

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

FRANCIELLI FREITAS MORO

MAGNETON: Agente Conversacional reflexivo para o ensino de eletromagnetismo aplicado em um cenário de sala de aula invertida

Porto Alegre

2024

Francielli Freitas Moro

MAGNETON: Agente Conversacional reflexivo para o ensino de eletromagnetismo aplicado em um cenário de sala de aula invertida

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para a obtenção do grau de Doutora em Informática na Educação.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Krug Wives

Linha de Pesquisa: Ambientes Informatizados e Ensino a Distância

Porto Alegre

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CINTED – CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PPGIE – PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
FRANCIELLI FREITAS MORO**

Às nove horas do dia dezoito de julho de dois mil e vinte e quatro, no endereço eletrônico <http://mconf.ufrgs.br/webconf/00108957>, e presencialmente na sala 329, conforme a portaria 02 de 10/10/2022 da PROPG/UFRGS que regulamenta a modalidade híbrida ou a distância para as bancas de defesas de cursos stricto sensu, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: José Valdeni de Lima, Maria José Bocorny Finatto e Luciana Bolan Frigo, para a análise da defesa de Tese de Doutorado intitulada “MAGNETON: Agente Conversacional Reflexivo para o Ensino de Eletromagnetismo Aplicado em um Cenário de Sala de Aula Invertida”, da doutoranda de Pós-Graduação em Informática na Educação Francielli Freitas Moro, sob a orientação do Prof. Dr. Leandro Krug Wives.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

Considera a Tese Aprovada

sem alterações;

sem alterações, com voto de louvor;

e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

Considera a Tese Reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

A Banca considera que o trabalho é pleno de méritos e recomenda que seja realizada uma revisão na busca de melhorias no texto, na organização dos tópicos apresentados, bem como de algumas figuras. Maiores detalhes podem ser obtidos nos pareceres individuais dos membros da Banca.



Documento assinado digitalmente
LEANDRO KRUG WIVES
Data: 18/07/2024 17:46:08-0300
CPF: ***.625.450-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Leandro Krug Wives
Orientador



Documento assinado digitalmente
JOSE WALDENI DE LIMA
Data: 18/07/2024 17:44:05-0300
CPF: ***.574.213-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. José Valdeni de Lima
PPGIE/UFRGS



Documento assinado digitalmente
MARIA JOSE BOCORNY FINATTO
Data: 19/07/2024 12:36:48-0300
CPF: ***.655.520-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.ª Dr.ª Maria José Bocorny Finatto
IL/UFRGS



Documento assinado digitalmente
Luciana Bolan Frigo
Data: 18/07/2024 17:07:40-0300
CPF: ***.389.799-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof.ª Dr.ª Luciana Bolan Frigo
DEC/UFSC

CIP - Catalogação na Publicação

Moro, Francieli Freitas

MAGNETON: Agente Conversacional reflexivo para o ensino de eletromagnetismo aplicado em um cenário de sala de aula invertida / Francieli Freitas Moro. -- 2024.

235 f.

Orientador: Leandro Krug Wives.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Chatbots. 2. Sala de aula invertida. 3. Eletromagnetismo. 4. Educação à distância. 5. Inteligência Artificial. I. Wives, Leandro Krug, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar força, coragem e condições para realizar todas as etapas desta tese. Agradeço também aos meus pais, Terezinha e Francisco, que mesmo passando por fases complicadas me deram todo suporte e amor para que eu conseguisse concluir esta etapa. Também não poderia deixar de agradecer ao meu irmão Tcheco, que sempre me ofereceu apoio e nunca duvidou do meu potencial. Agradeço também ao meu namorado Laykor, que me deu ânimo e incentivo para não desistir, estando do meu lado nessa fase de minha vida, como namorado e como profissional, me auxiliando tanto com o desenvolvimento do Avatar do Magneton quanto com suas observações como especialista em Design de Experiência do Usuário.

No início de 2023, eu fui diagnosticada com CID F43.1 que acabou por provocar riscos à minha saúde física e mental, agravando o quadro existente de Transtorno de Ansiedade Generalizada. Nesta época, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) me disponibilizou uma licença para que eu conseguisse me recuperar e não desistisse desta tese. Por conta disso, quero imensamente agradecer algumas pessoas que contribuíram demais para que eu pudesse continuar:

Meu imenso agradecimento ao meu orientador Dr. Leandro Krug Wives que apesar de ter colaborado com o meu trabalho a partir de 2022, me auxiliou no que foi preciso e me ofereceu acolhimento para que eu seguisse em frente. Além dele, agradeço especialmente a dois colegas do Programa de Pós-graduação em Informática na Educação (PPGIE) que me auxiliaram muito para que eu conseguisse finalizar este trabalho, seja incentivando ou ensinando alguns caminhos: Francisco e Roges, sou imensamente grata a vocês.

À banca examinadora por proporcionar detectar melhorias aos esforços realizados até aqui. Agradeço também aos demais colegas e amigos que me ajudaram nesta caminhada.

Não posso deixar de agradecer imensamente a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por acreditar no trabalho dos pesquisadores da Universidade e oferecer oportunidades para que possamos continuar nossas pesquisas.

Por fim, a todos os demais professores que fizeram parte da minha caminhada enquanto estudante, todos são importantes para o conhecimento adquirido até aqui.

RESUMO

Sala de aula invertida é uma metodologia ativa de aprendizagem que modifica a forma tradicional de ensino, onde o aluno passa a estudar conceitos em casa, de maneira *online* e previamente, através de textos, vídeos e laboratórios virtuais. Depois, na sala de aula presencial, o aluno esclarece suas dúvidas e realiza atividades de forma colaborativa. Esta tese tem como finalidade apresentar e avaliar o desenvolvimento do Agente Conversacional (ou *chatbot*) Magneton, sendo usado em um cenário de sala de aula invertida e envolvendo aprendizagem experiencial, apoiando a etapa de Observação Reflexiva do Ciclo de Kolb. O *chatbot* foi desenvolvido na plataforma IBM Watson Assistant da IBM Cloud e foi integrado a um *site*, sendo seu *link* disponibilizado no Ambiente Virtual de Aprendizagem Moodle da instituição de ensino em que foi aplicado. Foram desenvolvidas duas instâncias do Magneton, uma com o conteúdo de Circuitos Elétricos e outra de Eletromagnetismo de Faraday. A aplicação do Magneton de Circuitos Elétricos foi realizada em duas fases. Na primeira, o *chatbot* foi aplicado a uma turma de 25 alunos para testar sua usabilidade e identificar melhorias, e a interação com alunos proporcionou um aumento de sua base de conhecimento. Na segunda, a partir das melhorias, ele foi aplicado com 30 alunos de outra turma, dividida entre Grupo Controle e Experimental, e foi avaliada sua capacidade em disponibilizar perguntas reflexivas, contribuindo com a conceitualização e aprendizagem de assuntos relacionados a eletromagnetismo. Como resultado, obteve-se uma melhoria de 73% a 92% de uma fase para a outra, em relação ao reconhecimento de respostas pelo agente. Com as duas fases, conclui-se que o agente satisfaz o usuário em relação a usabilidade, e que o seu papel contribui com a Observação Reflexiva dos alunos, fornecendo perguntas e *feedbacks* para guiá-los nos experimentos que realizam, além de se observar que eles se sentem motivados ao utilizar um agente como o Magneton.

Palavras-chave: Agentes Conversacionais; Observação Reflexiva; Aprendizagem Experiencial; Eletromagnetismo; Sala de Aula Invertida; Moodle; IA na educação.

MAGNETON: Reflective Conversational Agent for Teaching Applied Electromagnetism in a Flipped Classroom Scenario

ABSTRACT

Flipped classroom is an active learning methodology that modifies the traditional form of teaching, where the student starts to study concepts at home, online, and beforehand, through texts, videos, and virtual labs. Later, in the physical classroom, students clarify their doubts and perform activities collaboratively. This thesis aims to present and evaluate the development of the Magneton Conversational Agent (or chatbot), which is used in a flipped classroom scenario and involves experiential learning, supporting the Reflective Observation stage of Kolb's Cycle. The chatbot was developed on the IBM Watson Assistant platform on the IBM Cloud. It was integrated into a website, with its link made available in the Moodle Virtual Learning Environment of the educational institution where it was applied. Two instances of Magneton were developed, one with the content of Electrical Circuits and the other of Faraday's Electromagnetism. The application of the Magneton for Electrical Circuits was carried out in two phases. In the first, the chatbot was applied to a class of 25 students to test its usability and identify improvements. The interaction with students provided an increase in its knowledge base. In the second, from the improvements, it was applied with 30 students from another class, divided between Control and Experimental Groups, and its ability to provide reflective questions was evaluated, contributing to the conceptualization and learning of subjects related to electromagnetism. As a result, an improvement from 73% to 92% was obtained from one phase to the other, in relation to the recognition of responses by the agent. With the two phases, it is concluded that the agent satisfies the user about usability, and that its role contributes to the Reflective Observation of the students, providing questions and feedback to guide them in the experiments they carry out, in addition to observing that they feel motivated when using an agent like Magneton.

Keywords: Conversational Agents; Reflective Observation; Experiential Learning; Electromagnetism; Flipped classroom; Moodle; AI in education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa mental dos principais elementos da pesquisa.....	26
Figura 2 - Ciclo de Kolb	38
Figura 3 - O papel do professor ou de um agente tutor na aprendizagem	41
Figura 4 - Sala de aula invertida com apoio do agente para obtenção de observação reflexiva	46
Figura 5 - Tendências em IAED	51
Figura 6 - Agente Inteligente	52
Figura 7 - Arquitetura básica de <i>chatbots</i> textuais	68
Figura 8 - Conversa com o agente Riff.....	74
Figura 9 - Parte do <i>script</i> em JavaScript gerado para alocação do agente.....	98
Figura 10 - Magneton Avatar.....	109
Figura 11 - Estrutura do Fluxo de Conversa inicial do Magneton.....	112
Figura 12 - Estrutura do Fluxo de conversa do menu “laboratórios e vídeos”	113
Figura 13 - Estrutura do Fluxo de Conversa do menu “conteúdo”	115
Figura 14 - Estrutura do Fluxo de Conversa do menu “contato” e “outro”	116
Figura 15 - Esboço da arquitetura do <i>chatbot</i>	117
Figura 16 - Banco teste de possíveis exemplos de respostas corretas	119
Figura 17 - Banco teste de possíveis exemplos de respostas incorretas	120
Figura 18 (a, b) - Testes de <i>feedback</i> correto e incorreto	121
Figura 19 (a, b, c) - Testes de <i>feedback</i> para respostas múltiplas escolhas corretas e incorretas.....	122
Figura 20 - Esboço do planejamento da integração com o <i>website</i>	123
Figura 21 - Exemplo do fluxo a partir do início da interação.....	124
Figura 22 (a, b) - Exemplo do fluxo a partir do menu laboratório	125
Figura 23 (a, b) - Exemplo do fluxo de observação reflexiva	126
Figura 24 (a, b) - Exemplo do fluxo a partir do menu de vídeos.....	126
Figura 25 - Vidya Network.....	136
Figura 26- Mapas na ferramenta.....	136
Figura 27 - Fluxo de conversa a partir da resposta correta.....	139

Figura 28 - Fluxo de conversa a partir da resposta errada	140
Figura 29 - Múltipla escolha.....	141
Figura 30 - Laboratório Virtual do <i>falstad</i>	141
Figura 31 - Mensagens cobertas pelo agente	145
Figura 32 - Nível de conhecimento sobre <i>chatbots</i>	146
Figura 33 - Reflexão com o uso do Magneton.....	147
Figura 34 - Variáveis de Contexto.....	150
Figura 35 - Aumento da base de conhecimento.....	151
Figura 36 - Enunciado reformulado para melhor atender o aluno.....	152
Figura 37 - Fluxo final a partir do menu inicial.....	152
Figura 38 - Acesso aos laboratórios.....	153
Figura 39 - <i>Feedbacks</i> Correto, Incorreto e para outras respostas.....	154
Figura 40 - Perguntas Múltipla-Escolha	155
Figura 41 - Resposta da pergunta múltipla-escolha.....	155
Figura 42 - Conclusão do Experimento com o Laboratório Virtual	156
Figura 43 - Menu de vídeos explicativos.....	157
Figura 44 - Perguntas sobre o vídeo	157
Figura 45 - Menu de Conteúdo Extra	158
Figura 46 - Conteúdo extra disponibilizado	158
Figura 47 - Fórmulas.....	159
Figura 48 - Navegação de contato	160
Figura 49 - Laboratório de Faraday (Exemplo).....	161
Figura 50 - Perguntas do laboratório	162
Figura 51 - Variação de Respostas	163
Figura 52 - <i>Prompt</i> desenvolvido no Copilot	164
Figura 53 - Resposta do <i>prompt</i> desenvolvido na Figura 56.....	164
Figura 54 - <i>Site</i> desenvolvido	165
Figura 55 - Página de Circuitos Elétricos	166
Figura 56 - Chamada do Magneton	166
Figura 57 - Uso do Magneton	167
Figura 58 - Instruções de uso da ferramenta.....	167

Figura 59 - Diagrama de fluxo de trabalho da aplicação	171
Figura 60 - Pré-teste aluno A	175
Figura 61 - Pós-teste aluno A	176
Figura 62 - Pré-teste do aluno B	177
Figura 63 - Pós-teste aluno B.....	178
Figura 64 - Pré-teste do aluno C (aluno do Grupo Controle)	179
Figura 65 - Pós -teste do aluno C (aluno do Grupo Controle).....	180
Figura 66 - <i>Analytics</i> da aplicação final.....	181
Figura 67 - Conversa com aluna	182
Figura 68 - Acertos e erros dos alunos	182
Figura 69 - Resposta certa e interação com o aluno	183
Figura 70 - Resposta errada do agente	185
Figura 71 - Experimentação aluno A para Questão 2	186
Figura 72 - Questionário final IFSC: Nível de conhecimento prévio de <i>chatbots</i> ...	190
Figura 73 - Questionário final IFSC: Experiência geral com o Magnetron	190
Figura 74 - Reflexão sobre circuitos elétricos com o Magnetron	191
Figura 75 - Etapas de criação do Magnetron	202

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação da Pesquisa	33
Quadro 2 - <i>Chatbots</i> na história: Marcos importantes	56
Quadro 3 - Diversidade de <i>chatbots</i> Educacionais: Contribuições.....	60
Quadro 4 - Trabalhos relacionados <i>versus</i> contribuições	81
Quadro 5 - Planejamento de Desenvolvimento	107
Quadro 6 - Perguntas avaliativas da ferramenta Teste-Piloto.....	147
Quadro 7 - Análise da melhoria dos mapas conceituais	173
Quadro 8 - Perguntas avaliativas finais da ferramenta	193
Quadro 9 - Entrevista com o professor	195

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
AC	Agente Conversacional
AIML	<i>Artificial Intelligence Markup Language</i>
AI	Agente Inteligente
API	<i>Application Programming Interface</i>
ASR	<i>Automatic Speech Recognition</i>
AV	Assistente virtual
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
Bots	<i>Robots</i>
BDTD	Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BUS	<i>Business problem, User problem, and Solution</i>
CA	Conceituação Abstrata
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
EA	Experimentação Ativa
EaD	Educação a Distância
EC	Experiência Concreta
EM	Entrevista Motivacional
FAQ	<i>Frequently Asked Questions</i>
HTML	<i>HiperText Markup Language</i>
IA	Inteligência Artificial
IAED	Inteligência Artificial na Educação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina

IHC	Interação Humano-Computador
IR	<i>Information Retrieval</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JEPAA	<i>Joint Embodied Pedagogical Agent Architecture</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
KLSI	<i>Kolb Learning Style Inventory</i>
LCDP	<i>Low Code Development Platform</i>
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LLM	<i>Large Language Model</i>
LN	Linguagem Natural
LSTM	<i>Long Short-Term Memory</i>
MIT	<i>Massachussets Institute of Technology</i>
ML	<i>Machine Learning</i>
MOOC	<i>Massive Open Online Course</i>
MOODLE	<i>Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment</i>
MOS-X	<i>Mean Opinion Scale</i>
MV	Mundo Virtual
NLG	<i>Natural Language Generation</i>
NLU	<i>Natural Language Understanding</i>
NTICs	Novas Tecnologias da Informação e Comunicação
OA	Objetos de Aprendizagem
OR	Observação Reflexiva
PARADISE	<i>Paradigm for Dialogue Evaluation System</i>
PLN	Processamento de Linguagem Natural
PPGIE	Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação
QnABot	<i>Questions and Answers bot</i>
QR codes	<i>Quick Response</i>
RNN	<i>Recurrent Neural Network</i>
RNA	Rede Neural Artificial
SASSI	<i>Subjective Assessment of Speech System Interfaces</i>

SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SEMEAI	Sistema Multiagente de Ensino Aprendizagem na internet
SLIP	<i>Symmetric List Processor</i>
STEM	<i>Science, Technology, Engineering and Maths</i>
STI	Sistema Tutor Inteligente
SUIS	<i>Speech User Interface Service Quality</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TEI	<i>Text Encoding Initiative</i>
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TXT	<i>Text File Format</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UMUX	<i>Usability Metric for User Experience</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
UX	<i>User eXperience</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1 Introdução	19
1.1 Contextualização do problema e Justificativa da Pesquisa.....	26
1.2 Objetivo Geral.....	29
1.2.1 Objetivos Específicos	29
1.3 Aderência ao programa e Originalidade da Pesquisa	30
1.4 Metodologia da Pesquisa Bibliográfica	32
1.5 Organização da tese	33
2 Contextualização e Teorias subsidiadoras.....	35
2.1 O ensino de Física com experimentação.....	35
2.2 Aprendizagem Experiencial e Ativa	37
2.3 Sala de Aula Invertida no Ensino Híbrido (<i>Blended Learning</i>).....	43
2.4 Inteligência artificial: Histórico e Contribuições com a área educacional	47
2.5 Agentes Conversacionais	53
2.5.1 Agentes Conversacionais que marcaram a história	54
2.5.2 Agentes conversacionais na educação e contribuições	58
2.5.3 Agentes conversacionais como tutores educacionais	61
2.5.4 Arquitetura de Agentes Conversacionais e Processamento de Linguagem Natural	67
2.6 Conclusão do capítulo.....	71
3 Trabalhos Relacionados	73
3.1 Conclusão do capítulo.....	83
4 Base para o desenvolvimento de <i>chatbots</i>	85
4.1 <i>User Experience</i> em <i>chatbots</i>	85
4.2 Métodos de desenvolvimento	90
4.3 Principais Plataformas para desenvolvimento de <i>chatbots</i>	92
4.4 O serviço IBM Watson Assistant	95
4.5 Integração do <i>chatbot</i>	97
4.5.1 Integração em <i>Websites</i> ou aplicativos	98
4.5.2 Integração com o AVA Moodle.....	98
4.6. Testes e Avaliações.....	100

4.6.1 Mapas conceituais na avaliação de aprendizagem.....	102
4.7 Conclusão do capítulo.....	105
5 Desenvolvimento do protótipo	107
5.1 Etapas de Desenvolvimento.....	107
5.1.1 Definições de Personalidade e Design do agente	108
5.1.2 Estrutura de Diálogo do Agente.....	111
5.1.3 Esboço da arquitetura do <i>chatbot</i>	116
5.1.4 <i>Feedbacks</i>	118
5.1.5 Esboço do planejamento da integração com o website e disponibilização do <i>link</i> no AVA.....	122
5.2 Primeiros testes.....	124
5.3 Conclusão do capítulo.....	127
6 Estratégia Metodológica de Aplicação	129
6.1 Estratégias de validação do trabalho e avaliação da pesquisa e seu resultado ...	129
6.1.1 Definição de Metas	130
6.1.2 Levantamento de Hipóteses	130
6.1.3 Seleção de Variáveis.....	131
6.1.4 Seleção de Participantes.....	131
6.1.5 Avaliação do agente.....	132
6.2 Vidya Network como Ferramenta Avaliativa.....	135
6.3 Conclusão do capítulo	137
7 Teste-piloto e Versão Final.....	138
7.1 Magneton para ensino de Circuitos Elétricos	138
7.1.1 Aplicação do Teste-piloto.....	142
7.1.2 Resultados do Teste-piloto.....	145
7.1.3 Resultado dos questionários.....	146
7.1.4 Alterações para aplicação final	149
7.1.5 Magneton para circuitos elétricos versão final	152
7.2 Magneton para ensino de Eletromagnetismo de Faraday	160

7.3 Site Desenvolvido	165
7.4 Conclusão do capítulo	168
8 Aplicação: Circuitos Elétricos	169
8.1 Descrição da Aplicação	169
8.2 Resultados Mapas conceituais Pré-Teste <i>versus</i> Pós-teste	171
8.3 Análise do banco e do <i>analytics</i> da ferramenta	180
8.4 Formulário Final	186
8.4.1 Resultados	189
8.5 Entrevista com o professor	194
8.6 Discussões.....	196
8.5 Conclusão do capítulo	198
9 Conclusões	201
Referências	209
ANEXO I	231
ANEXO II.....	232
ANEXO III	233
ANEXO IV.....	234

1 Introdução

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), embora ainda exista uma parcela de alunos sem acesso à tecnologia e à internet, a maior parte deles (98,6%) possui pelo menos um *smartphone* com internet (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021). Nesse contexto, Silva e Godoy (2020) destacam que, para o ensino no mundo digital acontecer, é necessário tempo e formação de alunos e professores, e que o uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC) requer uma capacidade pedagógica a partir de estratégias significativas e inovadoras. Com a pandemia da SARS-CoV-2 (COVID-19), alunos e professores tiveram que obrigatoriamente migrar de suas atividades presenciais para o Ensino a Distância (EaD), tornando evidente o quanto a educação carece de tecnologias variadas e capacitação em seu uso. Foi necessário se reinventar, investigar e utilizar novas estratégias pedagógicas (DE SÁ FILHO; CASTIONI, 2021).

A capacidade de adaptação e personalização do aprendizado é uma possibilidade das NTIC. Essa estratégia é referida também como *self-paced-learning* por Moraes e Conceição (2018), que examinaram metodologias implementadas para a promoção e suporte ao *e-learning* e ao *self-paced learning* no contexto do Ensino Superior. Os resultados do estudo deles foram:

[...] dos pontos positivos da utilização do conceito de *e-learning* como meio de promoção do *self-paced learning*, os mais citados foram: a flexibilidade no processo de aprendizagem, com 8 menções; a aprendizagem colaborativa e a acessibilidade, com 7 menções cada; a motivação, os métodos de avaliação e o material estruturado, mencionados 4 vezes cada; o *feedback* contínuo, o maior envolvimento e a melhoria das notas dos alunos, mencionados 3 vezes cada (Moraes e Conceição, 2018, p. 102).

Diversos estudos apontam que os alunos conseguem aprender de forma individual, cada um no seu tempo, de forma assíncrona e, ao utilizarem as ferramentas corretas, podem potencializar ainda mais seus conhecimentos sobre algum conteúdo

específico ou minimizar sua falta de conhecimento (SILVA *et al.*, 2021; COSTA, 2022).

