para o desenvolvimento de raciocínio lógico e habilidades de programação [Ramirez et al. \(2021\)](#) discutem a utilização de robôs seguidores de linha como uma ferramenta educacional para o desenvolvimento de raciocínio lógico e habilidades de programação em estudantes. Os autores apontam que o alto custo das plataformas robóticas pode ser um obstáculo para escolas e universidades de baixo custo, impedindo que cada pequeno grupo de alunos tenha acesso a uma plataforma. Como solução, eles propõem um simulador 3D baseado na web para os robôs seguidores de linha 3Pi da Pololu, tornando a tecnologia mais acessível e disponível para cursos a distância. O simulador foi validado com base em experimentos para garantir sua precisão e coerência com o que acontece na realidade.

De acordo com [Haack et al. \(2021\)](#) a utilização de laboratórios virtuais e remotos como ferramenta pedagógica aumenta a motivação dos estudantes e melhora a relação entre teoria e prática. Os autores apresentam dois Laboratórios Remotos (LR) que fazem parte de uma abordagem didática baseada em resolução de problemas, permitindo que os alunos planejem, implementem e verifiquem suas soluções em experimentos remotos. O primeiro (LR) oferece experimentos com base em programação de CLP e microcontroladores, enquanto o segundo (LR) oferece demonstrações de escalonamento de tarefas, incluindo uma redução didática horizontal de um processo de cálculo para uma tarefa de um robô guindaste. A avaliação do teste de campo mostrou um aumento na motivação dos alunos e melhora na relação entre teoria e prática, além de melhoria nos resultados dos exames. No entanto, os alunos criticam o tempo adicional necessário para os experimentos remotos. Este artigo contribui para a revisão sistemática da

literatura sobre o uso de laboratórios virtuais e remotos como ferramenta pedagógica para ensinar programação e robótica, e destaca a importância de considerar a motivação dos alunos e o equilíbrio entre teoria e prática na implementação desses laboratórios.

Observe que os laboratórios virtuais e remotos são extensivamente empregados em vários setores, incluindo educação, formação profissional, experimentos científicos, produção, segurança e controle de qualidade. Eles apresentam vantagens como aumento da motivação dos estudantes, melhoria na relação teoria-prática e desenvolvimento de habilidades de programação e raciocínio lógico. Entretanto, o alto custo de algumas plataformas, como robôs seguidores de linha e braços robóticos, pode ser um obstáculo para sua utilização em algumas áreas.

### 3.2.3 Q2: Como os laboratórios virtuais e remotos podem facilitar o ensino de programação?

De acordo com as informações obtidas a partir da análise de documentos, os resultados encontrados neste estudo indicam que pode ser viável a utilização dos Laboratórios Remotos e Virtuais como forma de complementação do ensino e aprendizagem da disciplina de programação. Com alunos motivados, o suporte à aprendizagem à distância tem representado uma vantagem significativa como ferramenta principal e de apoio para.

Conhecer os recursos e suas características pode permitir que os pesquisadores os utilizem em suas pesquisas futuras. Existem diversas ferramentas tecnológicas que facilitam o aprendizado de programação, dentre elas, podemos destacar o uso da Robótica Educacional (ER) no aprendizado. Demonstrações de RE detectaram 8 artigos, que trazem contribuições significativas para a aprendizagem em ambientes remotos ou virtuais. A Tabela 3 mostra quais recursos tecnológicos foram utilizados nos artigos da presente investigação e quais utilizaram o Ensino de Programação com Robô.

A seguir, a Tabela 3 apresenta um panorama dos recursos de laboratório empregados nos artigos analisados, com foco no uso da Programação de Ensino com Robô. Esta tabela não apenas enumera as tecnologias utilizadas, mas também oferece uma

visão de como cada uma delas foi integrada ao processo educativo. Ela destaca os recursos tecnológicos específicos aplicados e analisa seu impacto no ensino em ambientes remotos ou virtuais, evidenciando as vantagens e desafios associados a cada ferramenta. Dessa forma, a tabela proporciona uma compreensão detalhada das práticas adotadas e das contribuições dessas tecnologias para a efetividade do ensino de programação com robôs.

Tabela 6 – Recursos de Laboratório faz o uso da Programação de Ensino

| Atividades                          | Quantidades |
|-------------------------------------|-------------|
| Utiliza Programação para Ensino     | 7           |
| Não utiliza Programação para Ensino | 1           |

[Almeida et al. \(2017\)](#) desenvolveram um laboratório virtual de robótica e programação que utiliza sistemas multiagentes para auxiliar os usuários a aprender habilidades de programação usando robôs Lego Mindstorms. O laboratório está disponível em um Learning Management System (LMS) e permite que pessoas de localidades geograficamente distantes ganhem experiência com experimentos de robótica educacional. O sistema sugere desafios baseados na pontuação e no perfil dos usuários, e suas funcionalidades foram testadas com resultados promissores, onde os usuários se sentiram interessados e motivados a continuar aprendendo programação e robótica, mostrando como os laboratórios virtuais e remotos podem facilitar o ensino de programação.

O artigo de [Lopes et al. \(2016\)](#) descreve o desenvolvimento de um Ambiente de Controle e Programação de Robô Móvel (CPE) para o ensino de ciência da computação por meio de laboratórios remotos de robótica. O sistema inclui um laboratório remoto para robótica, uma ferramenta de programação online e um ambiente virtual de aprendizagem, permitindo que experimentos com robôs móveis sejam realizados, testados e validados remotamente, sem a necessidade de instalação de software adicional. A avaliação inicial do ambiente como ferramenta educacional mostrou um alto nível de interesse dos alunos, melhora em suas notas acadêmicas e potencial de aplicação no ensino de informática. O uso de laboratórios virtuais e remotos, como o CPE desenvolvido neste estudo, pode ser visto como uma estratégia importante para o ensino de programação e robótica, fornecendo aos alunos acesso a recursos e equipamentos que podem ser

difíceis de obter de outra forma, além de permitir a realização de experimentos e testes em um ambiente controlado e seguro.

O artigo de [Maggi et al. \(2019\)](#) aponta que o elevado custo das plataformas robóticas impede o acesso de pequenos grupos de alunos em escolas e universidades economicamente acessíveis. Para contornar essa situação, os autores propõem um simulador 3D baseado na web para os robôs seguidores de linha 3Pi da Pololu. Este simulador torna a tecnologia mais acessível e disponível para cursos a distância, permitindo que mais alunos possam ter acesso a essa importante ferramenta educacional. Os autores também mencionam que a validade do simulador foi comprovada por meio de experimentos para garantir sua precisão e coerência com o que acontece na realidade. Conforme a pesquisa, o uso de robôs seguidores de linha é uma forma eficiente de desenvolver o raciocínio lógico e habilidades de programação em alunos.

O artigo de [Calvo et al. \(2018\)](#) descreve o uso de um kit LEGO Mindstorms NXT de Economicamente Acessíveis (EA) para ensinar a linguagem de programação VAL II para robôs industriais. Os autores projetam uma arquitetura de software que inclui um wrapper para simplificar comandos relevantes do VAL II e um ambiente de programação para simular trajetórias, executar programas VAL II no robô LEGO e criar um laboratório remoto de baixo custo. Os alunos programam o sistema embarcado que move os braços do robô para comparar a programação do controlador e a programação do robô industrial para executar uma trajetória específica.

De acordo com o artigo de ([ERDOĞMUŞ; YAYAN, 2021](#)), a epidemia de COVID-19 tem aumentado a necessidade de tecnologias de educação a distância, incluindo robótica. Eles apresentam exemplos de robôs móveis que podem ser usados para ensinar robótica e descrevem o sistema de LV de robótica Uplat, que torna o uso de robôs mais fácil e acessível para fins educacionais. O Uplat permite que os usuários acessem e controlem robôs simulados via interfaces web e analisem e avaliam resultados experimentais. O artigo destaca como o Uplat é uma plataforma de aprendizado fácil, com tutoriais ROS de código aberto, e apresenta exemplos de treinamento com quatro tipos diferentes de robôs móveis projetados para diferentes campos robóticos, com resultados detalhados de aprendizagem.

O artigo de ([PEREIRA; FELGUEIRAS, 2020](#)) aborda o uso de laboratórios remotos no ensino de automação industrial em instituições de ensino superior. O foco é na Engenharia de Automação, destacando como a programação de CLPs e consoles táteis (HMI) pode ser ensinada de forma remota. Os autores discutem os benefícios da utilização de laboratórios remotos de automação, considerando aspectos econômicos e a integração com instituições de ensino superior. Eles apresentam a utilização de laboratórios remotos como uma solução complementar para o ensino de técnicas de automação industrial e como uma forma inovadora de aprendizagem sem a necessidade de presença física na sala de aula. "Os laboratórios remotos permitem que os alunos aprendam de maneira inovadora sem estarem presentes na sala de aula.

O artigo de [Valko, Osadchy e Kruhlyk \(2021\)](#) destaca a importância de projetos educacionais na inclusão de robótica em currículos de física, ciência da computação, biologia e química. Ele apresenta o estado atual do desenvolvimento de projetos de robótica nas escolas ucranianas e as abordagens utilizadas em instituições estrangeiras para ensinar robótica à distância. As etapas de desenvolvimento de projetos, incluindo organização, comunicação, trabalho em equipe e resumo, são adaptadas para o ensino à distância. A importância das tecnologias de nuvem na robótica e a experiência dos autores em projetos desenvolvidos neste ambiente para alunos e futuros professores também são destacadas.

([LIN; SAN; DING, 2020](#)) apresentam um sistema de laboratório virtual baseado em realidade virtual para o ensino e treinamento da estrutura do braço robótico. Com o uso do motor Unity3D, o sistema permite ao usuário experimentar uma perspectiva em primeira pessoa, observar a estrutura do braço de robô, simular interações de montagem e resolver problemas complexos relacionados ao ensino da estrutura mecânica. O artigo sugere que a tecnologia de realidade virtual tem potencial para melhorar o ensino de tópicos relacionados à estrutura mecânica, treinamento de montagem, design de currículo e outros aspectos do ensino.

### 3.2.4 Q3: Quais metodologias ou estratégias de ensino estão sendo utilizadas em laboratórios virtuais e remotos de robótica

Nos últimos anos, a robótica tem se tornado cada vez mais popular como uma ferramenta de ensino em escolas e universidades. No entanto, com o aumento da pandemia de COVID-19, muitos ensinamentos presenciais foram substituídos por ensinamentos remotos ou virtuais. Nesse contexto, novos métodos e estratégias de ensino têm sido desenvolvidos para ensinar robótica em ambientes virtuais e remotos. Nesta questão de pesquisa Q3, vamos explorar as diferentes metodologias e estratégias de ensino utilizadas em laboratórios virtuais e remotos de robótica.

O artigo de ([JAZIRI; CHARAABI; JELASSI, 2018](#)) apresenta uma nova abordagem para a implementação de laboratórios remotos para o ensino de engenharia. A abordagem utiliza uma plataforma aberta e economicamente acessíveis baseada em Linux embarcado e matriz de portas programável em campo. Os autores apresentam uma solução de codesign com dispositivos de hardware flexíveis, uma interface gráfica de usuário totalmente configurável e uma interface baseada na web usando HTML e PHP, permitindo aos professores e alunos controlar, parametrizar e observar o comportamento do controlador/sistema remotamente. A abordagem permite que os alunos desenvolvam protótipos de baixo custo e facilmente programáveis de controle de sistemas elétricos, robótica e outros dispositivos embarcados que apresentam conectividade com a Internet, entrada/saída, rede e sistemas operacionais.

O artigo de ([CALVO et al., 2018](#)) descreve como o uso de um equipamento de baixo custo, o kit LEGO Mindstorms NXT, foi utilizado para ensinar a linguagem de programação VAL II, padrão para robôs industriais. Os autores projetam uma arquitetura de software que inclui um wrapper para encapsular os comandos mais relevantes do VAL II e um ambiente de programação. A arquitetura do software fornece funcionalidades como simulação de trajetórias, execução de programas VAL II em um robô 2DoF LEGO e criação de um laboratório remoto economicamente acessíveis.

O artigo de ([VIJAYAN et al., 2017](#)) descreve como experiências laboratoriais remotas foram adaptadas para o curso de Oficina de Robótica, em resposta à pandemia de Sars-CoV-2 no Peru. Devido às restrições impostas pela pandemia, os alunos não

puderam realizar experimentos laboratoriais presenciais. Em vez disso, os autores implementaram novas abordagens de aprendizagem utilizando a placa Arduino-Uno e o software Arduino Sketches. Essa abordagem permitiu que os alunos programassem dispositivos eletrônicos remotamente por meio das plataformas Blackboard Collaborate e Zoom.

A competição K mencionada no artigo refere-se a uma métrica específica utilizada para avaliar o desempenho dos alunos. Segundo o artigo, após a adaptação para o ensino remoto, os alunos alcançaram um índice de 91% na competência K, conforme medido pelo professor. Este resultado reflete um alto nível de desempenho dos alunos na competência definida pelo curso. Além disso, a pesquisa de percepção revelou que os alunos tiveram um nível médio de 77% de valorização em relação aos critérios de satisfação e aprendizagem com as experiências laboratoriais remotas.

O artigo destaca que, apesar das limitações impostas pela pandemia, a adaptação para o ensino remoto e o uso de tecnologias específicas permitiram aos alunos de Engenharia de Sistemas Computacionais desenvolver suas competências em robótica com sucesso, alcançando resultados satisfatórios tanto na avaliação de competência quanto na percepção de satisfação com o aprendizado.

O artigo de ([GABRIEL; EDUARDO; LUCIA, 2021](#)) descreve o desenvolvimento de experiências laboratoriais remotas para fortalecer as competências dos alunos de engenharia de sistemas computacionais do curso de Oficina de Robótica, devido à pandemia do Sars-CoV-2, no Peru, que impede que os alunos possam realizar experiências laboratoriais presencialmente. Os autores relatam que novos designs de sessões de aprendizagem foram desenvolvidos utilizando a placa de desenvolvimento de projetos Arduino-Uno e o software Arduino Sketches, permitindo que os alunos programem dispositivos eletrônicos remotamente, por meio das plataformas Blackboard Collaborate e Zoom. Com isso, os alunos puderam implementar protótipos utilizando sensores e motores aplicados em robótica, impactando diretamente no alcance da competência do curso. O artigo relata também que, como resultado das vivências remotas, os alunos atingiram 91% na competência K na medição realizada pelo professor e um nível médio de 77% de valorização na pesquisa de percepção quanto aos critérios de satisfação e

aprendizagem.

O artigo de (BENITEZ; SYMONDS; ELGUEZABAL, 2020) "Design of an affordable IoT open-source robot arm for online teaching of robotics courses during the pandemic contingency" de Benitez, Symonds e Elguezabal (2020) descreve o projeto e a construção de um braço robótico de código aberto para o ensino on-line de robótica. O objetivo é criar uma ferramenta para lidar com a situação de contingência pandêmica, permitindo que alunos e instrutores possam continuar a aprender robótica sem frequentar aulas presenciais. O sistema robótico é composto por quatro componentes principais: uma estrutura eletromecânica, um sistema de controle, um módulo de comunicação Wi-Fi e uma interface homem-máquina. Ele é projetado para demonstrar tópicos importantes de robótica, como cinemática direta e inversa, por meio da programação de movimentos simples e complexos usando a metodologia Denavit-Hartenberg (DH). O braço robótico é de baixo custo e replicável, e visa auxiliar na compreensão do projeto de robótica por meio do aprendizado baseado em projetos, desde os aspectos teóricos até a codificação e construção de um protótipo.

Conforme os artigos apresentados, é possível identificar que várias metodologias e estratégias de ensino estão sendo utilizadas em laboratórios virtuais e remotos de robótica. Algumas abordagens incluem a utilização de plataformas abertas e de baixo custo, kits de robótica, software de simulação, e tecnologias como HTML, PHP, redes neurais, e redes IoT. Estas metodologias permitem aos alunos e professores desenvolver protótipos, programar dispositivos, controlar sistemas, e aproximar-se da robótica, mesmo à distância. Além disso, as abordagens são percebidas como interativas e úteis como material didático, impactando positivamente no ensino de habilidades robóticas e na competência dos alunos em engenharia.

### 3.2.5 Q4: Como os laboratórios virtuais e remotos de robótica podem ser utilizados para promover a inclusão e a diversidade no ensino de programação?

Os laboratórios virtuais e remotos de robótica oferecem uma plataforma acessível para que estudantes de todas as origens e habilidades possam experimentar e aprender programação. Com a possibilidade de acessar os recursos e as ferramentas de robótica a partir de qualquer lugar, esses laboratórios removem barreiras geográficas, econômicas e de equipamento que poderiam impedir que alguns estudantes participem dessas atividades. Além disso, a robótica pode ser uma forma atraente e divertida de aprender programação, o que ajuda a promover a inclusão e a diversidade no ensino.

O artigo de [Alamo et al. \(2021\)](#) discute a utilização de novas tecnologias, especificamente robótica e programação, como ferramentas inovadoras e versáteis para metodologias de ensino ativo. O estudo avalia a viabilidade de ensinar robótica e programação virtualmente sem recursos físicos e sem aulas presenciais, devido à pandemia de COVID-19 e os lockdowns. A metodologia mista incluiu questionários e entrevistas para professores, famílias e alunos do ensino fundamental, e os resultados sugerem que a virtualização é uma alternativa benéfica que permite o desenvolvimento de habilidades digitais e potencializa o uso de materiais audiovisuais e recursos online. Embora aulas presenciais tenham outros benefícios e a formação de professores precise estar à altura, é questão de tempo garantir um ensino de qualidade a distância.

De acordo com [Peixoto et al. \(2018\)](#), a robótica e o pensamento computacional são ferramentas valiosas para o desenvolvimento da pedagogia STEM e para promover a inclusão e integração dos alunos. O autor destaca a importância da integração dos robôs em todos os níveis da sociedade e apresenta o Raspberry Pi como uma ferramenta de robótica educacional, fornecendo informações sobre o histórico, uma visão geral e diferentes configurações para preparar o Raspberry Pi para atividades remotas e robótica usando o Arduino como interface de hardware. O artigo também inclui uma seção para obter feedback dos participantes.

O artigo de [Villanueva et al. \(2021\)](#) discute a necessidade de melhorar o ensino a distância para incluir aprendizado prático e apresenta o RobotAR como uma solução.

O RobotAR é um kit de ferramentas robóticas de teleconsultoria que usa Realidade Aumentada (AR) para criar makerspaces. O robô atua como um assistente de voz do aluno e pode ser controlado pelo instrutor para teleconsulta. O artigo descreve tanto o hardware quanto o software do RobotAR e apresenta um estudo de usuário que compara as técnicas atuais de aprendizado prático a distância com a implementação do RobotAR.

O artigo de [Okundaye et al. \(2020\)](#) discute o desafio de aumentar a participação em educação STEM em escolas rurais remotas, que representam 20% das escolas públicas nos EUA. Um estudo piloto é apresentado para revelar problemas enfrentados na utilização da tecnologia de videoconferência para o aprendizado técnico físico. Além disso, o artigo descreve um estudo baseado em laboratório que investiga o uso da robótica de telepresença para melhorar o aprendizado prático de tecnologia dos alunos. Os resultados comparam as diferenças na experiência dos alunos e nos resultados de aprendizado entre dois tipos de representações do instrutor: co-presente e por meio de robô de telepresença. O artigo conclui discutindo implicações para projetos de robótica de telepresença para apoiar o aprendizado STEM prático em ambientes remotos.

Em resumo, os laboratórios virtuais e remotos de robótica oferecem uma plataforma acessível para o ensino de programação, removendo barreiras geográficas, econômicas e de equipamento. A robótica é uma forma atraente e divertida de aprender programação, ajudando a promover a inclusão e a diversidade no ensino. Diversos estudos apontam para a efetividade da robótica e do pensamento computacional para o desenvolvimento da pedagogia STEM e para a promoção da inclusão. Ferramentas como o Arduino, o Raspberry Pi e o RobotAR são exemplos de soluções que podem melhorar o ensino a distância, incluindo aprendizado prático. Ainda há desafios a serem enfrentados, especialmente em relação a escolas rurais remotas, mas é importante destacar a importância da robótica como ferramenta para a educação e a promoção da inclusão e da diversidade.

### 3.3 *Snowballing*

Após a condução da (RSL), empregamos a técnica de *snowballing* para frente, com o objetivo de identificar estudos adicionais relevantes sobre laboratórios remotos de ensino de robótica e programação. Essa técnica consiste na análise das citações dos artigos incluídos na revisão sistemática. Utilizamos as bases de dados do Google Acadêmico para rastrear quais novos artigos citaram os trabalhos originalmente selecionados.

O processo de *snowballing* para frente começou com a coleta dos artigos citantes, seguida por uma avaliação criteriosa de sua relevância com base no título e resumo. Quando necessário, o texto completo foi analisado para assegurar que os artigos fossem pertinentes ao escopo da nossa pesquisa. Esse método permitiu identificar pesquisas mais recentes e relevantes que expandem e complementam os achados da nossa revisão inicial. Os artigos encontrados foram, então, adicionados aos trabalhos relacionados.

A aplicação do *snowballing* para frente foi crucial para assegurar a abrangência da nossa revisão da literatura sobre laboratórios remotos de ensino de robótica e programação, garantindo a incorporação tanto de estudos históricos quanto de desenvolvimentos recentes na área. Além disso, essa técnica ajudou a minimizar o risco de omissão de estudos significativos, proporcionando uma visão mais completa do panorama atual da pesquisa. O uso dessa técnica é particularmente relevante considerando as referências que discutem diferentes aspectos e aplicações de laboratórios remotos, como o trabalho de (MARUYAMA, 2024), (MARUYAMA et al., 2024), (SOUZA et al., 2023), e a análise recente de (SILVA et al., 2023) sobre o ERPLab.

### 3.4 Comparação de Estudos Revisados

Nesta sessão de análise comparativa dos estudos revisados sobre o protótipo do ERPLab, três artigos e um artigo do ERPLab são descritos. O primeiro artigo descreve o desenvolvimento de um laboratório remoto de robótica bioinspirada na Universidade de Kragujevac, com o objetivo de criar uma plataforma acessível e de baixo custo para treinar habilidades em robótica. O segundo e terceiro artigos descrevem o desenvolvimento de um Ambiente de Controle e Programação de Robô Móvel (CPE) para o

ensino de ciência da computação por meio de laboratórios remotos de robótica. O artigo do ERPLab descreve o objetivo de criar um ambiente harmonioso e inclusivo para o ensino de robótica e programação. Os quatro estudos apontam para a importância de plataformas acessíveis de baixo custo e metodologias interativas para o ensino de robótica e programação.

A seguir apresento uma tabela comparativa dos estudos revisados sobre o protótipo do ERPLab.

Os estudos apresentados comparam diferentes ferramentas utilizadas para o ensino de robótica e programação. Alguns exemplos incluem o uso de robôs seguidores de linha, o ensino de linguagem de programação com LEGO Mindstorms NXT, ambientes de controle e programação de robôs móveis, laboratórios virtuais de robôs industriais, projetos e construções de braços robóticos e laboratórios remotos de ensino de robótica e programação. Em geral, essas ferramentas têm o objetivo de melhorar a motivação dos alunos, aprimorar a relação teoria e prática e fornecer uma plataforma acessível e de baixo custo para o ensino de robótica e programação. Alguns estudos mostraram resultados positivos na forma como os alunos aprendem e avaliam a ferramenta, mas há críticas quanto ao tempo adicional necessário para experimentos remotos.