Para que ocorra o ensino através de tecnologia e as ferramentas adequadas sejam utilizadas, alguns esforços precisam ser realizados, como: capacitar professores, criar Objetos de Aprendizagem (OAs) coerentes com a capacidade cognitiva dos alunos, encontrar um plano pedagógico adequado que misture os recursos disponíveis e atenda às necessidades elencadas em sala de aula, seja ela presencial, virtual ou a combinação de ambas (i.e., Ensino Híbrido) (DE SÁ FILHO; CASTIONI, 2021).

Esse planejamento pode ser constituído com a utilização de metodologias ativas. Segundo Santos e Tezani (2018), metodologias ativas são práticas pedagógicas alternativas ao ensino tradicional, em que o aluno se torna parte no processo de ensino e aprendizagem. As metodologias ativas combinam tempos individuais e coletivos em projetos pessoais e de grupo, buscando desenvolver competências cognitivas, pessoais e sociais, o que exige dos estudantes características como proatividade e colaboração (MILL; SANTIAGO, 2021). Há diversos tipos de metodologias que podem ser aplicadas, como Ensino Híbrido, Sala de aula Invertida, Aprendizagem Baseada em Casos ou Problemas, entre outras (DE ALMEIDA, 2018). Para a utilização de um desses métodos, é importante mapear os perfis dos estudantes que participam ativamente dentro de um ambiente que utiliza essas metodologias, visando a personalização do ensino conforme as habilidades, dificuldades e competências de cada um deles (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Para utilizar a tecnologia em conjunto com a metodologia adequada, é necessário construir sistemas que forneçam ao aluno a possibilidade de personalização da aprendizagem de acordo com seus acertos e falhas, para que visualize seus pontos fortes e fracos e desenvolva autonomia para refletir sobre as atividades realizadas (HASEGAWA; UĞURLU; SAKUTA, 2014). Ao se pensar e pesquisar sobre o desenvolvimento desses sistemas, é possível verificar, na maioria das vezes, a presença de um ou mais algoritmos e ferramentas de Inteligência Artificial (IA). Um desses casos é o uso de Processamento de Linguagem Natural (PLN) para realizar tradução,

análise e interpretação de texto/voz, além de motivar os alunos por meio da personalização da aprendizagem e da afetividade (VICARI, 2021).

De acordo com o relatório de Gartner (2021), as tecnologias relacionadas à nuvem e à IA são as principais áreas de investimento em inovação para organizações que atuam com serviços de Tecnologia da Informação (TI) no mundo. Silveira e Vieira Junior (2019) frisam que a IA na Educação vem ganhando destaque e é utilizada para aprimorar os sistemas tecnológicos e criar recursos interativos mais dinâmicos, de acordo com a fase em que o aluno se encontra no aprendizado. Para isso, as informações dos alunos são cruzadas com as bases de dados de uma determinada plataforma, trazendo melhores resultados para a personalização do aprendizado com base em aspectos pedagógicos, psicológicos, técnicos e éticos. Em todas as áreas, algoritmos de IA conseguem fornecer recursos de aprendizagem, tanto de conteúdo quanto de informações sobre o aluno, de forma imediata, sem a necessidade de o professor estar presente no momento específico (STONE *et al.*, 2016).

Existem diversos tipos de sistemas tecnológicos de apoio ao ensino que podem ser utilizados para colaborar com a metodologia ativa escolhida e que podem empregar algoritmos de IA em sua constituição: Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), Sistemas Tutores Inteligentes (STI), Mundos Virtuais 3D (MV), entre outros (GATTI, 2019). Nos últimos dez anos, houve um aumento na utilização de Agentes Conversacionais (AC) para auxiliar o estudante no uso de plataformas *e-learning*, sendo considerados uma solução inovadora para preencher lacunas entre tecnologias e educação, proporcionando uma experiência de aprendizagem interativa para explicar um conteúdo ou promover discussões que estimulem o processo de conhecimento (COLACE *et al.*, 2018).

Agentes Conversacionais (ACs) são ferramentas ou aplicações que simulam o comportamento humano através de conversas de texto ou voz entre um humano e uma máquina, em que o humano faz perguntas e o agente responde de acordo com o contexto em que o diálogo está ocorrendo (WINKLER; SÖLLNER, 2018).

Existem diversas denominações para AC utilizadas na literatura e na indústria: *Chatbot*, *Chatterbot*, *Chatterbox*, *Talkbox*, *bots*, e Assistentes Virtuais (AVs), que

possuem conceitos e arquiteturas similares. Ao longo deste documento, são utilizadas as duas denominações mais comuns em relação à finalidade, sendo elas: “Agentes conversacionais” e “*Chatbots*”. Silva, Silveira e Tarouco (2019) enfatizam alguns benefícios da utilização de AC na educação, como a motivação do aluno a partir da troca de informações em forma de diálogo, gerando comunicação, o baixo custo e a flexibilidade. Zahour *et al.* (2020) preveem que o mercado global de *chatbots* deverá ultrapassar 1,34 bilhões de dólares após 2024.

Nesse contexto, no final de 2022, a empresa OpenAI colocou à disposição do público um *chatbot* treinado a partir de algoritmos generativos¹, o ChatGPT. Ele alcançou grande popularidade devido à sua alta performance e grande quantidade de conhecimento treinado, conquistando 100 mil usuários ativos mensais (GILL *et al.*, 2024). A partir disso, outros *chatbots* desenvolvidos com tecnologias similares também foram disponibilizados por grandes nomes da indústria. A Google lançou o Bard, atualmente renomeado para Gemini², a Microsoft lançou o Bing, atualmente renomeado para Copilot³, e a IBM lançou o Watsonx⁴. Os agentes conversacionais generativos vêm ganhando destaque em diversas áreas como saúde, finanças, comércio e educação (Dwivedi *et al.*, 2023). Na educação, desde antes do aparecimento da IA generativa, os *chatbots* podiam colaborar com sistemas educacionais de várias formas: tirando dúvidas, facilitando a aprendizagem, atuando virtualmente como professores ou colegas orientando o estudante no ambiente, explicando tópicos, questionando, dando *feedbacks* instantâneos, ajudando na colaboração entre pares, dando apoio à aprendizagem personalizada de acordo com o perfil de cada aluno, auxiliando os professores em suas rotinas de trabalho e promovendo diálogos para incentivar a reflexão e o desenvolvimento de habilidades metacognitivas (MAGEIRA *et al.*, 2022; ZAHOUR *et al.*, 2020; HERPICH *et al.*, 2014; MCTEAR, GRIOL e CALLEJAS,

¹ São *chatbots* que produzem novos dados, como textos, imagens ou sons, a partir de padrões aprendidos de dados existentes. Eles utilizam redes neurais, normalmente baseados em *Transformers*, que analisam grandes volumes de dados para criar saídas que são similares à estrutura e ao estilo dos dados originais.

² O Gemini foi lançado em 2023 pela Google. Acesso em: <https://gemini.google.com/app>.

³ O Copilot foi lançado em 2023 pela Microsoft. Acesso em: <https://copilot.microsoft.com/>.

⁴ O Watsonx foi lançado em 2023 pela IBM. Acesso em: <https://www.ibm.com/br-pt/watsonx>.

2016).

Com o rápido crescimento e desenvolvimento das máquinas, técnicas de aprendizagem inteligentes facilitaram a construção de agentes conversacionais capazes de realizar conversas com humanos e gerar respostas confiáveis e relevantes. Para o desenvolvimento de um *chatbot*, atualmente, existem diversos serviços de *Application Programming Interfaces* (APIs) e sistemas desenvolvidos por empresas que possuem uma interface simples e objetiva (ALLOUCH; AZARI; AZOULAY, 2022). Esses serviços facilitam o desenvolvimento de *chatbots* de forma usual e a entrega para os usuários.

Alguns serviços mais conhecidos e disponibilizados por grandes empresas são descritos por Ait Baha *et al.* (2021), como Watson Assistant, atualmente denominado Watsonx, da IBM, Dialogflow, da Google, e Amazon Lex, da Amazon. Existem também outros serviços, como Pandorabots, Luis.ai, Wit.ai e a própria API do ChatGPT (BUDIHARTO; ANDREAS; GUNAWAN, 2022; BROCKMAN *et al.*, 2023). Conforme descrito e aplicado por Moro *et al.* (2020), disponibilizar aos professores a possibilidade de criar uma base de conhecimento de um sistema para que ele apoie seus alunos com *feedbacks* imediatos sobre conteúdos de suas disciplinas é importante. Assim, o sistema pode ser aperfeiçoado conforme as necessidades observadas e disponibilizar um acompanhamento individual para cada aluno. Para que isso ocorra, é necessário oferecer capacitação adequada em cursos que ensinem a aproveitar da melhor maneira possível os recursos disponíveis, como aplicado no trabalho.

Alguns fatores, além da aplicação do conteúdo da disciplina, podem elevar a contribuição de um *chatbot* no ambiente educacional *online*. Kumar (2021) destaca alguns deles: saber interagir com o aluno de maneira afetiva, motivando-o e instigando-o a refletir sobre o que está aprendendo; ser de fácil acesso e acoplado a uma plataforma estável e, de preferência, privada, para que o aluno obtenha *feedbacks* no decorrer do processo (nesse caso, diversos autores sugerem o uso de plataformas como AVAs, Redes Sociais e Ambientes Inteligentes); estabelecer uma relação entre aluno-aluno e aluno-instrutor por meio de atividades colaborativas ou incentivando a

comunicação; e basear sua interação em microaprendizagem⁵. Isso permite ao aluno desenvolver certa autonomia sobre o conteúdo específico e utilizar as informações obtidas através do *chatbot* a seu favor para construir o conhecimento, conforme previsto em um contexto de aprendizagem ativa (DE ALMEIDA, 2018).

Ao realizar atividades em um AVA, por exemplo, os alunos, além de lerem o conteúdo exposto, começam a relacionar os conceitos teóricos com as atividades disponibilizadas no ambiente, que podem variar desde questionários até laboratórios virtuais de aprendizagem anexados. Nesse caso, o aluno pode acessar de sua casa, sem a presença do professor, o que dificulta saber se ele de fato compreendeu e correlacionou corretamente conceitos com as atividades.

De acordo com o Art. 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) 9.394/2020, “[...] o Ensino Médio tem como finalidade o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 2020, p. 25).

Ainda, no Art. 43 da mesma Lei, cita-se que a “a Educação Superior tem por finalidade estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo” (BRASIL, 2020, p. 32).

Adicionalmente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL 2018) recomenda, dentre as competências específicas de Ciências da Natureza, que seja promovida a habilidade de analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico (incluindo o digital), assim como as relações que se estabelecem entre eles, com base nos conhecimentos da área. Isso demanda a sistematização de conhecimentos conceituais em leis, teorias e modelos. Conseqüentemente, a elaboração, interpretação e aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos, bem como o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo na área de Ciências, são etapas essenciais da formação prevista tanto para o Ensino Fundamental quanto para o Ensino

⁵Microaprendizagem consiste na ideia de que a aprendizagem de um conteúdo complexo é construída através da assimilação de informações em pequenas partes e em um curto período.

Médio.

O desenvolvimento do pensamento crítico envolve um processo de reflexão que deve permear a aprendizagem. A interação com pares mais qualificados nesse processo amplia o potencial de desenvolvimento do aluno, conforme estabelecido na teoria sociointeracionista de Vygotsky (1999). Todavia, nem sempre o estudante terá essa possibilidade, sendo necessário realizar o processo de aprendizagem sem a presença de um professor, tutor ou colegas para com eles interagir, discutir ideias e consultar sobre conceitos que não estiverem claros para ele, entre outros.

Visando sanar essa dificuldade, a presente pesquisa tem como objetivo o projeto, desenvolvimento e aplicação de um AC denominado *Magneton*, que tem como intuito colaborar e melhorar o processo de reflexão, visando promover o pensamento crítico do aluno. Em especial, essa colaboração do agente visa apoiar o processo de Observação Reflexiva, que deve ocorrer durante a aprendizagem experiencial, após a realização da Experiência Concreta, etapas inerentes ao Ciclo de Kolb (KOLB, 2014). A Observação Reflexiva é parte de um processo composto por quatro etapas que integram o Ciclo de Kolb e apoiam a aprendizagem experiencial, sendo detalhada na Seção 2.2. As atividades de aprendizagem experiencial, na presente investigação, são apoiadas pelo uso da estratégia de sala de aula invertida na experimentação laboratorial, conforme proposto por Bergmann e Sams (2012). Para averiguar se o agente desenvolvido contribuiu com a fase, foi aplicado o *Magneton* em duas turmas do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. O agente desenvolvido atua na área de Eletromagnetismo na Eletrônica básica, e seu conteúdo é focado em Circuitos Elétricos. As turmas foram divididas entre Grupo controle e Grupo Experimental. A aplicação ocorreu em duas etapas: um pré-teste e um pós-teste. No primeiro, a partir das explicações prévias do professor responsável, os alunos de ambas as turmas desenvolveram um mapa conceitual inicial utilizando a plataforma virtual *Vidya Network*⁶ a respeito dos tópicos abordados na aula introdutória. No pós-teste, os alunos da turma experimental utilizaram o *chatbot* *Magneton* com o conteúdo *online* e desenvolveram um mapa conceitual final, de acordo com o que refletiram utilizando

⁶ Disponível em: <http://vidyanet.nuvem.ufrgs.br/>.

o Magneton. Os alunos da turma de controle realizaram também uma versão final do mapa, mas apenas com as leituras realizadas de maneira *online* e orientações do professor. Além disso, os alunos que realizaram o experimento com o Magneton avaliaram a sua utilização a partir de um questionário baseado na *System Usability Scale* (SUS), que é um instrumento simplificado para a mensuração da usabilidade de aplicações (TEIXEIRA, 2015). Os resultados e detalhes são apresentados a partir do Capítulo 6.

A Figura 1 apresenta um mapa mental com os elementos principais e essenciais da presente pesquisa, sob a perspectiva da autora.

Figura 1 - Mapa mental dos principais elementos da pesquisa.



Fonte: autoria própria.

1.1 Contextualização do problema e Justificativa da Pesquisa

Após serem realizadas oficinas de capacitação em metodologias ativas, em janeiro de 2020, com professores de graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que atuam nas disciplinas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), e, de acordo com conversas realizadas com professores colegas do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) e com colegas externos, foram relatadas algumas dificuldades relacionadas à utilização de recursos em AVA em suas matérias como Física, Matemática e Ciências. Entre elas estavam a falta de

subsunçores⁷ por parte dos alunos, a dificuldade para refletir sobre as atividades propostas e sobre os vídeos disponibilizados, bem como a falta de direcionamento e apoio do sistema para que o aluno identifique suas dificuldades e possa receber suporte e reforço. A falta de acompanhamento do professor no momento que o aluno realiza determinada atividade ocasiona evasão, devido à falta de condições e apoio para superar as dificuldades provenientes das matérias, especialmente na área de Ciências (MORO; TAROUÇO; VICARI, 2021).

Radovic, Maric e Passey (2018) destacam alguns pontos sobre o uso das tecnologias no ensino de Matemática, que também podem ser aplicados no ensino de Ciências: fornecimento rápido e confiável de *feedback*, criação de exemplos reais ao explorar problemas; maiores conexões entre representações e mudanças em objetos; e trabalho com imagens dinâmicas e representativas.

O ensino de diversos conceitos na EaD pode ser de difícil compreensão. Mesmo utilizando sistemas computacionais e laboratórios para explicar conceitos físicos, por exemplo, o aluno muitas vezes tem uma exposição clara, mas não reflete sobre o que está observando. O grande desafio do ensino é fazer com que o aluno passe a pensar sobre determinado conceito, atribuindo valor e significado a ele (GASPAR, 2013).

No caso do ensino de Eletromagnetismo, por exemplo, pode ser difícil para o estudante visualizar as ondas eletromagnéticas e compreender os conceitos associados a esta área de conhecimento, uma vez que o campo elétrico e o campo magnético são fenômenos invisíveis. Por isso, um laboratório ou outra ferramenta, como animações e simulações que possam instigar o senso reflexivo no aluno, podem contribuir na visualização e compreensão do conteúdo.

O relato de um professor de Física para a autora descreve o seguinte fato: “Durante a pandemia, notei que meus alunos acessaram o conteúdo de forma *online*, mas não interagiram nem foram ativos conforme esperado; apenas abriam os

⁷ De acordo com a teoria de David Ausubel (1978), subsunçores são as estruturas cognitivas existentes em um indivíduo que favorecem novas aprendizagens.

documentos e *slides*, liam, respondiam aos questionários, mas não refletiam sobre o que estavam fazendo”.

Acompanhar o processo do ponto de vista do aluno e propor estratégias para mantê-lo ativo durante a aquisição de conhecimento ainda é um campo a ser explorado. Mustapha (2004) destaca que o papel de um *chatbot* em um ambiente virtual educacional é monitorar, controlar e catalisar a construção do conhecimento social entre as comunidades de aprendizagem. Esse papel é útil em conjunto com metodologias ativas e teorias de aprendizagem. A teoria da aprendizagem experiencial de David Kolb (2014) coloca a experiência como uma parte central e necessária do processo de aprendizagem, na qual “o conhecimento é criado através da transformação da experiência”. O ponto mais crítico observado pelos estudiosos da teoria é como instigar a reflexão do aluno sobre o conteúdo que está sendo aplicado (MORRIS, 2020).

Considerando um cenário de aplicação de sala de aula invertida, por exemplo, será que um agente integrado a um *website*, com disponibilização de *link* no ambiente virtual de aprendizado da disciplina, ao qual o aluno acessa a informação e estuda de forma preliminar, extraclasse, pode instigar a reflexão sobre aquele conteúdo e incentivá-lo de forma motivadora, criando um senso crítico e preparando-o para as interações presenciais de forma dinâmica de acordo com as estratégias utilizadas? O que se busca investigar na presente pesquisa são questões como: **“Qual o papel de um *chatbot* atuante em um cenário de sala de aula invertida como laboratório experimental para garantir o envolvimento ativo do aluno? Como auxiliar o aluno instigando reflexões sobre o conteúdo apresentado como forma de induzir a participação ativa? Como criar esse agente para acompanhar o aluno de forma dinâmica e motivadora?”**

A proposta desta tese é buscar respostas para essas perguntas e desenvolver um agente capaz de contribuir especialmente na fase de Observação Reflexiva do ciclo de Kolb dentro de um cenário de aprendizagem experiencial, considerando o conteúdo da área de Física: Eletromagnetismo na disciplina de Eletrônica Básica - Circuitos

Elétricos e na disciplina de Física - Eletromagnetismo de Faraday. A estratégia pedagógica na qual a aprendizagem ocorreu, envolve também metodologia ativa, com “sala de aula invertida”.

É importante ressaltar que os agentes conversacionais desenvolvidos para fins de pesquisa permitem conversas mais naturais, mas têm como limite a restrição a um domínio estreito e criado manualmente (ADWARDANA *et al.*, 2020). Por esse motivo, a pesquisa é limitada ao conteúdo de eletromagnetismo na disciplina, aplicada a partir da criação de uma base de dados própria e de conhecimentos específicos da área.

1.2 Objetivo Geral

Propor, desenvolver e avaliar um agente conversacional que utilize estratégias para garantir o envolvimento do aluno em um cenário ativo de forma *online*, relacionado com um contexto de aprendizagem experiencial no estudo de eletromagnetismo e eletrônica básica.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Investigar na literatura os conceitos e aspectos relacionados aos objetos de estudo e aos elementos da pesquisa envolvidos para fundamentação do agente e da aplicação;
- Alinhar os conteúdos investigados com uma proposta de aplicação a partir da pesquisa realizada e definir um cenário para desenvolvimento específico do conhecimento do agente e possibilidades de aplicação;
- Projetar o *chatbot* que atua na interação com o estudante no cenário de aprendizagem experiencial definido;
- Desenvolver o *chatbot* utilizando o IBM Watson Assistant, de acordo com as pesquisas realizadas, e investigar como integrá-lo ao AVA Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) ou a um *website* para disponibilização do *link* no AVA da instituição;

- Aplicar o agente desenvolvido no cenário escolhido com estudantes após a investigação, para recolhimento de dados e obtenção de respostas;
- Avaliar e comparar o desempenho do agente desenvolvido a partir dos dados obtidos para propor melhorias.

1.3 Aderência ao programa e Originalidade da Pesquisa

Este trabalho buscou inserir um produto inovador tecnológico educacional para colaborar com as atividades disponibilizadas *online* no AVA de uma disciplina. O desenvolvimento da pesquisa abrange quatro áreas principais: Inteligência Artificial na Educação (IAED), área que estuda as interações cognitivas presentes no *chatbot* para que ele se torne interativo; Educação, que abrange a parte teórica e presencial do uso do *chatbot* pelos discentes e das estratégias docentes; Programação, responsável por tornar possível a criação da ferramenta e a integração no *website* para a disponibilização do *link* no Moodle da disciplina; e Física, que abrange o conteúdo no qual o *chatbot* é especialista, como eletromagnetismo de Faraday e circuitos elétricos. Todas essas áreas estão incluídas no currículo do programa.

Para justificar a relevância do tema e enfatizar a originalidade da pesquisa, são enfatizadas duas pesquisas. Primeiramente, a pesquisa de Paschoal, Conte e Souza (2022), que mapeia estudos sobre agentes conversacionais pedagógicos realizados por pesquisadores brasileiros em teses de doutorado e dissertações de mestrado presentes no catálogo da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Os autores apresentam um panorama das avaliações experimentais realizadas, oferecendo diretrizes para que possam ser planejadas as avaliações desses agentes no Brasil. A investigação foi realizada entre outubro de 2019 e janeiro de 2020. O trabalho comprova que a comunidade acadêmica atua na área, mas que são necessários mais estudos que envolvam o planejamento e a aplicação de estratégias tanto para a criação quanto para a avaliação desses agentes. O trabalho em questão propõe uma estratégia de aplicação dos agentes desenvolvidos de acordo com diversas pesquisas realizadas; esta tese considera a utilização da estratégia proposta como metodologia da fase de aplicação apresentada no Capítulo 6.

Além disso, a pesquisa de Paschoal, Chicon e Falkemback (2017) ressalta a importância de construir ferramentas para apoiar o ensino dos alunos, destacando que a autoria docente dessas ferramentas é fundamental. No entanto, há uma carência de subsídios técnicos para o desenvolvimento por parte dos professores e de tempo. Portanto, torna-se fundamental que a comunidade acadêmica e a área de computação ofereçam suporte.

Nesse sentido, como comprovado por Moro *et al.* (2020), a capacitação e uso de plataformas como o IBM Watson Assistant tornam o desenvolvimento mais democrático e permitem que professores com pouco conhecimento consigam desenvolver *chatbots* que auxiliam no conteúdo de suas aulas, tanto presenciais quanto *online*, inclusive na sua versão gratuita.

Para apresentar uma solução inovadora, com embasamento teórico-pedagógico e uso de estratégias para manter o aprendizado de forma ativa mesmo com o estudo de outras tecnologias, nesta pesquisa optou-se pelo uso da ferramenta IBM Watson Assistant para possibilitar a disponibilização de uma base em que os professores possam replicar os conteúdos que desejarem. Assim, é realizada uma evolução dos trabalhos citados, em que serão apresentados o processo de aplicação e avaliação do agente, além de passos de desenvolvimento para a comunidade acadêmica.

Apesar de terem sido testadas outras ferramentas e técnicas, a IBM Watson Assistant foi escolhida pelos seguintes motivos: utiliza técnicas de PLN e IA para desenvolvimento de forma simples e eficaz, podendo ser replicada por outros professores; tem possibilidade de integração com diversos sistemas, como *websites* e aplicativos; possui um servidor em nuvem com capacidade para processar dados de forma rápida; oferece uma versão gratuita bastante completa que atende às necessidades do agente desenvolvido; e a autora possui certificação de trabalho na ferramenta (IBM, 2024; MORO *et al.*, 2020).

Além disso, optou-se pela integração do agente em um *website* desenvolvido pela autora, com um *link* disponibilizado no Moodle da disciplina, por ser o sistema educacional *e-learning* mais utilizado por instituições brasileiras. No início, foi realizada uma estratégia para a integração total do Magnetom com o Moodle, o que não foi possível devido a questões de permissões do sistema na instituição em que foi

aplicado. Além disso, foi um pedido do professor responsável a integração em um *website*, uma vez que assim conseguiria utilizá-lo outras vezes sem depender da presença da autora. Nas pesquisas, não foram encontrados trabalhos de agentes desenvolvidos com a ferramenta integrados em *websites* com *links* disponibilizados no AVA Moodle, que utilizem estratégias de observação reflexiva em um cenário ativo de experimentação em laboratório virtual para o ensino de física. Também não foram encontrados trabalhos com processos de avaliação e aplicação similares, o que constitui originalidade. Além disso, o processo avaliativo, utilizando uma ferramenta desenvolvida por outro aluno do PPGIE para desenvolvimento de mapas conceituais (Vidya), constitui uma colaboração entre projetos, valorizando os feitos da comunidade acadêmica. É válido reforçar que, mesmo não se fazendo uso de IA generativa para a construção e desenvolvimento do Magneton, uma vez que ele foi planejado e teve sua proposta defendida antes do lançamento, utilizou-se a ferramenta ChatGPT para a composição de variação de possíveis respostas do aluno no banco de conhecimento desenvolvido para Eletromagnetismo de Faraday. Essa decisão foi tomada com o intuito de treinar o reconhecimento do *chatbot*, considerando as palavras e expressões típicas do país de origem do professor conteudista, Moçambique, localizado na África. Todas essas questões constituem uma abordagem original da pesquisa.

1.4 Metodologia da Pesquisa

Esta pesquisa é considerada bibliográfica, pois foram realizadas buscas em bases de dados como Scopus, ACM Library, IEEE Xplore e Google Scholar; revistas; alguns artigos em anais de eventos importantes no âmbito da informática na educação; livros físicos e digitais; dissertações e teses; *sites* verificados e alguns documentos de nível governamental e institucional.

Quanto aos objetivos, a pesquisa tem caráter exploratório e descritivo, pois busca aprimorar ideias, validar hipóteses e verificar e descrever o processo de desenvolvimento, aplicação e avaliação da utilização de uma ferramenta.

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa é apresentada como um estudo de caso, buscando investigar um fenômeno em um grupo representado pela

investigação de como desenvolver e avaliar a performance do *chatbot* em relação ao objetivo para o qual foi constituído, aplicado com alunos para verificar se o mesmo conseguiu realizar de forma bem-sucedida a Observação Reflexiva.

Quanto à natureza da pesquisa, ela é considerada aplicada, com o objetivo de gerar conhecimento através de aplicações práticas e solucionar problemas, e possui uma abordagem qualitativa e quantitativa, dada pelo recolhimento de dados para verificar a eficiência do *chatbot* desenvolvido com alunos na disciplina de Eletrônica Básica e validação de sua usabilidade.

O Quadro 1 sintetiza a classificação da pesquisa.

Quadro 1 - Classificação da Pesquisa

Classificação da pesquisa	
Quanto ao tipo	Bibliográfica
Quanto aos objetivos	Exploratória e Descritiva
Quanto à abordagem	Qualitativa e Quantitativa
Quanto aos Procedimentos Técnicos	Estudo de caso
Quanto à natureza	Aplicada

Fonte: autoria própria.

1.5 Organização da tese

No **próximo capítulo**, o segundo, é apresentado o embasamento teórico sob a ótica educacional em que a pesquisa foi aplicada, considerando aspectos pedagógicos e motivacionais, e o embasamento teórico a respeito da tecnologia desenvolvida.

No **terceiro capítulo** são explorados os trabalhos relacionados que contêm a utilização de agentes conversacionais integrados a ferramentas educacionais; a utilização de agentes conversacionais reflexivos, independente da área em que atuam e os agentes conversacionais aplicados em cenário de Sala de Aula Invertida.

No **quarto capítulo** são descritos as características e estratégias referentes ao desenvolvimento de *chatbot*, situadas em três aspectos: *Design* de Experiência do Usuário, Desenvolvimento e Avaliação. São apresentadas também as plataformas de desenvolvimento de Agentes Conversacionais que possibilitam a democratização da

ferramenta, aprofundando-se na plataforma IBM Watson, além da estratégia de integração do *chatbot* em *websites* e no ambiente virtual. Por fim, também é possível verificar o uso de mapas conceituais em processos de avaliação.

No **quinto capítulo** são descritas as partes de desenvolvimento do protótipo inicial e os testes que possibilitaram visualizar o caminho a ser seguido no desenvolvimento final.

No **sexto capítulo** é delineada a estratégia de aplicação da pesquisa, o público-alvo, as estratégias de investigação e de validação do trabalho e as fases da pesquisa.

No **sétimo capítulo** são apresentados o desenvolvimento e a alocação de conteúdo do Magneton para o ensino de Circuitos Elétricos e do Magneton para o ensino de Eletromagnetismo de Faraday. Além disso, é apresentado o teste-piloto que contempla a fase 1 de aplicação e os resultados que culminaram na versão final apresentada. A página *web* desenvolvida para integração também é apresentada.

No **oitavo capítulo** são apresentados os resultados da aplicação do Magneton para o ensino de Circuitos Elétricos para uma turma de primeiro ano da disciplina de Eletrônica Básica do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, contemplando a fase 2 de aplicação. Nele, é apresentada a comparação entre os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos, a avaliação da experiência de usuário dos alunos, a avaliação do banco de dados e do *analytics* da ferramenta, e a entrevista com o professor responsável.

No **nono e último capítulo**, a tese é concluída e são realizadas as considerações e discussões finais relacionadas ao trabalho.

2 - Contextualização e Teorias subsidiadoras

Neste capítulo serão apresentadas as teorias, pesquisas e demais conceitos que servem como embasamento teórico para a presente tese. Será apresentado, primeiramente, noções sobre o ensino de Física com experimentação e teorias educacionais como a Teoria da Aprendizagem Experiencial de David Kolb e a Metodologia Ativa - Sala de Aula Invertida de John Bergmann. Em seguida, são apresentados aportes teóricos relacionados à Inteligência Artificial na Educação e um vasto material a respeito de *Chatbots*, desde histórico até conceitos mais específicos do uso da tecnologia, núcleo de estudo principal desta pesquisa.

2.1 O ensino de Física com experimentação

O ensino de disciplinas na área de Ciência, principalmente de Física em escolas, possui elevado nível de abstração e demanda a realização de atividade experimentais para facilitar a compreensão de alguns conceitos científicos. Gaspar (2013) explica que, em Física, conceitos são significados específicos dado a palavras (que podem ser novas ou conhecidas). Essas palavras representam ideias ou grandezas físicas, como: comprimento, massa, tempo, velocidade, energia, carga elétrica, entre outras, as quais podem ser definidas sob notações matemáticas através de valores, que correspondem a essas grandezas e são difíceis de definir de forma textual. Torna-se, portanto, difícil a compreensão dessas grandezas sem a utilização de experimentos que permitam ao aluno visualizar o que ocorre.

Pode-se elencar alguns desafios a serem superados para um processo de aprendizagem mais efetivo, sendo eles: falta de material e de equipamentos adequados; falta de local adequado para realização das atividades considerando a quantidade de alunos; falta de tempo para preparo; e número insuficiente de carga horária. Somado a isso, existe também uma deficiência no nível estrutural pedagógico e nas bibliografias que orientam os professores (MOTA, 2019).

Gaspar (2014) discorre os aspectos mencionados e destaca que, mesmo se houvesse todas as condições estruturais ao alcance do professor, existem inúmeros conteúdos para os quais essas atividades seriam impossíveis de serem realizadas em

salas de aula, entre eles a relação entre trabalho e energia cinética, princípio da conservação de energia, lei gravitacional universal, leis da termodinâmica, lei de coulomb, eletromagnetismo e diversos outros tópicos da Física moderna. É difícil a criação de atividades experimentais que auxiliem de fato o aluno a entender determinado conceito físico e que o levem a refletir sobre o processo de aprendizagem.

Gaspar (2013) inclui o eletromagnetismo como uma das subáreas de estudo da Física clássica. Essa subárea engloba conceitos sobre o estudo da eletricidade, do magnetismo, da elétrica, das ondas eletromagnéticas e da óptica. Atividades didáticas que contextualizam fenômenos eletromagnéticos, por exemplo, são base para que sejam diminuídas lacunas encontradas no ensino de conceitos científicos como: campo elétrico, campo magnético, fluxo, corrente elétrica, vetores, circuitos *etc.* Essas atividades permitem aos professores demonstrarem efeitos que justifiquem modelos conceituais e matemáticos a respeito destes fenômenos. O grande problema é a dificuldade de encontrar atividades que se adequem à realidade dos professores e das escolas, uma vez que em sua maioria não há a presença de laboratórios e equipamentos experimentais. Outra questão complexa para a atribuição desses conceitos é a falta de estratégia pedagógica para explorar adequadamente o potencial dessas atividades por parte dos professores (MONTEIRO *et al.*, 2010).

Realizar atividades experimentais permite aos alunos relacionarem os conceitos teóricos que muitas vezes são difíceis de compreender com a aplicação no mundo físico real, possibilitando maior compreensão dos fenômenos e estimulando o interesse pela Física (MORO *et al.*, 2021). Mazzali (2018) reforça que o aluno, ao realizar simulações, é estimulado à reflexão diante de resultados e procedimentos, transformando-as em ferramentas poderosas para desenvolver ideias, associar conceitos, despertar a curiosidade e resolver problemas.

Laboratórios são lugares importantes para que alunos interajam com situações científicas, em que se pode desenvolver experiências individuais, obter uma visão e compreensão de fatos e conceitos científicos, desenvolver a capacidade dos alunos de questionar, permitir que eles aprendam sobre as ferramentas e regras da Ciência, além de ajudá-los a desenvolver e interpretar o conhecimento científico e a capacidade de

colaborar em tarefas. O que se torna cada vez mais efetivo é a introdução de Laboratórios Virtuais na Aprendizagem. Com eles, os alunos podem acessar os experimentos a qualquer momento, tanto em sala de aula quanto em suas atividades extraclasse, possibilitando uma melhor assimilação à medida que os alunos passam a relacionar o cenário virtual com o real, aprendendo conforme suas interações (LEWIS, 2014).

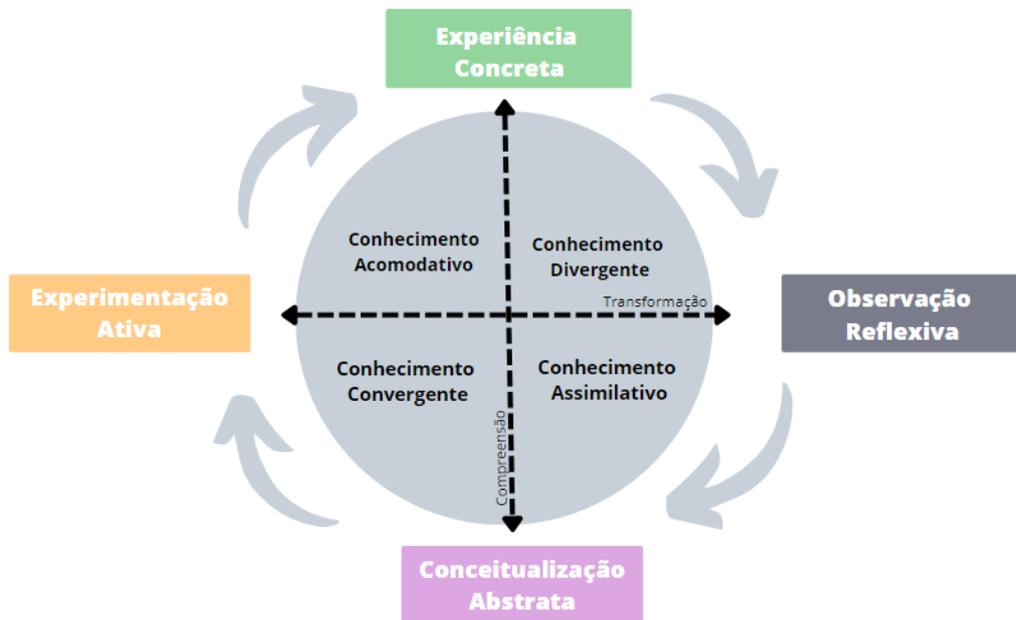
Laboratórios Virtuais ou outros OAs podem estar inseridos dentro de um AVA como o Moodle, a partir de *links* e *plugins* (LIU *et al.*, 2015; GUINALDO *et al.*, 2013). Lewis (2014) reforça a importância de integrar essas atividades a um ambiente *online* ou outras plataformas, pois, sozinhas elas apenas permitem ao aluno visualizar conceitos. Esses recursos promovem a possibilidade de reflexão, principalmente gerando discussões para debater olhares diferentes sobre o mesmo experimento e explicitar entendimentos individuais. Além disso, por exemplo, com tutores *online*, o aluno passa a ter um norte para entender o que cada parte do experimento significa, ou, através dos manuais, aprende a como utilizar o ambiente de acordo com suas necessidades. Para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que o estudante consiga integrar os novos conhecimentos à estrutura cognitiva preexistente. Ele pode necessitar de apoio para dirimir e complementar o conhecimento necessário para ancorar os novos conceitos sendo aprendidos (AUSUBEL, 1978).

Nos tópicos 2.2 e 2.3 são apresentados a aprendizagem experiencial e o conceito de sala de aula invertida no Ensino Híbrido. Essas duas teorias são a base para o ensino autêntico e ativo considerando a aprendizagem significativa.

2.2 Aprendizagem Experiencial e Ativa

O estudo de aprendizagem experiencial de Kolb aborda uma seleção de teorias educacionais de vários autores como Dewey (1938), Piaget (1952) e Lewin (1951). Kolb, em seus estudos, enfatiza a aprendizagem em dois aspectos: a ênfase na experiência concreta a fim de validar e testar conceitos abstratos de acordo com o significado pessoal; e o *feedback* sobre o processo de ação e treinamento, fornecendo a base para um processo contínuo (KOLB, 2014).

Figura 2 - Ciclo de Kolb.



Fonte: autoria própria, baseado em Kolb (2014)

O Ciclo de Kolb (Fig. 2) é composto por quatro etapas: experiência concreta (EC), observação reflexiva (OR), conceitualização abstrata (CA) e experimentação ativa (EA). A primeira é a experiência concreta, onde o aluno tem uma nova experiência de aprendizagem ou reinterpreta uma existente. A segunda é a observação reflexiva, onde os alunos observam o que fizeram ou aprenderam anteriormente, revisando e refletindo sobre a experiência concreta da etapa anterior. O aluno passa a pensar e refletir sobre uma atividade desenvolvida. Na terceira, a conceitualização abstrata, o aluno utiliza teorias e hipóteses para modelar e explicar os eventos ocorridos. Aqui, ocorre o fenômeno da compreensão, com alto nível de abstração. E, por fim, a última etapa é a experimentação ativa, na qual o aluno começa a se envolver ativamente nas experiências, utilizando teorias para tomar decisões e resolver problemas.

A aprendizagem é definida como o processo pelo qual o conhecimento é criado através da transformação da experiência. O conhecimento resulta da combinação de apreender e transformar a experiência. Apreender a experiência refere-se ao processo de receber informações, e transformar a

experiência é como os indivíduos interpretam e agem sobre essa informação. O modelo de aprendizagem da teoria da aprendizagem experiencial retrata dois modos dialeticamente relacionados de apreender a experiência – Experiência Concreta (EC) e Conceitualização Abstrata (CA) – e dois modos dialeticamente relacionados de transformar a experiência – Observação Reflexiva (OR) e Experimentação Ativa (EA) (KOLB, 2014, p.30).

Experiências imediatas ou concretas são a base para observações e reflexões. Quanto melhor a experiência concreta, melhor será a observação reflexiva e, conseqüentemente, a assimilação dessas reflexões e sua destilação em conceitos abstratos a partir das quais novas implicações podem ser extraídas.

Além de descrever as características e fases de uma aprendizagem experiencial, Kolb também identificou os diferentes estilos de aluno na percepção, organização e compreensão de informações no processo. Segundo Hassane *et al.* (2022) identifica-se estilos de aprendizagem⁸ na proposta de Kolb a partir dos quatro estilos de combinação de dois extremos: (concreto-abstrato) e (ação-reflexão), sendo eles:

- Estilo divergente (EC-OR): caracteriza-se pela interpretação de situações concretas a partir de diferentes pontos de vista;
- Estilo Assimilador (OR-CA): caracteriza-se pela apropriação de uma ampla variedade de informações e por sua integração concisa e lógica;
- Estilo Convergente (CA-EA): caracteriza-se pela busca de aplicações práticas de conceitos e teorias;
- Estilo Acomodador (EA-EC): caracteriza-se pela implementação de experiências práticas e envolvimento em novas experiências envolvendo um desafio.

Existe a necessidade de construir ambientes que promovam autenticidade, reflexão e colaboração como base na construção de uma aprendizagem experiencial consistente. Dessa forma, torna-se possível oferecer aos alunos a oportunidade de desenvolver e aplicar a teoria em situações práticas, permitindo descontextualizar e reformular o conhecimento obtido anteriormente. A tecnologia pode contribuir

⁸ Sabe-se que existem debates relevantes sobre a validade ou não de estilos de aprendizagem. Nesta Tese, esses debates não serão aprofundados. No entanto, é válido apresentar esses estilos pois fazem parte do contexto da aprendizagem experiencial, discutidos na proposta de David Kolb.

fornecendo artefatos que instigam esses pilares de forma visual e mais próxima da realidade (RADOVIC; HUMMEL; VERMEULEN, 2021).

A questão da reflexão também é relevante no construtivismo proposto por Piaget (1995). Segundo Ferreira (2019), a abstração reflexionante de Piaget (1995) envolve dois fatores aos quais não podem ser divididos: o reflexionamento (transposição para um propósito superior das características retiradas do patamar precedentes) e a reflexão (reconstrução e reorganização de acordo com um novo patamar, daquilo que foi trazido do patamar inferior):

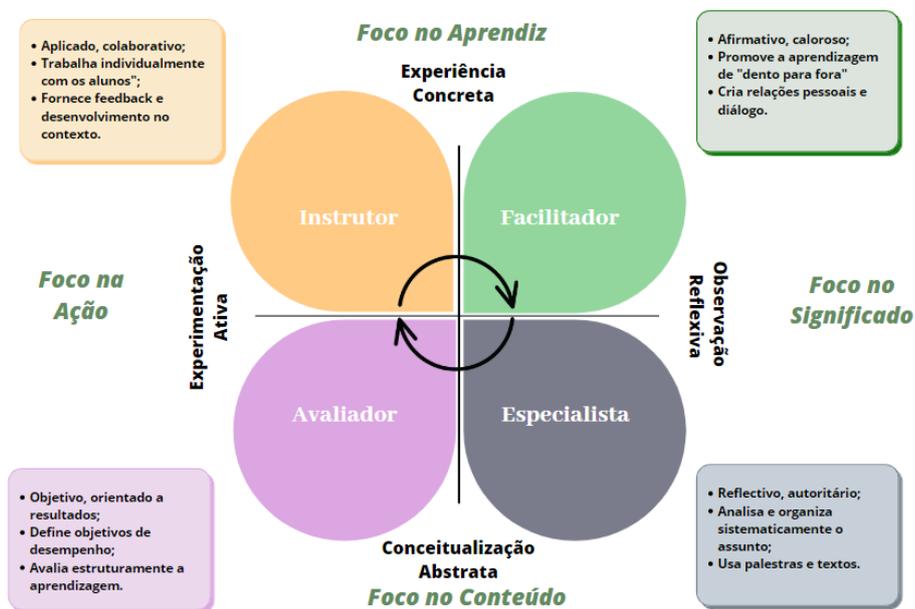
O deslocamento do reflexionamento (assimilações) e da reflexão (acomodações) para um grau superior de complexidade apresenta quatro níveis de atuação: a) Elementar: diz respeito à condução das ações sucessivas até sua representação atual; b) Segundo nível: reconstituição da sequência das ações; c) Terceiro nível: ocorrência de comparações entre as ações; d) Quarto nível: reflexão sobre as reflexões anteriores, o sujeito reconhece as razões das conexões entre os elementos reorganizados (FERREIRA, 2019, p.30).

A reflexão na Teoria da Aprendizagem Experiencial requer complexidade cognitiva e capacidade de pensamento crítico. A reflexão profunda necessita uma estrutura cognitiva rica e integrada para poder ter diferentes perspectivas e estratégias. A reflexão é definida como a transformação interna da experiência que inclui vários processos mais específicos aos quais variam de acordo com o estilo de aprendizagem e o nível de desenvolvimento do aluno. Existem três estilos de aprendizagem reflexiva no *Kolb Learning Style Inventory* (KLSI) 4.0: O primeiro, “Imaginando”, é focado nas transformações de imagens que ainda estão um pouco imersas nas experiências concretas de sensação e afeto; O segundo, “Analisando”, indica que a reflexão é uma manipulação mais sistemática dos símbolos abstratos independentes da experiência e do contexto; o terceiro é o “Refletindo”, que explora significados mais profundos para integrar imagem e o símbolo (KOLB, 2014; KOLB; KOLB, 2013). Em um quebra cabeça, por exemplo, em que cada peça tem como significado um conceito, símbolo ou imagem, é necessário observar e construir o conhecimento sobre cada peça, para

que, ao juntá-las, a imagem final faça sentido e se tenha um resultado positivo. Assim é a reflexão, algo difícil de se alcançar, ao qual necessita observação e persistência, pois é necessário passar por todos os processos para obter a capacidade de construir um conhecimento coerente.

Segundo Soares (2005), é necessário citar a importância da intervenção do educador nos contextos de aprendizagem, em que ele fica atento aos processos. A partir das intervenções o aprendiz pode elaborar melhor os conceitos provenientes de ações reflexivas internas as quais não seriam possíveis sem uma provocação de outro, como apontam os conceitos de abordagem interacionista de Piaget. O educador, segundo Kolb (2014), deve auxiliar os alunos a fazerem as conexões e transferir a aprendizagem “de” e “para” contextos de aprendizagem semelhantes ou diferentes. Para isso é útil considerar para cada segmento qual função de ensino adotar, planejar o estilo de aprendizagem que se deseja envolver e escolher uma técnica instrucional que tenha mais adequação com o estilo e com a função de aprendizagem.

Figura 3 - O papel do professor ou de um agente tutor na aprendizagem.



Fonte: autoria própria, baseado em Kolb e Kolb (2017).