### 3.5 Conclusão do Capítulo

Este capítulo teve como objetivo investigar o estado atual da arte na aprendizagem da robótica educacional por meio de Laboratórios Remotos. Para isso, uma revisão sistemática da literatura foi realizada, reunindo informações para ajudar outros pesquisadores no tema. A quantidade de documentos coletados apontou para a falta de pesquisas específicas sobre o assunto, mas que tem crescido ao longo dos anos.

A robótica educacional tem se mostrado efetiva na aquisição de conhecimento pelos estudantes, mesmo que distantes geograficamente. Os Laboratórios Remotos permitem que os alunos aprendam de maneira mais eficiente e houve melhoria significativa nas habilidades dos estudantes, comprovando a eficácia da robótica educacional para ensinar programação de robôs.

Tabela 7 – Tabela Comparativa de Estudos sobre Laboratórios

| Trabalho                                   | Temáticas                                       | Resultado                                                                  | Limitações                                                                                |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="#">Maggi et al. (2019)</a>        | Acessibilidade para cursos a distância          | Melhoria na motivação, relação teoria-prática, exames                      | Tempo adicional para experimentos remotos                                                 |
| <a href="#">Haack et al. (2021)</a>        | LEGO Mindstorms NXT                             | Linguagem de programação padrão para robôs industriais                     | Funcionalidades como simulação, execução de programas e laboratório remoto de baixo custo |
| <a href="#">Calvo et al. (2018)</a>        | Didática baseada em resolução                   | Plataforma acessível e de baixo custo para treinar habilidades em robótica | Feedback positivo, ferramenta interativa de aprendizado, material didático útil           |
| <a href="#">Vijayan et al. (2017)</a>      | Robôs móveis                                    | Ensinar ciência da computação                                              | Experimentos com robôs móveis, fácil de usar, personalização de experimentos              |
| <a href="#">Lopes et al. (2016)</a>        | LMS, LEGO Mindstorms                            | Aprender habilidades de programação                                        | Usuários interessados e motivados                                                         |
| <a href="#">Almeida et al. (2017)</a>      | Ensino de programação com robôs LEGO Mindstorms | Testado com resultados promissores                                         | Mais barato e flexível que outros laboratórios, não incorpora novos tipos de robôs        |
| <a href="#">Okundaye et al. (2020)</a>     | Arduino-Uno, Blackboard, Zoom                   | Fortalecer competências dos alunos                                         | 91% na competência e 77% de valorização na percepção                                      |
| Benitez, Symonds e Elguezabal (2020)       | Estrutura eletromecânica, controle, Wi-Fi       | Aprender robótica sem aulas presenciais                                    | Sistema robótico com 4 componentes principais                                             |
| <a href="#">Silva et al. (2023)</a> ERPLab | Laboratório Remoto                              | Arduino Uno, ESP32_Cam, ESP8266                                            | Remoto                                                                                    |

A pesquisa também destacou a diversidade de recursos tecnológicos disponíveis, cada um direcionado a um público-alvo específico. No entanto, ainda há muito a ser alcançado na Aprendizagem Colaborativa à distância, indicando que há muito potencial para o desenvolvimento futuro.

## 4

---

# PROPOSTA

**E**ste capítulo destina-se a explicar os pontos essenciais para o entendimento do desenvolvimento da proposta, apresentando uma visão geral do ERPLab, suas funcionalidades, arquitetura do sistema, fundamentais para a conclusão deste projeto.

### 4.1 Visão Geral do Sistema

O **ERPLab** foi desenvolvido para apoiar o ensino e a aprendizagem de programação, permitindo que os alunos exercitem seus conhecimentos à distância. Para implementar suas funcionalidades, foram utilizadas as linguagens PHP e Javascript, o *Framework Bootstrap*, a linguagem de marcação HTML (*Hyper Text Markup Language*), o estilo CSS (*Cascading Style Sheets*) e o banco de dados MySQL para persistência dos dados.

O laboratório permite a aprendizagem colaborativa, com o apoio de um **SMA** (Sistema Multiagente), que auxilia no processo de aprendizagem de programação. Assim, usuários com acesso a laboratórios de informática, mas sem kits robóticos, podem usufruir de experiências práticas de robótica.

Para acessar o **ERPLab**, é necessário que o usuário esteja cadastrado no sistema. Além disso, para realizar os experimentos, é preciso um agendamento prévio devido à disponibilidade dos kits de robótica. Os alunos enfrentam desafios propostos, contando com o suporte do **SMA** para realizá-los. A programação dos robôs é feita na linguagem PHP.

O **SMA** oferece serviços como cadastro de usuários, confirmação de acesso à sala virtual, reserva de experimentos, controle da sessão na sala de desafios e programação remota do robô. A escolha deste paradigma de programação justifica-se pela natureza distribuída do **ERPLab**, que oferece suporte a problemas de complexidade semelhante. Trabalhos anteriores, como os de Oliveira (2016), Grandi, Falconi e Melchiorri (2011), fundamentam essa escolha.

Para o protótipo inicial, escolhemos o tema de irrigação, que propõe um laboratório remoto simulando uma estufa com três mudas de plantas. O ambiente é monitorado por sensores de temperatura, umidade e luminosidade.

O **ERPLab** também inclui um braço robótico que os alunos podem controlar via web, permitindo a programação de tarefas como a coleta de temperatura, adição de adubo e controle da ventilação da estufa. Isso proporciona uma interação prática, onde os alunos aplicam seus conhecimentos em linguagem e lógica de programação.

## 4.2 Arquitetura do ERPLab

A arquitetura do ERPLab é apresentada na Figura 6 e fornece uma visão geral do sistema de Laboratório Remoto de Ensino de Programação Robótica. A figura ilustra as interações entre os componentes do sistema, incluindo o usuário final, o dispositivo robótico, o servidor de gerenciamento de robôs e o servidor web. A arquitetura permite a interação do usuário com o dispositivo robótico por meio da interface web e garante a comunicação segura entre todos os componentes do sistema. Este desenho arquitetural foi desenvolvido para oferecer flexibilidade e escalabilidade, garantindo a funcionalidade eficiente do sistema de Laboratório Remoto de Ensino de Programação Robótica

A arquitetura do sistema é composta por 4 agentes, cada um com sua função específica e bem definida, garantindo uma distribuição eficiente de tarefas e responsabilidades. Esses agentes trabalham de forma coordenada para assegurar o funcionamento pleno do sistema, colaborando entre si para processar informações, executar ações e interagir com o ambiente e os usuários. A divisão funcional entre os agentes é funda-

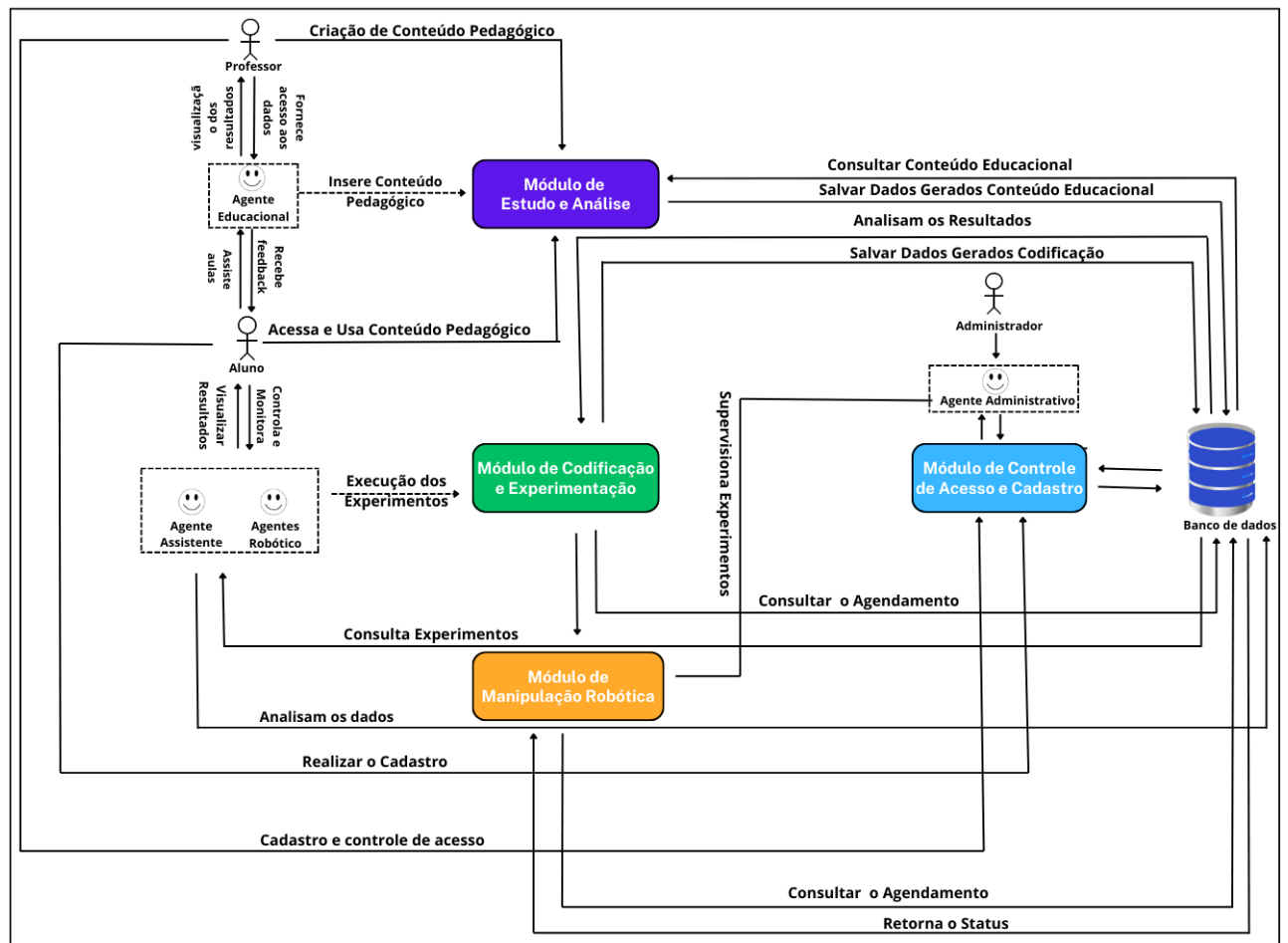


Figura 6 – Arquitetura do ERPLab

mental para a modularidade e escalabilidade do sistema, permitindo que cada agente atue de maneira independente, mas sempre em sinergia com os demais, otimizando o desempenho geral.

#### 4.2.1 Principais Usuários e suas Funções na Arquitetura do Sistema

A arquitetura proposta visa integrar agentes autônomos e módulos especializados para criar um ambiente de laboratório remoto que facilite a interação entre professores, alunos e administradores. Este sistema é projetado para suportar o ensino de

robótica e programação, fornecendo uma estrutura que permite a execução remota de experimentos práticos e o gerenciamento eficiente do conteúdo educacional.

#### 4.2.1.1 Usuários

A arquitetura é centrada nos principais usuários do sistema: professores, alunos e administradores.

#### 4.2.1.2 Professor:

O professor é responsável pela criação e inserção de conteúdo pedagógico relacionado à robótica e programação. Ele interage com o sistema por meio de um “Agente Educacional”, que facilita o processo de adição e revisão de materiais de estudo, bem como a análise dos dados gerados no laboratório.

#### 4.2.1.3 Aluno:

O aluno acessa o conteúdo pedagógico e realiza experimentos práticos remotamente, utilizando ferramentas de codificação e manipulação robótica. O “Agente Assistente” orienta o aluno em suas atividades dentro do sistema, enquanto os “Agentes Robóticos” executam as instruções programadas nos dispositivos remotos.

#### 4.2.1.4 Administrador:

O administrador gerencia o acesso ao sistema, assim como o cadastro de usuários e agendamentos para o uso do laboratório. Ele utiliza o “Agente Administrativo” para assegurar que todas as atividades administrativas sejam realizadas de forma organizada e eficiente.

## 4.2.2 Agentes

Os agentes desempenham um papel essencial na mediação entre os usuários e os módulos do laboratório remoto, facilitando a comunicação e a execução de tarefas.

### 4.2.2.1 Agente Educacional:

Auxilia o professor na inserção e consulta do conteúdo pedagógico, bem como na análise dos resultados obtidos a partir dos experimentos.

### 4.2.2.2 Agente Assistente:

Suporta as atividades do aluno, orientando-o no acesso ao conteúdo e na execução de experimentos de robótica e programação de maneira remota.

### 4.2.2.3 Agentes Robóticos:

Executam operações robóticas nos dispositivos físicos localizados no laboratório remoto. Esses agentes são cruciais para a interação prática dos alunos com o sistema, permitindo a execução remota de tarefas de manipulação robótica.

### 4.2.2.4 Agente Administrativo:

Auxilia o administrador no controle de acesso ao sistema e na gestão dos agendamentos para o uso do laboratório, garantindo que o fluxo de operações seja eficiente e que todos os usuários tenham acesso conforme necessário.

## 4.2.3 Módulos do Sistema

Os módulos especializados são responsáveis por gerenciar as diferentes funcionalidades do laboratório remoto, conforme detalhado a seguir:

#### 4.2.3.1 Módulo de Estudo e Análise:

Centraliza as funções relacionadas ao conteúdo pedagógico. Este módulo armazena, analisa e permite a consulta dos dados gerados a partir das atividades educacionais e experimentais. Ele é alimentado pelo conteúdo inserido pelos professores e utilizado pelos alunos para fins educacionais e analíticos.

#### 4.2.3.2 Módulo de Codificação e Experimentação:

Este módulo é responsável pela execução de experimentos práticos de codificação e programação. Ele interage com os agentes assistente e robóticos, permitindo que os alunos realizem experimentos de maneira remota e analisem os resultados obtidos.

#### 4.2.3.3 Módulo de Manipulação Robótica:

Gerencia a manipulação de dispositivos robóticos localizados no laboratório remoto. Este módulo permite que os alunos, de forma remota, realizem e supervisionem experimentos práticos envolvendo a programação e controle de robôs.

#### 4.2.3.4 Módulo de Controle de Acesso e Cadastro:

Gerencia as atividades administrativas do laboratório, como o cadastro de novos usuários, controle de acesso ao sistema, e a gestão de agendamentos para uso dos recursos do laboratório. Este módulo assegura que apenas usuários autorizados possam acessar as funcionalidades do sistema.

### 4.2.4 Banco de Dados

O banco de dados é o repositório central onde todas as informações relacionadas ao conteúdo pedagógico, dados dos experimentos, registros de usuários e logs de atividades são armazenados. Todos os módulos do sistema interagem com o banco de

dados para salvar e recuperar informações de forma eficiente e segura.

#### 4.2.5 Fluxo de Operações

O fluxo operacional da arquitetura é projetado para facilitar a interação eficiente entre os usuários, agentes e módulos do laboratório remoto:

- O **professor** cria e insere conteúdo pedagógico por meio do “Agente Educacional” e utiliza o “Módulo de Estudo e Análise” para revisar e analisar os dados educacionais e experimentais.
- O **aluno** acessa o conteúdo pedagógico e realiza experimentos práticos de robótica e programação com o suporte do “Agente Assistente” e dos “Agentes Robóticos”, utilizando os “Módulo de Codificação e Experimentação” e “Módulo de Manipulação Robótica”.
- O **administrador** gerencia o sistema por meio do “Agente Administrativo”, utilizando o “Módulo de Controle de Acesso e Cadastro” para realizar tarefas administrativas e supervisionar os processos de agendamento e cadastro de usuários.

### 4.3 Braço Robótico: Personalização e Impressão 3D

O braço robótico é um incremento ao laboratório remoto ERPLab, sendo destinado à irrigação de plantas. Para iniciar o desenvolvimento, foi adquirido um modelo base no site DIY Robotics, que serviu como a fundação para o projeto. No entanto, foi necessário personalizar esse modelo para atender às necessidades específicas do ERPLab e ao contexto do experimento, garantindo que o braço robótico estivesse alinhado aos objetivos do laboratório e às suas funcionalidades educacionais.

A personalização do modelo foi realizada usando o software Tinkercad, uma plataforma de design 3D intuitiva e acessível. O Tinkercad permitiu ajustar e modificar o modelo base com precisão, levando em consideração as características técnicas e operacionais desejadas para o braço robótico. As alterações incluíram ajustes no design

estrutural para garantir a funcionalidade e a eficácia do braço na tarefa de regar as plantas.

Após as modificações, o modelo final foi exportado no formato .stl, que é amplamente compatível com as impressoras 3D. Esse arquivo foi então enviado para uma impressora 3D, onde foi realizado o processo de fabricação. A impressão 3D possibilitou a criação de um braço robótico com alta precisão, que atende aos requisitos do projeto, incluindo durabilidade e funcionalidade.

A combinação do Tinkercad e da impressora 3D resultou em um braço robótico que não só é visualmente atraente, mas também altamente eficiente para a aplicação pretendida. A Figura 7 ilustra o design e o resultado final deste projeto, destacando a precisão e funcionalidade obtidas por meio da personalização no Tinkercad.



Figura 7 – Braço robótico personalizado com o Tinkercad

- **Materiais e Ferramentas:** Para a construção do braço robótico, são necessários filamento PLA nas cores branco e azul, uma impressora 3D Ender 3, o software Fatiador 3D IdeaMaker e outros materiais e ferramentas para montar e configurar a impressora 3D.
- **Design e Modelagem:** Descrição do item.

- Outro item.

O processo de design e modelagem do braço robótico foi realizado em uma plataforma online de design 3D, que permitiu criar, personalizar e exportar modelos em arquivos .stl para impressão. As etapas incluíram a criação do modelo 3D e as personalizações necessárias para atender às necessidades específicas do projeto. Essa ferramenta possibilitou ajustes até alcançar o resultado desejado.

O fatiamento da base do braço robótico foi realizado utilizando o software Ultimaker Cura. O fatiamento é o processo de transformar o modelo 3D em camadas finas que serão impressas, formando o componente físico do braço robótico. O Ultimaker Cura é uma plataforma de fatiamento de modelos 3D que permite otimizar o processo de impressão, garantindo a produção precisa e eficiente do componente. A impressão foi realizada na impressora 3D Ender 3, o que assegurou a qualidade do resultado final.

A Figura 8 ilustra o fatiamento da base do braço robótico no Ultimaker Cura, mostrando o processo de preparação do modelo para a impressão.

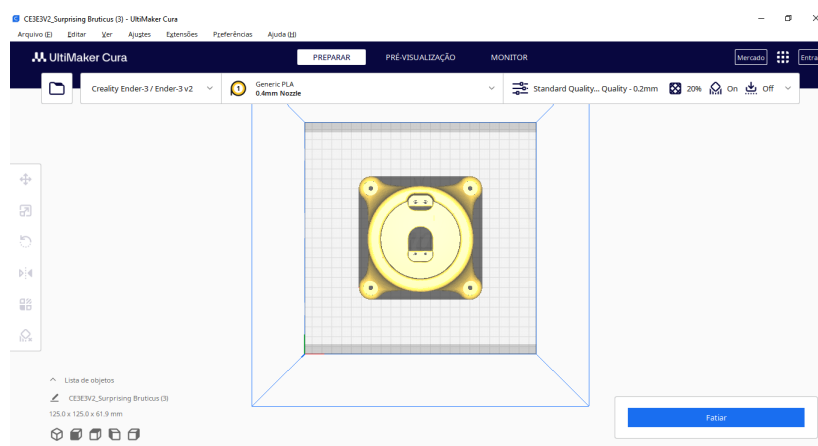


Figura 8 – Fatiamento da Base do Braço Robótico no Ultimaker Cura

- **Impressão:**

A impressão do braço robótico foi realizada em 8 partes distintas, com o objetivo de facilitar o processo de montagem e garantir uma maior precisão nas peças. O processo de impressão levou um total de 28 horas e 22 minutos, e foi executado em uma

impressora 3D Ender 3. Para a impressão, foi utilizado 300,7 g de filamento de políácido líquido (PLA), material conhecido por sua alta resistência e facilidade de trabalho.

A modelagem do braço robótico foi realizada com base no servo motor MG995, que oferece precisão e velocidade. Esse motor possibilitou a criação de uma estrutura funcional para o braço robótico, garantindo sua operação. Além disso, a utilização de servo motores na modelagem assegura a durabilidade do braço. A Figura 9 mostra a base do braço robótico sendo impressa na impressora Ender 3, destacando o processo de fabricação e o nível de detalhe.

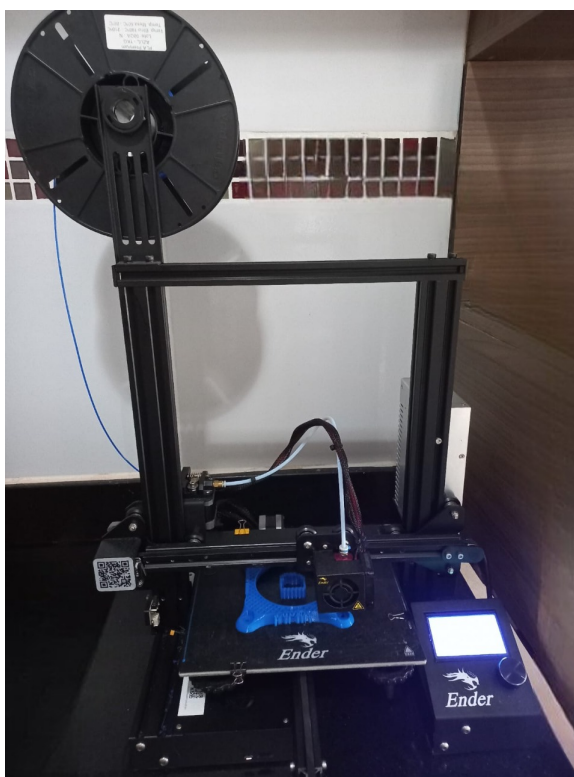


Figura 9 – Base do braço robótico sendo impresso Ender 3

A imagem mostra a impressão da base do braço robótico, que foi realizada em uma impressora 3D. Esta tecnologia permitiu a produção de uma peça precisa e detalhada, que atendeu às especificações previamente estabelecidas para o braço robótico. O processo de impressão envolveu a aplicação de camadas finas de material plástico sobre uma superfície, seguindo o modelo digital previamente criado. A impressora 3D foi configurada de forma a garantir o tamanho, espessura das camadas e velocidade de impressão ideais para a base do braço robótico

Durante a impressão, a base foi construída camada a camada, permitindo a criação de detalhes e formas precisas e complexas. A impressora 3D foi monitorada de perto para garantir a qualidade da impressão e para corrigir eventuais problemas que pudessem surgir durante o processo.

Ao final da impressão, a base do braço robótico foi retirada da impressora 3D e submetida a uma inspeção rigorosa para avaliar a qualidade da impressão e verificar se todos os detalhes estavam de acordo com o modelo previamente criado. Se necessário, a base foi ajustada ou refeita para garantir a qualidade final.