Kolb e Kolb (2017) enfatizam que o papel do professor no ciclo de aprendizagem é ajudar a maximizar o conhecimento. Nesse caso, no contexto educacional *online*, os alunos não têm contato direto com o professor em tempo real. Assim, um *chatbot* que age como um tutor auxiliar na atuação do professor em cada fase, considerando seu papel. Para isto, AC tem que ser programado e planejado pedagogicamente. A Figura 3 ilustra o ciclo pela ótica do professor, podendo ser aplicada em um contexto *online* por um agente tutor conversacional.

Da Experiência Concreta para a Observação Reflexiva, o professor age como **Facilitador**, promovendo a aprendizagem de “*dentro para fora*”, ajudando os alunos a entrarem em contato com sua experiência pessoal e refletirem sobre ela. Aqui existe a motivação intrínseca e o autoconhecimento relacionado ao assunto abordado em que se cria o relacionamento pessoal e o diálogo do professor com o aluno. Um Agente Conversacional nessa fase deve ser animado/afirmativo como o professor, ou seja, possuir em sua base afirmações e incentivos para que o aluno se mantenha motivado durante todas as fases de aprendizagem.

Da Observação Reflexiva para a Conceitualização Abstrata, o professor age como **Especialista**, auxiliando os alunos na organização e conexão de suas reflexões com a base de conhecimento do assunto. Ou seja, instigam a reflexão a respeito dos temas estudados. Os alunos adotam um estilo autêntico e reflexivo, em que passam a refletir por conta própria sobre o que têm estudado a partir desse direcionamento do professor. Um AC, assim como um professor, age ensinando pelo exemplo, modelando e incentivando o pensamento crítico enquanto os alunos organizam e analisam de forma sistemática o conhecimento adquirido sobre o assunto. O *chatbot* pode utilizar palavras, imagens, questões, textos etc. para promover essa reflexão e manter o aluno interessado no processo. É nessa fase que o Magneton visa contribuir, sendo um especialista em eletromagnetismo e circuitos elétricos para auxiliar os alunos através de indagações de forma *online* para que os alunos criem uma conexão dos conceitos estudados com as observações realizadas.

Da fase de Conceitualização Abstrata para a fase de Experimentação Ativa, o professor age como **Avaliador**, ajudando os alunos a dominarem a aplicação do

conhecimento e habilidades para atender aos requisitos de desempenho necessários. Nesse caso, um AC atua orientando os alunos a partir dos requisitos de conhecimentos definidos para que haja conhecimento de qualidade. Nesta fase, o papel de um agente é apenas orientar sobre as atividades e sugerir atividades para aprimorarem o conhecimento adquirido, levando em consideração todas as atividades e feitos do aluno nos processos realizados anteriormente e as atividades planejadas pelo professor da disciplina no sistema ao qual foi acoplado.

Na última fase, da Experimentação Ativa para uma reinicialização do ciclo, o professor passa a agir como **Instrutor**, auxiliando seus alunos a aplicarem o conhecimento adquirido visando atingir seus objetivos. Nesta fase, o momento é de conhecer mais sobre a experiência de vida de cada aluno. Um *chatbot* pode prover *feedbacks* e auxiliar na criação de planejamentos pessoais a partir de relatórios obtidos no AVA, apontando os principais acertos e erros, aos quais os alunos devem dar mais atenção ou recomeçar o ciclo. O aprendizado se torna mais aplicado e colaborativo.

Assim como os alunos ganham autonomia à medida que avançam em cada parte do ciclo, os professores e tutores também podem ganhar flexibilidade na execução das funções elencadas. Os papéis apresentados, que podem ser exercidos por um AC como tutor, em uma realidade em que o aluno estuda de forma assíncrona e *online*, ou seja sem a presença do educador, são um conjunto de padrões comportamentais que respondem ao ambiente de aprendizagem ao qual pertencem, os alunos e as tarefas de aprendizagem. Nesse caso, é papel do educador e não do agente o estilo de ensino e aprendizagem apresentado, as crenças sobre ensinar e aprender, as metas para o processo educacional e as práticas instrucionais. Ressalta-se que o AC atua como um facilitador para o professor e suas altas demandas para aplicar um ciclo completo e como um companheiro de aprendizagem do aluno que em qualquer momento poderá se utilizar dos conhecimentos do *chatbot*.

2.3 Sala de Aula Invertida no Ensino Híbrido (*Blended Learning*)

O Ensino Híbrido, também conhecido como *Blended Learning*, em inglês, é um tipo de modalidade que mescla a educação presencial com EaD. Nele, o aluno

estuda os conteúdos e as instruções usando recursos *online* e em sala de aula pode interagir com outros alunos e com o professor (HORN; STAKER, 2012).

Nessa metodologia de ensino, a tecnologia vem para ajudar na personalização da aprendizagem individual, fazendo com que o aluno aprenda no seu ritmo e de acordo com os conhecimentos adquiridos (SUNAGA; CARVALHO, 2015). Para Chen *et al.* (2006), o processo de aprendizado não significa transmitir um material aos alunos, mas aumentar seu o engajamento com outros alunos, a interação com o instrutor ou com a ferramenta instrucional. A combinação entre Aprendizagem Ativa e Ensino Híbrido com o uso de tecnologias é poderosa, pois a aprendizagem ativa dá ênfase ao protagonismo do aluno, seu envolvimento direto com o ensino, participando e refletindo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor, e a aprendizagem híbrida destaca a flexibilidade, a mistura e compartilhamento de espaços, tempos, atividades, materiais, técnicas e tecnologias que compõem esse processo ativo (MORAN, 2017). Segundo Leite (2018), a aprendizagem ativa ocorre quando há a interação do aluno com o assunto a ser estudado em diversas formas, estimulando a construção do conhecimento. O professor nesse cenário atua como orientador, supervisor e facilitador do processo de aprendizagem e não apenas como fonte de informação.

Nesse sentido, existem diversas metodologias a serem utilizadas de maneira ativa para potencializar o Ensino Híbrido: Aprendizagem Baseada em Casos ou Problemas, Sala de Aula Invertida, Aprendizagem por pares, entre outras.

Neste trabalho, é explorado o conceito de Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) como cenário de aplicação do *chatbot* que tem seu *link* disponibilizado no Moodle. A Sala de Aula Invertida foi desenvolvida por Jon Bergmann e Sams (2012), e é assim denominada porque inverte completamente os papéis da sala de aula tradicional. Nesse modelo os estudantes têm lições, *slides*, textos, vídeo-palestras e outros materiais apresentados de forma *online*, os quais devem ser estudados antes da aula com o professor; e, no momento presencial, os estudantes participam de atividades colaborativas e dinâmicas, além de realizarem exercícios para retomar o assunto

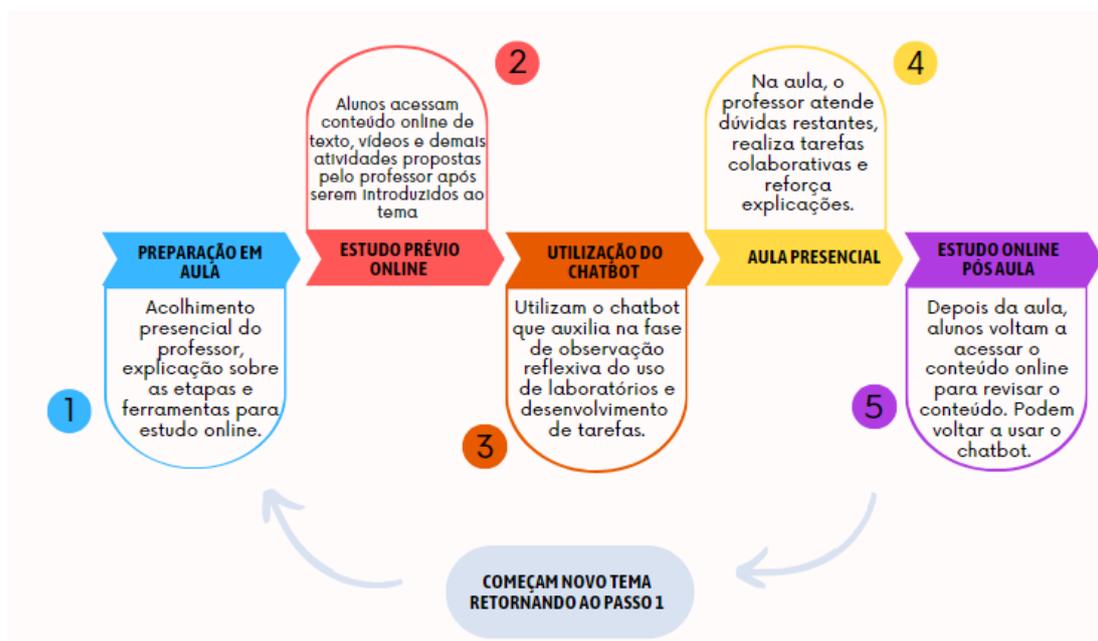
estudado (GONÇALVES; SILVA, 2015). A sala de aula passa a ser um espaço de prática e de aprendizagem ativa e significativa.

Segundo Valente (2015), para a sua implementação, é fundamental o planejamento das atividades realizadas em aula presencial e a produção prévia do material para o aluno trabalhar de forma *online*. Nesse caso, é importante o professor pensar e explorar pedagogicamente os diversos recursos oferecidos pelas NTIC. Enquanto isso, a sala de aula presencial tem um papel importante porque o professor participa das atividades colaborativas que contribuem para o processo de significação das informações previamente estudadas.

Ramírez, Canales e Herrero (2022) enfatizam que a autonomia do aluno em sua aprendizagem fora de sala de aula é alcançada por meio da disponibilização *online* de diversos conteúdos, e reforçam que a combinação da metodologia de sala de aula invertida com a utilização de laboratórios virtuais de forma paralela, por exemplo, pode ajudar os estudantes a complementarem os aspectos teóricos e reforçarem o desenvolvimento de outras competências como as digitais.

A Figura 4 apresenta um modelo de aplicação de Sala de Aula Invertida considerando o AC como apoio nas experiências de laboratório virtual para que os alunos atinjam a Observação Reflexiva a partir da experimentação.

Figura 4 - Sala de aula invertida com apoio do agente para obtenção de observação reflexiva.



Fonte: autoria própria

Quando introduzidos ao tema, no primeiro momento há um acolhimento por parte do professor de forma presencial, explicando as etapas e ferramentas utilizadas no estudo *online*. Na etapa dois, há o estudo prévio *online*, em que alunos acessam o material no ambiente virtual colocado previamente pelo professor da disciplina. Esse material pode ser composto por textos, vídeos, laboratórios virtuais de aprendizagem, *slides*, questionários, fórmulas físicas e outros OA. Com a navegação, o aluno é guiado a utilizar o AC em companhia do conteúdo que acessa e o agente é encarregado de indagar o aluno com questões reflexivas sobre os temas após ou durante a experimentação. No caso de um laboratório virtual, por exemplo, o AC pode propor questões para que o aluno consiga relacionar um conceito aprendido com o que ocorre durante o experimento.

Depois que o estudante acessou o conteúdo de forma prévia e foi levado a pensar sobre o que acessava através do agente, na aula presencial, o professor é encarregado de responder dúvidas e propor tarefas dinâmicas e colaborativas para reforçar o conteúdo estudado previamente. Com o AC é também possível que o

professor identifique os erros e acertos mais comuns dos alunos através dos *logs* do sistema, podendo durante a aula reforçar explicações ou propor atividades que meschem a turma para reunir esforços. Essa fase pode estar também relacionada com a Teoria da Aprendizagem Experiencial na fase de EA e continuação da CA.

Após a aula, os alunos voltam a acessar o conteúdo *online* para revisá-lo ou reutilizar o *chatbot* com uma nova ou maior perspectiva nas tarefas de reflexão. Com a aprendizagem do tema e levando em consideração o planejamento de aula do professor, o aluno pode começar um novo tema e retornar ao processo inicial, começando um novo ciclo de Sala de Aula Invertida.

Para a aplicação do modelo proposto nesta tese é necessário entender como os ACs funcionam e quais suas possíveis contribuições. Para isso, na Seção 2.4 é apresentado um levantamento bibliográfico sobre a evolução e contribuições da IA na educação, além de ACs com relação a como são estruturados, suas características e evolução.

2.4 Inteligência artificial: Histórico e contribuições com a área educacional

IA de acordo com os principais autores conhecidos do assunto é um conjunto de aplicações, métodos e técnicas que permitem aos computadores executarem determinadas funções realizadas anteriormente somente por humanos, como aprendizagem, raciocínio, percepções e principalmente, tomada de decisões. O desenvolvimento de técnicas de IA faz referência a quatro principais definições: a IA como um sistema que pensa como humanos; a IA que atua como humanos; a IA que pensa racionalmente e a IA que atua racionalmente (RUSSEL; NORVIG, 2004).

Começa-se a falar de IA ao final dos anos 40 e início dos anos 50, em que os trabalhos realizados por Warren McCulloch e Walter Pitts foram considerados pioneiros. Os autores propuseram pesquisas voltadas ao modelo de neurônios artificiais que possibilitaram o desenvolvimento de máquinas que fossem capazes de aprender. Um neurônio artificial é uma entidade que recebe sinais de entrada, multiplicada por um peso e comparada ao resultado contra um discriminante, produz uma saída lógica (RUSSEL; NORVIG, 2004; PINHEIRO, 2019).

Um pouco depois, em 1950, Alan Turing propôs o jogo da imitação, um dos estudos mais conhecidos na área. Esse estudo propôs que um interrogador, que se comunica via terminal com um *software* e outra pessoa, deveria descobrir quem era o humano e quem era a máquina. Esse estudo é o ponto de partida da Interação Humano-Computador (IHC), e, conseqüentemente, do estudo de Linguagens Naturais e de *Chatbots* (GUNKEL, 2017; TURING, 1996).

Em 1956, um projeto de pesquisa de verão em Dartmouth começa a propor um nome de um novo estudo focado em tornar o *software* inteligente como seres humanos, que seria a denominação que conhecemos hoje: Inteligência Artificial (RUSSEL; NORVIG, 2004).

A partir dessa denominação, uma série de pesquisas começaram a ser realizadas com o objetivo de tornar a máquina mais próxima à realidade humana. O sonho inicial por parte da maioria dos pesquisadores era uma realidade onde as máquinas pudessem fazer tudo, assim como retratado nos filmes. Pesquisas nas áreas de PLN e Redes Neurais Artificiais (RNA) foram sendo desenvolvidas em diversas aplicações (MUBIN *et al.*, 2019).

Em 1965, Joseph Weizenbaum, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), criou o seu primeiro *chatbot* denominado Eliza, escrito na linguagem *Symmetric List Processor* (SLIP) para o IBM 7091, baseado em regras. Naquela época, os termos *chatbot* e AC ainda não eram utilizados, mas a definição permite considerarmos Eliza como um marco para a história do desenvolvimento. O projeto é definido como um programa capaz de realizar alguns tipos de conversação utilizando Linguagem Natural (LN) de maneira a imitar um terapeuta (WEIZENBAUM, 1966).

A ideia geral de *chatbots* baseados em LN surgiu a partir do Eliza, pois ele conseguia substituir pronomes e mudanças na frase de entrada, definindo classes e respondendo dentro de um contexto (CHANDRASEKAR, 2014).

De 1997 a 2005, houve um *boom* de projetos relacionados aos primeiros carros autônomos, um marco para a indústria robótica, utilizando algoritmos de IA para

representar a tomada de decisão. Em 1997, o computador da IBM, Deep Blue, derrota o campeão mundial de xadrez Garry Kasparov (KLEINA, 2018).

Em 2012, pesquisadores estimaram um novo interesse corporativo em IA, denominado *deep learning*⁹. Nesse sentido, diversos projetos de reconhecimento de texto, voz e imagem começaram a ser desenvolvidos. É nítido que, com o estudo de *deep learning*, diversas técnicas e ferramentas de IA começaram a ser aprimoradas, e isso reflete no que se vivencia hoje. Algumas pesquisas vêm sendo trabalhadas como subáreas do conhecimento, como: reconhecimento facial, reconhecimento de texto e voz, geração automática de textos, recomendação de conteúdos, afetividade e data mining (COZMAN; NERI, 2021).

Hoje, a vida com IA tornou-se algo comum para uma parcela da população e não apenas para quem entende de cálculos e códigos de programação. É comum visualizar casas automatizadas com auxílio da ALEXA, por exemplo, assim como a SIRI (BERDASCO *et al.*, 2019).

De acordo com o Centro de Inovação para Educação Brasileira (2019), a IA abrange diversas áreas e tem um potencial enorme na área educacional. A IAED mescla as áreas de ciência da computação com a ciência da aprendizagem (psicologia, ciência cognitiva, antropologia, linguística, neurociências *etc.*) para colaborar com o processo de ensino e aprendizagem.

O exponencial crescimento da internet tem contribuído para o desenvolvimento de aprendizagem adaptativa para expandir as possibilidades em termos de interação e personalização. A utilização de IA na educação encoraja o uso de internet e hipermídia na transmissão de conhecimento para moldar caminhos de aprendizagem e guiar os desenvolvimentos futuros para os aprendizes (El GHOUCH; EN-NAIMI; KOUISSI, 2020).

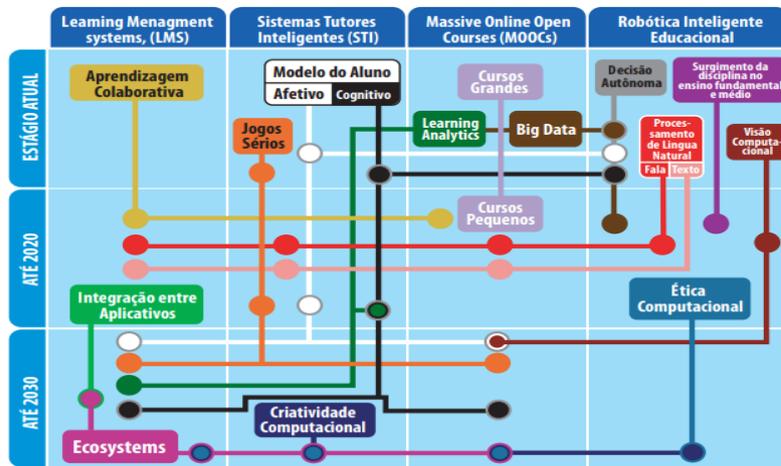
Segundo Klutka, Ackerly e Magda (2020), as principais vantagens de se utilizar algoritmos de IAED são: a possibilidade de adaptação; simplificação; *feedback*

⁹ O termo *deep learning* de acordo com Norvig e Russel (2004), refere-se ao aprendizado de máquina usando múltiplas camadas de recursos simples e elementos de computação ajustáveis.

imediatos; flexibilização e mobilidade; acompanhamento pessoal; simulação e imersão; prevenção à evasão; acessibilidade e engajamento do estudante. Os autores destacam também que existem algumas características a se levar em conta ao implementar uma IA em um contexto educacional. A primeira é saber qual o melhor momento de implementá-la, de acordo com o cronograma do professor e da instituição. A segunda é definir quais as áreas da instituição em que a IA pode ser útil. A terceira é como proteger os dados dos alunos, à medida que a IA os ajuda. E a quarta é saber como implementar a IA de uma forma que ela obtenha sucesso.

Vicari (2018) apresenta as tendências da IA na educação até 2030, como destaca a Figura 5. Nela, podemos observar os esforços ao redor do mundo relacionados a subáreas de IA e suas aplicações. Considerando o ano em que a pesquisa foi realizada, pode-se tomar que estágio atual vai até 2020, pois já existem aplicações nessa subárea. Na área de sistemas de gestão de aprendizagem, o foco das pesquisas concentra-se em Aprendizagem Colaborativa e Integração entre aplicativos. Na área de Sistemas Tutores Inteligentes, o foco é no modelo do aluno (afetivo e cognitivo) e nos Jogos Sérios de Aprendizagem, considerando a integração de outras áreas. Na área dos Cursos Online Abertos e Massivos (*Massive Open Online Courses*, ou simplesmente MOOCs) o foco vem sendo a utilização de *Learning Analytics* e *Big Data*. Por último, na área de Robótica, o foco das pesquisas é na decisão automática, no PLN (fala/texto), na Visão Computacional e na inserção de uma disciplina sobre o assunto no Ensino Fundamental e Médio. Nota-se que existem dois focos principais que estão sendo inseridos e previstos a serem estudados até 2030, além do aprimoramento das subáreas citadas: Ecossistemas e Criatividade Computacional.

Figura 5 - Tendências em IAED



Fonte: Vicari (2018).

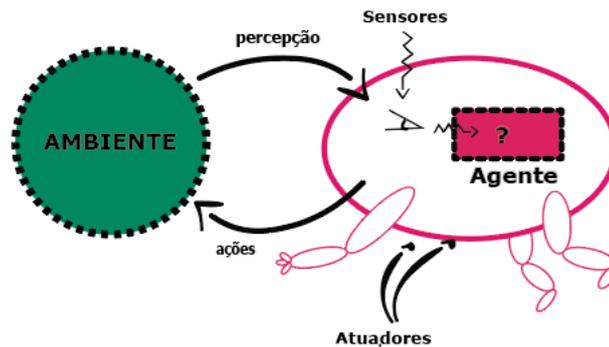
O foco desta pesquisa encontra-se em duas áreas principais de IAED: os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs)¹⁰ e a Robótica. A área de STIs traz referências de como um sistema deve se comportar para acompanhar o aluno em seu processo cognitivo, como um tutor, e, nesse caso, os estudos referentes aos agentes inteligentes que compõem um STI e a forma como se comportam são importantes para esta pesquisa. A área de Robótica, nesta pesquisa, se concentra nas aplicações robóticas conversacionais por texto (*chatbots*) e no uso de PLN.

Um Agente Inteligente (AI) é uma entidade artificial cognitiva, presente em um sistema, que tem a capacidade de agir de forma flexível e autônoma, podendo realizar comunicação e cooperação com outros agentes em um mesmo ambiente, tendo como características autonomia, habilidade social, reatividade e pró-ativismo (DAMIÃO; CAÇADOR; LIMA, 2014; JUNIOR, 2002). Russel e Norvig (2004) enfatizam que um agente pode ser independente e ter autonomia própria dentro de um sistema, buscando a melhor ação a ser executada, mediante as observações realizadas, modificando assim seu conhecimento e aprendendo com a interação dos usuários.

¹⁰ Wenger (1987) define STIs como sistemas computacionais instrucionais modelados com conteúdo instrucional que permite verificar “o que” estudar e com estratégias para verificar “como” estudar. Os sistemas incorporam técnicas de IA para tomada de decisão.

Para compreender o conceito de AC, é importante previamente entender como funcionam AIs. Segundo Herpich *et al.* (2014), AI devem perceber o ambiente no qual atuam, através de sensores, para assim adotar as ações possíveis para cada situação. A Figura 6 apresenta a ilustração de um AI.

Figura 6 - Agente Inteligente.



Fonte: autoria própria baseado em Russel e Norvig (2004)

Damião, Caçador e Lima (2014) enfatizam que um sistema pode ter inúmeros agentes, sendo então chamado de Sistema Multiagente, e pode possuir diversas funções para eles, assim como os agentes podem ser utilizados em diferentes tipos de ambientes, facilitando a consecução de uma atividade considerada repetitiva.