#### 4.3.1 Estrutura do Braço Robótico Pronto

A estrutura do braço robótico foi projetada para ser funcional e adaptável, atendendo às necessidades do experimento de irrigação no ERPLab. O braço robótico é composto por várias partes interconectadas, que incluem os seguintes componentes principais:

- **Base do Braço:** A base fornece estabilidade e suporte, permitindo que o braço se mova de maneira controlada. Ela foi projetada para acomodar os servo motores e outros mecanismos de controle.
- **Articulações:** As articulações são feitas para permitir movimento em diferentes direções. Cada articulação é equipada com um servo motor MG995, garantindo precisão e flexibilidade nos movimentos.

O braço robótico pronto foi testado em condições reais, demonstrando sua capacidade de executar tarefas programadas, como a irrigação de plantas. A Figura 10 ilustra o braço robótico finalizado, destacando sua estrutura e os componentes mencionados.

### 4.4 Ambiente Físico ERPLab

A construção do ambiente físico do ERPLab foi concluída, levando em consideração as necessidades e os recursos disponíveis. O protótipo foi desenvolvido em um labora-



Figura 10 – Braço robótico pronto para operação

tório de informática da UFAM, onde foram utilizados os equipamentos e tecnologias necessários para a criação e teste do sistema. Este espaço se mostrou ideal para o desenvolvimento do braço robótico e dos componentes eletrônicos associados.

O braço robótico, parte crucial do ambiente físico do ERPLab, está em pleno funcionamento e permite a realização de tarefas e demonstrações práticas essenciais para a operação do sistema. Projetado para desempenhar um papel fundamental na execução de atividades que ilustram o funcionamento do ERPLab, ele proporciona uma experiência prática para os usuários. A integração com componentes eletrônicos avançados, já incorporados, possibilita um controle e monitoramento eficientes do sistema, melhorando a interação dos alunos com o equipamento.

A Figura 10, intitulada "Braço Robótico do ERPLab em Funcionamento, Integração com Componentes Eletrônicos e Vasos de Plantas Impressos em 3D (Vaso 1, Vaso 2, Vaso 3),"mostra o braço robótico em operação, evidenciando a integração dos componentes eletrônicos e os detalhes do projeto que garantem a funcionalidade do sistema em proporcionar um aprendizado prático e envolvente.

Além disso, o ambiente com vasos de plantas complementa a tecnologia do braço robótico, proporcionando uma experiência única de aprendizado. O braço robótico,

que se movimenta em três posições diferentes:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $180^\circ$ , foi testado em condições reais, demonstrando sua capacidade de executar tarefas programadas, como a irrigação de plantas. Neste experimento, foram implementados vasos impressos em 3D com plantas como arruda, manjeriço e alecrim (Vaso 1, Vaso 2, Vaso 3), permitindo que os usuários apliquem suas habilidades de programação robótica em uma situação realista e significativa. A Figura 10 ilustra o braço robótico finalizado, destacando sua estrutura e os componentes mencionados.



Figura 11 – Braço Robótico em Funcionamento com Vasos 3D (Vaso 1, Vaso 2, Vaso 3)

O ambiente dos vasos com plantas complementa o cenário, proporcionando uma experiência de aprendizado em programação robótica. Os vasos com plantas utilizadas, que incluem espécies repelentes naturais como o alecrim (*Rosmarinus officinalis*), a arruda (*Ruta graveolens*) e o manjeriço (*Ocimum basilicum*), permitem aos usuários

aplicar habilidades de programação robótica em uma situação prática e significativa. Além disso, a interação entre tecnologia e natureza oferece uma oportunidade para os usuários desenvolverem competências relacionadas à programação robótica, além de compreenderem sua aplicação em contextos do cotidiano.

## 4.5 Organização do ERPLabSERVER

O ambiente do ERPLab foi implementado com uma estrutura impressa em 3D, projetada para organizar e proteger os componentes eletrônicos. A estrutura foi planejada para atender às necessidades específicas dos diferentes componentes do sistema, garantindo que cada parte do equipamento tenha o suporte necessário para operar. Este design assegura que o ambiente do ERPLab seja funcional e ofereça uma base sólida para o desenvolvimento e operação do sistema.

A estrutura atende às necessidades específicas dos diferentes componentes do sistema, garantindo suporte e proteção. A Figura 11 ilustra a estrutura do ERPLabSERVER, destacando o posicionamento da bomba d'água em um compartimento de cor vermelha, que assegura isolamento e facilita a identificação e o acesso para manutenção.

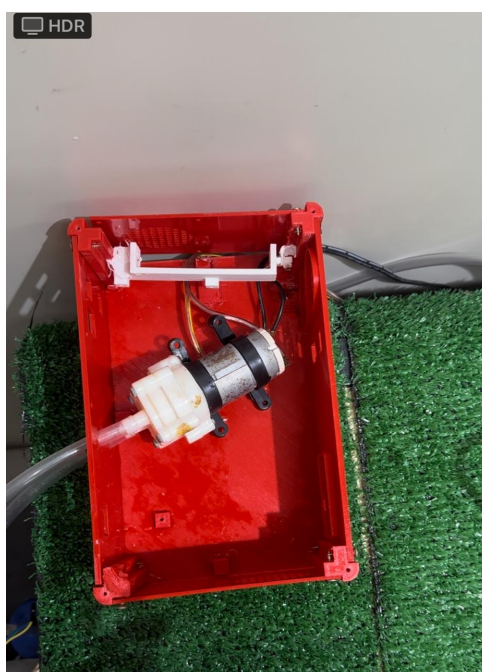


Figura 12 – Estrutura do ERPLabSERVER: Posicionamento da Bomba d'Água

O Arduino foi escolhido como plataforma inicial para o ERPLab devido à sua simplicidade, flexibilidade e grande compatibilidade com sensores e atuadores, facilitando o aprendizado e a implementação das funcionalidades do laboratório. Com o Arduino, é possível integrar facilmente os diversos componentes do sistema, como o braço robótico, sensores de umidade e atuadores como bombas d'água, permitindo o controle eficiente do ambiente automatizado.

No entanto, para otimizar ainda mais a conectividade e as capacidades de processamento, existe a possibilidade de, futuramente, migrar para o uso do ESP32 ou do ESP32-CAM. O ESP32 é um microcontrolador mais avançado, com recursos integrados de Wi-Fi e Bluetooth, o que eliminaria a necessidade do Ethernet Shield usado com o Arduino, proporcionando uma comunicação mais eficiente e sem fio. Além disso, o ESP32-CAM inclui uma câmera integrada, o que possibilitaria monitorar visualmente o ambiente do laboratório remotamente, algo que o Arduino não oferece nativamente. A substituição pelo ESP32 traria maior autonomia e versatilidade ao ERPLab, permitindo expandir suas funcionalidades e melhorar a experiência dos usuários com o sistema.

Atualmente, o compartimento destinado ao Arduino, juntamente com o Ethernet Shield W5100 e a Sensor Shield V5.0, é destacado pela cor azul. O Ethernet Shield W5100, com seu slot para cartão SD, permite maior conectividade e expansão de armazenamento, enquanto a Sensor Shield V5.0 facilita a conexão de sensores e atuadores essenciais para a operação do ERPLab. Essas placas funcionam em conjunto com o Arduino para controlar os processos automatizados do laboratório, mas a eventual adoção do ESP32 poderá integrar tudo isso em um sistema mais compacto e eficiente, com maior potencial de automação e conectividade remota.

A estrutura também inclui blocos de construção eletrônicos e peças do robô. Esses componentes são organizados para evitar exposição e contato acidental, garantindo a integridade e o funcionamento contínuo do sistema. A disposição dos componentes dentro da estrutura foi planejada para maximizar a eficiência e a proteção, facilitando o acesso quando necessário.

Todo esse sistema é denominado ERPLabSERVER, desempenhando um papel central como o ambiente de desenvolvimento e integração para o laboratório remoto de

ensino de robótica e programação. A estrutura impressa em 3D proporciona organização e estética, com uma disposição visual para os componentes do sistema. A Figura 12 apresenta a estrutura do ERPLabSERVER, destacando os componentes Arduino e os shields integrados. Esse design facilita a manutenção e a troca de jumpers, contribuindo para a operação do sistema.



Figura 13 – Estrutura do ERPLabSERVER: Componentes Arduino e Shields

## 4.6 Desenvolvimento das Interfaces do ERPLab

A arquitetura do sistema em desenvolvimento inclui uma tela de login para acessar as funcionalidades do sistema. Após o login, o usuário tem acesso à operação do braço robótico, que é controlado por um servo motor MG995. Esse motor permite que o braço se mova em três posições diferentes: 0 graus, 90 graus e 180 graus. Além disso, o sistema também pode ligar uma bomba de água por meio do braço robótico. Tudo isso é transmitido pela ESP32-CAM, uma placa de desenvolvimento baseada no chip ESP32 da Espressif Systems, que possui uma câmera integrada e é capaz de se conectar à rede Wi-Fi.

### 4.6.1 Módulo Inicial do Sistema ERPLab

O Módulo Inicial de Entrada para o ERPLab é a interface principal para o usuário interagir com o sistema. Ele oferece uma interface intuitiva e fácil de usar, permitindo ao usuário visualizar a descrição e propósito do sistema, agendar experimentos remotos, acessar a visualização em tempo real do laboratório e desenvolver códigos com o ambiente de desenvolvimento de código integrado.

O módulo inclui uma série de funcionalidades, incluindo a tela inicial do sistema, "Home principal", que fornece uma visão geral do ERPLab, a funcionalidade "Agendamento", que permite ao usuário agendar acesso ao laboratório, com confirmação via e-mail, a área "Visualize ERPLab", que permite ao usuário visualizar o laboratório em tempo real sem poder fazer alterações, a área "Experimento Remoto", onde o usuário pode controlar o braço robótico e acionar uma bomba de água, a área "Contato" para o usuário entrar em contato com o suporte do ERPLab, a área "Codemirror" destinada a usuários avançados em programação e a funcionalidade "Login" que permite ao usuário acessar as outras funcionalidades.

O Módulo Inicial de Entrada desempenha uma função essencial ao facilitar a interação do usuário com o sistema ERPLab. Ele organiza o acesso às principais informações e direciona o usuário de forma eficiente para as demais funcionalidades do sistema.

A Figura 13 apresenta o Módulo Inicial do ERPLab, que serve como a interface de acesso principal para os usuários. Este módulo é projetado para oferecer uma visão geral intuitiva e funcional do ambiente de laboratório remoto,

### 4.6.2 Módulo de login do ERPLab

O módulo de login do ERPLab é uma parte fundamental do sistema, pois permite que o usuário acesse todas as funcionalidades disponíveis. Após o login, o usuário tem acesso ao agendamento de experimentos, visualização de atividades no laboratório e controle do braço robótico em três posições (0, 90 e 180 graus). Além disso, é possível ligar a bomba de água e o LED remotamente, e programar o braço para realizar outras

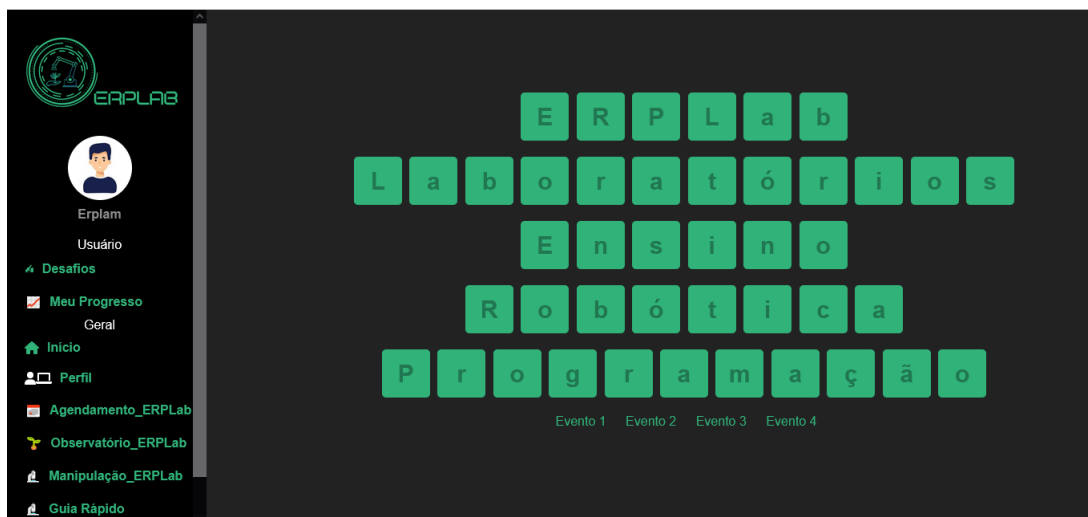


Figura 14 – Módulo Inicial do ERPLab

tarefas com base em sensores, como verificar o solo e regar as plantas apenas quando necessário.

Este módulo possui uma interface com uma tela de login que garante o acesso apenas para usuários autorizados. O agendamento de experimentos é facilitado por uma interface intuitiva, e a confirmação de agendamento é enviada via e-mail. O módulo de visualização oferece uma representação das atividades no laboratório, auxiliando no acompanhamento do experimento.

O módulo de login do ERPLab é uma parte essencial do sistema, fornecendo acesso seguro às funcionalidades disponíveis, proporcionando uma experiência de aprendizagem interativa.

A Figura 14 exibe o Módulo de Login do ERPLab, que é a porta de entrada para os usuários acessarem o sistema. Este módulo foi projetado para garantir a segurança e a personalização do acesso ao ambiente remoto.

#### 4.6.3 Módulo Cadastro do ERPLab

O módulo de cadastro do ERPLab é responsável por permitir que alunos e professores se cadastrem no sistema para acessar suas funcionalidades. O cadastro é feito de forma simples e intuitiva, e permite a seleção de diferentes níveis de permissão para cada tipo

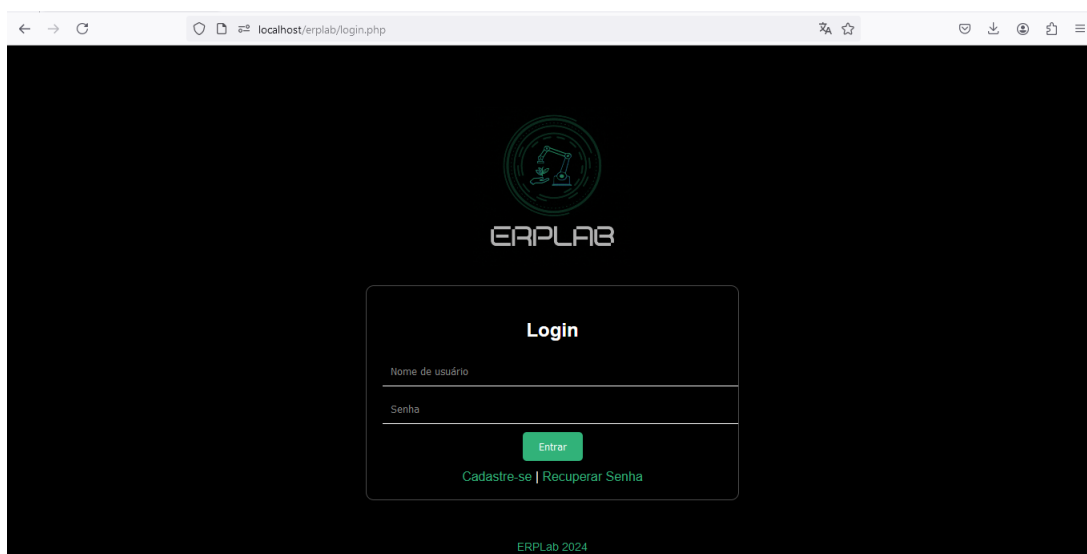


Figura 15 – Módulo de Login do ERPLab

de usuário.

No cadastro, é solicitado que o usuário informe seus dados pessoais, como nome, sobrenome e e-mail, além de uma senha segura para acessar o sistema. Também é possível adicionar informações adicionais, como o curso em que o aluno está matriculado ou a disciplina que o professor leciona.

Após o cadastro, o sistema envia um e-mail de confirmação para o endereço informado, garantindo que o usuário realmente deseja se cadastrar no sistema. Em seguida, o usuário pode acessar suas funcionalidades dentro do ERPLab, dependendo das permissões atribuídas a ele pelo administrador.

A Figura 15 mostra o Módulo de Cadastro do ERPLab, projetado para facilitar o registro de novos usuários no sistema. Este módulo é essencial para a inclusão de participantes, permitindo a inserção de dados pessoais e a configuração de contas de acesso.

#### 4.6.4 Módulo de Agendamento do ERPLab

O módulo de Agendamento é uma funcionalidade integrante do sistema ERPLab. É uma plataforma que permite aos usuários agendar o acesso ao laboratório remoto, solicitando o horário desejado para o uso do equipamento. A autorização final para o

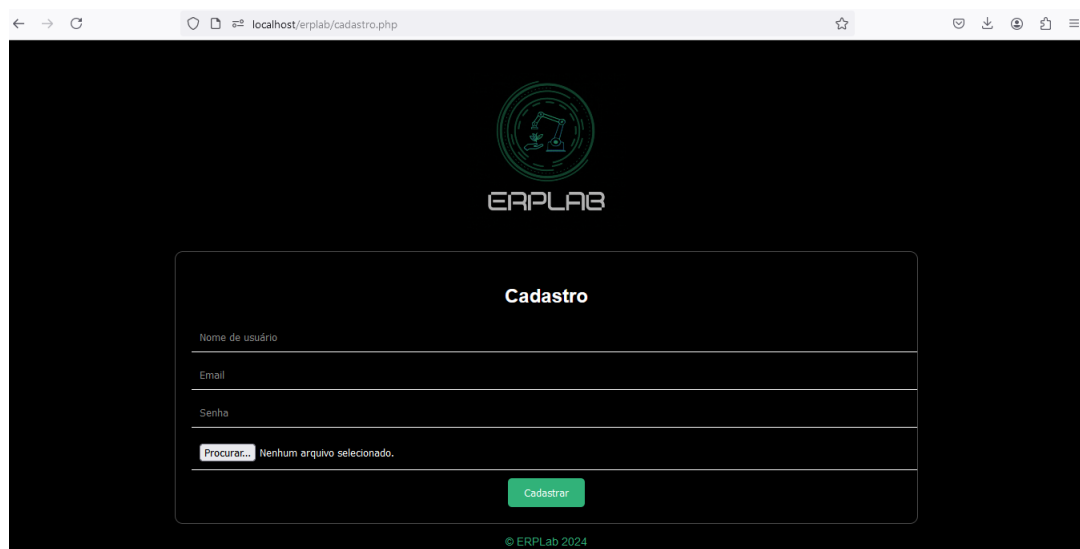


Figura 16 – Módulo de Cadastro do ERPLab

uso é concedida pelo administrador do ERPLab.

Este módulo de agendamento possui uma interface intuitiva, permitindo que o usuário selecione o horário e data desejados e verifique a disponibilidade do laboratório. O agendamento é confirmado via e-mail e os dados são armazenados em uma base de dados, possibilitando a visualização e gerenciamento das solicitações de agendamento de forma adequada..

Este módulo é importante para garantir a eficiência do sistema ERPLab, pois permite que os usuários agendem o uso do laboratório com antecedência, sem precisar enfrentar filas ou esperar por outros usuários. Além disso, permite ao administrador do ERPLab controlar e gerenciar o acesso ao laboratório, otimizando o uso dos recursos disponíveis. Em resumo, o Módulo de Agendamento é uma ferramenta crítica para o funcionamento eficiente do sistema ERPLab. A Figura 16 ilustra este módulo, que é responsável por organizar e gerenciar os horários de uso do laboratório remoto. por meio dessa interface, os usuários podem solicitar e agendar sessões, garantindo uma gestão eficaz do tempo e dos recursos disponíveis.



Figura 17 – Módulo de Agendamento do ERPLab

#### 4.6.5 Módulo Observatório do ERPLab

Este módulo foi desenvolvido para ser integrado ao sistema ERPLab, o que significa que ele opera como um complemento para o sistema existente e não como uma solução independente. Desta forma, o módulo "Observatório ERPLab" pode ser usado em conjunto com o sistema ERPLab para fornecer uma representação visual das atividades no laboratório, sem afetar ou alterar a programação estabelecida pelo sistema ERPLab.

A tecnologia por trás do módulo "Observatório ERPLab" é baseada em uma câmera IP, que possui recursos avançados de processamento de imagem e conectividade de rede. Esta câmera permite a transmissão de imagens ao vivo para a interface do usuário, sem interferir na programação do sistema ERPLab.

A interface do módulo "Observatório ERPLab" permite a exibição de imagens em tempo real, juntamente com outros dados sobre o estado do laboratório. Os usuários podem acessar o módulo de qualquer dispositivo conectado à internet, o que proporciona flexibilidade e mobilidade.

Este módulo é simples de usar e não requer login no sistema ERPLab, possibilitando uma observação rápida do estado do laboratório a qualquer momento. Além disso, oferece uma visão das atividades, contribuindo para laboratórios que buscam melhorar a visibilidade e o gerenciamento de suas operações.

O "Observatório ERPLab" proporciona uma visualização das atividades do la-

laboratório sem interferir na programação do sistema. Sua integração e capacidade de visualização sem necessidade de login o tornam uma ferramenta útil para aprimorar a visibilidade e o gerenciamento das atividades. A Figura 17 ilustra este módulo.

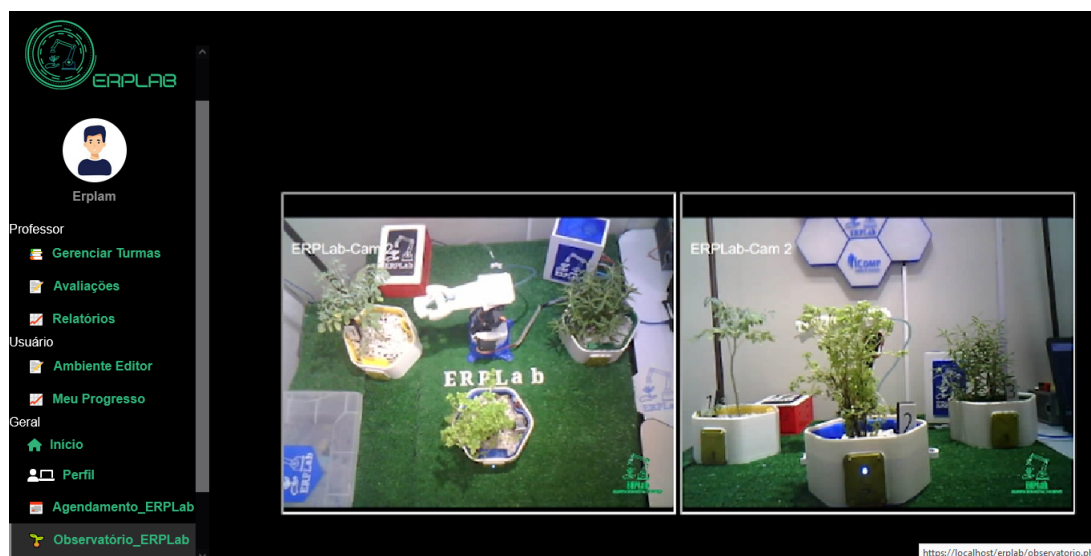


Figura 18 – Módulo Observatório do ERPLab

#### 4.6.6 Módulo Manipulação ERPLab

O módulo Manipulação ERPLab é uma solução tecnológica inovadora projetada para fornecer uma representação visual em tempo real das atividades no laboratório. É uma ferramenta útil para monitorar o estado do laboratório sem interferir na programação estabelecida pelo sistema ERPLab.

A implementação deste módulo foi realizada utilizando a placa ESP32CAM, que possui recursos avançados de processamento de imagem e conectividade de rede, permitindo a transmissão de imagens ao vivo para o usuário. Adicionalmente, foi utilizado um servidor web para controlar a posição de um braço robótico composto por três servomotores (base, braço e parte superior).

O sistema permite que o usuário clique para mover o braço robótico para três posições: 0, 90 e 180 graus, onde cada posição está localizada em um vaso de planta diferente. Além disso, o módulo inclui três sensores de umidade que exibem o status do solo de uma planta de forma gráfica, com as seguintes cores: vermelho para solo muito

seco, amarelo para solo moderado e verde para solo úmido. Também é possível ligar e desligar uma bomba d'água, com uma função que impede seu acionamento se o solo estiver úmido.

Para visualizar o movimento do braço robótico em tempo real, foi implementada uma segunda ESP32CAM próxima à mangueira do braço robótico.

A integração deste módulo ao sistema ERPLab permite ao usuário visualizar o status do laboratório sem alterar as configurações existentes. Isso é possível por meio de uma interface de usuário amigável que permite a exibição de imagens em tempo real, juntamente com outros dados relevantes sobre o estado do laboratório. A interface de usuário é fácil de usar e oferece uma visão clara e eficiente das atividades no laboratório.

Adicionalmente, para ter acesso ao controle do braço robótico e ao acionamento da bomba d'água, o usuário precisa solicitar um agendamento. Isso garante que o uso do módulo seja organizado e que todos os usuários tenham acesso equitativo às funcionalidades.

O módulo "Manipulação ERPLab" é uma solução tecnológica que proporciona uma visão das atividades no laboratório, sem interferir na programação do sistema ERPLab. Embora a integração ao ambiente do sistema seja fundamental para sua funcionalidade completa, a implementação atual está restrita à operação por meio de endereço IP e ainda não foi integrada ao sistema. A Figura 18 ilustra o Módulo Manipulação Remoto do ERPLab.



Figura 19 – Módulo Manipulação Remoto do ERPLab

#### 4.6.7 Ambiente de Desafios e Nivelamento

O menu "DESAFIOS", disponível no menu principal, foi projetado para realizar o nivelamento dos usuários por meio de uma série de questões. Esse ambiente é essencial para avaliar e aprimorar as habilidades dos usuários, assegurando que estejam adequadamente preparados para avançar para o próximo módulo, o "Ambiente Editor".

Dentro do menu "DESAFIOS", o sistema seleciona aleatoriamente questões conforme o nível de dificuldade escolhido pelo usuário, que pode ser básico ou médio. Cada nível contém cinco questões que devem ser respondidas individualmente dentro de um período de cinco minutos por questão, totalizando vinte e cinco minutos para completar o conjunto de perguntas. A atenção ao responder é crucial, pois o desempenho nas questões determina o progresso para o próximo nível. De acordo com [Sharples et al. \(2014\)](#), "a avaliação online oferece aos alunos a oportunidade de realizar tarefas de forma individual e autônoma, promovendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de resolução de problemas."

Após a conclusão do desafio, os usuários devem aguardar a avaliação de suas respostas pelo professor. Esse feedback é fundamental para compreender o desempenho e receber orientações para melhorar as habilidades, preparando-os para utilizar o módulo "Ambiente Editor" com maior eficácia.

O ambiente "DESAFIOS", ilustrado na Figura 19, foi projetado para realizar o nivelamento dos usuários por meio de uma série de questões distribuídas entre os níveis básico e médio. Este módulo é essencial para avaliar e aprimorar as habilidades dos usuários, assegurando que estejam devidamente preparados para avançar para o próximo módulo, o "Ambiente Editor". A figura abaixo ilustra o "Módulo Ambiente Editor" do ERPLab, conforme apresentado na Figura 20. Este módulo é crucial para a edição e personalização de projetos no laboratório, permitindo aos usuários ajustar e configurar suas atividades de acordo com suas necessidades educacionais e experimentais.

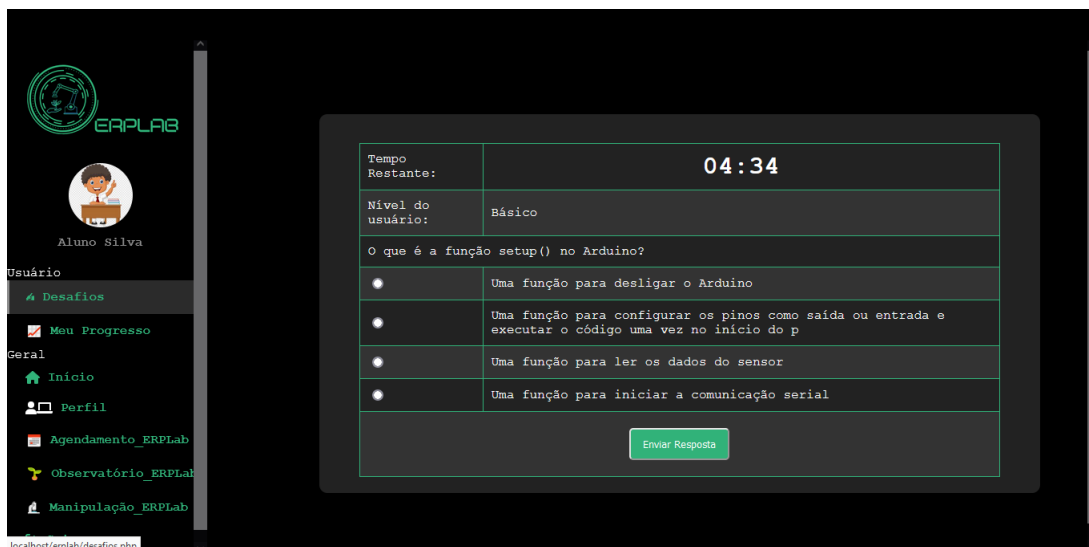


Figura 20 – Ambiente de desafios e Nivelamento: Garantindo a Preparação dos Usuários para o Ambiente Editor

#### 4.6.8 Módulo Ambiente Editor do ERPLab

O "Ambiente Editor" é uma ferramenta para programação de robôs e sensores, integrada ao sistema ERPLab. Ele permite aos usuários programar o braço robótico e os sensores, como temperatura, umidade, liga/desliga da bomba de água e LED, utilizando linguagens de programação como Arduino ou C/C++.

Este ambiente constitui a principal componente do laboratório remoto voltado ao ensino de programação, ao facilitar a utilização de diversos componentes e sensores para indivíduos que nunca tiveram contato prévio com dispositivos Arduino. Essa característica é particularmente benéfica para escolas situadas em áreas carentes ou instituições que carecem de laboratórios especializados na área de robótica.

Para utilizar este ambiente, o usuário precisa ser autorizado pelo administrador do sistema, com um login cadastral. Isso garante a segurança e o controle dos acessos, permitindo que apenas usuários autorizados possam programar o braço robótico e os sensores.

A interface do "Ambiente Editor" facilita a escrita e edição de códigos de programação, proporcionando uma experiência eficiente para o usuário. O ambiente oferece recursos como sugestões automáticas e verificação de erros, otimizando o processo de programação e permitindo um desenvolvimento mais rápido e preciso.

Neste ambiente, os usuários podem enviar seu código para compilação, que será armazenado em uma pasta identificada pelo ID do usuário. Com um botão de upload, o usuário pode carregar o código no módulo Arduino conectado ao servidor e visualizar ao vivo, através da ESP32CAM, o código sendo carregado. Além disso, todos os códigos compilados são salvos automaticamente no banco de dados, permitindo que o professor ou administrador acompanhe a evolução do aluno através das informações armazenadas para posteriores análises.

O professor pode colocar questões para avaliar ou interagir de forma prática, direcionando suas aulas para a utilização de sensores, servomotores, sensores de umidade e temperatura, e LEDs localizados em cada vaso. Isso abrange desde o módulo básico até o módulo avançado com a utilização do ERPLab.

O uso deste ambiente também precisa ser agendado com antecedência, garantindo que os recursos sejam utilizados de maneira organizada e equitativa.

O Ambiente Editor é uma ferramenta destinada a usuários que desejam programar o braço robótico e os sensores no sistema ERPLab. Sua interface simplificada, aliada a recursos como verificação de erros, oferece uma solução eficiente e segura para a programação de robôs e sensores, proporcionando uma experiência de aprendizado prática e interativa. Este ambiente desempenha um papel fundamental na ampliação do acesso ao ensino de robótica e programação, especialmente em comunidades carentes e instituições com infraestrutura.

Como ilustrado na Figura 20, o Ambiente Editor proporciona uma interface intuitiva e segura para a programação ao vivo de diversos componentes, como o braço robótico e os sensores no ERPLab. Neste ambiente, há um espaço para escrever o código e fazer a compilação e upload em tempo real, permitindo uma interação prática e imediata com os dispositivos.

## 4.7 Módulo Professor do ERPLab

O módulo Professor do ERPLab é uma ferramenta essencial para a gestão das atividades educacionais dentro do sistema. Ele oferece um conjunto de funcionalidades que

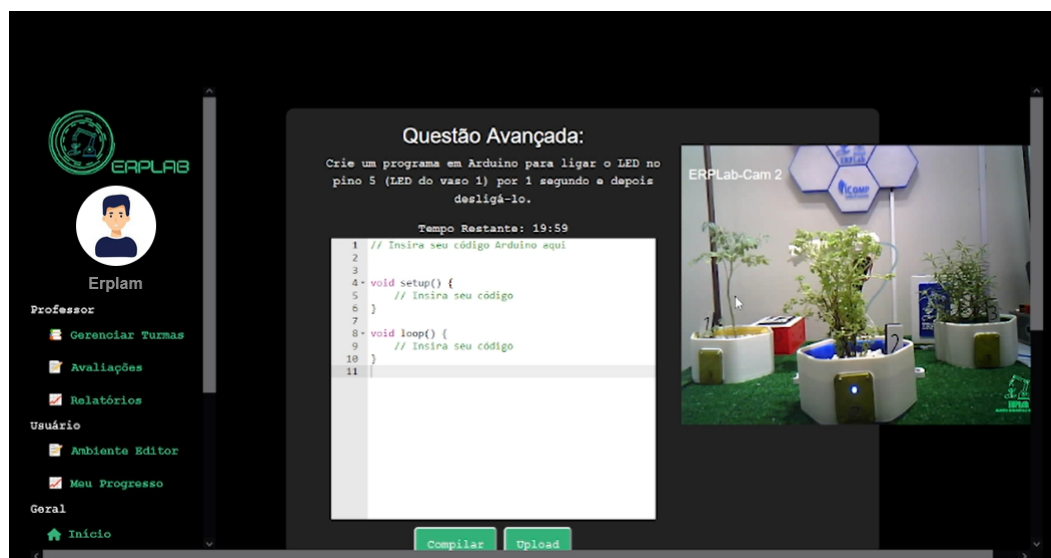


Figura 21 – Módulo Ambiente Editor do ERPLab

capacitam os professores a administrar suas turmas de maneira interativa. A seguir, apresentamos uma visão detalhada das principais funcionalidades deste módulo:



Figura 22 – Módulo Professor do ERPLab

#### 4.7.1 Gerenciamento de Turmas

O módulo oferece diversas ferramentas para o gerenciamento das turmas, fornecendo aos professores um conjunto de funcionalidades essenciais. Entre essas ferramentas,

destaca-se a capacidade de criar novas turmas, facilitando a organização de alunos em grupos específicos, e a adição de novos alunos de forma ágil e intuitiva. Além disso, o módulo permite o envio de mensagens diretas, promovendo uma comunicação rápida e eficiente entre professores e alunos, o que contribui para um acompanhamento mais eficaz das atividades escolares.

Outra funcionalidade crucial é a gestão de questões de avaliação, que permite aos professores monitorar e ajustar as avaliações conforme necessário, garantindo que todos os aspectos das atividades educacionais sejam tratados de forma eficaz. Essas ferramentas não apenas tornam o processo de ensino mais organizado, mas também asseguram que os professores possam administrar suas turmas com maior facilidade e eficiência.

A integração dessas funcionalidades no sistema, como ilustrado na Figura 22, resulta em uma gestão mais fluida e uma comunicação mais eficiente. Isso não só melhora a interação entre professores e alunos, mas também contribui para um ambiente educacional mais coordenado e produtivo, onde todos os participantes têm acesso às ferramentas necessárias para o sucesso acadêmico

#### 4.7.2 Lista de Turmas

A lista de turmas fornece uma visão geral completa de todas as turmas criadas pelo professor, facilitando o acesso rápido e a organização das atividades educacionais. Observamos na Figura 22 que o módulo disponibiliza uma série de funcionalidades úteis para os professores. Neste módulo, o professor pode criar novas turmas, visualizar as turmas existentes, enviar mensagens sobre novos exercícios, comunicados de novos desafios ou funcionalidades, adicionar novos membros às turmas e gerenciar questões relacionadas à avaliação. Essas funcionalidades são essenciais para uma administração eficiente e para a otimização da gestão das atividades educacionais, promovendo uma melhor organização e um acompanhamento do progresso dos alunos.

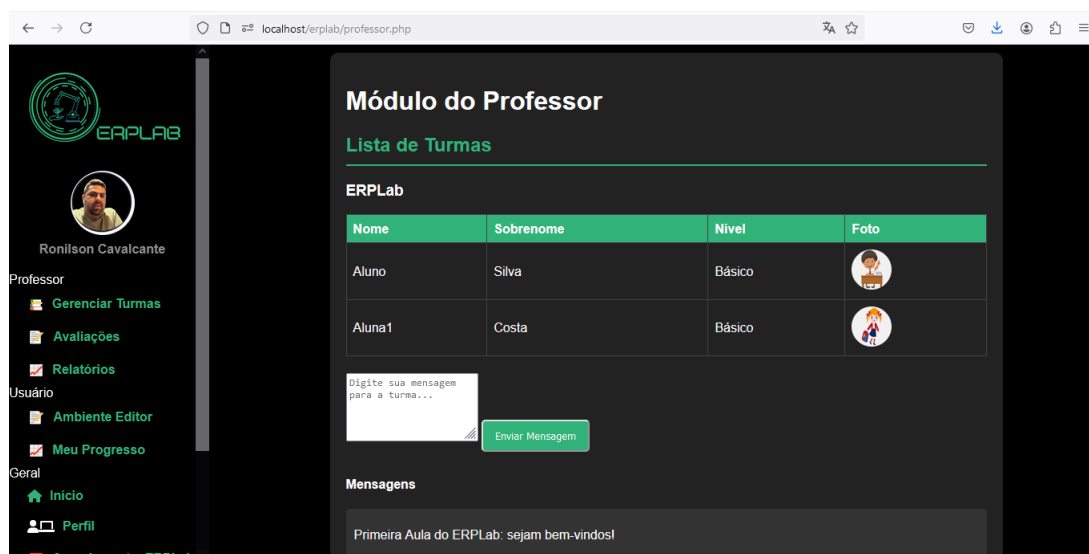


Figura 23 – Módulo Professor do ERPLab Gerenciamento de Turmas

### 4.7.3 Adicionar Aluno na Turma

Os professores têm a facilidade de adicionar novos alunos às turmas de maneira rápida e eficiente, assegurando que todos os estudantes sejam integrados ao ambiente de aprendizagem sem atrasos ou complicações. Esse processo ágil permite que os novos alunos tenham acesso imediato a todo o conteúdo didático e às atividades planejadas, o que é essencial para que possam acompanhar o ritmo da turma desde o início.

Além disso, a possibilidade de adicionar alunos de forma simplificada contribui para a organização das turmas, permitindo que os professores se concentrem mais na condução das aulas e menos nas tarefas administrativas. Essa eficiência na gestão de alunos garante que ninguém fique para trás, reforçando o compromisso com uma educação inclusiva e acessível para todos.

### 4.7.4 Adicionar Questões

Este módulo permite aos professores adicionar questões diretamente no sistema e armazená-las no banco de dados. Cada professor possui um ID único vinculado às turmas que administra, garantindo que as questões sejam direcionadas corretamente aos alunos cadastrados em suas turmas.

O módulo também facilita o envio das questões para o banco de dados, onde são armazenadas e associadas ao professor e à turma específica. Assim, quando novas questões são criadas, elas são automaticamente disponibilizadas para os alunos cadastrados na turma do professor correspondente. Essa abordagem garante uma gestão eficiente das atividades avaliativas e assegura que os alunos recebam os desafios de forma organizada e direcionada.

Observamos na Figura 23 como o módulo 'Adicionar Questão' está estruturado. Este módulo oferece uma interface organizada, que inclui um guia para inserir o enunciado da questão, quatro campos para as alternativas e um campo para a resposta correta. Essas funcionalidades facilitam a criação e o envio de questões, permitindo uma administração eficiente das atividades avaliativas.

A estrutura do módulo é projetada para manter a qualidade do ensino e o engajamento dos alunos. Ao utilizar esses campos, os professores podem criar questões de forma prática e eficiente, promovendo uma melhor compreensão dos conceitos abordados nas aulas e garantindo que os alunos sejam desafiados de maneira adequada.

A imagem mostra a interface web do sistema ERPLab, especificamente o módulo 'Adicionar Questão' acessado pelo professor Ronilson Cavalcante. O layout é dividido em três partes principais: uma barra lateral esquerda com o menu de navegação, uma área central para o formulário e uma barra superior com o título do módulo. O menu lateral, sob o logotipo do ERPLab, contém opções para 'Gerenciar Turmas', 'Avaliações' (destacada), 'Relatórios', 'Ambiente Editor' e 'Meu Progresso'. Abaixo, há uma seção 'Geral' com links para 'Início' e 'Perfil'. O formulário central, intitulado 'Adicionar Questão', possui os seguintes campos: 'Nível' (menu suspenso com 'Básico' selecionado), 'Pergunta' (campo de texto grande), 'Opção 1', 'Opção 2', 'Opção 3' e 'Opção 4' (campos de texto horizontais), e 'Resposta (1-4)' (campo de texto com uma seta de seleção). Um botão verde 'Adicionar Questão' está localizado na base do formulário. A barra superior do navegador indica o endereço 'localhost/erplab/avaliacoes.php'.

Figura 24 – Módulo Professor do ERPLab Adicionar Questão

### 4.7.5 Relatórios por Gráficos

O módulo oferece visualizações gráficas detalhadas sobre o desempenho dos alunos, apresentando duas principais representações visuais para facilitar a análise pedagógica.

O primeiro gráfico utiliza barras coloridas para mostrar o desempenho dos alunos em relação às questões respondidas. A barra verde indica a quantidade de questões corretas, enquanto a barra vermelha representa as questões incorretas. Esses gráficos proporcionam uma visão detalhada da precisão e eficiência dos alunos nas atividades avaliativas.

O segundo gráfico mostra o tempo médio de resposta por questão, discriminado em categorias de questões corretas e incorretas. Esse gráfico permite uma análise detalhada do tempo total de resposta para todas as questões, bem como o tempo médio por questão, tanto para respostas corretas quanto incorretas. Além disso, as informações são apresentadas individualmente para cada aluno, incluindo Nome, Sobrenome, Questões Respondidas, Questões Corretas, Questões Incorretas e Tempo Total de Resposta (em segundos).

Essas visualizações gráficas ajudam na análise do progresso dos alunos e na tomada de decisões pedagógicas, proporcionando uma compreensão mais aprofundada do desempenho de cada aluno e das áreas que podem necessitar de melhorias.



Figura 25 – Módulo Professor do ERPLab Relatório da Turma

#### 4.7.6 Importância do Módulo Professor para o Laboratório Remoto de Ensino de Programação

O módulo Professor do ERPLab desempenha um papel crucial no laboratório remoto de ensino de programação. Ele facilita a organização e administração das turmas, promove um ambiente de aprendizado interativo e colaborativo e é especialmente benéfico para instituições com recursos limitados, oferecendo os seguintes benefícios:

- **Facilita o Acesso ao Conteúdo:** Permite que professores organizem e distribuam conteúdo de programação de maneira eficiente.
- **Promove a Interatividade:** Através do envio de questões e comunicação contínua, mantém os alunos engajados e motivados.
- **Monitora o Desempenho dos Alunos:** Relatórios gráficos detalhados ajudam a acompanhar o progresso dos alunos e identificar áreas que necessitam de atenção.
- **Garante a Inclusão Digital:** Oferece recursos para que alunos de escolas carentes possam aprender e praticar programação e manipulação de hardware remotamente.

#### 4.7.7 Benefícios do Módulo Professor

O módulo Professor proporciona:

- **Eficiência na Gestão:** Centraliza todas as atividades administrativas e educacionais em uma única plataforma.
- **Interatividade e Comunicação:** Melhora a comunicação entre professores e alunos, promovendo um ambiente colaborativo.
- **Avaliação e Acompanhamento:** Facilita a avaliação contínua e o acompanhamento do progresso dos alunos, permitindo intervenções pedagógicas.
- **Análise Detalhada:** Relatórios gráficos fornecem uma visão objetiva do desempenho dos alunos, permitindo ajustes nas estratégias de ensino conforme necessário.

De forma geral, o módulo Professor do ERPLab é uma ferramenta que apoia os professores no gerenciamento de suas turmas, na comunicação com os alunos e na avaliação do aprendizado. Com suas funcionalidades e interface intuitiva, é essencial para criar um ambiente educacional eficiente e interativo, especialmente no contexto do ensino remoto de programação.

## 4.8 Módulo Administrador do ERPLab

O módulo Administrador do ERPLab é crucial para a gestão eficiente do sistema. Suas principais responsabilidades incluem o gerenciamento de usuários, que abrange a adição e remoção de usuários e o ajuste de permissões de acesso. Em relação ao gerenciamento de agendamentos, o módulo permite a solicitação, aprovação e rejeição de acessos a diferentes áreas do sistema. Também é responsável pela manutenção de material, que envolve a atualização e o ajuste de recursos e conteúdos disponíveis. O módulo gerencia logs e relatórios, monitorando atividades e criando relatórios detalhados sobre o uso do sistema. Finalmente, oferece suporte ao usuário, respondendo a dúvidas e mantendo uma comunicação contínua para garantir uma experiência satisfatória.

### **Benefícios:**

O módulo Administrador do ERPLab oferece vários benefícios significativos. Ele centraliza a administração do sistema, facilitando a gestão geral. Além disso, assegura controle e segurança rigorosos no uso do sistema, mantendo-o atualizado e relevante. O módulo também proporciona suporte eficiente aos usuários e permite uma análise contínua do uso, contribuindo para a operação organizada e segura do laboratório remoto. Com essas funcionalidades, o módulo promove um ambiente de aprendizado interativo.

## 4.9 Módulo de Instruções em Vídeo do ERPLab

Para facilitar a integração e o uso eficiente do ERPLab, foi desenvolvido um módulo dedicado a fornecer instruções visuais através de um vídeo tutorial. Este recurso é

| Nome do Usuário | Horário  | Data       | Status Geral | Status Observatório | Status Manipulação | Status Editor | Status Total | Motivo do Acesso | Data de Solicitação |
|-----------------|----------|------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------|--------------|------------------|---------------------|
| Ronilson        | 16:00:00 | 14/06/2024 | pendente     | Aprovado            | Aprovado           | Aprc          | Aprc         | total            | 14/06/2024 16:13    |
| Marcia          | 09:00:00 | 18/06/2024 | pendente     | Pendente            | Pendente           | Penic         | Penic        | total            | 14/06/2024 22:13    |
| usuario_teste   | 16:00:00 | 18/06/2024 | pendente     | Pendente            | Pendente           | Penic         | Penic        | visualizar       | 17/06/2024 14:10    |

Aprovar/Rejeitar

Figura 26 – Módulo Administrador do ERPLab

especialmente útil para novos usuários, permitindo-lhes entender rapidamente como navegar pelo sistema e aproveitar ao máximo suas funcionalidades.