Um AI pode ser aplicado para resolver questões em diversas áreas e subáreas. Quando acoplado em um AVA, por exemplo, pode reduzir erros exponenciais e potencializar aprendizagens. Nesse caso, um ambiente de *e-learning* pode possuir diversos agentes para acompanhar a trajetória dos estudantes, sugerir materiais, gerenciar a aprendizagem, coletar informações, conversar com os alunos, prevenir erros, entre diversas outras funções (ACAMPORA; GAETA; LOIA, 2010).

Agentes podem interpretar o *feedback* no ambiente ao qual interagem, e podem ser considerados agentes para diversos tipos de finalidades, incluindo segurança; alimentação; lojas; poupança; vigilância e educação. Eles também podem ser denominados *bots*. E podem receber diversas funções como realizar transações,

informar, repassar dados, produzir, colaborar e até conversar. Os *bots* de conversação, *chatbots*, são os ACs (MORO, 2019).

ACs podem ser utilizados em colaboração com os demais AIs do sistema e atuar diretamente de forma perceptiva com o aluno, oferecendo maior proximidade a partir da interação, sugerindo materiais de apoio ou que supram as deficiências de pré-requisitos, como um tutor humano, conforme será abordado na seção seguinte.

2.5 Agentes Conversacionais

Agentes conversacionais (ACs), popularmente conhecidos como *chatbots*, são aplicações computacionais que, ao interagir com um humano, mantêm uma conversa de forma sequencial e fluída, muito próxima à realizada por humanos (IO; LEE, 2017). O desenvolvimento tecnológico permite o crescimento de ACs em diferentes domínios de aplicações, não só em agentes comerciais como a Siri da Apple e a Cortana da Microsoft, mas também em aplicações voltadas à Saúde ou à Educação (ALLOUCH; AZARIA; AZOULAY, 2022).

Existem diversas vantagens da utilização de *chatbots* na educação combinadas com os benefícios das tecnologias digitais: disponibilidade instantânea, baixo custo, consistência, rapidez, tempo de resposta, aumento de escala, interatividade, uso simples e intuitivo. Isso garante a motivação e o envolvimento do aluno, assim como a revisão dos objetivos e da estratégia educacional. Um *chatbot* pode ser integrado em conversas em grupo ou compartilhado entre os alunos (BELHAJ *et al.*, 2021).

Agentes Conversacionais são categorizados em três tipos: a) apenas para conversação, atuando como um ambiente de perguntas mais frequentes (*Frequently Asked Questions* – FAQ), podendo responder perguntas correlacionadas ao tema em que foram programados; b) orientados a objetivos, que ajudam o usuário a realizar tarefas e obter determinadas informações a partir das interações; e c) Híbridos, que juntam (a) e (b) em sua composição, sendo considerados Assistentes Virtuais (RAHMAN; MAMUN; ISLAM, 2017).

2.5.1 Agentes Conversacionais que marcaram a história

Agentes Conversacionais como Eliza, PARRY e ALICE servem de base para a maioria das pesquisas realizadas nesta linha, pois são considerados pioneiros em conceitos importantes.

O Eliza, mencionado anteriormente, foi peça fundamental na evolução da IA ao redor do mundo. Após seu desenvolvimento, em 1972, Colby, Weber e Hilf (1971) desenvolveram o *chatbot* PARRY, com o objetivo de simular o comportamento de um humano com esquizofrenia paranoica. No *script* do PARRY, foram programadas linhas comportamentais que simulavam um diálogo que ia além de perguntas e respostas, possuindo uma conversa mais fluida, dando origem a estudos focados em AC mais humanos (JURAFSKY; MARTIN, 2021).

O termo "*chatterbot*", primeira designação para "*chatbot*", foi mencionado em 1991 através de um jogador artificial que tinha como função apenas conversar. Após, o A.L.I.C.E, ativado em 1995, também possui uma grande relevância, pois seus desenvolvedores criaram uma linguagem de marcação baseada na *Extensible Markup Language* (XML) para criação de agentes educacionais. A linguagem foi denominada *Artificial Intelligence Markup Language* (AIML), e foi usada para a construção do A.L.I.C.E. e de outros *chatbots* no decorrer do tempo (MCTEAR; CALLEJAS; GRIOL, 2016). A inteligência do A.L.I.C.E. consiste em aproximadamente 41.000 elementos, denominados categorias, em que cada um deles combina uma pergunta e uma resposta, chamadas de "*padrão*" e "*modelo*", respectivamente. Um interpretador de AIML armazena os padrões em uma estrutura de árvore gerenciada por um objeto chamado "*graphmaster*". Essa estrutura possibilitou-lhe vencer o Prêmio Loebner em 2000, 2001 e 2004 (WALLACE, 2009). Krassmann (2020) enfatiza que essa é uma das tecnologias mais utilizadas em *chatbots*, devido a sua simplicidade e semelhança com XML, em que as ações de busca de padrão adequada para desenvolvimento são feitas por meio de interpretadores disponíveis gratuitamente para *download*, como Program-D e Program-O¹¹.

¹¹ <https://program-o.com/>

O AC Prof^ª Elektra é um *chatbot* educacional para o ensino de Física e Redes de Computadores que foi implementado por Leonhardt *et al.* (2003). Ele foi desenvolvido com base nas regras de AIML anteriormente aplicadas em A.L.I.C.E. Algum tempo depois, a pesquisa de Leonhardt (2005) apresenta o agente Doroty, o qual possui como base A.L.I.C.E e Elektra, com o objetivo de oferecer um treinamento de profissionais atuantes no gerenciamento de Redes de Computadores. Em 2004, o Robô Ed, desenvolvido pelo CONPET (Petrobras), ficou popular por solucionar dúvidas referentes ao uso racional de energia, derivados do petróleo e meio ambiente. Está ativo até os dias de hoje, desenvolvido com a tecnologia Inbot que usa técnicas de IA e PLN (INBOT, 2024).

A evolução dos *chatbots* teve um crescimento com o desenvolvimento do *Smart Child* para o MSN *messenger*, que tinha como função principal auxiliar pessoas em suas tarefas diárias. Ele podia recuperar informações do seu banco de dados sobre horário de filmes, resultados esportivos, preço de ações, notícias, previsão do tempo *etc.* Esse fato foi um dos marcos iniciais no desenvolvimento considerando as técnicas de IA e Interação Humano Computador (IHC), mais tarde potencializado com a criação de assistentes de voz pessoais inteligentes como Siri, Alexa e Google Assistant integrados em *smartphones* (ADAMOPOULOU; MOUSSIADES, 2020).

Em 2011 foi desenvolvido um *chatbot* denominado Watson pela IBM. Ele tinha como vantagem entender bem o ser humano de forma natural e ganhou a competição “Jeopardy”, na qual os participantes, ao receberem informações como respostas, deveriam adivinhar quais eram as perguntas (TESAURO *et al.*, 2013).

A Siri é o primeiro *chatbot* considerado Assistente Virtual. Foi desenvolvida por Dag Kittlaus e Harry Sessler, e lançada em 2010 por uma *startup*. Em outubro de 2011, no entanto, a Apple adquiriu seus direitos e relançou-a expandindo seu alcance linguístico para diversos idiomas. O intuito era que esse serviço fosse oferecido e programado para atender milhões de pessoas. Com a aquisição pela Apple, além do alcance por sua integração ao iPhone, a assistente passou a responder e ouvir comandos de voz, e ganhou sua própria voz. Dessa forma, passou a realizar tarefas como agendar reuniões, responder a e-mails ou verificar a previsão do tempo (BOSKER, 2013).

Anos depois, em 2014, a Amazon lançou sua versão de assistente virtual denominada Alexa. Alexa, no entanto, possuía mais recursos e se integrava ao serviço de terceiros, ao contrário da Siri. Alguns desses serviços incluíam tarefas como definir lembretes, tocar música, responder perguntas. Um dos pontos mais importantes e diferenciais da Alexa foram os serviços integrados, como controlar dispositivos domésticos inteligentes, solicitar produtos da Amazon ou reservar uma viagem. Assim, o agente é até hoje utilizado para automatização de casas, um marco histórico no mercado de *chatbots* (BODDU, 2023).

Por fim, em 2022 é lançado o chatGPT, representando o estado atual do mercado de *chatbots*, passando a usar uma tecnologia diferente, baseada em IA generativa, que usa *Large Language Models* (LLM).¹²

O Quadro 2 sintetiza o marco histórico de *chatbots* em diversas áreas. Nela, cada linha representa um agente específico, descrito através de quatro colunas. A primeira relaciona os autores ou empresas responsáveis pelos agentes e o ano em que foram apresentados, a segunda indica o nome do *chatbot*, a terceira corresponde à contribuição desse *chatbot* na sociedade e a quarta apresenta a tecnologia utilizada pelo agente.

Quadro 2 - *Chatbots* na história: Marcos importantes

Autoria e ano de lançamento	Nome	Contribuição	Tecnologia
Weizenbaum - 1966	Eliza	Primeiro programa considerado <i>chatbot</i> da história, tinha como função reproduzir conversas como terapeuta.	Baseado em Regras - SLIP
Colby, Weber e Hilf - 1971	Parry	Foram incorporadas linhas de fluxo comportamentais que simulavam uma conversa mais fluida.	Baseado em Regras

¹² *Large Language Models* (LLM) é um modelo com redes neurais artificiais treinadas com uma grande quantidade de corpus textuais (arquivos de dados da rede) para prever a próxima palavra em uma sequência. Essas redes aprendem padrões na linguagem e podem ser ajustadas para tarefas como tradução, resumo ou geração de texto de forma similar ao humano (BROWN, 2020).

Autoria e ano de lançamento	Nome	Contribuição	Tecnologia
Wallace - 1995	Alice	Criação de uma linguagem de programação derivada do <i>Extensible Markup Language</i> (XML), para criação de agentes educacionais	AIML - Baseado em Regras
Microsoft - 2001	Smart Child	Agente para o MSN messenger para auxiliar pessoas em tarefas diárias, recuperando informações. Marco inicial das técnicas de IA com IHC	IA e IHC
Leonhardt <i>et al.</i> - 2003	Prof ^o Elektra	<i>Chatbot</i> para Ensino de Física e Redes de Computadores - Considerado o primeiro <i>chatbot</i> brasileiro por muitos pesquisadores.	AIML
InBot - 2024	Robô Ed	<i>Chatbot</i> criado pelo CONPET (Petrobras) para atender dúvidas relacionadas a petróleo, meio ambiente e áreas correlatas. Foi um <i>chatbot</i> bastante relevante em pesquisas acadêmicas e de sucesso na internet.	IA e IHC
Leonhardt - 2005	Doroty	<i>Chatbot</i> para treinamento de profissionais atuantes no gerenciamento de Redes de Computadores, também relevante no cenário brasileiro.	AIML
IBM - 2010	Watson	Tinha como vantagem entender bem o ser humano de forma natural e ganhou a competição “Jeopardy”, na qual os participantes ao receberem respostas deveriam adivinhar quais eram as perguntas (TESAURO <i>et al.</i> , 2013).	IA e IHC
Apple - 2011	Siri	Primeira assistente virtual. Em 2010 uma <i>startup</i> lançou a SIRI. Apple	IA e IHC

Autoria e ano de lançamento	Nome	Contribuição	Tecnologia
		comprou-a e lançou-a para milhares de pessoas em 2011.	
Amazon - 2014	Alexa	Um dos mais famosos assistentes por voz e usada em casas automatizadas.	IA e IHC
OpenAI - 2022	ChatGPT	Primeiro <i>chatbot</i> generativo a ser ativado a partir do uso de <i>Large Language Model</i> .	IA generativa

2.5.2 Agentes conversacionais na educação e contribuições

Latham *et al.* (2011) apresentam Oscar, um AC que funciona como um STI adaptativo *online* (também denominado *Conversational Intelligent Tutoring System* (CITS)) e que conduz uma conversa como um tutor, além de prever e se adaptar conforme o estilo de aprendizagem do aluno. Oscar visa prover ao aluno um material de aprendizado mais apropriado para tornar a experiência de aprendizagem mais eficaz e aprofundar a compreensão. O uso de Agentes Instrutores Pedagógicos em Ambientes Virtuais é enfatizado através da Arquitetura Conjunta de Agente Pedagógico Corporizado (em inglês, JEPAA), contextualizando-a com agentes conversacionais como Cosmo, um agente que interage em busca de explicações a respeito do funcionamento da conexão e mecânica dos computadores com a internet (DOSWELL, 2004).

Griol, Molina e De Miguel (2014) apresentam o agente conversacional multimodal denominado "*Test your english*", o qual tinha como objetivo facilitar o aprendizado de inglês de forma independente e adaptado às preferências do usuário. O sistema era composto por diversos módulos que cooperam para interagir com o aluno usando PLN e modalidades visuais. De acordo com os autores, os usuários ficaram satisfeitos com o potencial didático e adaptativo apresentado pelo agente.

A pesquisa de Aguiar, Tarouco e Reategui (2014) apresenta o agente conversacional Blaze. Blaze é capaz de representar apoio para a resolução de problemas matemáticos a alunos, ajudando no desenvolvimento de habilidades cognitivas.

Schouten *et al.* (2017) projetaram um agente denominado VESSEL para apoio a alunos com pouca alfabetização, que fornece suporte à aprendizagem cognitiva, baseado em entrevistas motivacionais, e suporte de aprendizagem social. Nele, foi necessária a criação de um modelo formal dos estados emocionais dos participantes envolvidos para permitir uma análise profunda de seus estados emocionais. Também foram usados vários sensores para a detecção e ação no estado identificado.

Silva, Silveira e Tarouco (2019) apresentam o agente METIS, que interage com o aluno no mundo virtual AVATAR, em busca de explicar um determinado conteúdo, através de conceitos, vídeos e outros recursos de mídia, de acordo com o que o aluno estuda.

Xu e Warschaur (2020) exploram a aplicação de um AC incorporado nas experiências de crianças pequenas assistindo televisão ou vídeos. O AC pode desempenhar um papel de covisualizador dos vídeos de forma envolvente e responsiva, promovendo uma visualização ativa ao interagir socialmente com a criança. Enquanto isso, Sara, desenvolvida por Winkler *et al.* (2020) é uma agente conversacional que aparece durante videoaulas, fornecendo *andaimes* cognitivos por voz e texto, quando necessário, para melhorar a aprendizagem significativa.

O Quadro 3 descreve de forma sintetizada esses agentes. Cabe salientar que existe uma diversidade de AC desenvolvidos para a educação, com um grande potencial de aplicação, e que auxiliam novas pesquisas, por isso, torna-se difícil considerar todo histórico de *chatbots* neste trabalho. Outros agentes conversacionais que têm grande contribuição com a evolução na área Educacional são apresentados no Capítulo 3, em que serão descritos trabalhos relacionados a esta tese, e, no Capítulo 4, onde são mencionados exemplos de plataformas de desenvolvimento.

Quadro 3 - Diversidade de *chatbots* Educacionais: Contribuições

Autoria	Área	Contribuição
Latham <i>et al.</i> (2011)	Pedagogia	Sistema Tutor Inteligente adaptativo <i>online</i> que visa prover materiais de aprendizado apropriados para tornar a experiência de aprendizagem mais eficaz e aprofundar a compreensão.
Griol, Molina e De Miguel (2014)	Inglês	Interage com o aluno usando PLN e modalidades visuais.
Schouten <i>et al.</i> (2017)	Psicologia	Utilização de vários sensores para a detecção e ação do estado emocional.
Silva, Silveira e Tarouco (2019)	Informática na Educação	Interage com o aluno dentro do mundo virtual auxiliando-o em recursos multimídia.
Xu e Warschaur (2020)	Educação Infantil e Ciências	Atua como covisualizador de vídeos e realiza perguntas na temática para manter a atenção da criança.
Winkler <i>et al.</i> (2020)	Programação	Aparece durante videoaulas, fornecendo andaimes cognitivos por voz e texto.

Os trabalhos nesta subseção têm diversas aplicabilidades e estão aqui elencados como forma de apresentar uma pesquisa relacionada à riqueza e relevância de *chatbots* em vários domínios da educação, colaborando com diversos cenários e utilizando-se de diversas técnicas. O intuito desta seção como um todo é contextualizar o leitor no tema. É válido ressaltar que trabalhos com contribuições relevantes para as fases envolvidas nesta pesquisa, que se relacionam diretamente com a problemática envolvida e embasaram o produto desta pesquisa são apresentados nos Capítulos 3 e 4.

2.5.3 Agentes conversacionais como tutores educacionais

Como mencionado anteriormente, um AC dentro de um contexto de EaD pode atuar como tutor. Carneiro e Turchielo (2013) destacam que o tutor humano pode estar situado em quatro categorias, de acordo com o papel que lhe é atribuído. Essas categorias são: Pedagógico, Orientador ou Acadêmico; Social ou Comunicacional; Organizacional, Gerencial ou Administrativo; e Técnico. Se considerarmos a estrutura de um AC, ele pode atuar em qualquer uma dessas categorias, de acordo com o banco de conhecimento que possui.

Um tutor humano deve desempenhar as seguintes funções: (i) atuar como mediador conhecendo a realidade do estudante; (ii) ser receptivo diante das necessidades do aluno, motivando-o na aprendizagem; (iii) oferecer possibilidade de diálogos e promover a cooperação; (iv) oferecer estímulos e situações instigantes para assegurar a atenção do aluno; (v) usar exemplos reais para uma melhor assimilação por parte do estudante; (vi) considerar conhecimentos teóricos e práticos aproximando-os de novos conhecimentos de maneira progressiva e moderada; (vii) estimular a curiosidade; (viii) oferecer oportunidades de participação, reflexão e abordagens pedagógicas (RODRIGUES; SCHMIDT; MARINHO, 2011). Um tutor virtual também pode desempenhar essas funções, se programado para elas.

O AC assim como o professor deve criar condições para desenvolvimento da reflexão estudantil, analisando e compreendendo o desenvolvimento de habilidades metacognitivas dos alunos, incluindo seu autodesenvolvimento (RÜÜTMANN, 2019).

Na Aprendizagem baseada em problemas, por exemplo, o tutor é fundamental para estimular o aluno na aprendizagem ativa. Para isso, ele não deve transmitir seu conhecimento ao estudante, mas sim verificar o seu conhecimento por meio de encorajamento de atividades cognitivas específicas estabelecendo um vínculo entre o conhecimento dos alunos e sua expertise (MARTINS; FALBO NETO; SILVA, 2018). O agente começa a ser não apenas reativo, mas também proativo, quando passa a tomar a iniciativa de propor questões instigadoras ao aluno para incentivar a observação reflexiva. Para interagir dessa maneira, o agente precisa ser capaz de identificar nas

respostas fornecidas o grau de correção ou similaridade com as respostas corretas, que seriam esperadas naquela fase da conversação.

A interferência do agente nessa estratégia emula a de um tutor real e deve estimular a participação ativa dos estudantes envolvidos e guiá-los quando a discussão se afastar do tema proposto (BORGES *et al.*, 2014). Nesse caso, o AC verifica quando o aluno muda de foco no fluxo de conversação, a partir da análise de respostas do usuário e do fluxo previsto previamente e que está registrado na sua base de conhecimento. Os *chatbots*, segundo Zahour *et al.* (2020), também podem ter papel importante em incentivar um aluno a estudar, enviando a ele lembretes e notificações regulares; além de prover uma aprendizagem personalizada. A aprendizagem personalizada é importante porque cada aluno entende e absorve as coisas de forma diferente, em diferentes espaços de tempo, e, no caso da educação *online*, em diferentes espaços físicos.

Cai *et al.* (2021) enfatizam que os tutores conversacionais aplicados na educação constroem diálogos muitas vezes complexos – um agente pode pedir aos alunos que escrevam explicações qualitativas de conceitos (p.ex., uma bateria é conectada a uma lâmpada por dois fios. A lâmpada acende. Por quê?) e iniciar discussões com base nas respostas. Para modelar uma conversa como essa, é necessário utilizar ferramentas e *scripts* que utilizem LN, incluindo expressão regulares, *templates*, composições e outras ferramentas de análise semântica.

Para investigar a fundo e contribuir com melhorias para um agente conversacional educacional, é necessário olhar não apenas para os agentes com foco no Ensino e Aprendizagem, mas também para pesquisas que envolvam agentes desenvolvidos para outras funções, desde que tragam algo além do diálogo. É necessário entender as motivações do usuário, que em uma aplicação educacional é o aluno; bem como seus sentimentos ao utilizar um sistema; entre outros aspectos trabalhados pela Experiência do Usuário (UX, do *inglês*, *User eXperience*).

Algumas definições e tendências do uso de *chatbots* em serviços customizados para cliente compreendem em reduzir custos de suporte, mas o desempenho das operações está associado com a UX, sendo que a automação e autoatendimento podem

ter efeitos positivos ou negativos sobre os clientes. Enquanto uma tecnologia pode ser uma fonte de ajuda e desorientação, ela pode também atender as necessidades e criá-las (FOLSTAD; SKJUVE, 2019).

Ao levar essas definições para um cenário educacional e compará-las, pode-se afirmar que *chatbots* educacionais:

- Reduzem custos relacionados ao tempo do professor em prestar suporte ao aluno, ou seja, dúvidas e reflexões simples podem ser respondidas pelo próprio *chatbot* se possuir o conteúdo de resposta em sua base. O aluno por sua vez reduz também seu tempo de espera a um *feedback*.
- Desafiam e motivam os alunos se sua experiência com o *chatbot* for satisfatória;
- Delegam responsabilidades aos alunos, pois os *chatbots* tanto podem sanar quanto criar dúvidas, como forma de reflexão.

Existem três categorias de abordagens para o usuário aluno. A primeira delas é a mensurada, que foca nos aspectos da experiência do aluno que pode ser mensurada diretamente por reações físicas ou de forma subjetiva. A segunda é a enfática, que se baseia no desenvolvimento enriquecedor do que o usuário aluno precisa, sonha e das motivações entre vários métodos formativos que envolvem dados visuais e textuais, além de tarefas criativas na fase do *design*. A última é a abordagem pragmática, que provê uma visão holística da experiência do aluno com o tema e com o *chatbot*, focando no entendimento das interações entre usuários, tecnologias e ambientes, como constituintes da experiência concreta (KOCABALLI; LARANJO; COEIRA, 2018).

Segundo Vázquez-Cano, Mengual-Andrés e López-Meneses (2021), *chatbots* estão relacionados com atividades de microaprendizagem que dão ao aluno mais controle sobre o processo de ensino-aprendizagem, permitindo que decidam a velocidade com que desejam realizar determinada atividade. A abordagem de microaprendizagem ajuda a reduzir a fadiga do aluno e é capaz de aumentar a retenção de informações cerca de 20%. Também possibilita ao aluno melhorar a compreensão de diversos conceitos, fortalece competências e melhora resultados acadêmicos. Os autores destacam que sistemas com AC melhoram a aprendizagem em comparação

com ambientes que não os possuem. Ainda, *chatbots* podem ser usados em uma função de tutorial para organizar perguntas e respostas com *feedback* para os alunos e podem facilitar a comunicação com as famílias em apoio ao processo de ensino-aprendizagem dos filhos. Vázquez-Cano, Mengual-Andrés e López-Meneses (2021) também destacam o trabalho de Heidig e Clarebout (2011), que sugere que podem ser encontrados vínculos afetivos e emocionais entre os agentes pedagógicos e os alunos. Da mesma forma, há estudos que descrevem que o uso de *chatbots* aumenta a motivação e o desempenho acadêmico de alunos em AVA.