#### 4.9.1 Descrição do Módulo de Instruções em Vídeo

O módulo de instruções em vídeo do ERPLab foi criado com o objetivo de oferecer uma orientação prática e detalhada sobre o uso da plataforma. O vídeo tutorial aborda os seguintes tópicos:

- **Cadastro e Login:** Passo a passo para criar uma conta no ERPLab e acessar o sistema utilizando as credenciais fornecidas.
- **Navegação pelo Sistema:** Como explorar o menu principal e localizar as diferentes seções e funcionalidades do ERPLab.
- **Utilização dos Desafios Arduino:** Orientações sobre como acessar e participar dos desafios de programação oferecidos.
- **Agendamento de Recursos:** Instruções para reservar e agendar o uso dos recursos disponíveis no laboratório remoto.

- **Exploração de Outras Funcionalidades:** Demonstração das ferramentas adicionais e como utilizá-las para maximizar a experiência no ERPLab.

#### 4.9.2 Acesso ao Vídeo Tutorial

O vídeo tutorial está disponível diretamente na plataforma ERPLab e pode ser acessado através do módulo de instruções.

#### 4.9.3 Aulas Iniciais para Usuários de Robótica com Arduino

Para usuários que estão iniciando na robótica com Arduino, o ERPLab oferece uma série de aulas introdutórias que cobrem os fundamentos da robótica e da programação com Arduino. Estas aulas são projetadas para ajudar iniciantes a adquirir habilidades básicas e a se familiarizar com os conceitos fundamentais da robótica.

As aulas incluem:

- **Introdução aos Componentes Básicos do Arduino:** Uma visão geral dos principais componentes do Arduino e como eles são usados em projetos de robótica.
- **Tutorial de Programação com Arduino:** Passo a passo sobre como programar o Arduino, incluindo exemplos práticos e dicas úteis.
- **Exemplo Prático com o Desafio 1:** Aplicação prática dos conceitos aprendidos em um desafio específico, mostrando como implementar e testar o código.
- **Aulas sobre Arduino e Servo Motor:** Demonstrações detalhadas de como trabalhar com o Arduino e servo motores para projetos de robótica.

Este módulo é projetado para ser um recurso acessível e educativo, proporcionando aos usuários novos um ponto de partida sólido e recursos contínuos para aprimorar suas habilidades em robótica com Arduino.

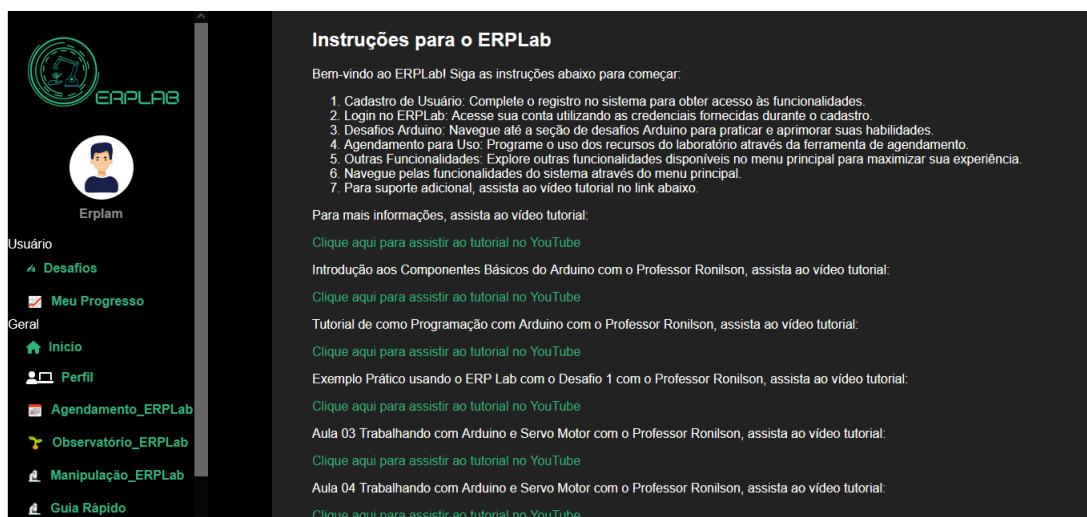


Figura 27 – Módulo de Instruções em Vídeo do ERPLab com Aulas Introdutórias para Robótica com Arduino

## 4.10 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo, exploramos a proposta do sistema ERPLab, detalhando sua estrutura e funcionalidades essenciais. O sistema foi projetado para oferecer uma solução completa e integrada para o ensino remoto de programação e robótica, destacando-se pela sua abordagem inovadora e pela combinação de ferramentas avançadas com um ambiente reconfigurável em diversos cenários.

O ERPLab é composto por quatro módulos principais: o Módulo Manipulação, o Ambiente Editor, o Módulo Professor e o Módulo Administrador. Cada um desses módulos desempenha um papel crucial na criação de um ambiente educacional. O Módulo Manipulação permite o controle em tempo real de equipamentos laboratoriais e o monitoramento de condições ambientais, enquanto o Ambiente Editor proporciona uma plataforma prática para a programação de robôs e sensores. O Módulo Professor facilita a gestão de turmas e a avaliação do desempenho dos alunos, promovendo um aprendizado mais interativo e colaborativo. Já o Módulo Administrador garante a administração eficiente e segura do sistema, assegurando a operação organizada e atualizada de todas as funcionalidades.

O ERPLab se destaca por integrar a tecnologia avançada com elementos naturais, como a presença de três plantas no laboratório, onde os usuários podem interagir

diretamente com o ambiente. A produção do braço robótico por meio de impressão 3D é um exemplo de como a tecnologia pode ser aplicada de maneira prática e inovadora, criando uma conexão entre a natureza e a tecnologia no contexto educacional.

No próximo capítulo, apresentaremos os resultados do teste de usabilidade do sistema ERPLab. Esta etapa é fundamental para validar a eficácia e a usabilidade da solução proposta, permitindo uma avaliação prática que identificará áreas de melhoria e possibilitará ajustes para atender ainda melhor às necessidades dos usuários.

## 5

---

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos a partir das avaliações realizadas com diferentes perfis de usuários, com o objetivo de analisar a interação, eficácia e usabilidade do ERPLab. A avaliação foi conduzida em duas fases distintas, permitindo uma visão completa e detalhada sobre o desempenho do sistema, seus pontos fortes e áreas que exigem aprimoramentos.

Na primeira fase, realizada logo após o desenvolvimento da versão inicial do ERPLab, o foco principal foi a avaliação da usabilidade do sistema sob a ótica dos alunos. Foram analisados aspectos como funcionalidade, facilidade de uso e interface, permitindo uma primeira avaliação crítica sobre o atendimento às necessidades dos usuários. Os resultados dessa fase forneceram importantes insights para ajustes e melhorias no sistema.

A segunda fase, conduzida após a implementação das correções e de novas funcionalidades no ERPLab, teve um escopo mais amplo. Nesta etapa, o sistema foi avaliado por um grupo diversificado, composto por professores especialistas em robótica, programação e Cultura Digital Maker, além de alunos de ensino médio, cursos técnicos e graduação. Essa diversidade de participantes proporcionou uma compreensão mais profunda sobre a flexibilidade e a aplicabilidade do ERPLab em diferentes contextos educacionais, ampliando a análise de sua usabilidade técnica e pedagógica.

O capítulo está estruturado para apresentar os resultados das duas fases da avaliação, com ênfase nos seguintes critérios:

- **Usabilidade Técnica:** Avaliação da interface, navegabilidade e desempenho téc-

nico do sistema.

- **Usabilidade Pedagógica:** Avaliação da eficácia do sistema no apoio ao aprendizado, clareza das instruções e adequação dos recursos pedagógicos.

Por meio da análise desses critérios, será possível identificar as principais contribuições do ERPLab para o ensino de robótica e programação, além dos aspectos que necessitam de ajustes para aprimorar a experiência do usuário e aumentar a efetividade pedagógica do sistema. Ambos os ciclos de avaliação seguiram rigorosamente os princípios éticos, utilizando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme descrito nos anexos. Esse procedimento garantiu que todos os participantes compreendessem os objetivos, os procedimentos, os riscos e os benefícios envolvidos, assegurando a transparência e a ética no processo de pesquisa.

A diversidade de perfis entre os participantes — incluindo professores e alunos de diferentes níveis educacionais e áreas de atuação — proporcionou uma avaliação detalhada sobre o impacto do ERPLab em diversos contextos educacionais. Isso permitiu identificar tanto os pontos fortes quanto as áreas que necessitam de melhorias no sistema. A partir dessas contribuições, foi possível obter uma visão mais rica e aprofundada da eficácia do laboratório remoto no suporte ao ensino de robótica e programação. A abordagem adotada, com foco na diversidade de perspectivas e experiências, especialmente entre os educadores, ampliou a abrangência e a confiabilidade dos resultados. Essa multiplicidade de opiniões contribuiu para a identificação de aspectos bem-sucedidos e daqueles que necessitam de refinamento.

Por fim, a análise conduzida possibilitou uma avaliação aprofundada da aceitação e da eficácia do ERPLab em diferentes perfis de usuários, garantindo que o sistema seja capaz de atender tanto às necessidades de iniciantes quanto às expectativas de usuários mais experientes e de profissionais da educação. A diversidade dos participantes e a atenção a diferentes contextos educacionais reforçam a adaptabilidade do ERPLab para variadas aplicações e necessidades pedagógicas.

## 5.1 Primeira Fase de Avaliação

A análise dos dados revela que, apesar dos recursos oferecidos pelo ERPLab, a abordagem investigativa e a natureza dos dados exigiram um estudo do tipo quali-quantitativo. O estudo contou com a colaboração de alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública localizada em Manaus, Amazonas. A aplicação do questionário foi realizada no final do 2º bimestre do ano letivo, com estudantes voluntários que participaram do experimento. Após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), os alunos foram convidados a seguir um roteiro que guiou as atividades de utilização do ERPLab.

O tema proposto para a atividade foi um experimento remoto envolvendo o controle de um braço robótico e sensores de umidade em uma estufa (ver Figura 1), usado para o cuidado de plantas como arruda, manjerição e alecrim. Esta atividade permitiu aos participantes aplicar habilidades de programação robótica em um contexto realista e significativo.

Para capturar a percepção dos estudantes após a atividade, foram seguidas as seguintes etapas:

1. **Desenvolvimento do Questionário:** O questionário foi desenvolvido com base na literatura relevante e consulta aos professores da disciplina especialistas na área de ensino e programação. O questionário foi projetado para capturar informações pertinentes às experiências dos usuários.
2. **Aplicação do Questionário:** O questionário foi aplicado aos 24 estudantes voluntários que utilizaram o LR ERPLab. A aplicação foi realizada de forma online, garantindo a acessibilidade e a conveniência para os participantes.
3. **Coleta de Dados:** Os dados foram coletados de forma anônima para garantir a confidencialidade das respostas. Além disso, foram incluídas perguntas abertas e fechadas para obter uma visão completa das experiências dos usuários.
4. **Análise dos Dados:** A análise qualitativa dos dados foi conduzida utilizando técnicas de codificação e categorização para identificar temas e padrões. Além disso,

foi realizada uma análise quantitativa para avaliar a frequência e a distribuição das respostas.

5. **Interpretação dos Resultados:** Os resultados foram interpretados à luz do contexto educacional e das características dos participantes, permitindo uma compreensão aprofundada das experiências e percepções.
6. **Recomendações:** Com base na análise dos dados, foram elaboradas recomendações para melhorar o LR ERPLab, com foco na usabilidade, funcionalidade e suporte técnico, visando criar um ambiente de aprendizado mais eficiente e inclusivo.

### 5.1.1 Resultados e Discussões

Para realizar a atividade experimental com os 24 estudantes, foi necessário realizar o agendamento das sessões com duração prevista de 20 a 30 minutos. O acesso remoto era criado, e o estudante era autorizado a interagir com o braço robótico e os sensores de umidade. Os participantes eram orientados a variar os movimentos do braço para regar as diferentes plantas. Após a atividade o questionário de percepção foi disponibilizado para o estudante por meio do *Google Forms* no seguinte link: <<https://forms.gle/mD9quaKprBgW5F2Y8>> com preenchimento anônimo.

### 5.1.2 Questionário para percepção dos estudantes

Os dados para este estudo foram obtidos através de um questionário aplicado a 24 estudantes de uma escola técnica em Manaus, estado do Amazonas, todos usuários do ERPLab, a Figura 28 exibe os estudantes utilizando o sistema. O questionário investigou diversos aspectos cruciais do laboratório remoto, incluindo a percepção sobre componentes essenciais, tipos de atividades mais valorizados, preferências de interação com o Arduino, medidas de segurança adotadas, suporte disponibilizado e os desafios enfrentados durante o uso.



Figura 28 – Estudantes utilizando a ferramenta.

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, buscando identificar padrões comuns entre as respostas dos participantes, bem como diferenças significativas que puderam fornecer informações sobre a efetividade e a facilidade do ERPLab como ferramenta educacional. Essa abordagem incluiu uma compreensão detalhada das observações e experiências dos estudantes, oferecendo um panorama completo sobre a implementação e o impacto do laboratório remoto em um contexto educacional específico

### 5.1.3 Percepções Obtidas

**Componentes Essenciais:** A maioria dos estudantes (66.7%) considera todos os componentes (placas Arduino, sensores e motores) essenciais para um laboratório remoto, destacando a importância de uma estratégia integrada para o ensino de robótica e programação. Menos estudantes consideraram as placas Arduino (25.0%), sensores (4.2%) e motores (4.2%) isoladamente como componentes essenciais.

**Tipos de Atividades:** Os estudantes valorizam igualmente os experimentos práticos (41.7%) e uma combinação de experimentos práticos e projetos de programação (41.7%), refletindo a necessidade de uma abordagem prática e diversificada no ensino. Projetos práticos de programação, isoladamente, foram escolhidos por 16.7% dos estudantes.

**Preferência de Interação com Arduino:** A preferência por ambos os métodos de interação, linha de comando e interface gráfica interativa (54.2%), sugere que os estudantes apreciam a flexibilidade e a diversidade de ferramentas para interagir com o Arduino. A interação por linha de comando foi preferida por 29.2% dos estudantes, enquanto a interface gráfica interativa foi preferida por 16.7%.

**Disponibilização de Recursos Físicos:** O acesso virtual controlado é a forma mais comum de disponibilização dos recursos (41.7%), o que pode ser uma resposta às limitações logísticas na região amazônica. Além disso, 33.3% dos estudantes preferem ambos os métodos (acesso virtual controlado e envio de recursos), enquanto 20.8% não têm certeza sobre a melhor forma. Apenas 4.2% preferem o envio dos recursos para casa.

**Medidas de Segurança:** A ênfase em todas as medidas de segurança (66.7%) indica uma forte preocupação com a integridade dos equipamentos e a segurança dos experimentos. Instruções de segurança foram consideradas importantes por 25.0% dos estudantes, enquanto a autenticação segura foi destacada por 8.3%.

**Desenvolvimento de Habilidades Práticas:** A maioria dos estudantes (58.3%) acredita que uma combinação de métodos é benéfica para o desenvolvimento de habilidades práticas, sugerindo que uma abordagem multifacetada é mais vantajosa. Fornecer desafios práticos foi importante para 25.0% dos estudantes, e 16.7% valorizaram tutoriais passo a passo.

**Oportunidades de Colaboração:** Há uma distribuição equilibrada entre os estudantes que tiveram e não tiveram oportunidades de colaboração. 41.7% relataram colaboração ocasional, 25.0% frequentemente, 20.% não tiveram oportunidade e 12.5% raramente colaboraram, indicando que melhorias podem ser feitas para facilitar mais interações colaborativas.

**Suporte e Feedback:** Os tutoriais online são o método de suporte mais comum (41.7%), mas o suporte ao vivo também é significativo (33.3%), mostrando a importância de uma abordagem híbrida. 25% dos estudantes preferem ambos os métodos.

**Desafios na Utilização do Laboratório:** Os desafios são amplamente distribuídos, com 66.7% dos estudantes relatando dificuldades com todos os aspectos listados (compreensão das instruções, acesso aos equipamentos e conectividade de internet). A conectividade de internet foi um problema significativo para 8.3% dos estudantes, especialmente nas áreas remotas da Amazônia. Problemas na compreensão das instruções e no acesso aos equipamentos foram mencionados por 16.7% e 8.3%, respectivamente.

**Recursos Preferidos no ERPLab:** A conectividade de internet e a capacidade de visualizar em tempo real são altamente valorizadas pelos estudantes. 50% consideraram todos os recursos listados como preferidos, enquanto 20.8% destacaram a conectividade de internet, 12.5% preferiram aplicativos inteligentes, e 8.3% valorizaram a visualização em tempo real e o uso do Arduino uno com servo motor.

**Dificuldades Encontradas:** Metade dos estudantes (50%) não encontrou dificuldades significativas, enquanto a outra metade relatou problemas técnicos (25%) e de conectividade (16.7%). Apenas 8.3% enfrentaram dificuldades na programação.

**Comparação com métodos tradicionais:** A maior parte dos estudantes, precisamente 87,5%, considerou a experiência prática no laboratório remoto como superior ou pelo menos tão vantajosa quanto o método tradicional em sala de aula. Este resultado ressalta a efetividade das atividades práticas realizadas de forma remota, destacando a capacidade do ERPLab. Essa percepção positiva dos estudantes reforça a importância do investimento em tecnologias educacionais que possibilitem a continuidade e a qualidade do ensino, independentemente do ambiente físico. A Figura 29 exibe o resultado das respostas.

**Recomendação do ERPLab:** A maioria dos estudantes (95.8%) recomendaria o ERPLab, demonstrando a eficácia e o valor percebido do laboratório remoto. No entanto, 4.2% dos estudantes não recomendariam o ERPLab, sugerindo que ainda existem áreas de melhoria a serem consideradas para atender plenamente às expectativas de todos os usuários.

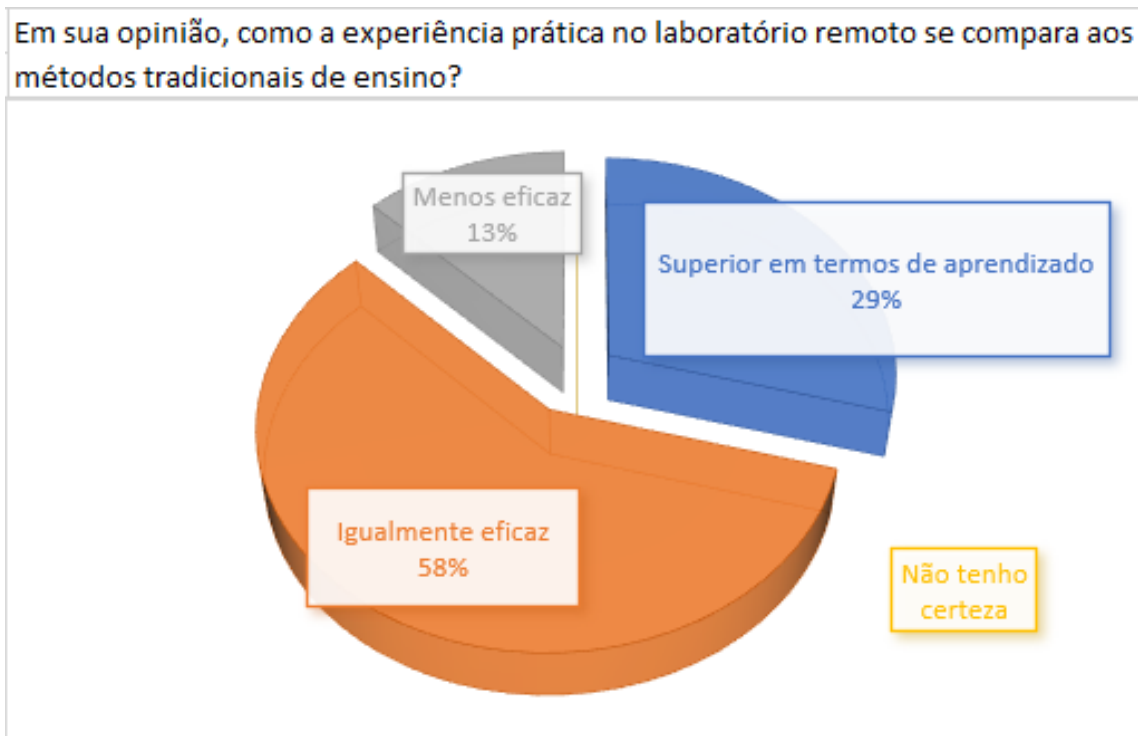


Figura 29 – Resultado das opiniões sobre a experiência prática dos estudantes.

## 5.2 Conclusões sobre as Respostas à Questão:

### 5.2.1 Você Encontrou Alguma Dificuldade ao Usar o LR ERPLab?

#### Se Sim, Quais?

Baseando-se nas percepções obtidas do questionário aplicado aos estudantes, várias melhorias podem ser implementadas para otimizar o sistema educacional. Um dos principais pontos de melhoria é a falta de comunicação com a internet, que foi mencionada como uma dificuldade significativa. Investir em soluções para melhorar a conectividade, especialmente em áreas remotas, é essencial para garantir que todos os estudantes possam acessar o laboratório remoto de maneira eficiente e sem interrupções.

Embora a maioria dos estudantes não tenha enfrentado dificuldades significativas na programação, alguns relataram dificuldades iniciais que se ajustaram com o tempo e a prática. Para facilitar a transição e reduzir a curva de aprendizado, seria benéfico oferecer mais tutoriais passo a passo e recursos educativos focados em programação. Isso pode incluir vídeos, guias detalhados e exercícios práticos que ajudem a consolidar o conhecimento.

No que diz respeito ao acesso via remoto, embora alguns estudantes não tenham relatado dificuldades, outros mencionaram dúvidas que foram resolvidas no próprio sistema. Para melhorar essa experiência, é importante garantir que o suporte ao estudante seja robusto e acessível. Isso pode incluir um sistema de suporte ao vivo, FAQs detalhados, e uma plataforma de ajuda centralizada onde os estudantes possam encontrar respostas rapidamente.

Alguns estudantes expressaram ter pouca habilidade com as funções dos equipamentos. Para atender a essa necessidade, seria útil desenvolver programas de treinamento específicos que abordem o uso dos equipamentos de forma detalhada e prática. Oferecer workshops, webinars e sessões de treinamento ao vivo pode aumentar a confiança e a competência dos estudantes no uso dos equipamentos.

Por fim, monitorar continuamente o feedback dos estudantes e ajustar as estratégias de ensino e suporte conforme necessário é crucial para garantir uma experiência de aprendizado mais rica e envolvente. Realizar pesquisas regulares de satisfação pode ajudar a identificar novas áreas de melhoria e a manter o sistema educacional atualizado e funcional.