Os tópicos e direções futuras sobre as pesquisas em *chatbots*, de acordo com Folstad *et al.* (2021), envolvem os seguintes itens:

1. **Usuários e Implicações:** envolve os grupos e comportamentos de usuários de *chatbots* emergentes que estão em contínua atualização, considerando dados demográficos, domínios ou contextos; e as implicações sociais dos *chatbots* que correspondem às consequências sociais não intencionais de *chatbots* ou como eles são moldados em resposta à sua aceitação na sociedade.
2. **UX e Design:** envolve o projeto para melhorar a experiência do usuário, ou seja, estudar melhor como o conhecimento referente a exploração e avaliação dos aspectos de UX e dos efeitos dos elementos de *design* pode impactar e melhorar a experiência dos alunos, traduzindo os achados de interesse teórico em conclusões de impacto na prática no *design*; e a modelagem e avaliação das experiências dos usuários.
3. **Plataformas e frameworks:** envolve as capacidades de interpretação e compreensão do contexto com a progressão na Compreensão de Linguagem Natural (em Inglês, *Natural Language Understanding*), em que são necessários: mais dados para treinamento de qualidade em repositórios abertos; técnicas novas para apoiar o envolvimento de especialistas de domínio no desenvolvimento de conteúdo e melhoria no processamento de linguagem natural e gerenciamento de diálogo; e técnicas emergentes para *design*, desenvolvimento e implantação de *chatbots*, através da implementação de

interfaces de conversação em serviços habilitados por software, tornando o processo mais democrático e acessível.

4. Colaboração: envolve tanto a modelagem da colaboração humano-*chatbot*, em que são importantes pesquisas para conceituar e modelar diferentes formas de colaboração, verificando os papéis que os parceiros colaborativos podem assumir e as possíveis implicações que esses podem ter a curto e longo prazo, podendo se beneficiar de abordagens indutivas, bem como as investigações empíricas de colaboração humano-sistema em que é importante investigar as estruturas de incentivo em colaboração; instrumentos para medir a colaboração entre eles, diferenças específicas de tarefas nos resultados e níveis de envolvimento e atividade dos participantes entre e dentro das tarefas.
5. Democratização (*chatbots* inclusivos): envolve o uso de ACs para o bem social, fortalecendo a disponibilidade e acessibilidade de serviços e informações para o bem social. São necessários estudos sistemáticos para obter *insights* sobre as barreiras atuais no uso de *chatbots*, como elas podem ser empregadas e como são superadas a partir de soluções padronizadas e processos de *design* com foco no usuário; e o *design* inclusivo com diferentes grupos de usuários para tornar as plataformas e estruturas subjacentes ao *design* e desenvolvimento mais aplicáveis para usuários sem habilidades técnicas. É necessário estudar as oportunidades e desafios enfrentados pelos desenvolvedores; remover a necessidade de configuração complexa e simplificar ou eliminar a codificação para atender às necessidades de pequenas ou grandes empresas e grupos de pesquisa. É importante desenvolver plataformas para facilitar a implementação e recomendação de melhores práticas de *design*.
6. Ética e privacidade: envolve a compreensão da ética e a privacidade dos *chatbots*, incluindo intenções de *design*, mitigação prática de problemas conhecidos e exploração de implicações imprevistas; e a ética por *design*, em que é necessário pesquisar sobre as questões pragmáticas e materiais de como cumprir as diretrizes e princípios éticos no *design* da tecnologia e aplicativos de *chatbot*.

É importante ressaltar a importância de desenvolvimento de pesquisas nos tópicos 5 e 6, acima, devido à sua escassez. O presente trabalho aborda quatro desses tópicos como foco. O tópico 1, pois é investigado como aplicar o produto final com um determinado grupo de participantes, que nesse caso são alunos, e avaliar o impacto dele na aprendizagem considerando as variáveis relevantes. O tópico 2, pois se torna necessário investigar o *design* do agente e métodos de avaliação. O tópico 3, no qual é considerado todo o processo de desenvolvimento do ACs na plataforma escolhida, bem como sua integração. Finalmente, o tópico 5, pois se visa oferecer uma alternativa com possibilidade de replicação.

A evolução de ACs é dividida em cinco gerações principais, como apresentado em trabalhos anteriores: a primeira está relacionada com a construção de *chatbots* por padrões e regras gramaticais. A segunda leva em consideração o uso das RNA e regras gramaticais em seus primórdios. A terceira, até hoje utilizada, dá-se pela criação de uma linguagem própria para a criação de *chatbots*, a AIML, que utiliza princípios básicos da PLN e da *HyperText Markup Language* (HTML). Essa linguagem contribuiu com a apresentação de AC com interface gráfica, emulando diálogos. A quarta é caracterizada pelo avanço do *deep learning* e conseqüentemente das RNA e da LN. Essa geração permitiu que empresas como IBM e GOOGLE desenvolvessem serviços para criação de *chatbot* de forma mais abrangente como o Watson Assistant (IBM, 2022) e o Dialogflow (Google, 2022) que, apesar das interfaces amigáveis, contam com a utilização de classificadores e dicionários de LN e RNAs em sua criação (MORO, 2019). Além das gerações apresentadas em trabalho anterior de autoria própria, inclui-se atualmente uma nova geração: com o recente *boom* das IAs generativas, a quinta geração originou-se a partir da ativação do ChatGPT e de outros *chatbots* que usam a mesma tecnologia.

As interfaces de conversação são atualmente complexas e compostas por muitos módulos, como gerenciamento de diálogo, processador de LN *etc.*, fazendo com que o teste em suas interfaces não seja trivial devido a suas diversidades de parâmetros e interrelações, além da dinâmica temporal. O Capítulo 4 trará mais detalhes sobre o desenvolvimento de *chatbot* através de ferramentas como o Watson Assistant da IBM, porém, é necessário ter conhecimento básico sobre LN, que está

relacionada à maneira como a maioria dos processos de AC funcionam e é a base de todas as suas gerações.

2.5.4 Arquitetura básica de AC

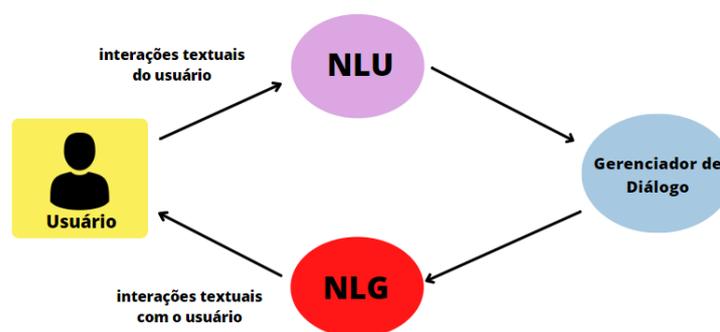
As duas principais habilidades exigidas dos ACs baseados em textos são a capacidade de entender logicamente o enunciado do usuário e a de respondê-lo corretamente. Isso depende da utilização de diversas técnicas que envolvem PLN, Recuperação de Informações (RI) e Aprendizado de Máquina (AM) (BOZZON, 2018). O PLN é o componente básico de um *chatbot*, incluindo os desenvolvidos em plataformas como IBM Watson, DialogFlow ou ainda por linguagem AIML.

Allouch *et al.* (2021) descrevem os componentes que fazem parte das diversas arquiteturas de *chatbots*, dependendo de sua finalidade, i.e., textual, baseado em voz, incorporados e orientados à tarefa. Para a presente tese, focar-se-á nos textuais e nos orientados a tarefas. Os AC baseados em voz ou incorporados, como Alexa, Siri e Cortana, também usam componentes relacionados a texto, pois geralmente traduzem a fala humana em texto, analisando-o e gerando respostas em forma de texto, para então produzir os sinais de fala.

A arquitetura básica de *chatbots textuais* é apresentada na Figura 7, e possui os seguintes componentes:

- Compreensão da Linguagem Natural (NLU, do inglês *Natural Language Understanding*): interpreta e representa as palavras em uma linguagem de computador interna, chamada de forma lógica, que representa o significado do texto.
- Gerenciador de Diálogo: recebe a forma lógica e decide como responder. O gerenciador de diálogo também pode incluir um módulo que auxilia em conversas de longo prazo.
- Geração de Linguagem Natural (NLG, do inglês, *Natural Language Generator*): converte a resposta, que é uma sequência de texto, em linguagem natural humana.

Figura 7 – Arquitetura básica de *chatbots* textuais.



Fonte: autoria própria, baseada em Allouch *et al.* (2021).

Um agente conversacional orientado a tarefas auxilia os usuários a concluírem determinadas tarefas ou ações que exigem diversas etapas e decisões. A arquitetura de *chatbots orientados a tarefas* pode possuir, além dos anteriormente descritos, os seguintes componentes:

- Rastreador de estado: estima o estado da meta do usuário, rastreando as informações obtidas durante toda a conversa;
- Gerente de políticas: determina as próximas ações a serem realizadas para ajudar a atingir um objetivo, usando informações relacionadas ao objetivo do rastreador de estado, podendo comunicar-se com o gerenciador de diálogo.
- Gerente de ação: executa as ações necessárias de forma *online* (por exemplo, reservas de hotel, alimentação, pedido e reserva de voo) ou as ações físicas necessárias para atender às solicitações do usuário.

É importante mencionar que a linguagem é a capacidade humana de se comunicar e de se expressar de forma verbal ou não verbal através de fala, gestos, música, dança, pintura etc. Esse processo envolve aparatos físicos e mentais/cognitivos. Uma Língua é um conjunto organizado de elementos (sons e gestos) que possibilitam a comunicação (SANTOMAURO, 2018). Quando se pensa na capacidade da máquina de se comunicar e se expressar através de uma língua, o processo é muito parecido com o processo humano. A máquina passa a compreender números e códigos (que no caso são linguagens de programação) e através das mesmas

passa a se comunicar com outras máquinas ou com outras línguas. O PLN envolve a possibilidade de converter a linguagem natural humana em uma representação formal, de forma que a torne mais facilmente manipulável por máquinas (FERREIRA, 2019). PLN é uma área de pesquisa que visa buscar e propor métodos e sistemas de Processamento Computacional da linguagem humana. Nesse caso, a aplicação com a técnica fornece um resultado ao usuário, tendo uma entrada (*input*) ou saída (*output*) em linguagem natural, sendo possível por um conjunto de ferramentas denominadas *toolkits* (CASELI e NUNES, 2024).

A base de conhecimento de um *chatbot* é basicamente aquilo que ele sabe, o que ensinamos a ele, e nada mais. Em IA isso é chamado de Pressuposição de Mundo Fechado. Essa base pode ser constituída através de plataforma de gerenciamento de dados, bancos de dados, dados de armazenagem, interações humanas, entre outras (BELHAJ *et al.*, 2021). Uma das tarefas mais difíceis no desenvolvimento de *chatbots* eficazes é emular diálogos humano-máquina que se parecem de forma mais natural com diálogos entre humanos. Esse tipo de questão envolve problemas relacionados ao desenvolvimento da PLN (ZAHOUR *et al.*, 2020).

Uma pessoa quando aprende um novo idioma precisa seguir passos para que possa se tornar fluente. Alguns deles envolvem conhecer palavras e como elas são formadas, saber seu significado, saber como compor frases, referenciar entidades do mundo, entender como conectar frases e conhecer os protocolos de comunicação da língua ou cultura. Do mesmo modo, uma máquina precisa aprender a linguagem humana através de suas regras, classes e componentes para que consiga se comunicar e transmitir informações a um humano. A capacidade de comunicação e entendimento da linguagem humana por uma máquina é denominada Linguagem Natural (PATEL; ARASANIPALAI, 2021).

Algumas aplicações de PLN são apresentadas por Martínez-Plumed, Gomez e Hernández-Orallo (2021) e Manaris (1998), sendo as principais:

1. Interfaces para base de dados (perguntas e respostas);
2. Tradução automática;
3. Sumarização de textos;

4. Geração automática de texto;
5. Reconhecimento de voz e interação com o computador;
6. Recuperação de informações;
7. Ferramentas para desenvolver sistemas de PLN em aplicações específicas.

Fazendo uso de técnicas de análise de texto, documentos textuais podem ser classificados ou agrupados em diferentes categorias. Algumas técnicas de PLN são usadas por diversas aplicações para extrair ou fornecer informações. Isso envolve a aplicação de reconhecimento de padrões e técnicas de classificação em diferentes situações (KARAKAYA, 2022).

Segundo Bird, Klein e Loper (2009), humanos lidam naturalmente com ambiguidade, irregularidade, vagueza, variedade de significado, mas as máquinas não, e, portanto, tudo isso deve ser pensado na construção de um texto interpretativo para ela. Além disso, existem outras dificuldades para entendimento de uma máquina, como a fonética das palavras, a abstração e complexidade fonética e a fonologia. Os níveis de conhecimento precisam ser representados (formalizados) e manipulados automaticamente. Hoje, existem diversas gírias, palavras e usos incorretos de pontuações que tornam mais complexo o diálogo entre seres humanos e máquinas. A todo o momento, surgem palavras que dificultam a interpretação de um determinado contexto e geram ambiguidades difíceis de serem trabalhadas e compreendidas por um AC.

Geralmente o *corpus* linguístico¹³ de uma máquina é feito através de anotações humanas ou automáticas em arquivos de vários formatos. Os formatos mais comuns são *Extensible Markup Language* (XML), *JavaScript Object Notation* (JSON) e *Text Encoding Initiative* (TEI). Todos são padrões específicos de linguagem com uma determinada estrutura para troca de dados entre sistemas. O Watson, por exemplo, utiliza o padrão JSON para armazenar dados e realizar a troca de informações.

¹³ é um conjunto organizado e sistematizado de textos coletados para o estudo da linguagem. É utilizado para análises linguísticas, auxiliando na identificação de padrões, como estruturas gramaticais, vocabulário e usos da língua em diferentes contextos. O corpus é processado por meio de softwares que permitem buscas e análise quantitativa de dados linguísticos (BIBER, CONRAD e REPPEN, 1998).

Reforça-se que, no caso de um *chatbot*, utilizar PLN é indispensável, pois ela é fortemente utilizada na tradução de frases do usuário para interpretação do computador, com a classificação e quebra do significado até atingir um nível processável (PATEL; ARASANIPALAI, 2021).

Para a construção de *corpus* linguísticos usuais é importante pensar em sua estrutura pensando na troca de mensagens com usuários. O trabalho de Wei *et al.* (2022) caracteriza as intenções informativas de usuários, categorizando suas mensagens em um registro de atendimento ao cliente do mundo real e compara as diferenças das interações em três tipos de conversa. As principais interações elencadas são:

- Descrever a necessidade de informação: para fazer novas perguntas, refinar as anteriores e fornecer contexto e detalhes suplementares;
- Entender as informações recebidas: como esclarecer as respostas recebidas e fornecer *feedback* aos clientes;
- Manter a conversação: bate papo, como saudações, mensagens de cutucada, que verificam se o atendimento ao cliente está disponível.

Existem diversos componentes linguísticos trabalhados no desenvolvimento de PLN que não serão apresentados neste trabalho, porque no Watson são facilitados. A estrutura utilizada pelo sistema será apresentada no Capítulo 5.

2.6 Conclusão do Capítulo

Neste Capítulo foram apresentados os aportes teóricos que compõem a base desta tese. Inicialmente, foi apresentado o contexto da aprendizagem de Física e a dificuldade de compreensão de conceitos teóricos na aprendizagem tradicional de conteúdos, como Eletromagnetismo. Nesse contexto, é importante destacar que a realização de atividades e experimentos em laboratórios virtuais permite ao aluno uma melhor compreensão desses conceitos, reforçando o estímulo à reflexão.

Para entender melhor os aspectos que compõem as etapas de uma aprendizagem baseada na experimentação e reflexão, visando a construção de um AC que atenda a essas necessidades, foi apresentada a Teoria de Kolb, que serve de base

para esta pesquisa. Kolb (2014) apresenta em sua pesquisa um ciclo composto por quatro etapas, e a Observação Reflexiva compõe a etapa dois desse ciclo. Nessa etapa, os alunos passam a pensar e refletir sobre uma atividade desenvolvida e, dessa forma, um *chatbot* poderia atuar como um tutor, fornecendo perguntas e respostas após a experimentação em um laboratório virtual a fim de satisfazer essa fase em um contexto *online*.

A aprendizagem no contexto *online*, nessa tese utilizada como sinônimo de EAD, pode ser realizada de diversas formas, mas para esta pesquisa escolheu-se como cenário a Sala de Aula Invertida. Por isso, também foi apresentado um estudo teórico sobre como é realizada essa abordagem, conforme proposta por Bergmann e Sams (2012). Nela, os estudantes têm lições, *slides*, textos, vídeo-palestras e experimentação em laboratórios virtuais, entre outros, apresentados de forma *online*. Esses materiais são acessados antes da aula presencial ou síncrona, para que neste momento o professor possa tirar dúvidas que ficaram e realizar outras atividades para reforçar a aprendizagem. Para tanto, o AC atua como um companheiro do aluno no momento de experimentação em laboratório virtual *online* da sala de aula invertida, onde dúvidas referentes a experimentação podem surgir. O AC também funciona como um guia para utilização do ambiente.

Para entender o que é um *chatbot* e a sua evolução, foram apresentados conceitos de IA e sua contribuição na Educação, em especial destacam-se os Agentes Inteligentes conversacionais – os *chatbots*, ferramentas que, ao interagir com um humano, mantêm uma conversa de forma sequencial e fluída. Na seção 2.5, adentra-se na temática, apresentando-se características básicas, o marco histórico desta ferramenta, as variedades de áreas atendidas e o foco desses sistemas para ensino e aprendizagem.

Por fim, são apresentados aportes teóricos para compreender o PLN e seu papel no desenvolvimento de *chatbots*. No próximo capítulo apresentam-se os trabalhos relacionados com esta tese e que mesclam conceitos e definições apresentadas no Capítulo 2.

3 Trabalhos Relacionados

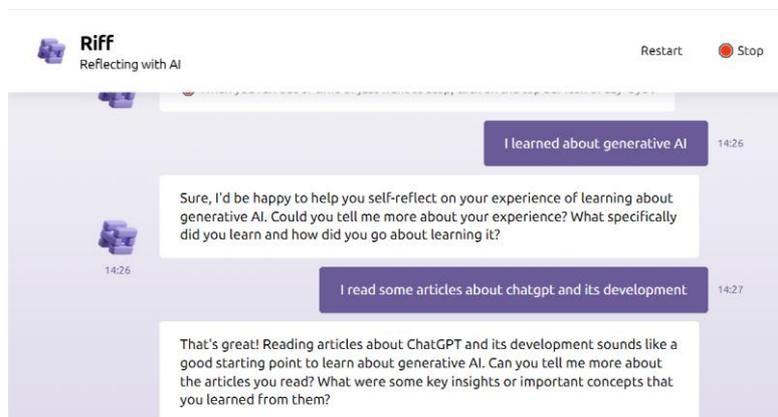
Neste capítulo serão apresentados trabalhos que se relacionam diretamente com esta tese, trazendo informações relevantes e importantes para a concepção final do *chatbot* desenvolvido. Durante o texto é explicitado o momento em que determinado trabalho contribui para esta pesquisa.

Cavagnaro (2023) apresentou o Riff, uma ferramenta generativa para reflexões a respeito do processo de aprendizagem desenvolvida para a d.school de Stanford. Segundo a autora, o uso dessa ferramenta, um AC, permite ao aluno uma experiência de reflexão individualizada. Essa reflexão permite que cada aluno conecte a atividade às suas experiências e conhecimentos passados e processe-a no seu próprio ritmo. No caso do Riff, essa experiência é proporcionada pelo agente através de perguntas que convidam o aluno a se aprofundar na exploração inicial de sua experiência. Essas perguntas são geradas dinamicamente por uma instância do *Large Language Model*¹⁴ (LLM) do GPT 3.5, começando com o que o aluno escolher inserir como entrada. Na Figura 8, é possível visualizar trechos de uma interação realizada na versão de demonstração da ferramenta, sendo relevante frisar que as reflexões propostas são relacionadas ao processo individual de aprendizagem de diversos tópicos e não ao conteúdo.

O agente foi ativado em fase de testes em 2023, com a ascensão das inteligências generativas. Embora seja uma inspiração para este trabalho, o Riff foi disponibilizado depois do desenvolvimento do Magnetron, não sendo direcionado para conteúdos e sim para o processo de aprendizagem.

¹⁴ Em português, Modelo de Linguagem Grande.

Figura 8 - Conversa com o agente Riff.



Fonte: autoria própria.

O estudo de Song, Oh e Rice (2017) apresentou o *design* e o desenvolvimento de um *chatbot* que promove a interação sistema-aprendiz em tarefas de reflexão em cursos *online*. O agente pergunta ao aluno questões como “*Que conhecimento relevante você adquiriu sobre determinada tarefa?*” e, à medida que o usuário interage, o AC indaga outras questões para que o aluno permaneça ativo durante o aprendizado, e um acompanhamento mais próximo do aluno a partir de um *chatbot* pode diminuir fatores como evasão em cursos *online*. Os autores frisam que um agente que promove reflexão também pode ser considerado um agente pedagógico que atua de forma similar a um ser humano, mas através de uma interface, facilitando interações entre alunos e conteúdo, focando no conteúdo mediado. É destacado que em muitos tutores inteligentes e agentes os alunos são considerados receptores passivos de conhecimento tendo-se como foco a apresentação de materiais e não a aprendizagem de forma ativa. Os autores ainda elencam três principais características de um *chatbot* que promove a reflexão, sendo elas:

1. Aspectos sociais: Considerar o estado afetivo do aluno para saber o melhor momento de encorajar, motivar, elogiar e questionar determinadas ações. Além disso, o AC deve apoiar o aprimoramento da trajetória de aprendizagem do aluno, conhecendo melhor quando e como realizar determinadas atividades. Essas interações podem significar muito para o aluno;

2. Interações Personalizadas: O sistema deve oferecer conversas personalizadas a cada aluno para que a interação pareça mais natural. É importante monitorar as respostas e comportamentos dos alunos para utilizá-los posteriormente;
3. Controle de Aprendizado: O sistema deve oferecer opções e oportunidades de controle de aprendizado para o aluno. Pode-se incluir reconhecimento de voz e de texto, por exemplo, para aprimorar o *chatbot* e torná-lo mais inclusivo.

No caso, a pesquisa de Song, Oh e Rice (2017) colabora com o AC desenvolvido nesta tese, já que proporciona um melhor entendimento sobre como construir a interação reflexiva e suas características essenciais. No entanto, a reflexão do agente deles também é baseada no processo geral de aprendizado e não na reflexão a respeito do conteúdo específico e nem na experimentação realizada em laboratórios virtuais.

A pesquisa de Samrose e Hoque (2022) apresenta um *chatbot* de entrevista motivacional sugestivo com *feedback* e tarefas de reflexão para manter habilidades de conversação durante uma discussão em grupo remota, buscando aumento na colaboração. Foi realizado um estudo de caso com usuários utilizando a revisão do currículo com metas pessoais e colaborativas para verificar as estratégias de tomada de decisão adotadas pelos participantes. Obteve-se como resultado que o agente desenvolvido, denominado MIA, ajuda o usuário a compreender suas próprias necessidades e se concentra em ações para facilitar as mudanças no seu comportamento, enquanto um agente desenvolvido com um *design* mais simples (agente-MI), sem estratégias de reflexão, concentra-se em entregar as sugestões de forma facilmente compreensível, mas sem muitos acompanhamentos ou reflexões. Os participantes do estudo reportaram preferencialmente ao agente-MI em termos de construção de motivação e confiança. MIA foi preferida em gosto, motivação, confiança, ajuda, empatia, conhecimento, responsividade e como provável escolha em uma reutilização futura. As contribuições da pesquisa e desenvolvimento do agente MIA para o presente trabalho referem-se à composição das estruturas e à arquitetura do *chatbot* aqui proposto, a qual será apresentada no próximo capítulo, embora o conteúdo e processo de aprendizagem seja distinto.

Liew, Tan e Gan (2018) estudaram um AC com o objetivo de explorar os efeitos do quadro de mensagens motivacionais, que trata das perdas e dos ganhos cognitivos e da averiguação do potencial efeito de interação entre mensagens de agentes. Com essa pesquisa, eles puderam validar a hipótese de que um agente virtual motivacional que transmite mensagens em poucos quadros pode encorajar o comportamento de aprendizagem e induzir altamente a carga cognitiva estranha¹⁵, relevante e intrínseca motivacional, em aprendizes que utilizam o agente. Ou seja, a motivação em utilizar sistemas com mensagens mais curtas e diretas é maior do que agentes com muita quantidade de texto. A visão a respeito da construção dessas mensagens para engajar e motivar os alunos serviu como base na construção de perguntas e respostas para esta tese. No entanto, notou-se a necessidade de trazer explicações mais profundas sobre as tarefas a serem realizadas durante a interação.

A pesquisa de Olafsson, O’Leary e Bickmore (2019) apresenta o desenvolvimento de dois AC baseados em intervenções para aumentar a motivação e a confiança na realização de atividades físicas e no consumo de frutas e vegetais incorporando princípios de Entrevista Motivacional (EM). Os agentes pedem permissão aos participantes para continuar a conversação e, havendo aceitação, refletem sua disposição para usar impressões afirmativas que dão a eles oportunidades de estimular confiança ao usuário. Os ACs afirmam serem colaboradores, e não especialistas, trabalhando para ajudar os participantes a identificarem seus objetivos e sentimentos. Se aplicados em um ambiente educacional como, por exemplo, um tutor para a disciplina de Física, como o proposto neste trabalho, podem se tornar colaboradores dos alunos, incentivando-os a pensar nas suas experiências de aprendizagem. Com a confiança dos alunos, o agente pode se tornar um forte aliado e motivador nos seus processos de aprendizagem. A motivação do aluno na interação com o agente é peça-chave para que o aluno se mantenha ativo durante a aprendizagem *online*. Entender como pesquisas como essa foram desenvolvidas e aplicadas

¹⁵ Carga cognitiva estranha refere-se ao ambiente em que uma tarefa é desenvolvida e aos aspectos das tarefas que precisam de experiência especializada, ou seja, são os esforços extras provenientes de materiais e ambientes. É possível saber um pouco mais em De Jong (2010).

contribuem para que a motivação seja mantida durante a aplicação. Porém, é importante destacar que para a atribuição de um AC que atua no conteúdo torna-se essencial que o mesmo, além de colaborador, como proposto pelos autores, seja especialista.

A pesquisa de Verleger e Pembridge (2018) apresenta o desenvolvimento, a integração e a aplicação de um *chatbot* denominado EduBot que tem como objetivo auxiliar nos tópicos de um curso introdutório de programação. A base inicial da ferramenta foi desenvolvida de maneira limitada e à medida que os alunos interagem com ela, as intenções são salvas na base. O *chatbot* lida com respostas falso-positivas e integração da ferramenta por parte do corpo docente. Nesse caso, uma das grandes contribuições do trabalho é entender como o agente lida com as respostas falso-positivas. Lidar com respostas falso-positivas é essencial para entender que a compreensão e a motivação do aluno não sejam perdidas. Nesse caso, fornecer *feedbacks* ao longo da interação pode auxiliar o estudante na aquisição de novos conceitos ou melhorias, além de possibilitar uma observação reflexiva sobre algum aspecto. Estudos a respeito de como desenvolver esses *feedbacks* são apresentados adiante. A principal contribuição desse trabalho é o entendimento de funcionamento de uma ferramenta como a EduBot, que também inspira o desenvolvimento do Magnetron. Mas é válido ressaltar que as perguntas desse sistema não foram pensadas para a reflexão no cenário ativo.

Stieger *et al.* (2018) apresentam um AC que atua como instrutor digital para apoiar participantes de um determinado grupo a atingir objetivos de personalidade. O agente assume papel de parceiro de comunicação e incorpora um “tutor”. Seu estilo e função de comunicação afetam a construção de processos de relacionamentos e sucessos de tratamento. A escolha de determinadas dicas verbais aumenta o vínculo entre os trabalhos realizados pelo indivíduo e o AC. O *chatbot* cria um senso de autoconsciência humano ou autoconceito, tornando-o mais antropomórfico e relacionável em uma conversa. As contribuições essenciais desse trabalho incluem a forma como ele foi construído em relação aos aspectos afetivos para que a interação seja mais motivadora e o aluno o utilize como tutor. Embora as elaborações de perguntas e respostas do instrutor digital sejam importantes para melhorar aspectos

afetivos, nesta tese, o AC é desenvolvido enquanto uma ferramenta robótica que tem aspectos de tutoria integrada e inclui aspectos afetivos, mas não antropomórficos. O papel do agente pode ser de tutor, mas é essencial que o aluno o entenda como um robô e não um humano, para que ele tome conhecimento de que erros são possíveis e, caso tenha dúvidas, pode ter o amparo do professor tutor.

Kuyven *et al.* (2018) apresentam uma revisão sistemática elencando diversas pesquisas interessantes sobre ACs aplicados na educação. As pesquisas a seguir apresentadas são exemplos de trabalhos que aplicam *chatbots* que trabalham em conjunto com ambientes de ensino *online*, mas que não possuem a característica para elaboração do agente enquanto um tutor com aspecto reflexivo.

A pesquisa de Paschoal, Chicon e Falkemback (2017) apresenta a concepção, desenvolvimento e teste do Ubibot, um *chatbot* integrado ao Moodle e desenvolvido em linguagem AIML que objetiva prover suporte ao ensino na disciplina de Engenharia de Software. O agente oferece recomendações e recursos para a captura e tratamento de contextos utilizando a tecnologia “*web responsive*” em um bloco no Moodle para se adaptar em diferentes interfaces. Esse agente considera duas informações sobre o estudante e possui dois módulos para armazenamento: nível de conhecimento e nível de desempenho. Para validação e teste da pesquisa, o *chatbot* foi aplicado em uma turma de 15 alunos na disciplina de Engenharia de Software em um período de cinco semanas. Após esse período, foi disponibilizado aos alunos um questionário para verificar o desempenho do agente. Os resultados da avaliação revelaram que o agente conseguiu satisfazer seus objetivos, dando suporte pedagógico e contribuindo com a aprendizagem dos estudantes. Alguns estudantes revelaram que atualizações são necessárias, como a ampliação da base de conhecimento e o tratamento de algumas sentenças de interação relacionadas a tecnologia utilizada em seu desenvolvimento. Os resultados constatam que os avaliadores admitiram que as informações foram apresentadas de acordo com o perfil de cada usuário. O *chatbot* pode ser visto como um agente pedagógico simples, que tem sua base de conhecimento composta com informações do próprio Moodle, em AIML. Ele se relaciona a presente tese por ser um agente para o ensino *online* e integrado de alguma forma ao AVA Moodle, porém a utilização da AIML não permite a análise mais precisa das entradas

dos usuários. Também, o aspecto reflexivo e o fornecimento de *feedback* não são seu foco, diferenciando-se em objetivos e desenvolvimento. O foco é a integração com o Moodle, enquanto no presente trabalho o foco é o agente enquanto tutor e provedor de conhecimento.

Abdullah *et al.* (2017) apresentam um agente pedagógico projetado para apoiar os alunos em um ambiente de aprendizado corporificado e baseado em descobertas. Os alunos são conduzidos por experiências específicas, projetadas para promover *insights* para objetivos curriculares, a partir de movimentos. Apesar de não ser considerado apenas um *chatbot* (pela sua composição de voz, imagem e movimento), pode-se notar que o trabalho do aluno junto com um companheiro virtual possui alguns benefícios, tais como: *feedback* sobre o trabalho do aluno e sugestão de estratégias a respeito dos movimentos feitos pelo aluno; encaminhamento para regiões do espaço problema, como localizações espaciais específicas no monitor que não haviam ocorrido ao aluno em sua livre exploração; sugestão de novas interações; e incentivo, validando os esforços e apresentando novos caminhos ao aluno. Podemos considerar um agente virtual 3D como um *chatbot*, desde que ele cumpra o papel de perguntar e responder, como o apresentado. Comparando-o com um *chatbot* textual, ele também pode atuar realizando as ações elencadas, a diferença é que será a partir de textos e não imagens. Nesse ponto, existe uma dificuldade maior: manter a atenção, a confiança e a motivação do aluno. Esse trabalho colabora com essas reflexões para a presente tese, mesmo não apresentando um *chatbot* textual, pois, permite um maior entendimento sobre como manter a atenção do aluno em um contexto de aprendizagem *online*. O foco, porém, é nos movimentos realizados pelos alunos e não nos aspectos de conteúdo apresentados. A integração com um ambiente de aprendizagem permitiu o estudo sobre como um agente poderia colaborar nesse contexto.

Um exemplo de *chatbot* educacional utilizando o Watson foi apresentado por Huang, Hew e Gonda (2019). Eles implementaram e avaliaram três agentes conversacionais desenvolvidos para um curso de pós-graduação com aulas invertidas, em Hong Kong. O primeiro serviu como um guia de múltipla escolha para a exploração do conhecimento dos alunos, o segundo como facilitador de estudo de caso para elaboração de novas informações e o terceiro teve como objetivo ser um tutor

bibliográfico para responder perguntas frequentes de alunos relacionadas ao conteúdo de aprendizagem. O curso tinha como objetivo discutir, “estratégias de aprendizagem” na educação de adultos. As atividades dos *chatbots* foram implementadas como atividades pré-aula, combinando com palestras em vídeo e questionários *online*. Para validar o trabalho foi realizada a aplicação de um questionário com sete alunos que participaram da aplicação no curso. Obteve-se como resultado que a presença social dos alunos e a atração interpessoal com os *chatbots* foi positiva, mas que a disposição dos usuários em passar uma grande parte do tempo acompanhados deles foi um pouco negativa. É importante destacar a escolha pela ferramenta IBM Watson e pela aplicação em um cenário ativo que serve de base para esta tese. Contudo, não são utilizadas perguntas reflexivas e nem são abordados os conceitos de *feedback* e experimentação. O conteúdo do *chatbot* é usado apenas para guiar o aluno durante as discussões sobre estratégias de aprendizagem. Em relação a perguntas e respostas, utilizou-se apenas recursos múltipla-escolha e não o entendimento das respostas discursivas por parte do agente.

Lister *et al.* (2021) investigaram as dificuldades que alunos com deficiência vivenciam no ensino superior e, a partir delas, criaram a proposta de um agente educacional para atuar como assistente desses alunos. Foram elencados os seguintes benefícios da utilização de agentes nesse contexto e elaborado um *design* referente a esses aspectos: a) diminuição de desorganizações; b) minimização da percepção de impotência por parte dos alunos e c) melhora da acessibilidade. O *design* apresentado considerou que na constituição de um *chatbot* educacional deve-se levar em conta seis características principais: acessibilidade, aparência e personalidade, *design* de conversa, diálogo bidirecional, apoio humano e transparência. Essas características são levadas em conta na condução de desenvolvimento de *design*. Além disso, essa pesquisa foi proposta para a aprendizagem híbrida, cenário com perspectivas semelhantes com o atribuído para concepção do resultado desta tese. Porém, o foco da pesquisa de Lister *et al* (2021) é a acessibilidade e sua disponibilização em um ambiente virtual; não são apresentadas perguntas reflexivas para manter a participação ativa nesse cenário.

O trabalho de Tangkittipon *et al.* (2020) apresenta um modelo conceitual para a implementação de um *chatbot* na metodologia sala de aula invertida em um curso na Tailândia. A ideia consistiu em desenvolver um protótipo para os alunos se prepararem antes da aula, aumentar sua motivação e engajamento através do assistente desenvolvido pela plataforma DialogFlow. O que se esperava é que o AC ajudasse os alunos 24 horas por dia a responder perguntas básicas e fazer perguntas para manter uma conversa geral. Além disso, que ele pudesse recomendar materiais adicionais. No trabalho se apresenta apenas a sugestão do modelo como um modelo conceitual, mas não sua aplicação. Não são elaborados conceitos mais aprofundados sobre o desenvolvimento ou estilos de *feedbacks*. O modelo conceitual proposto auxilia apenas no entendimento de como aplicar um agente em um cenário ativo.

Não foram encontradas soluções envolvendo ACs utilizando Metodologias Ativas e Aprendizagem Experiencial no ensino de Física, como o que é desenvolvido nesta tese. O Quadro 4, apresenta um breve resumo sobre os trabalhos apresentados em três colunas: a primeira com a citação de referência, a segunda com a pesquisa realizada e a terceira contendo a contribuição da pesquisa com o trabalho.

Quadro 4 - Trabalhos relacionados *versus* contribuições

<i>Autores</i>	Pesquisa	Contribuição para este trabalho
Cavagnaro (2023)	AC desenvolvido com IA generativa para reflexões a respeito do processo de aprendizagem desenvolvido para a <i>d.school</i> de Stanford.	Este agente não é direcionado para o conteúdo e sim para o processo de aprendizagem, mas contribui para a visualização das possibilidades de interação.
Song, Oh e Rice (2017)	Desenvolvimento de um <i>chatbot</i> que promove a interação sistema-aprendiz em tarefas de reflexão em cursos <i>online</i> .	Características principais para desenvolvimento de <i>chatbot</i> reflexivo.
Samrose e Hoque (2022)	Desenvolvimento de <i>chatbot</i> de entrevista motivacional sugestivo com <i>feedback</i> e tarefas de reflexão para manter habilidades de conversação durante uma discussão em grupo remoto,	Comparação de agentes com e sem tarefas de reflexão.

<i>Autores</i>	Pesquisa	Contribuição para este trabalho
	buscando aumento na colaboração.	
Liew, Tan e Gan (2018)	Agente conversacional para explorar os efeitos do quadro de mensagens motivacionais, a perda e o ganho cognitivo e examinar o potencial efeito de interação.	Uso de poucos quadros de mensagem para induzir altamente a carga cognitiva estranha, relevante e intrínseca motivacional.
Olafsson, O'Leary e Bickmore (2019)	Dois agentes conversacionais baseados em intervenções para aumentar a motivação e a confiança na realização de atividades físicas e no consumo de frutas e vegetais.	Entendimento sobre como um agente reflete sua disposição na conversação para usar impressões afirmativas a fim de criar confiança no usuário.
Stieger <i>et al.</i> (2018)	Agente como instrutor digital para apoiar participantes de um determinado grupo a atingir objetivos de personalidade.	O <i>chatbot</i> cria um senso de autoconsciência humano ou autoconceito, tornando-o mais antropomórfico e relacionável em uma conversa.
Paschoal, Chicon e Falkemback (2017)	Concepção, desenvolvimento e teste do Ubibot, um <i>chatbot</i> integrado ao Moodle e desenvolvido em linguagem AIML.	Desenvolvimento e integração de <i>chatbot</i> no Moodle e avaliação deste conjunto de ferramentas.
Abdullah <i>et al.</i> (2017)	Agente pedagógico 3D projetado para apoiar os alunos em um ambiente de aprendizado corporificado e baseado em descobertas.	Entendimento sobre como foi realizada a validação do trabalho com o aluno em companhia do companheiro virtual.
Huang, Hew e Gonda (2019)	Implementação e avaliação de três agentes conversacionais, desenvolvidos para um curso de pós-graduação invertido em Hong Kong usando IBM Watson.	Método de aplicação em sala de aula invertida com base em três agentes.
Lister <i>et al.</i> (2021)	Proposta de um agente educacional para atuar como assistente de alunos com deficiência no ensino superior.	Características que um agente educacional deve levar em conta em um cenário híbrido.

<i>Autores</i>	Pesquisa	Contribuição para este trabalho
Tangkittipon <i>et al.</i> (2020)	Proposta de aplicação de um agente conversacional para apoiar sala de aula invertida.	Proposição de Modelo Conceitual.

Fonte: Autoria própria.

O agente conversacional deste trabalho foi estruturado, desenvolvido e aplicado conforme as contribuições dos trabalhos descritos no Quadro 4. A coluna “*contribuições com o trabalho*” descreve exatamente os pontos a serem levados em consideração.

3.2 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados 12 trabalhos que se relacionam com o objetivo desta tese sob algum aspecto. Alguns trabalhos são relacionados às características de reflexão e motivação, outros ao apoio à aprendizagem *online* e outros ao cenário de aprendizagem ativa escolhido.

Em relação ao trabalho de Song, Oh e Rice (2017), Samrose e Hoque (2022), Liew, Tan e Gan (2018) e de Olafsson, O’Leary e Bickmore (2019), os agentes têm como semelhança a proposta de estruturação de perguntas para tarefas de reflexão e motivacionais, levando em consideração os aspectos sociais e as interações, mas são construídos para conteúdo e finalidade diferente da desta tese. O agente desenvolvido correlaciona-se com a pesquisa de Lister *et al.* (2021), Stieger *et al.* (2018) e Verleger e Pembridge (2018) ao considerar os aspectos de desenvolvimento de *chatbots* que mantêm uma interação social de forma amigável para um acompanhamento mais próximo, mas também se difere quanto a finalidade de aplicação e público-alvo, que, consequentemente, faz com que a estrutura de diálogo e métodos de desenvolvimento sejam diferentes.

A presente pesquisa considera os trabalhos de Paschoal, Chicon e Falkemback (2017) e Abdullah *et al.* (2017) relevantes devido à colaboração de agentes com ambientes de aprendizagem *online* visando apoiar a aprendizagem. A diferença principal é que, nesta pesquisa, foi utilizado o ambiente Moodle apenas em

colaboração com um *website* desenvolvido para integração com o Magnetron e que, além de aspectos como personalização, acompanhamento e *feedback*, também são consideradas as tarefas de reflexão.

As pesquisas de Huang, Hew e Gonda (2019), Lister *et al.* (2021), e de Tangkittipon *et al.* (2020) são as que mais se assemelham a presente proposta em aplicabilidade, pois no primeiro são desenvolvidos agentes no IBM Watson, no segundo um modelo para apoiar um cenário híbrido e no terceiro é proposto um modelo para aplicação no DialogFlow, ambos para apoiar um cenário de sala de aula invertida. A diferença principal ocorre devido a forma como o *chatbot* foi planejado e o cenário escolhido baseado na aprendizagem experiencial e observação reflexiva, além de sua integração e conteúdo.

Essas são as principais pesquisas elencadas neste trabalho e serviram de base no desenvolvimento da ferramenta. Reforça-se que não foram encontradas pesquisas relevantes relacionadas a aplicação de *chatbots* no ensino de eletromagnetismo e circuitos elétricos.

4 Fundamentação para o desenvolvimento de *chatbots*

Neste capítulo serão apresentadas as características de *Design* de Experiência do Usuário (também conhecido por *User Experience - UX*), desenvolvimento e testes baseados na literatura, levantados para guiar a autora no desenvolvimento do *chatbot Magnetron*. Aqui são apresentados aspectos referentes ao desenvolvimento da aplicação, os quais culminaram nas decisões tomadas. Também são apresentadas as plataformas de desenvolvimento, com foco especial na plataforma utilizada - IBM Watson Assistant, e a forma como outros trabalhos integram o sistema com o Moodle para posterior embasamento.

4.1 *User Experience* em *chatbots*

Assim como um *site* ou aplicativo, o planejamento prévio do *design* também deve ser aplicado na composição de um *chatbot*, pois influencia fortemente o engajamento, a motivação e o resultado cognitivo dos alunos em ambientes de *e-learning* (LIEW; TAN; GAN, 2018). Diante disso, é necessário adaptar os aspectos e heurísticas envolvidos na construção de um agente.

Esse tipo de sistema reproduz comportamentos humanos, e, nesse sentido, não se pode afastar os aspectos cognitivos e comportamentais como parte da interação. A forma como o aluno enxerga o AC está totalmente relacionada ao ambiente e as construções sociais as quais participa (SCHUETZLER; GRIMES; GIBONEY, 2019).

Os usuários tendem a preferir a socialização de maneira orientada e uma personalidade engajadora por parte do *chatbot* com um tom mais neutro. A produtividade é um dos principais fatores motivacionais para o uso de *chatbots*, assim como fatores emocionais e sociais. Os fatores motivacionais que envolvem a interação do aluno com um agente são fortemente ligados aos aspectos de usabilidade do sistema (FØLSTAD; SKJUVE, 2019). A usabilidade de um sistema refere-se à facilidade de acesso e/ou uso de um produto ou *site* e é uma subdisciplina do *design* de UX, mas não é toda a experiência.

A Experiência do Usuário é um termo definido por Donald Norman na década de 90 para descrever todos os aspectos da experiência de uma pessoa com um sistema,

o qual envolve todo o processo de aquisição e integração do produto, incluindo *branding, design*, usabilidade e função, por parte da equipe, para fornecer experiências significativas e relevantes (LALLEMAND; GRONIER; KOENIG, 2015). De acordo com um trecho da ISO 9241-210 analisado por Mirnig *et al.* (2015), UX corresponde às:

Percepções e respostas de uma pessoa que resultam do uso ou uso antecipado de um produto, sistema ou serviço (ISO 9241-210, 2010 apud MIRNIG *et al.*, 2015, p. 438).

Nesse sentido, Kocaballi, Laranjo e Coeira (2018) enfatizam a área de “*User Experience in Conversational Interfaces*” (Experiência do Usuário em Interfaces Conversacionais, em português) que incluem as emoções, crenças, preferências, percepções, resposta físicas ou psicológicas, comportamentos e habilidades que ocorrem antes, durante ou depois da interação. Sendo assim, alguns tópicos devem ser levados em consideração como ponto de partida ao projetar ou avaliar um sistema interativo, e podemos considerá-los na construção do *chatbot* educacional proposto para motivar os alunos de forma mais efetiva, sendo eles:

- A. UX genérico: a utilização de técnicas genéricas na avaliação de uma interface;
- B. Afeto/emoção: o nível relacional que o *chatbot* consegue ter com o aluno;
- C. Diversão: o quanto o *chatbot* consegue entreter o aluno com o fluxo de conversa;
- D. Estética/Aparência: o quanto a interface condiz com os propósitos ao qual foi programada;
- E. Qualidade hedônica: os componentes do *chatbot*, os quais permitem que o aluno se sinta atraído em utilizá-lo;
- F. Engajamento/Fluxo: componentes estruturais que permitem o fluxo de interação com o aluno, de acordo com o assunto ao qual o *chatbot* é especialista;
- G. Motivação: os componentes que motivam o aluno a utilizá-lo nos seus estudos;

H. Encantamento: o diferencial do *chatbot* em comparação com outros, ou com outros sistemas.

Uma taxonomia foi desenvolvida em Nißen *et al.* (2022), composta por sete iterações, para fornecer uma estrutura de diretrizes de *design* para *chatbots* que apoiem os indivíduos em seus objetivos de curto, médio e longo prazo. As metas características dessa taxonomia apontam que todos os elementos de *design* têm um impacto visível ou experiencial na interação usuário-*chatbot*. Os elementos de *design* identificados por eles são:

- Perfil temporal (Horizonte de tempo, Frequência de interações, Duração da Interação, Consecutividade das Interações);
- Aparência (Função, Estilo de comunicação primária, Avatar);
- Inteligência (Estrutura, Quociente, Adaptabilidade da personalidade, Comportamento Socioemocional, Integração do Serviço);
- Interação (Interface de usuário ou *front-end*, Modalidade de comunicação, Modalidade de interação, Projeto de assistência do usuário, Personalização, Apoio humano adicional, Gamificação);
- Contexto (Domínio de aplicação, Motivação/propósito, Meta de colaboração).