### 5.2.2 Comparação com a Realidade Geográfica da Amazônia

A análise dos dados revela que, apesar dos recursos oferecidos pelo ERPLab para o aprendizado de robótica e programação, estudantes na região amazônica enfrentam desafios significativos adicionais. A falta de acesso à internet confiável e a escassez de recursos físicos essenciais como placas Arduino e sensores limitam severamente a eficácia do laboratório remoto. Essas barreiras destacam a urgência de desenvolver soluções alternativas e adaptar o ERPLab para atender às especificidades geográficas e infraestruturais da região, garantindo que todos os estudantes possam beneficiar-se plenamente das oportunidades educacionais proporcionadas pela tecnologia.

No contexto educacional da região amazônica, uma das principais críticas às tecnologias de ensino remoto é a dificuldade generalizada de acesso aos conteúdos por meio das mídias digitais. No estado do Amazonas, a disponibilidade limitada de

sinal de internet impõe desafios significativos, exigindo que os usuários contratem pacotes que, em média, custam mais de cem reais por mês. Esta realidade não apenas dificulta o acesso dos estudantes aos recursos educacionais online, mas também ressalta a disparidade de acesso tecnológico enfrentada por muitas comunidades na região, impactando diretamente a qualidade e a equidade do ensino (OLIVEIRA et al., 2021).

### 5.2.3 Resultado da Primeira Avaliação

O estudo revela que, embora o LR ERPLab seja adequado para o ensino de robótica e programação, sua implementação na região amazônica enfrenta desafios significativos de infraestrutura. A conectividade de internet é uma barreira crítica, com muitos estudantes dependendo de acesso virtual controlado devido à conectividade intermitente. A falta de infraestrutura digital em algumas escolas limita severamente as oportunidades de aprendizado tecnológico, exacerbando desigualdades.

A dependência de recursos físicos, como placas Arduino e sensores, também é crucial. A distribuição desses materiais é dificultada pelas limitações logísticas da região, agravando as disparidades no acesso a esses componentes essenciais. A segurança e a qualidade da interação com o Arduino são áreas de preocupação, com os estudantes destacando a necessidade de medidas de segurança e flexibilidade nas ferramentas de interação.

Apesar dos desafios, a percepção geral dos estudantes sobre o ERPLab é positiva. Eles valorizam a combinação de métodos práticos e tutoriais para desenvolver habilidades, e a maioria recomendaria o laboratório remoto. A flexibilidade, interatividade e a capacidade de visualização em tempo real são citadas como benefícios significativos que enriquecem a experiência de aprendizado.

Para superar esses obstáculos, são necessárias medidas como melhorias na conectividade de internet, estratégias eficientes para distribuição de recursos físicos e suporte educacional híbrido. Investimentos nesses aspectos não apenas beneficiariam o uso do ERPLab, mas também fortaleceriam a base tecnológica da educação na região, promovendo um aprendizado mais inclusivo.

Continuar pesquisas focadas em soluções práticas é crucial. Iniciativas que explorem alternativas de conectividade local e o desenvolvimento de materiais educacionais adaptados às realidades regionais podem ampliar a eficácia do ERPLab e outras iniciativas tecnológicas na região amazônica. Assim, o ERPLab tem o potencial de transformar o ensino, mas sua plena realização depende de esforços coordenados para melhorar infraestrutura e acesso tecnológico na Amazônia.

### 5.3 Segunda Avaliação da Usabilidade Técnica e Pedagógica

A avaliação da usabilidade do ERPLab foi estruturada em duas categorias principais, cada uma focando em aspectos essenciais da experiência do usuário na plataforma:

#### 5.3.1 Critérios de Usabilidade Técnica

Esta categoria abrange a análise da interface do usuário, a facilidade de navegação e o desempenho técnico do sistema. O objetivo é garantir que a interface do ERPLab seja intuitiva e eficiente, proporcionando uma experiência técnica satisfatória aos usuários, com um funcionamento confiável e sem complicações.

#### 5.3.2 Critérios de Usabilidade Pedagógica

Aqui, a avaliação foca na eficácia do sistema em suportar o aprendizado, incluindo a clareza das instruções fornecidas e a adequação dos recursos pedagógicos. O propósito é assegurar que o ERPLab atenda às necessidades educacionais dos usuários, facilitando o processo de ensino e aprendizagem de maneira eficiente.

### 5.3.3 Metodologia de Avaliação

A metodologia utilizada na avaliação baseou-se em uma escala de Likert de 1 a 5 para cada critério, com as seguintes definições:

- 1: Discordo Fortemente
- 2: Discordo
- 3: Neutro
- 4: Concordo
- 5: Concordo Fortemente

### 5.3.4 Ferramentas e Referências

Para embasar a avaliação, foram adaptadas heurísticas técnicas de usabilidade de Nielsen ([NIELSEN, 1994](#)) e critérios de usabilidade pedagógica de Nokelainen ([NOKE-LAINEN; HARTIKAINEN, 2019](#)). Além disso, foram criados checklists específicos para laboratórios remotos, com os seguintes ajustes:

- **Controle e Liberdade do Usuário:** O item heurístico "Controle e Liberdade do Usuário" foi excluído da lista técnica de avaliação, pois o ERPLab já implementa um sistema robusto de controle e gerenciamento sobre o acesso e as ações dos usuários. Isso inclui restrições no acesso a módulos, ambientes e editores, garantindo que a experiência de uso esteja alinhada com os objetivos educacionais e administrativos da plataforma. Assim, esse critério foi considerado gerido pela própria estrutura do ERPLab, não necessitando de avaliação adicional na lista técnica.
- **Motivação:** O critério "Motivação" foi excluído da avaliação de usabilidade pedagógica, pois não se aplica diretamente ao contexto do laboratório remoto. Em ambientes educacionais tradicionais, a motivação desempenha um papel importante ao estimular o interesse dos alunos por meio de interações pessoais e engajamento. No entanto, no contexto do laboratório remoto, a motivação dos

usuários é trabalhada de forma distinta, focando em funcionalidades que promovem o engajamento prático e intrínseco, como a autonomia no uso das ferramentas e a resolução de problemas.

Embora o critério tenha sido considerado importante, neste momento não será aplicado nesta avaliação do ERPLab. No entanto, é relevante reconhecer que a motivação dos alunos e usuários é um aspecto chave para o sucesso a longo prazo. Uma avaliação futura pode ser conduzida para investigar mais detalhadamente os fatores que influenciam a motivação no uso do laboratório remoto. Isso pode incluir a análise de quais funcionalidades são mais relevantes em estimular o interesse dos usuários, bem como identificar pontos de melhoria que possam aumentar o engajamento, especialmente entre os alunos

Essa avaliação mais aprofundada poderá oferecer uma compreensão valiosa sobre como aumentar a motivação no ambiente remoto e, conseqüentemente, melhorar a experiência educacional como um todo.

### 5.3.5 Checklists de Usabilidade

- **Usabilidade Técnica:** Um checklist com 10 itens foi criado para avaliar aspectos técnicos da interface e operação do ERPLab, incluindo a terminologia usada, a consistência dos experimentos e a acessibilidade das ações.
- **Usabilidade Pedagógica:** Um checklist com 8 itens foi desenvolvido para avaliar a eficácia pedagógica do sistema, cobrindo aspectos como o gerenciamento de informações, a interação do aprendiz e a colaboração entre usuários.

Essa estruturação detalhada permitiu uma análise da usabilidade do ERPLab, assegurando que tanto os aspectos técnicos quanto pedagógicos fossem criteriosamente avaliados.

Tabela 8 – Itens da Lista de Verificação de Usabilidade Técnica

| Pergunta                                                                                     | Categoria | Descrição                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------|
| 1 - Quando há erro no laboratório remoto, isso fica visivelmente mostrado?                   | T1        | Clareza na exibição de erros.                             |
| 2 - Os termos usados no laboratório são semelhantes aos que são usados em sala de aula?      | T2        | Consistência da terminologia.                             |
| 3 - Há uma lista de termos técnicos e seus significados disponível quando necessário?        | T2        | Disponibilidade de glossário.                             |
| 4 - A experiência do laboratório é semelhante a outras experiências online que você já usou? | T2        | Familiaridade com a interface.                            |
| 5 - Os experimentos são consistentes em todas as partes do laboratório?                      | T3        | Uniformidade na experiência dos experimentos.             |
| 6 - A navegação entre diferentes seções do laboratório é fluida e sem interrupções?          | T3        | Fluidez na navegação.                                     |
| 7 - O aprendiz consegue realizar experimentos sem precisar ler as instruções?                | T5        | Intuitividade do uso do laboratório.                      |
| 8 - Existem dicas e mensagens disponíveis em locais onde é fácil cometer erros?              | T5        | Orientações para evitar erros comuns.                     |
| 9 - O experimento funciona bem mesmo com uma conexão de internet lenta?                      | T6        | Performance com conexão lenta.                            |
| 10 - O botão ou link para ação em cada página é fácil de ver e encontrar?                    | T7        | Visibilidade e acessibilidade dos botões e links de ação. |

## Perguntas Usabilidade Técnica da Tabela T

A **Tabela T** foi desenvolvida com base nas abordagens previamente mencionadas de ??) e ??), focando nos aspectos técnicos essenciais da usabilidade do Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação (ERPLab). O objetivo é garantir que a plataforma atenda aos padrões de qualidade estabelecidos, proporcionando uma experiência eficiente e intuitiva para os usuários.

A seguir, detalhamos cada uma das perguntas técnicas incluídas na **Tabela T**:

- **T1:** "Quando há erro no laboratório remoto de ensino de robótica e programação (ERPLab),

*isso fica visivelmente mostrado?”* Esta pergunta avalia a clareza com que o ERPLab comunica erros aos usuários, garantindo que os problemas sejam prontamente identificados e compreendidos.

- **T2:** *“Os termos usados no laboratório são semelhantes aos que são usados em sala de aula?”*  
Esta pergunta verifica a consistência e familiaridade dos termos utilizados no ERPLab em comparação com aqueles comumente empregados em ambientes de ensino tradicionais, promovendo uma transição fluida entre diferentes contextos de aprendizagem.
- **T2:** *“Há uma lista de termos técnicos e seus significados disponível quando necessário?”*  
Aqui, a pergunta avalia a disponibilidade de um glossário de termos técnicos, que serve como um recurso de apoio importante para garantir que os usuários compreendam completamente a terminologia específica utilizada na plataforma.
- **T2:** *“A experiência do laboratório é semelhante a outras experiências online que você já usou?”* Esta pergunta mede o grau de familiaridade dos usuários com a interface do ERPLab, comparando-a com outras plataformas online que eles possam ter utilizado anteriormente, o que pode influenciar a curva de aprendizado e a usabilidade geral.
- **T3:** *“Os experimentos são consistentes em todas as partes do laboratório?”* Avalia a uniformidade da experiência proporcionada pelos experimentos no ERPLab, garantindo que não haja discrepâncias ou variações inesperadas ao longo do uso da plataforma.
- **T4:** *“Os links que levam o usuário para fora do curso estão devidamente identificados?”*  
Esta pergunta examina se os links externos presentes no ERPLab estão devidamente marcados, o que é crucial para evitar confusão e manter a navegação do usuário dentro da plataforma fluida e controlada.
- **T5:** *“O aprendiz consegue realizar experimentos sem precisar ler as instruções?”* Avalia a intuitividade do design do ERPLab, investigando se os usuários são capazes de conduzir experimentos de forma autônoma, sem a necessidade de consultar previamente instruções detalhadas.

- **T5:** *"Existem dicas e mensagens disponíveis em locais onde é fácil cometer erros?"* Esta pergunta analisa a presença de orientações preventivas em áreas propensas a erros, o que pode minimizar equívocos e melhorar a eficiência do usuário ao navegar pela plataforma.
- **T6:** *"O experimento funciona bem mesmo com uma conexão de internet lenta?"* Verifica a robustez e a performance do ERPLab em condições variáveis de conectividade, assegurando que a plataforma permaneça acessível e funcional mesmo em ambientes com internet de baixa qualidade.
- **T7:** *"O botão ou link para ação em cada página é fácil de ver e encontrar?"* Avalia a visibilidade e a acessibilidade dos elementos de ação (botões e links) dentro do ERPLab, elementos essenciais para uma navegação intuitiva e eficiente.

Cada uma dessas perguntas contribui para uma análise da usabilidade técnica do ERPLab, sendo fundamental para a identificação de pontos fortes e oportunidades de melhoria na interface e operação da plataforma.

## Explicação das Perguntas de Usabilidade Pedagógica da Tabela (P)

A **Tabela P** foi elaborada para avaliar a usabilidade pedagógica do Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação (ERPLab). As perguntas pedagógicas são direcionadas para verificar a eficácia educacional do sistema, assegurando que ele não apenas suporte a aprendizagem, mas também a promova de forma adequada.

A seguir, detalhamos cada uma das perguntas pedagógicas incluídas na **Tabela P**:

- **P1:** *"Cada experimento cobre uma quantidade gerenciável de informações?"* Esta pergunta avalia como as informações são organizadas e apresentadas nos experimentos, garantindo que o conteúdo seja acessível e gerenciável pelos alunos, facilitando a assimilação do conhecimento.

- **P1:** *"Cada desafio remoto é dividido em pequenos segmentos?"* Relacionado à organização e apresentação das informações, esta pergunta examina se os desafios são estruturados de maneira a dividir o conteúdo em partes menores, facilitando o processo de aprendizagem e a retenção de informações.
- **P2:** *"O aprendiz pode definir sua própria hipótese?"* Esta questão está ligada à personalização e à autonomia do aluno, verificando se o ERPLab permite que os alunos formulem suas próprias hipóteses durante os experimentos, promovendo uma aprendizagem ativa e centrada no aluno.
- **P2:** *"O aprendiz pode selecionar seus próprios dados de entrada?"* Relacionada à personalização e à autonomia do aluno, esta pergunta avalia se o sistema permite aos alunos escolherem os dados de entrada para os experimentos, o que pode enriquecer a experiência de aprendizagem ao permitir maior controle sobre o processo investigativo.
- **P3:** *"Vários usuários podem trabalhar juntos em um laboratório?"* Esta pergunta refere-se à capacidade de colaboração entre os alunos dentro do ERPLab, verificando se a plataforma suporta atividades colaborativas que podem melhorar a interação e a troca de conhecimento entre os participantes.
- **P9:** *"Quais são as principais vantagens que você vê no uso deste laboratório remoto?"* Esta questão é voltada para o feedback e a interatividade, solicitando que os usuários identifiquem os aspectos mais positivos do ERPLab, proporcionando informações valiosas para a avaliação do impacto pedagógico da plataforma.
- **P9:** *"Quais são os maiores desafios que você encontrou ao usar este laboratório?"* Relacionada ao feedback e à interatividade, esta pergunta busca identificar os desafios enfrentados pelos usuários ao utilizar o ERPLab, fornecendo insights sobre áreas que necessitam de melhorias.
- **P9:** *"Você tem sugestões de melhorias para o laboratório remoto?"* Esta questão também se refere ao feedback e à interatividade, incentivando os usuários a sugerirem melhorias, o que pode orientar futuras atualizações e aprimoramentos na plataforma.

As perguntas da Tabela P são fundamentais para avaliar a usabilidade pedagógica do ERPLab, garantindo que a plataforma não apenas atenda às necessidades técnicas, mas também promova uma experiência de aprendizagem enriquecedora e colaborativa.

Tabela 9 – Itens da Lista de Verificação de Usabilidade Pedagógica

| Pergunta                                                                            | Categoria | Descrição                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------|
| 11 - Cada experimento cobre uma quantidade gerenciável de informações?              | P1        | Organização e apresentação das informações. |
| 12 - Cada desafio remoto é dividido em pequenos segmentos?                          | P1        | Segmentação das simulações.                 |
| 13 - O aprendiz pode definir sua própria hipótese?                                  | P2        | Personalização e autonomia do aluno.        |
| 14 - O aprendiz pode selecionar seus próprios dados de entrada?                     | P2        | Flexibilidade na seleção de dados.          |
| 15 - Vários usuários podem trabalhar juntos em um laboratório?                      | P3        | Colaboração entre alunos.                   |
| 16 - Quais são as principais vantagens que você vê no uso deste laboratório remoto? | P9        | Feedback e interatividade.                  |
| 17 - Quais são os maiores desafios que você encontrou ao usar este laboratório?     | P9        | Feedback e interatividade.                  |
| 18 - Você tem sugestões de melhorias para o laboratório remoto?                     | P9        | Feedback e sugestões de melhoria.           |

## 5.4 Avaliação da Usabilidade Técnica e Pedagógica

A análise da usabilidade técnica e pedagógica do ERPLab foi realizada com base em questionários aplicados tanto a professores quanto a alunos. As respostas foram categorizadas conforme os níveis de concordância, e as médias foram calculadas separadamente para cada grupo, além de uma média geral. A seguir, são apresentadas as tabelas com os resultados ajustados, seguidas de uma síntese das principais observações.

## 5.4.1 Tabela T - Usabilidade Técnica

Tabela 10 – Resultados da Usabilidade Técnica

| Pergunta | Cat. | Percentual                            | Média (Professores) | Média (Alunos) | Média Geral | Escala |
|----------|------|---------------------------------------|---------------------|----------------|-------------|--------|
| 1        | T1   | 20% Concordam                         | 1.0                 | 1.5            | 1.25        | Baixo  |
| 2        | T2   | 90% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.5                 | 3.0            | 2.75        | Alto   |
| 3        | T2   | 75% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.0                 | 2.5            | 2.25        | Médio  |
| 4        | T2   | 65% Concordam ou Concordam Fortemente | 1.8                 | 2.0            | 1.90        | Médio  |
| 5        | T3   | 85% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.2                 | 2.7            | 2.45        | Alto   |
| 6        | T4   | 70% Concordam                         | 2.0                 | 2.4            | 2.20        | Médio  |
| 7        | T5   | 75% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.0                 | 2.5            | 2.25        | Médio  |
| 8        | T5   | 60% Concordam                         | 1.7                 | 2.0            | 1.85        | Médio  |
| 9        | T6   | 55% Concordam ou Concordam Fortemente | 1.9                 | 2.3            | 2.10        | Médio  |
| 10       | T7   | 80% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.1                 | 2.8            | 2.45        | Alto   |

### 5.4.2 Tabela P - Usabilidade Pedagógica

Tabela 11 – Resultados da Usabilidade Pedagógica

| Pergunta | Cat. | Percentual                            | Média (Professores) | Média (Alunos) | Média Geral | Escala |
|----------|------|---------------------------------------|---------------------|----------------|-------------|--------|
| 11       | P1   | 80% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.0                 | 2.5            | 2.25        | Médio  |
| 12       | P1   | 95% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.5                 | 3.0            | 2.75        | Alto   |
| 13       | P2   | 90% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.2                 | 2.8            | 2.50        | Alto   |
| 14       | P2   | 95% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.5                 | 3.0            | 2.75        | Alto   |
| 15       | P3   | 85% Concordam ou Concordam Fortemente | 2.2                 | 2.6            | 2.40        | Alto   |

### 5.4.3 Cálculo da Média das Avaliações de Usabilidade Técnica e Pedagógica

#### 5.4.3.1 Usabilidade Técnica

O cálculo da média das avaliações de usabilidade técnica foi realizado separadamente para os grupos de professores e alunos, com base nas respostas fornecidas nas perguntas relacionadas à avaliação técnica do ERPLab.

A média dos professores para a usabilidade técnica foi calculada somando-se as médias de todas as perguntas técnicas (T1 a T7) e dividindo-se pelo número total de perguntas. Para os professores, a soma das médias foi de 16,2, dividida por 10 perguntas, resultando em uma média de 2,16.

Da mesma forma, a média dos alunos para a usabilidade técnica foi calculada da seguinte forma: a soma das médias para os alunos foi de 22,7, dividida por 10 perguntas, resultando em uma média de 2,27.

Por fim, a Média Geral para a usabilidade técnica foi obtida somando-se as médias dos dois grupos e dividindo-se por dois. Assim, a média geral para usabilidade

técnica foi de:

$$\frac{2,16 + 2,27}{2} = 2,215$$

A média arredondada foi de 2,22.

#### 5.4.3.2 Usabilidade Pedagógica

O cálculo da usabilidade pedagógica segue o mesmo princípio. Foram consideradas as respostas às perguntas da avaliação pedagógica (P1 a P3), calculando as médias para professores e alunos.

A média dos professores para a usabilidade pedagógica foi obtida somando-se as médias das perguntas pedagógicas, resultando em um total de 11,4, dividido por 5 perguntas, obtendo-se a média de 2,28.

Já para os alunos, a soma das médias foi de 13,9, dividida por 5 perguntas, resultando em uma média de 2,78.

A Média Geral para a usabilidade pedagógica foi calculada somando-se as médias dos dois grupos e dividindo-se por dois. O resultado foi:

$$\frac{2,28 + 2,78}{2} = 2,53$$

#### 5.4.4 Média Geral Final

A Média Geral Final foi obtida considerando as médias gerais da usabilidade técnica e pedagógica. Para isso, foi realizada a média aritmética das duas, conforme descrito abaixo:

$$\frac{2,22 + 2,53}{2} = 2,375$$

Após o arredondamento, a Média Geral Final ficou em 2,34, classificando-se na categoria de Alta Concordância.

Essa média geral final reflete a percepção positiva tanto de professores quanto de alunos em relação à usabilidade técnica e pedagógica do ERPLab, com algumas sugestões de melhorias destacadas nos comentários adicionais.

## 5.5 Pontuação e Variação

A pontuação indica o grau de conformidade do ERPLab com as diretrizes de usabilidade, enquanto a variação reflete o nível de consistência na implementação dessas diretrizes.

A seguir, apresentamos uma escala para a interpretação dos resultados:

A tabela a seguir descreve as categorias de pontuação utilizadas para avaliar a usabilidade:

| Faixa de Pontuação | Descrição                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|
| Baixo (0.0 - 1.0)  | Baixa concordância, indica problemas significativos.          |
| Médio (1.1 - 2.0)  | Concordância moderada, indica áreas que podem ser melhoradas. |
| Alto (2.1 - 3.0)   | Alta concordância, indica satisfação geral e boa usabilidade. |

Tabela 12 – Descrição das Faixas de Pontuação

Analizando os dados das Tabelas (T) e (P):

Nas Tabelas apresentadas, observou-se uma variação significativa entre os itens avaliados, especialmente nas categorias relacionadas à segmentação de atividades, personalização do aprendizado e colaboração entre os alunos.

Pontuações de Concordância Altas

**Pontuação Superior a 2,1 (Alta Concordância):** Itens com pontuações superiores a 2,1, como os das perguntas 12, 13, 14 e 15, indicam uma alta satisfação por parte dos usuários. Esses itens incluem aspectos como:

- **Segmentação das Simulações (P1):** 96% dos usuários concordam fortemente que a divisão das simulações em pequenos segmentos facilita o aprendizado, o que reflete uma boa aplicação de princípios pedagógicos de organização da informação.
- **Personalização e Autonomia (P2):** A flexibilidade para o aluno definir suas próprias hipóteses (92% de concordância) e selecionar os dados de entrada (96%) destaca a importância de personalizar a experiência de aprendizado. Isso promove maior engajamento e aprendizado ativo.
- **Colaboração entre Alunos (P3):** A colaboração em laboratórios foi consideravelmente bem avaliada (89%), com menção à necessidade de um agendamento

prévio, o que pode ser um ponto a melhorar para tornar o processo mais acessível.

Esses resultados refletem uma boa implementação das diretrizes pedagógicas e indicam uma experiência de aprendizado eficiente e flexível, com áreas de destaque no design da interação e no uso das simulações.

### 5.5.1 Pontuações Médias

**Pontuação Entre 1,7 e 2,1 (Média Concordância):** As pontuações mais baixas, como as relacionadas às perguntas 7, 8 e 9, com valores entre 1,7 e 2,0, sugerem que, embora os usuários vejam benefícios no uso do ERPLab, há espaço para melhorias. Comentários adicionais destacaram pontos como:

- **Visibilidade das Instruções (T5):** Apesar de os usuários poderem realizar experimentos sem instruções diretas, 77% concordam que as dicas poderiam ser mais visíveis, o que ajudaria a tornar a navegação mais intuitiva.
- **Desempenho com Conexões Lentas (T6):** Com uma pontuação de 1,9, o desempenho em conexões mais lentas foi considerado apenas aceitável, sugerindo que a otimização do sistema para diferentes condições de rede deve ser uma prioridade.

## 5.6 Conclusão

A variação observada nas pontuações revela que, embora as diretrizes de usabilidade pedagógica sejam geralmente bem aplicadas, algumas áreas ainda precisam de atenção para melhorar a experiência do usuário. As categorias com pontuações mais altas refletem uma implementação satisfatória, enquanto as áreas com pontuações médias indicam pontos de aprimoramento, especialmente no que diz respeito à acessibilidade das instruções e à experiência em condições de rede adversas.

## 5.7 Análise e Comentários

A análise dos resultados de usabilidade do ERPLab indica áreas de força e de oportunidade para aprimoramento. A pontuação das avaliações revela que há uma predominância de áreas com alta e média concordância, mas também destaca desafios significativos em alguns aspectos. Vamos revisar as principais vantagens, desafios e sugestões de melhorias com base nas respostas dos usuários e nos resultados da tabela.

### 5.7.1 Principais Vantagens

#### 1. Recursos Avançados e Acesso Sem Equipamentos Físicos

- Comentário: O uso de recursos avançados para experimentos e simulações sem a necessidade de equipamentos físicos é uma grande vantagem.
- Importância: Esta vantagem destaca a capacidade do ERPLab de democratizar o acesso a tecnologias sofisticadas, permitindo que mais usuários experimentem e aprendam com tecnologias avançadas sem os custos e limitações de infraestrutura física.

#### 2. Facilidade de Aprendizagem e Ensino Acessível

- Comentário: Facilita a aprendizagem e torna o ensino mais acessível e interativo para os alunos.
- Importância: A acessibilidade e interatividade são cruciais para engajar os alunos e facilitar o aprendizado efetivo. Essas características tornam o ERPLab uma ferramenta educacional eficiente e moderna.

#### 3. Flexibilidade e Acesso Remoto

- Comentário: Acesso compartilhado. Uso de tecnologia de prototipagem. Robótica.
- Importância: A flexibilidade e o acesso remoto permitem que os usuários interajam com o laboratório de qualquer lugar e a qualquer momento, adaptando-se ao estilo de vida digital e às necessidades dos alunos.

## 5.7.2 Principais Desafios

### 1. Conexão de Internet

- **Comentário:** A estabilidade da conexão de internet é um fator crítico.
- **Importância:** Conexões de internet instáveis podem comprometer a experiência do usuário, sugerindo a necessidade de otimização do sistema para funcionar bem em diferentes condições de conectividade.

### 2. Adaptação ao Laboratório Remoto

- **Comentário:** A adaptação ao laboratório remoto pode reduzir a eficiência das primeiras aulas.
- **Importância:** A curva de aprendizado inicial pode impactar a eficácia do ensino, especialmente para novos usuários. Melhorar a orientação e suporte inicial pode ajudar a superar esse desafio.

### 3. Suporte Técnico e Configuração

- **Comentário:** Suporte técnico limitado à distância, configuração inicial complexa.
- **Importância:** Melhorar o suporte técnico e simplificar a configuração inicial são essenciais para garantir uma experiência mais suave e menos frustrante para os usuários.

## 5.7.3 Sugestões de Melhoria

### 1. Interface Mais Intuitiva

- **Sugestão:** Tornar a interface do usuário mais intuitiva para facilitar a navegação e a execução de tarefas.
- **Importância:** Uma interface intuitiva reduz a curva de aprendizado e melhora a eficiência, especialmente para novos usuários.

### 2. Melhorar Suporte Técnico

- **Sugestão:** Oferecer suporte técnico por vários canais, como chat ao vivo, e-mail e telefone.
- **Importância:** Suporte técnico acessível e eficiente é crucial para resolver problemas rapidamente e melhorar a satisfação do usuário.

### 3. Atualização Constante e Ambiente de Aprendizado Inovador

- **Sugestão:** Atualizar o conteúdo do laboratório regularmente para manter os materiais relevantes e engajadores para os alunos.
- **Importância:** Atualizações constantes e o uso de tecnologias modernas são necessários para manter o laboratório inovador e pertinente ao longo do tempo.

#### Comentários Adicionais

#### 1. Multilinguismo

- **Comentário:** Oferecer o laboratório em múltiplos idiomas para atender a uma base de usuários diversos.
- **Importância:** Suporte a múltiplos idiomas expandiria o alcance do laboratório, tornando-o mais inclusivo e acessível a um público global.

#### 2. Combinação de Robótica e Botânica

- **Comentário:** A combinação de robótica e botânica pode tornar o aprendizado mais envolvente e divertido.
- **Importância:** Integrar diferentes disciplinas pode criar uma experiência de aprendizado mais rica e interessante, estimulando o engajamento dos alunos.

#### 3. Treinamentos e Integração

- **Comentário:** Promover treinamentos para uso eficiente do laboratório e considerar a integração com outras plataformas educacionais.
- **Importância:** Treinamentos e integração com outras plataformas podem melhorar a eficácia e a coesão do ambiente de aprendizado, garantindo uma experiência educacional mais completa e integrada.

A avaliação de usabilidade do ERPLab forneceu uma visão sobre a eficácia e a aceitação da plataforma pelos usuários. A análise detalhada das respostas revelou uma média geral final de 2,13, que se enquadra na categoria de **Alto** conforme a escala estabelecida.

#### 5.7.4 Interpretação da Média

Uma média de 2,45 indica que a usabilidade do ERPLab é predominantemente percebida como positiva pelos usuários. Esse resultado sugere que a plataforma oferece uma experiência satisfatória, com a maioria dos usuários demonstrando um alto nível de concordância com os critérios avaliados. A classificação como **alto** reflete a satisfação geral com a usabilidade, indicando que a plataforma atende bem às expectativas e necessidades dos usuários em termos de funcionalidade e eficiência.

Apesar da classificação positiva, a média de 2,45 também revela que existem áreas para aprimoramento. Pontuações mais baixas em algumas áreas sugerem que, embora a usabilidade seja geralmente boa, aspectos específicos podem ser refinados para melhorar ainda mais a experiência do usuário.

#### 5.7.5 Principais Áreas para Aperfeiçoamento

Embora a média geral de 2,13 reflita uma usabilidade geralmente alta, algumas áreas foram identificadas para aprimoramento. A conexão de internet e o suporte técnico são pontos críticos que afetam significativamente a experiência geral. Melhorar a otimização para diferentes condições de conectividade e fortalecer o suporte técnico são essenciais para resolver problemas que impactam a usabilidade.

A interface e a configuração também precisam de atenção; tornar a interface mais intuitiva e simplificar a configuração inicial pode facilitar a navegação e reduzir a curva de aprendizado, aumentando a eficiência e a satisfação dos usuários, especialmente para os novos participantes.

Além disso, atualizações e inovação são fundamentais. Manter o conteúdo do

laboratório atualizado e incorporar novas tecnologias são passos importantes para garantir que o ERPLab continue relevante e engajador, atendendo às necessidades educacionais emergentes.

## Recomendações

Para maximizar o potencial do ERPLab e proporcionar uma experiência ainda mais satisfatória, recomenda-se:

- **Desenvolver uma Interface mais Intuitiva:** Tornar a interface mais amigável e acessível, com foco em melhorar a navegação e a eficiência na execução de tarefas. Isso inclui otimizar o layout e os recursos para facilitar a interação e reduzir a complexidade das operações.
- **Fortalecer o Suporte Técnico:** Oferecer suporte por múltiplos canais e melhorar a acessibilidade.
- **Atualizar o Conteúdo Regularmente:** Incorporar novas tecnologias e manter o material relevante.

Implementar essas melhorias ajudará a elevar ainda mais a usabilidade do ERPLab, consolidando a alta satisfação já observada e abordando áreas com oportunidades de aperfeiçoamento. A tendência geral de satisfação positiva indica que o ERPLab está no caminho certo. Portanto, serão realizados ajustes contínuos para aprimorar a plataforma e maximizar seu impacto educacional e a experiência do usuário.

## 5.8 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo, foram profundamente exploradas as aplicações e percepções tanto de estudantes quanto de professores em relação ao ERPLab, um inovador laboratório remoto destinado ao ensino de robótica e programação. Este laboratório utiliza tecnologias avançadas, como Arduino e modelos 3D, para proporcionar uma experiência

educacional rica e interativa. O estudo de caso envolveu 24 estudantes de uma escola técnica localizada na capital do Amazonas, onde foram avaliadas as interações com o laboratório, os desafios enfrentados e as percepções sobre a usabilidade técnica e pedagógica.

Além dos estudantes, a avaliação contou com a participação de 26 professores de diversas instituições da Amazônia, incluindo o IFAM, UEA, UNINORTE, UFRR e UFAM. Esta diversidade de participantes ofereceu uma perspectiva sobre a eficácia do ERPLab em diferentes contextos educacionais. Os resultados obtidos sugerem que o ERPLab tem um potencial significativo para enriquecer a experiência de aprendizado, especialmente em regiões com infraestrutura limitada, como é o caso da Amazônia.

A avaliação técnica do ERPLab mostrou resultados positivos, com destaque para a necessidade de melhorias em áreas específicas, como a clareza na exibição de erros e a performance da plataforma em diferentes condições de conectividade. Estes aspectos são cruciais para garantir que a experiência do usuário seja uniforme e eficiente, independentemente das limitações tecnológicas. Por outro lado, a usabilidade pedagógica foi destacada como um dos pontos fortes da plataforma, evidenciando uma boa organização e funcionalidade dos conteúdos educacionais oferecidos. A média geral de 2,13, que posiciona o ERPLab na categoria "Alto" de satisfação dos usuários, é um indicativo claro de que a plataforma atende bem às necessidades educacionais dos professores e estudantes.

A análise qualitativa dos dados coletados revelou que, apesar do sucesso no aspecto pedagógico, há uma necessidade contínua de reforçar a consistência na implementação das diretrizes técnicas. As percepções coletadas tanto dos estudantes quanto dos professores fornecem insights valiosos para o desenvolvimento de futuras melhorias. Estas incluem a adaptação e expansão do ERPLab, levando em consideração as condições específicas dos usuários, bem como as barreiras geográficas e tecnológicas que possam impactar a utilização da plataforma.

Essas informações criam uma base sólida para que o ERPLab continue a evoluir, garantindo que ele se mantenha uma ferramenta útil e acessível para o ensino de robótica e programação em ambientes remotos. A satisfação geral dos usuários é um

forte indicativo de que o laboratório está no caminho certo, mas que ajustes contínuos são essenciais para alcançar um nível de excelência ainda maior. Com o constante aprimoramento, o ERPLab tem o potencial de se tornar uma referência no ensino de robótica e programação, especialmente em regiões que enfrentam desafios significativos em termos de infraestrutura educacional.

## 6

---

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo geral desenvolver e implementar a arquitetura de um Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação, visando facilitar a aprendizagem prática da programação pelos usuários. Para isso, o laboratório foi equipado com recursos interativos e acessíveis, que não apenas tornam o processo de ensino mais eficiente, mas também mais atraente para os estudantes.

Para validar a eficácia desse ambiente educacional, foram realizados experimentos que levaram em conta critérios de usabilidade técnica. Esses critérios incluíram a análise da interface do usuário, a facilidade de navegação e o desempenho técnico do sistema. Além disso, foram considerados critérios de usabilidade pedagógica, que avaliam a capacidade do sistema de apoiar a aprendizagem, a clareza das instruções fornecidas e a adequação dos recursos pedagógicos utilizados.

A aplicação desses métodos visou aumentar a participação dos usuários e aprimorar a qualidade da aprendizagem no contexto do laboratório remoto. Os resultados obtidos demonstraram que o laboratório não apenas atendeu às expectativas iniciais, mas também proporcionou uma experiência educativa significativa, permitindo que os alunos aplicassem suas habilidades de programação em um ambiente interativo e envolvente.

A pesquisa conseguiu alcançar seus objetivos, confirmando a eficácia do Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação em promover um aprendizado ativo e prático. As evidências coletadas mostram que o sistema é capaz de apoiar a formação de competências essenciais na área de programação, contribuindo para a

formação de alunos mais preparados e motivados.

Por fim, o desenvolvimento deste laboratório representa um avanço importante na busca por metodologias de ensino que integrem tecnologia e práticas pedagógicas inovadoras. Futuras implementações e melhorias serão baseadas no feedback contínuo dos usuários, visando a adaptação e expansão das possibilidades educacionais que o ERPLab oferece.

No futuro, a continuidade deste projeto envolverá a implementação de melhorias baseadas em feedback contínuo e na análise dos dados de desempenho dos alunos. A adaptação do ERPLab a outras disciplinas STEM e sua integração com ferramentas educacionais diversas serão os próximos passos para fortalecer ainda mais o impacto desta pesquisa. A pesquisa realizada estabelece um marco importante na busca por uma educação mais dinâmica, prática e acessível, capacitando alunos e professores a maximizar o potencial do processo de ensino-aprendizagem.

## 6.1 Contribuições

A pesquisa conduzida teve como objetivo propor o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação com Arduino (ERPLab), um ambiente que integra biologia, engenharia e programação para uma compreensão multidisciplinar. Este laboratório remoto, que inclui uma estufa automatizada controlada por um braço robótico impresso em 3D, equipado com sensores e duas câmeras Wi-Fi ESP32CAM, visa facilitar o desenvolvimento de competências técnicas em robótica e programação. O ERPLab permite a identificação de dificuldades dos alunos e possibilita a aplicação de estratégias pedagógicas eficazes, promovendo um ensino integrado e adaptável a diferentes disciplinas e cenários educacionais.

A pesquisa gerou três artigos, sendo dois apresentados na conferência IEEE - Frontiers in Education (2023) em College Station, Texas, EUA, destacando o avanço proporcionado pelo ERPLab no processo de ensino-aprendizagem:

- *IEEE FIE 2023: ERPLab: Remote Laboratory for Teaching Robotics and Programming*

- *IEEE FIE 2023: Educational Data Mining Applied to Performance Prediction in an Intelligent Tutoring System for Teaching Algebra*

A pesquisa conduzida teve como objetivo propor o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação (ERPLab), um ambiente inovador que integra biologia, engenharia e programação para uma compreensão multidisciplinar. Este laboratório remoto, que inclui uma estufa automatizada controlada por um braço robótico impresso em 3D, equipado com sensores e duas câmeras Wi-Fi ESP32CAM, visa facilitar o desenvolvimento de competências técnicas em robótica e programação. O ERPLab permite a identificação de dificuldades dos alunos e possibilita a aplicação de estratégias pedagógicas, promovendo um ensino integrado e adaptável a diferentes disciplinas e cenários educacionais.

- *SBIE 2024: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), organizado pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC): O artigo aborda as percepções dos estudantes em relação ao Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação (ERPLab).*

## 6.2 Limitações

Durante o desenvolvimento do ERPLab, enfrentamos uma série de desafios que demandaram ajustes na abordagem inicial. Originalmente, o planejamento estava fundamentado na execução de um experimento de larga escala, envolvendo um grupo extenso de instituições. No entanto, devido a restrições logísticas e temporais, a estratégia foi adaptada para um grupo menor de instituições.

A implementação do ERPLab foi impactada por problemas significativos de conectividade devido à infraestrutura de internet deficiente na Amazônia. A falta de recursos economicamente acessíveis para escolas e universidades também afetou a capacidade de acesso e implementação do laboratório. Muitos alunos tinham acesso limitado à internet por meio de celulares, o que dificultou ainda mais a participação e o uso efetivo da plataforma. Além disso, a estufa do ERPLab enfrentou dificuldades devido à falta de luz solar adequada, prejudicando o crescimento das plantas e evidenciando a necessidade de condições mais favoráveis para seu desenvolvimento.

A limitação na quantidade de usuários comprometeu a validade e a generalização dos resultados, dificultando a captura de uma diversidade significativa de opiniões e a identificação de padrões complexos de uso. Para lidar com essas questões, os testes foram realizados exclusivamente na capital amazonense, divididos em dois grupos: alunos e professores. Essa abordagem permitiu a coleta de dados mais específicos e adaptados ao contexto local. Utilizamos técnicas de análise qualitativa adaptadas ao tamanho reduzido da amostra, oferecendo insights valiosos para a evolução do ERPLab. Essas técnicas ajudaram a compreender melhor as necessidades e desafios enfrentados pelos usuários.

Estamos planejando realizar novas análises para explorar perspectivas adicionais e aprimorar o ERPLab. Essas futuras investigações visam fortalecer a capacidade do laboratório de oferecer uma experiência educacional de alta qualidade, adaptada às condições locais e às necessidades dos usuários.

### 6.3 Trabalhos Futuros

Para garantir a continuidade e a evolução do ERPLab, planejamos disponibilizá-lo em uma plataforma de código-fonte com controle de versão. Esse passo visa assegurar a manutenção contínua do laboratório remoto e facilitar a implementação de melhorias e atualizações, permitindo que desenvolvedores e educadores contribuam e aproveitem as novas versões do sistema.

Expandiremos o ERPLab para cobrir mais disciplinas STEM, introduzindo experimentos e atividades em novas áreas das Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. A arquitetura multiagente do ERPLab possibilita a inclusão de novas funcionalidades e a criação de novos agentes, o que permitirá o desenvolvimento de módulos de aprendizagem personalizados para ajustar a experiência de ensino ao nível e progresso individual de cada aluno. Essa estrutura flexível também facilita a integração de novos recursos, garantindo a constante evolução do sistema para atender às demandas educacionais emergentes.

Além disso, vamos aprimorar a acessibilidade e inclusão, implementando recur-

sos que atendam estudantes com necessidades especiais, como interfaces simplificadas e navegação assistida, aproveitando as capacidades da arquitetura multiagente para adaptar essas funcionalidades às necessidades de cada usuário.

O ERPLab será ampliado para novos cenários e passará por avaliações adicionais com alunos de cursos técnicos e superiores. As novas implementações realizadas serão avaliadas para assegurar que o sistema continue a oferecer uma experiência educativa de alta qualidade.

Estabeleceremos parcerias com instituições internacionais para adaptar o ERPLab a diferentes contextos culturais e educacionais e realizaremos estudos longitudinais para avaliar seu impacto acadêmico e eficácia pedagógica. Também ampliaremos o suporte a múltiplos idiomas, facilitando o uso do laboratório por estudantes de diferentes países. Desenvolveremos ferramentas para automatizar a avaliação das atividades, oferecendo feedback instantâneo e relatórios detalhados.

Para aumentar a flexibilidade, implementaremos aplicativos móveis otimizados para smartphones e tablets. Finalmente, exploraremos alternativas sustentáveis, como o uso de energias renováveis, para melhorar a sustentabilidade do ERPLab.

---

## REFERÊNCIAS

- ALAMO, J. et al. Sustainable educational robotics: contingency plan during lockdown in primary school. *Sustainability*, MDPI, v. 13, n. 15, p. 8388, 2021. [64](#)
- ALDOWAH, H.; AL-SAMARRAIE, H.; FAUZY, W. M. Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. *Telematics and Informatics*, Elsevier, v. 37, p. 13–49, 2019. [22](#)
- ALMEIDA, T. et al. Laboratório remoto de robótica como elemento motivador para a aprendizagem de programação. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. [S.l.]: s.n., 2017. v. 28, n. 1, p. 665. [47](#), [58](#), [68](#)
- AVELINO, W. F.; MENDES, J. G. A realidade da educação brasileira a partir da covid-19. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, v. 2, n. 5, p. 56–62, 2020. [23](#)
- BARTZ, A. d. L. V. B. et al. *Altas habilidades/superdotação: reflexões e práticas educacionais*. [S.l.]: Brasil, 2022. [43](#)
- BENITEZ, V. H.; SYMONDS, R.; ELGUEZABAL, D. E. Design of an affordable iot open-source robot arm for online teaching of robotics courses during the pandemic contingency. *HardwareX*, Elsevier, v. 8, p. e00158, 2020. [63](#)
- BRACKMANN, C. P. Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica. 2017. [23](#)
- CALDEIRA, V. R. B. G.; ROMBACH, H. D. The goal question metric approach. In: *Encyclopedia of Software Engineering*. [S.l.]: s.n., 1994. p. 528–532. [49](#)
- CALVO, I. et al. Learning basic robotics and val ii programming with lego mindstorms robots. In: *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. [S.l.]: IEEE, 2018. p. 1–6. [59](#), [61](#), [68](#)
- CAMPOS, F. R. *A robótica para uso educacional*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019. [42](#)
- CARDOSO, D. C. et al. Desafios e possibilidades do uso da experimentação remota no ensino de física na educação básica. Universidade Federal de Uberlândia, 2020. [22](#)
- CAVALCANTI, G.; ACCIOLY, P.; BORBA, P. Assessing semistructured merge in version control systems: A replicated experiment. In: *2015 ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM)*. [S.l.]: IEEE, 2015. p. 1–10. [42](#)

- CHALLCO, G. C. et al. Blended learning and media centers: A bibliometric analysis. *Social Sciences & Humanities Open*, Elsevier, v. 10, p. 100919, 2024. [40](#)
- CHEVALIER, A. et al. A three-year feedback study of a remote laboratory used in control engineering studies. *IEEE Transactions on Education*, IEEE, v. 60, n. 2, p. 127–133, 2016. [41](#)
- COSTA, E. et al. Mineração de dados educacionais: conceitos, técnicas, ferramentas e aplicações. *Jornada de Atualização em Informática na Educação*, v. 1, n. 1, p. 1–29, 2013. [25](#)
- D'ABREU, J. V. V.; MIRISOLA, L. G.; RAMOS, J. J. Ambiente de robótica pedagógica combr\_gogo e computadores de baixo custo: Uma contribuição para o ensino médio. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*. [S.l.]: s.n., 2012. v. 1, n. 1. [43](#)
- DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017. [23](#)
- DUTT, A.; ISMAIL, M. A.; HERAWAN, T. A systematic review on educational data mining. *Ieee Access*, IEEE, v. 5, p. 15991–16005, 2017. [25](#)
- ERDOĞMUŞ, A. K.; YAYAN, U. Virtual robotic laboratory compatible mobile robots for education and research. In: *2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA)*. [S.l.]: IEEE, 2021. p. 1–6. [59](#)
- FARIAS, G. S. et al. Experimentação no ensino remoto durante a pandemia da covid-19: Compreensões e impactos à formação de licenciandos em química. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, p. e24152434–e24152434, 2024. [39](#)
- GABRIEL, T.; EDUARDO, R.; LUCIA, B. Laboratory in the context of the sars-cov-2 pandemic to strengthen the competencies of students of the computer systems engineering program. In: *19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology: Prospective and Trends in Technology and Skills for Sustainable Social Development and Leveraging Emerging Technologies to Construct the Future*, LACCEI 2021. [S.l.]: s.n., 2021. [62](#)
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. [S.l.]: 6. ed. Editora Atlas SA, 2008. [29](#)
- GOMES, A. S. A.; SILVA, J. F. D.; TEIXEIRA, L. R. D. L. Educational robotics in times of pandemic: Challenges and possibilities. In: *2020 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2020 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2020 Workshop on Robotics in Education (WRE)*. [S.l.]: s.n., 2020. p. 1–5. [48](#)
- HAACK, J. et al. Remote learning and social presence: A case study of a hybrid learning experience. *Journal of Educational Technology Society*, v. 24, n. 3, p. 100–112, 2021. [56](#), [68](#)
- HERADIO, R. et al. Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, Elsevier, v. 98, p. 14–38, 2016. [40](#)
- II, M. J. O. M. et al. Inclusão digital de crianças e adolescentes por meio da robótica educacional. R. Dr. Mauro Duarte, s/n, - José Clovis, Parelhas – RN, 59360-000, 2018. [43](#)
- INJADAT, M. et al. Multi-stage optimized machine learning framework for network intrusion detection. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, IEEE, v. 18, n. 2, p. 1803–1816, 2020. [22](#)

- IONESCU, C. M. et al. A remote laboratory as an innovative educational tool for practicing control engineering concepts. *IEEE Transactions on Education*, IEEE, v. 56, n. 4, p. 436–442, 2013. [41](#)
- JAZIRI, I.; CHARAABI, L.; JELASSI, K. Remote web-based control laboratories using embedded linux and field-programmable gate array. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 232, n. 9, p. 1146–1154, 2018. [61](#)
- JOYE, C. R.; MOREIRA, M. M.; ROCHA, S. S. D. Educação a distância ou atividade educacional remota emergencial: em busca do elo perdido da educação escolar em tempos de covid-19. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. e521974299–e521974299, 2020. [25](#)
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. e. a. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering version 2.3. *Engineering*, v. 45, n. 4ve, p. 1051, 2007. [50](#), [52](#)
- LEITE, B. S. Estudo do corpus latente da internet sobre as metodologias ativas e tecnologias digitais no ensino das ciências. *Pesquisa e Ensino*, v. 1, p. e202012–e202012, 2020. [28](#)
- LI, C.; FU, L.; WANG, L. Innovate engineering education by using virtual laboratory platform based industrial robot. In: *2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*. S.l.: IEEE, 2018. p. 3467–3472. [55](#)
- LIMA, D. A. de. Desafios no uso das tdics pelos professores do ensino médio em tempos de pandemia. *Repositorio de Tesis y Trabajos Finales UAA*, 2024. [28](#)
- LIN, M.; SAN, L.; DING, Y. Construction of robotic virtual laboratory system based on unity3d. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. [S.l.]: IOP PUBLISHING, 2020. v. 768, n. 7, p. 072084. [60](#)
- LOPES, M. S. d. S. et al. Web environment for programming and control of a mobile robot in a remote laboratory. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, IEEE, v. 10, n. 4, p. 526–531, 2016. [58](#), [68](#)
- MACEDO, K. D. d. S. et al. Metodologias ativas de aprendizagem: caminhos possíveis para inovação no ensino em saúde. *Escola Anna Nery*, SciELO Brasil, v. 22, 2018. [23](#)
- MAGGI, L. O. et al. 3djpi: An open-source web-based 3d simulator for pololu's 3pi platform. In: *2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. [S.l.]: IEEE, 2019. p. 52–58. [59](#), [68](#)
- MARUYAMA, G. Y. Asimov: Um laboratório remoto para ensino experimental de robótica. 2024. [39](#), [66](#)
- MARUYAMA, G. Y. et al. Curso básico de programação e robótica na plataforma de laboratório remoto de robótica-asimov lab. In: *Simpósio Brasileiro de Computação na Educação Básica*. [S.l.]: SBC, 2024. p. 186–189. [66](#)
- MEDEIROS, M. F. de; FARIA, E. T. *Educação a distância: cartografias pulsantes em movimento*. [S.l.]: EDIPUCRS, 2003. [28](#)

- MENDES, L. A. et al. Experiment lab server architecture: A web services approach to supporting interactive labview-based remote experiments under mit's ilab shared architecture. In: *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. [S.l.]: IEEE, 2016. 41
- NIELSEN, J. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, ACM, p. 152–158, 1994. 117
- NOKELAINEN, P.; HARTIKAINEN, M. Conceptualizing and operationalizing usability heuristics for educational software. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Springer, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2019. 117
- NUNES, T. F. B.; VIANA, C. C.; VIANA, L. A. F. d. C. Perspectivas da robótica como recurso pedagógico aplicada a educação 4.0: Uma análise bibliométrica sobre robótica educacional. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, p. e6310413889–e6310413889, 2021. 43
- OKUNDAYE, O. et al. Telepresence robotics for hands-on distance instruction. In: *Proceedings of the 11th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Shaping Experiences, Shaping Society*. [S.l.]: Association for Computing Machinery, 2020. p. 1–11. 65, 68
- OLIVEIRA, G. d. et al. Implementação de um sistema para seleção de instâncias no âmbito do experimento remoto block. 2019. 41
- OLIVEIRA, M. B. de et al. O ensino híbrido no brasil após pandemia do covid-19. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 918–932, 2021. 40, 115
- ORDUNA, P. et al. An extensible architecture for the integration of remote and virtual laboratories in public learning tools. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, v. 10, n. ARTICLE, p. 223–233, 2015. 41
- PEIXOTO, A. et al. Robotics tips and tricks for inclusion and integration of students. In: *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. [S.l.]: IEEE, 2018. p. 2037–2041. 64
- PEREIRA, F.; FELGUEIRAS, C. Learning automation from remote labs in higher education. In: *Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. [S.l.]: s.n., 2020. p. 558–562. 60
- PRADO, J. L. d.; MARIANO, R. d. S.; QUINTELA, M. D. d. Aprendizagem baseada em projetos/problemas e engenharia: uma revisão de literatura a partir de estudos recentes em língua portuguesa. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 7, p. e5329–e5329, 2024. 46
- RAMIREZ, M. et al. Desenvolvimento de habilidades digitais na educação a distância: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Educação*, v. 26, n. 77, p. e270012, 2021. 56
- RUKANGU, A.; TUTTLE, A.; JOHNSEN, K. Virtual reality for remote controlled robotics in engineering education. In: *IEEE. 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. [S.l.], 2021. p. 751–752. 26
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Inteligência Artificial*. [S.l.]: Elsevier, 2004. 45

- SANTOS, A. C. R. Instrumentos de avaliação da motivação para a aprendizagem no ensino básico: Uma revisão sistemática da literatura. *PQDT-Global*, Universidade do Algarve (Portugal), 2022. [28](#)
- SANTOS, F. L.; NASCIMENTO, F. M. S.; BEZERRA, R. M. Reduc: A robótica educacional como abordagem de baixo custo para o ensino de computação em cursos técnicos e tecnológicos. In: *Anais do Workshop de Informática na Escola*. [S.l.]: s.n., 2010. v. 1, n. 1, p. 1304–1313. [43](#)
- SCALVI, R. Robótica educacional: rega automatizada de uma horta com arduíno integrada a objetos do conhecimento da matemática. Universidade Federal da Fronteira Sul, 2024. [27](#)
- SHARPLES, M. et al. *Innovating pedagogy 2014: exploring new forms of teaching, learning and assessment, to guide educators and policy makers*. [S.l.]: The Open University,, 2014. [92](#)
- SILVA, R. C. d. et al. Erplab: Remote laboratory for teaching robotics and programming. In: *2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. [S.l.]: IEEE, 2023. p. 1–7. [66](#), [68](#)
- SILVA, R. D. F. P. d. SALAS DE AULA DO FUTURO. Tese (Doutorado), 2024. [27](#)
- SOARES, C. *Metodologias ativas: uma nova experiência de aprendizagem*. [S.l.]: Cortez Editora, 2021. [23](#)
- SOBRAL, P. M. *Role playing game (RPG) como método avaliativo no processo de ensino e aprendizagem de saberes matemáticos de forma lúdica*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2018. [24](#)
- SOUZA, E. K. d. et al. *Aplicação da robótica alternativa e a experimentação do laboratório remoto virtual de robótica alternativa-LABRVRA*. 2023. [66](#)
- TAN, P.-H.; TING, C.-Y.; LING, S.-W. Learning difficulties in programming courses: undergraduates' perspective and perception. In: *IEEE. 2009 International Conference on Computer Technology and Development*. [S.l.], 2009. v. 1, p. 42–46. [24](#)
- TAVARES, N. F. da S. et al. Macro modelos como forma de desenvolvimento das metodologias ativas na educação. *Revista Uniabeu*, v. 13, n. 33, p. 131–139, 2020. [23](#)
- VALKO, N. V.; OSADCHY, V. V.; KRULYK, V. S. Cloud resources use for students' project activities. In: *CTE Workshop Proceedings*. [S.l.]: s.n., 2021. v. 8, p. 304–317. [60](#)
- VARGAS, B. Q.; NICOLAIDES, C. Entrevista com adolfo tanzi neto: uma perspectiva sócio-histórico-cultural do ensino híbrido e suas tecnologias. *Ilha do Desterro*, SciELO Brasil, v. 74, p. 493–504, 2022. [45](#)
- VIJAYAN, A. et al. Enabling a freely accessible open source remotely controlled robotic articulator with a neuro-inspired control algorithm. *International Journal of Online Engineering*, v. 13, n. 1, p. 61–75, 2017. [61](#), [68](#)
- VILLANUEVA, A. M. et al. Robotar: An augmented reality compatible teleconsulting robotics toolkit for augmented makerspace experiences. In: *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.]: Association for Computing Machinery, 2021. p. 1–13. [64](#)

---

WOOLDRIDGE, M. *An Introduction to Multiagent Systems*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. [45](#)

# A

---

## APÊNDICE

Nesta seção adicional, apresentamos os artigos publicados na conferência Frontiers in Education, juntamente com o artigo aceito para publicação na Trilha 2 do SBIE 2024.

## Apêndice A - Primeiro artigo publicado: ERPLab: Remote Laboratory for Teaching Robotics and Programming

# ERPLab: Remote Laboratory for Teaching Robotics and Programming

Ronilson Cavalcante da Silva  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
ronilson.silva@icomp.ufam.edu.br

José Francisco de Magalhães Netto  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
jnetto@icomp.ufam.edu.br

Arcanjo Miguel Mota Lopes  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
amml@icomp.ufam.edu.br

Matheus Freitas de Menezes  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
matheus.menezes@icomp.ufam.edu.br

Ramayana Assunção Menezes Júnior  
UEA - Universidade do Estado do Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
rajunior@uea.edu.br

**Abstract**—This full paper of the research category describes the ERPLab as an innovative educational platform that aims to promote inclusivity and diversity in programming and robotics. It provides a unique learning experience, particularly in remote or resource-limited areas, making scientific education more accessible to a broader audience. ERPLab offers students an understanding and integration of scientific knowledge by combining biology, engineering, and programming. ERPLab plays a significant role in educational technology research by exploring new possibilities for remote teaching and providing valuable data and insights to evaluate the effectiveness of this approach. One of the standout features of ERPLab is its use of an automated greenhouse controlled by a 3D printer-produced robotic arm equipped with sensors, and two Wi-Fi cameras, esp32cam, facilitating observation from multiple angles, allowing students to explore new avenues of scientific learning. This system enables students to learn about plant cultivation while developing their programming and technological skills. ERPLab combines advanced technology with natural repellent plants to promote innovative teaching and research methods. The plant selection within the ERPLab includes natural repellents like rosemary (*Rosmarinus officinalis*), rue (*Ruta graveolens*), and basil (*Ocimum basilicum*). These essential programming skills are directly applicable to the rapidly advancing INDUSTRY 4.0. Some preliminary work was carried out in a school environment, and the results of feedback from some students and teachers were promising regarding the proposed approach. For future work, we will carry out qualitative and quantitative research to observe the interest and development of users for the program of the platform in the context of regular classes.

**Index Terms**—Remote Laboratory, Educational Robotics, Educational Technologies, Programming Learning, Virtual Laboratory

### I. INTRODUCTION

Remote teaching has become an increasingly pressing necessity in the face of the challenges posed by the temporary suspension of in-person activities in schools and universities due to the COVID-19 pandemic [1]–[7]. With the aim of making the teaching and learning process more efficient and appealing, this study proposes the development of a Remote

Robotics and Programming Teaching Laboratory called ERPLab.

ERPLab (Environment-Robotic-Programmin-Laboratory) is an educational platform that promotes inclusion and diversity in programming and robotics. The platform offers learning opportunities in remote areas or with limited resources, making scientific education more accessible and democratized [8]–[10]. ERPLab combines biology, engineering, and programming, promoting a broader and integrated understanding of scientific knowledge.

ERPLab was an automated greenhouse controlled by a 3D-printed robotic arm with a sensor that allowed students to learn about plant cultivation and care while developing programming and technology skills. They are encouraged to understand the relationship between soil, water, and nutrients, identify planting, fertilization, and harvesting processes, and develop essential programming skills for INDUSTRY 4.0 [11]–[15]. The plants used in ERPLab are natural repellents, including rosemary (*Rosmarinus officinalis*), rue (*Ruta graveolens*), and basil (*Ocimum basilicum*).

ERPLab contributes to research in educational technology by exploring new possibilities for remote teaching and providing data and information to evaluate the effectiveness of this approach. With the addition of a 3D-printed robotic arm, it can represent a significant technological contribution to ERPLab and its future projects [8], [16]–[22]. Using two Wi-Fi ESP32CAM cameras that facilitate observation from various angles, students can explore new learning possibilities in the scientific field.

Although there are challenges in fields of study that require students to learn through practical experiences [23]–[25], ERPLab has shown promising results in overcoming challenges such as lack of equipment and physical space in schools and limited access to learning opportunities in remote areas. The combination of cutting-edge technology and natural repellents in plants cultivated in ERPLab is a way to encourage the

itemApêndice B - Segundo artigo publicado: The Proposal of a Dashboard for Analysis and Visualization of Educational Data of Intelligent Tutoring Systems.

# The Proposal of a Dashboard for Analysis and Visualization of Educational Data of Intelligent Tutoring Systems

Matheus Freitas de Menezes  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
matheus.menezes@icomp.ufam.edu.br

José Francisco de M. Netto  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
jnetto@icomp.ufam.edu.br

Arcanjo Miguel Mota Lopes  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
amml@icomp.ufam.edu.br

Ronilson Cavalcante Silva  
Institute of Computing (IComp)  
Federal University of Amazonas  
Manaus, AM, Brazil  
ronilson.silva@icomp.ufam.edu.br

Ramayana A. Menezes Júnior  
University of the State of Amazonas  
Higher School of Technology (EST)  
Manaus, AM, Brazil  
rajunior@uea.edu.br

**Abstract**—This research paper discusses the impact of teaching and learning technologies on generating extensive data in education. Despite this data, a significant portion remains unanalyzed, creating a gap in utilizing its potential insights. Educational dashboards address this issue by presenting student information and interactions in online learning environments, utilizing Educational Data Mining (EDM) techniques. EDM aims to understand student behavior, enhance teaching processes, identify learning patterns, and personalize content. It aids in performance analysis, helping struggling students and guiding teaching adjustments. The study proposes an educational dashboard for analyzing Intelligent Tutoring System (ITS) data, specifically in algebra teaching. Using decision tree algorithm to extract insights from student interactions. The developed web dashboard organizes and visualizes student performance data, aiding monitoring, decision-making, communication, and transparency. Educational dashboards enhance decision-making, data analysis, and communication, benefiting both students and the educational system's performance.

**Index Terms**—Educational Data Mining, Intelligent Tutoring System, Educational Dashboard.

## I. INTRODUCTION

Considering the current situation in public high schools, it is becoming increasingly complex for teachers to identify individual or collective difficulties, given the abundance of variables. Often, this recognition is only evident through the results of final grades, which are part of the evaluative method that constitutes the educational process [1]. Teachers face several challenges in monitoring student performance. Some of these challenges include a large number of students in the classroom, lack of unified and outdated educational data, and the difficulty of analysis, preventing data interpretation. In summary, teachers encounter various obstacles to efficiently, accurately, and promptly track student performance.

To enhance information visualization for the teacher, it is important to use technologies that allow dynamic and simplified presentation of this information in their activities [2]. With this purpose, many institutions employ the concept of dashboards, created to compile key metrics in a simple and easy-to-understand interface, enabling students, teachers, and administrators to quickly visualize information in the most practical way. These systems are automatically updated based on data stored in educational databases [3], [4].

The lack of adequate analysis of educational data can result in inefficient teaching and student failure. Without access to precise information about student performance, it is difficult to identify weaknesses and develop improvement plans. Additionally, the absence of data analysis restricts teachers' ability to assess the impact of their teaching strategies and make necessary adjustments. Many educational systems do not store data correctly or do not invest in the analysis of available data.

As an example, Intelligent Tutoring Systems (ITS) typically generate an abundance of data about student progress and learning. The analyses that can be derived from this data include, for example, estimates of student knowledge, categorized by skills and misconceptions in a specific subject of interest, as well as tracking time and progress in various activities within the ITS. While it seems highly likely that human teachers could benefit from accessing this information, ITSs do not usually have dashboards for teachers, leaving educators without a view of students' needs in various contexts. However, ITS analyses are used for research purposes. Even though some ITSs present statistical information that can be useful for teachers, these are not normally designed specifically to meet all needs [5].

Considering dashboards as important tools in the learning process, enabling students to make modifications during their

## Apêndice C - Terceiro Artigo Aceito para Publicação: "Percepções dos Estudantes sobre o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação ERPLAB

, foi aceito para publicação na **Trilha 2 do SBIE 2024**.

29/08/24, 12:56

E-mail de Instituto de Computação - Your SBIE 2024 - Trilha 2 paper 242610



Universidade  
Federal do  
Amazonas

Ronilson Cavalcante da Silva <ronilson.silva@icomp.ufam.edu.br>

### Your SBIE 2024 - Trilha 2 paper 242610

JEMS <jems@sbcs.org.br>

8 de agosto de 2024 às 11:15

Responder a: luiz.rodrigues@nees.ufam.br

Para: ronilson.silva@icomp.ufam.edu.br

Cc: José Francisco Netto <jfmnetto@gmail.com>, Arcanjo Lopes <amml@icomp.ufam.edu.br>, Matheus de Menezes <matheus.menezes@icomp.ufam.edu.br>

Caro(a) Mr. Ronilson Silva:

Parabéns, seu trabalho "Percepções dos Estudantes sobre o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação ERPLAB" foi aceito para publicação no SBIE 2024 - Trilha 2.

Nesta edição, todos os artigos passaram por, no mínimo, três revisões. Os artigos que receberam duas revisões com aceitação foram incluídos.

Observe que é importante considerar as seguintes datas:

- Envio da versão final do trabalho: 19/08/2024
- Inscrição de pelo menos uma pessoa autora por trabalho: 26/08/2024
- Envio do comprovante de pagamento de inscrição e termo de autorização de publicação: 26/08/2024

Por favor, leve em consideração os comentários e recomendações das pessoas revisoras na elaboração da versão final do artigo.

#### \* ORIENTAÇÕES PARA OS PRÓXIMOS PASSOS \*

1. Para que o artigo seja publicado, pelo menos uma das pessoas autoras deve se inscrever e pagar a inscrição no CBIE-2024 até o dia 26 de agosto, por meio do link: <https://cbie.sbc.org.br/2024/inscricoes/>

2. Prepare a versão final do artigo obedecendo rigorosamente o formato no site do evento: (<https://cbie.sbc.org.br/2024/sbie/>) e os limites de páginas.

- a) Lembre-se de incluir os dados das pessoas autoras e de suas respectivas instituições e também de considerar os comentários e recomendações das pessoas revisoras.
- b) Artigos fora do formato e/ou do limite de páginas não serão incluídos nos anais.

3. Envie a versão final por meio do sistema JEMS, no campo respectivo, até o dia 19 de agosto. Esta versão será publicada nos anais do SBIE 2024.

4. De acordo com as regras da Sociedade Brasileira de Computação é obrigatório que as pessoas autoras dos artigos aceitos enviem o Termo de Cessão de Direitos Autorais para inclusão nos anais dos eventos promovidos pela SBC.

O modelo está disponível no link a seguir: [https://cbie.ceie-br.org/2020/eventos/termo\\_autorizacao\\_obra.pdf](https://cbie.ceie-br.org/2020/eventos/termo_autorizacao_obra.pdf).

- a) O mesmo deverá ser assinado (por pelo menos uma das pessoas autoras), digitalizado e enviado, via sistema JEMS, em formato PDF, no campo respectivo.
- b) O campo VEÍCULO deverá ser preenchido de acordo com o evento: 35º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2024)
- c) Artigos cujo Termo de Cessão de Direitos Autorais não forem enviados até o dia 26 de agosto não poderão ser incluídos nos anais.

5. As apresentações do SBIE ocorrerão entre 04 e 08 de novembro, conforme programação que estará disponível em breve.

Agradecemos mais uma vez por creditar ao SBIE 2024 - Trilha 2 o mérito para publicação do seu trabalho. Esperamos contar com sua presença no Rio de Janeiro.

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=b6d32c0ece&view=lq&permmsgid=msq-f:1806832920834619801>

1/4

# B

## ANEXOS

### Teste de Usabilidade do ERPLab Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

#### Teste de Usabilidade do ERPLab

##### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

##### Usuário(a):

Você está sendo convidado(a) a participar de um estudo de usabilidade para avaliar o Laboratório Remoto de Ensino de Robótica e Programação (ERPLab) utilizando Critérios de Usabilidade Técnica e Critérios de Usabilidade Pedagógica. Este estudo visa entender melhor a experiência do usuário com o ERPLab para identificar áreas de melhoria e garantir uma experiência de aprendizado mais eficiente e satisfatória.

O objetivo deste estudo é avaliar a facilidade de uso do ERPLab através de Critérios de Usabilidade Técnica e Critérios de Usabilidade Pedagógica, que são ferramentas padrão para medir a usabilidade percebida pelos usuários.

1. **Sessão de Uso:** Você será solicitado(a) a realizar uma série de tarefas no ERPLab.
2. **Coleta de Dados:** Após completar as tarefas, você responderá a um questionário sobre Critérios de Usabilidade Técnica e Critérios de Usabilidade Pedagógica.
3. **Duração:** O tempo estimado para a participação é de aproximadamente 10 minutos.

Todas as informações coletadas serão mantidas em sigilo e serão usadas exclusivamente para fins de pesquisa. Nenhuma informação pessoal será divulgada, e os dados serão anonimizados.

Sua participação é voluntária. Você pode se recusar a participar ou desistir a qualquer momento sem qualquer penalidade ou prejuízo.

Não há riscos conhecidos associados à participação neste estudo. Espera-se que os resultados contribuam para a melhoria do ERPLab, beneficiando futuros usuários.

Se você tiver qualquer dúvida sobre este estudo, por favor, entre em contato com o pesquisador responsável Ronilson Silva pelo e-mail [ronilson.silva@icomp.ufam.edu.br](mailto:ronilson.silva@icomp.ufam.edu.br) ou pelo número 92 984236693.

Ao selecionar "Aceito" abaixo, você concorda em participar deste estudo e entende que pode retirar seu consentimento a qualquer momento.

Figura 30 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)