De forma sucinta e de fácil compreensão, Calado (2017) fornece um guia para desenvolvedores de *chatbots*, elencando nove princípios para design de *chatbots*. Esses princípios são bem praticados e comentados pela comunidade de desenvolvedores de grandes empresas e citados em palestras e cursos, e são os seguintes:

1. *Chatbots* precisam ter um propósito: É necessário identificar em que área o *chatbot* pode contribuir, ser útil ou complementar;
2. *Chatbots* devem ser especialistas, não generalistas: Caso o problema a se resolver seja muito grande, é importante quebrar esse problema em partes;
3. É importante definir uma persona para o *chatbot*: deve haver um equilíbrio em humanizá-lo e deixá-lo com aspectos característicos de robô. Em determinadas situações é necessário ter um tom mais formal e sério (saúde, dados pessoais *etc.*);

4. *Chatbots* devem se apresentar: É importante que o *chatbot* introduza e explique o que ele faz, como ele faz e o que as pessoas devem esperar utilizando-o, para que possam potencializar ganhos com seu uso;
5. *Chatbots* convidam para uma ação: É importante sempre que possível que o *chatbot* sugira um próximo passo e direcione suas conversas para ações;
6. *Chatbots* precisam ser personalizados: É importante que o *chatbot* fale com o usuário em uma linguagem acessível, lembrando de respostas delineadas como nome, endereço *etc.*, e evitando usar respostas repetidas. Essa personalização cria uma melhor experiência e pode estabelecer uma boa conexão com o usuário;
7. Retribuir com *feedbacks*: Mesmo que o *chatbot* fique sem respostas para determinadas perguntas, é importante que ele dê uma devolutiva, nesse caso é ideal que ele explicita que não sabe como responder;
8. *Chatbots* devem ter respostas curtas: Mensagens longas perdem o engajamento do usuário, se forem necessárias, pode-se utilizar de mensagens estruturadas;
9. *Chatbots* devem facilitar as coisas: É importante antecipar potenciais necessidades dos usuários e ajudá-los com o mínimo de interações possível.

Com relação aos aspectos de experiência do usuário, um tópico crucial no desenvolvimento de *chatbots* e em especial do Magnetom é em relação a como desenvolver bons *feedbacks* para que os alunos tenham boas experiências em sistemas educacionais. Diante disso, foi feito um estudo específico sobre esse assunto.

De acordo com Costa *et al.* (2016), *feedback* automático é caracterizado por ser gerado e emitido por um Sistema computacional. Esse quadro pode se dar de diversas formas, por exemplo, uma questão objetiva na qual o sistema precisa apenas emitir uma mensagem como “certo ou errado” e ainda essa mensagem poderia fornecer uma justificativa e um parecer de erro, ou fornecer informações sobre a qualidade do acerto. Já em relação a questões abertas ou mesmo em tarefas mal definidas, o problema de automatização do *feedback* oferece uma certa dificuldade, principalmente devido à imprevisibilidade de respostas.

Os autores ainda destacam que, em relação ao conteúdo, recomenda-se que além da informação binária (certo ou errado) inclua-se também no *feedback*

mensagens com justificativas para avaliação binária, ou ainda, produzindo um diálogo com o estudante. No caso particular de *feedback* para respostas certas, pode-se ainda fornecer informações adicionais sobre o conteúdo, dando conta, por exemplo, de aspectos de qualidade da resposta. Para respostas erradas, convém levar em conta aspectos motivacionais, recorrendo-se a mensagens com conteúdo encorajador como, por exemplo, “*Não desista, tente novamente!*”. No mais, o *feedback* pode ainda sugerir ao estudante algum recurso pedagógico com propósito de reforço ou complementação.

Eriksson *et al.* (2020) destacam que o *feedback* funciona através de mecanismos cognitivos, motivacionais e metacognitivos afetados pela relação entre a situação de aprendizagem e o aluno, e através do nível de especialização e experiência do aluno e do professor. Nesse caso, o *feedback* corretivo pode assumir diversas formas na aprendizagem. O professor pode criticar o aluno por cometer um erro ou elogiar o pensamento e enfatizar o potencial de aprendizagem, ou, então, o professor pode dar um *feedback* na forma de afirmações e perguntas. O tipo de *feedback* dado pode impactar os alunos de formas distintas, alguns podem se sentir envergonhados enquanto outros podem se sentir motivados. Nesse sentido, é importante reforçar que esse aspecto é muito importante para a experiência de um usuário aluno em fase de aprendizado, uma vez que é necessário manter sua motivação no conteúdo aprendido.

Dennis, Mathoff e Mellish (2016) explicam que um *feedback* pode fornecer garantias como “*não se preocupe*” ou incentivos como “*você consegue*” e elogios como “*bom trabalho!*”. Ainda, é possível também que eles forneçam empatia com o estado emocional do aluno, como: “*Eu sei que você pode estar se sentindo ansioso*”, ou fornecer uma perspectiva como “*sim, este tópico é difícil*”. Nesses casos, pode haver *feedbacks* como: a) baseados em tarefas: “*Você pode considerar ler um livro sobre patógenos, você pode encontrar um bom livro no laboratório*”; b) que consideram o estado afetivo atual do aluno (“*Eu sei que é frustrante não saber o que está causando o problema*”); c) Empático-Reativo: que objetiva que o aluno tenha um estado afetivo mais positivo (“*Eu sei que este é um problema difícil, mas se você continuar trabalhando nisso.*”).

4.2 Métodos de Desenvolvimento

Como métodos e técnicas de desenvolvimento de *chatbots*, foram analisados nove processos de desenvolvimento, seguindo a pesquisa de Hussain, Sianaki e Ababneh (2019), além de pesquisas atuais sobre *chatbot* generativos, sendo que os resultados foram organizados sob formas menos utilizadas *versus* mais utilizadas, sendo discutidos seus pontos fracos.

A. Menos utilizadas:

1. **Análise:** Utiliza-se textos com informações relevantes convertidos em conjuntos de palavras simples de fácil manipulação, em que ocorre uma comparação de palavras chaves em busca de respostas. Ponto fraco: Existe pouco conhecimento e um fluxo intenso de diálogo.

2. **Padrões:** Gera-se um conteúdo e classifica-o em um determinado padrão para gerar respostas armazenadas em um modelo. Ponto fraco: Esses padrões são criados manualmente, limitados e tendem a ser repetitivos.

3. **Ontologias:** explora-se os conceitos de uma ontologia para estabelecer a relação entre conceitos que são usados na conversação, podendo também implicar um novo raciocínio. Ponto fraco: São bem limitados e pouco abrangentes.

4. **Modelo de cadeia de Markov:** modelo probabilístico e de regras no processo da cadeia de Markov que são baseadas em probabilidades. Ponto Fraco: Pouca possibilidade de interação e não funciona para conversas complexas.

B. Mais utilizadas:

5. **AIML:** Linguagem que permite um bom fluxo conversacional, flexível e simples. Ponto fraco: Para funcionar de fato precisa de uma linguagem natural robusta e bem estruturada, não permitindo a construção de conhecimento por parte do agente nem identificando precisão.

6. **Chatscript:** Ferramenta de autoria de código aberto baseada em regras que permite fluxo de diálogo. Ponto franco: Requer tempo para construção de uma boa

estruturação, são limitadas em precisão e necessitam de conhecimentos prévios em linguagem.

7. Plataformas de desenvolvimento: APIs criadas por empresas que possibilitam a criação de *chatbots* a partir de uma interface simples, por requisições. Aqui entram ferramentas como o Watson, Dialogflow, Lex *etc.* Esses sistemas utilizam a estrutura de PLN por trás do seu escopo com uma qualidade boa em precisão e permitem a criação de *chatbots* a partir de instâncias em plataformas fáceis e intuitivas para transformar o desenvolvimento em algo democrático. Ponto fraco: As alterações na PLN dependem da empresa responsável pelo sistema e as opções gratuitas podem ser limitadas.

8. Modelos de Redes Neurais programáveis: Mais inteligentes e com abordagens baseadas em recuperações ou gerações de respostas, geralmente estão acompanhados de algoritmos de PLN. As redes imitam o cérebro humano e processam dados criando padrões para tomada de decisão. As redes neurais unidas com PLN são potenciais soluções para problemas relacionados à inteligência dos *bots*. Existe uma variedade de tipos de Redes Neurais e o modelo que se tem investigado por estar presente por trás das ferramentas das grandes empresas é o modelo de Redes Neurais Recorrentes (RNN).

Redes Neurais Recorrentes são um tipo de Rede Neural que lembra os cálculos anteriores, sendo utilizadas para entendimento das informações atuais, salvando a saída de uma camada e alimentando essa saída na nova entrada. Usando componentes como classificadores PLN, Codificador Sequence-to-Sequence (SEQ-2-SEQ) e *Long short-term memory* (LSTMs).¹⁶

Ponto Fraco: Requerem conhecimentos e bases de dados amplas em sua composição para que haja um bom fluxo de conversa.

¹⁶ É possível conhecer um pouco mais sobre as RNN e seus conhecimentos em: <https://www.ibm.com/br-pt/topics/recurrent-neural-networks>

9. Modelo de *Chatbots* Generativos: Com muito mais dados de treinamento, os *chatbots* generativos levam em conta um PLN elaborado na criação de modelos de linguagem potentes, como o *Generative Pre-trained Transformer* (GPT), que inclui um *Large Language Model* (LLM) tal como o ChatGPT. A arquitetura chamada de *Transformer* é um tipo de rede neural profunda que usa mecanismos de atenção para processo de dados sequenciais, como texto. Esses modelos são pré-treinados em dados de textos extensos e exibem desempenho notável em tarefas de PLN, como tradução de idiomas, resumo de textos e geração de respostas a perguntas (SPASIC e JANKOVIC, 2023; LAATO *et al.*, 2023). Ponto Fraco: Assim como no caso anterior, seu desenvolvimento é difícil, sendo mais comum usar-se uma API dentre as criadas por empresas como a OpenAi. Ainda, por serem recentes, há diversos questionamentos sobre ética permeando a aplicabilidade na educação.

Enfatiza-se que, apesar dos processos oito e nove serem os mais completos e avançados, possibilitando assim maiores funcionalidades para um *chatbot*, são também os mais complexos, necessitando de muitos dados, vastos conhecimentos computacionais e um grande poder de processamento. Esse processo de desenvolvimento pode se tornar inviável para a construção e replicação por parte de professores, por isso é mais comum a utilização de sistemas como os dos tipos cinco, seis, e sete em pesquisas acadêmicas voltadas à educação. É importante ressaltar que, quando planejada a construção do Magnetom e apresentada a proposta dele, as APIs do ChatGPT, pioneiro dos modelos generativos, não haviam sido lançadas.

A maioria dos agentes conversacionais educacionais encontrados em trabalhos científicos são desenvolvidos com a linguagem AIML, anteriormente citada. Notou-se que plataformas de desenvolvimento de *chatbots* são potencialmente aderidas pelo setor industrial devido ao seu desempenho, fácil desenvolvimento, disponibilidade em nuvem e técnicas de IA avançadas, mas apenas recentemente foram usadas em contexto educacional.

4.3 Principais Plataformas para desenvolvimento de *chatbots*

Foi realizado um levantamento das plataformas de desenvolvimento de *chatbots* existentes, criadas por empresas, as quais possibilitam o desenvolvimento de

agentes de forma simples através de requisições. Esse levantamento foi realizado conforme observou-se a frequência de uso dessas ferramentas em artigos encontrados em base de dados como: Scopus, IEEE e ACM, e em artigos do site Medium¹⁷. Também foram selecionadas conforme a relevância dessas plataformas em cursos realizados pela autora com profissionais atuantes na área. Essas plataformas utilizam módulos avançados de Linguagem Natural em sua arquitetura interna e são disponibilizadas permitindo a um desenvolvedor a criação de ACs por meio de interfaces interativas. A seguir apresentam-se as principais opções de desenvolvimento disponíveis no mercado. As características da plataforma IBM Watson Assistant serão apresentadas, exclusivamente, no próximo tópico, por ser a ferramenta utilizada no desenvolvimento do Magnetom.

A plataforma Dialogflow¹⁸ disponibilizada no Google Cloud é uma plataforma de PLN que facilita a criação de *design* e integração de interfaces conversacionais com aplicativos para dispositivos móveis, aplicativos *web*, dispositivos, *bots*, sistemas interativos de resposta por voz, entre outros. Com o Dialogflow é possível analisar vários tipos de entradas de usuários e responder de diversas maneiras a partir de dois tipos de serviço: o Dialogflow CX (para agentes mais complexos) e o Dialogflow ES (para agentes mais simples). Ambos os serviços oferecem sua própria possibilidade de agente, interface de usuário, API, bibliotecas de cliente e documentações (GOOGLE, 2022). Os serviços oferecem opções gratuitas e pagas, com um determinado número de requisições. Assim como no Watson (que será explorado na próxima Seção), o Dialogflow utiliza intenções, entidades, cumprimentos e contextos em sua base, compondo assim um AC.

Outro serviço conhecido para a criação de interfaces de agentes conversacionais usando texto e voz é o Amazon Lex¹⁹ da AWS. Ele utiliza o mesmo mecanismo de conversa da plataforma Amazon Alexa e permite a criação de *chatbots* a partir de Linguagem Natural, flexibilidade avançada em Compreensão de Linguagem

¹⁷ <http://medium.com/>

¹⁸ Documentação disponível em: <https://cloud.google.com/dialogflow/docs?hl=pt-br>.

¹⁹ Documentação disponível em: <https://docs.aws.amazon.com/pt-br/lex/latest/dg/what-is.html>.

Natural (NLU) e o Reconhecimento Automático de Fala (ASR) para criar experiências de forma mais realista. Não são necessárias experiências em *deep learning*, apenas a especificação do fluxo de conversa que é gerencial e ajustado pelo Amazon Lex. É possível, na própria interface, criar, testar e publicar o *chatbot* criado e ele pode ser integrado com dispositivos móveis, aplicativos Web, plataformas de *chat*, além da facilidade de integração com outros serviços da plataforma AWS (AMAZON, 2022).

De acordo com a própria documentação do sistema, assim como outros serviços, existe uma versão gratuita para teste em que não há custos iniciais nem taxas mínimas para testar. A cobrança começa a ser realizada à medida que vão sendo solicitados textos e falas, ou seja, por requisição. Para criar um modelo é necessário a criação dos seguintes componentes: intenção, tipo de *slot*, *alias* e associação de canal de *bot*.

A empresa Microsoft também possui um serviço em nuvem com ferramenta para desenvolvimento de *chatbots*. O serviço de *bot* da AZURE²⁰ é uma possibilidade de programação facilitada sem a necessidade de códigos complexos. Sua integração com a *Power Virtual Agents*, uma plataforma de código reduzido²¹ totalmente hospedada, permite a criação, teste e publicação de interfaces conversacionais, além de permitir o rastreamento automático e conexão com diversos canais de telefonia, aplicativos e *sites*. Assim como seus similares, ele possui versão gratuita e paga limitada ao número de requisições (MICROSOFT, 2022).

Rasa Open Source é uma estrutura de aprendizado de máquina de código aberto para conversas automatizadas baseadas em texto e voz, ela é integrada geralmente com *Python* e, apesar de ser simples, precisa de conhecimento de programação e não possui infraestrutura em nuvem. O fluxo de conversa é criado a partir de seus componentes, intenções, entidades, ações e respostas (RASA, 2022). A plataforma RASA possui dois componentes principais: o RASA NLU e o RASA Core (AIT BAHA *et al*, 2021).

²⁰Maiores informações em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/services/bot-services/#get-started>.

²¹ Plataforma de código reduzido, baixo ou *Low Code Development Platform* (LCDP), consiste em um software que fornece ambiente gráfico para os programadores criarem aplicativos com pouca ou nenhuma programação manual, ao invés da programação tradicional.

No próximo tópico explora-se o serviço IBM Watson *Assistant*, bem como seus componentes.

4.4 O serviço IBM Watson *Assistant*

O serviço IBM Watson *Assistant* da plataforma IBM Cloud é um serviço em nuvem, criado em 2017 pela IBM, para a construção de conhecimento de *chatbots* que permite aos desenvolvedores incorporarem *chatbots* em seus projetos. Para a construção de um domínio de conhecimento, o serviço utiliza técnicas de PLN e outras técnicas de IA. As definições e características aqui apresentadas têm como base informações apresentadas no *site* e na documentação²² da própria ferramenta.

O Watson possui versão gratuita por tempo ilimitado e versões pagas com maiores possibilidades de utilização. A versão gratuita do Watson é bem abrangente e possibilita a interação com até 1000 usuários mensais em um total de até 10.000 mensagens, incluindo a IA de conversação, personalização do assistente com *webchat* para implementação em *website*, atualização automática através da varredura de páginas *webs*, documentos existentes ou utilização de diálogos pré-existentes, conexão com qualquer aplicativo ou banco de dados, análise de dados com painel interativo, hospedagem confiável na nuvem da IBM. Como limitação, ele permite a criação de apenas cinco habilidades de diálogo por conta (diálogo, ação, procura), ou seja, até cinco especializações de *chatbots*; apenas sete dias de análise dos dados de uso, porém com a possibilidade de salvamento, tempo limite por inatividade na sessão e os serviços criados são excluídos após 30 dias de inatividade do desenvolvedor. Ainda assim, a partir das análises, foi considerada a melhor opção em custo-benefício para o desenvolvimento do Magnetom. A versão *plus* ofereceria algumas funcionalidades adicionais em termos de pesquisa sobre o conhecimento existente na base de conhecimento e resolução de conflitos de intenção, mas é possível construir o agente, tal como almejado, com os recursos da versão gratuita.

Para a composição de um bom diálogo e construção do fluxo de conversação, a primeira coisa que se deve pensar é “O que o *chatbot* vai saber?”, “Qual será a

²² Documentação disponível em <https://cloud.ibm.com/docs/assistant?topic=assistant-getting-started>.

habilidade dele?”. Nesse caso, ele terá uma habilidade que vai permitir realizar o que é previsto, ou seja, o agente proposto deve ser capaz de formular questões para o aluno induzindo-o a observar e refletir sobre os experimentos realizados. No caso do Watson Assistant, além da criação de uma habilidade de diálogo, existem alguns componentes de *corpus* que devem ser gerados para construção de um diálogo: Intenções, Entidades, Fluxo de Diálogo, Variáveis de Contexto, *Slots* e Digressões. Esses componentes são explicados a seguir.

Intenções são um conjunto de possíveis questões e ações previamente programadas ao qual o *chatbot* espera receber do usuário para assim poder encontrar uma resposta ou gerar uma conversa. As intenções correspondem àquilo que o usuário deseja ao conversar com o *chatbot*, i.e., o objetivo da indagação. Podemos pensar nas intenções do seguinte modo: Se o usuário enviar um “Oi” ele deve esperar que o *chatbot* seja simpático o suficiente para retribuir com um “Oi”. É possível adicionar intenções de três formas: manualmente, importá-las de um arquivo de texto em formato *comma-separated values* (.csv), *text file format* (.txt) ou *.json*. Também é possível importá-las de um catálogo de conteúdo pré-fabricado do Watson, que inclui intenções específicas de alguns setores. O Watson vai tentar corresponder ao máximo a entrada do usuário com a intenção mais próxima.

As **entidades** capturam informações específicas na entrada do usuário. Ao se considerar um *chatbot* para pizzaria, por exemplo, podemos ter unidades físicas da pizzaria em diversos lugares do país, cada uma com sua localização e horário de funcionamento específico. Então, reconhecendo a intenção de pergunta sobre localização e horário, devemos ter respostas diferentes para cada uma das unidades, e isso é possível através da utilização de entidades. As entidades também podem servir como itens em um menu, por exemplo, assim o usuário pode ser guiado a responder uma determinada ação.

O **fluxo de diálogo** é realizado por blocos, em que é possível usar intenções e entidades para dar um determinado contexto ao diálogo proposto. Os blocos de diálogo têm como premissa a forma “SE (condição) ENTÃO (respostas) SENÃO (outra ação)”. Em determinados contextos, os blocos principais são chamados de “nós pais”

e os blocos secundários de “nós filhos”. Nesse caso o que ocorre logicamente é que uma determinada condição só vai acontecer (nó filho) se outra condição acontecer (nó pai). É possível no Watson oferecer uma ou múltiplas respostas em forma de texto, imagens, incorporação de códigos de outra ferramenta externa, *links*, áudios, vídeos incorporados por *links*, encaminhar uma mensagem para um *call center* ou serviço de *e-mail*.

Variáveis de Contexto são entidades que armazenam a entrada do usuário, assim é possível fazer com que o agente lembre de entradas durante a interação e que utilize essas entradas para deixar a conversa mais robusta e próxima ao usuário.

Slots e Digressões são conceitos mais avançados, o primeiro tem como objetivo reunir um conjunto de informações em intervalos. Por exemplo, em um pedido em que você precisa saber informações de entrega, como telefone, endereço e e-mail, com o uso de *slots* o usuário só vai progredir na interação se responder as perguntas e, mesmo que ele fuja do assunto, o *chatbot* retorna a questioná-lo até que o usuário forneça todos os *slots* de informação necessários. As digressões, no entanto, permitem que o usuário interrompa uma ramificação de diálogo para mudar o assunto temporariamente antes de retornar para o fluxo de diálogo.

Esses são os principais conceitos para construção de uma estrutura de diálogo no Watson Assistant, reunindo esses componentes é possível desenvolver *chatbots* para várias aplicações, inclusive educacionais, como é o caso do objetivo final deste trabalho. Exemplos de aplicação do IBM Watson na educação foram apresentados anteriormente, no Capítulo 3, de Trabalhos Relacionados.

4.5 Integração do *chatbot*

O Watson Assistant permite integração dos *chatbots* nele desenvolvidos em websites e aplicativos, incluindo o Moodle. Essas possibilidades são discutidas a seguir.

4.5.1 Integração em *Websites* ou aplicativos

Agentes conversacionais desenvolvidos com o Watson Assistant são fáceis de serem integrados em diversas ferramentas de *chat* ou em qualquer *site*, pois o próprio sistema oferece a possibilidade disponibilizando um código em JavaScript que pode ser integrado em páginas *web*. Nesse caso, basta copiar o *script* gerado e colocá-lo na página desenvolvida, como observado na Figura 9.

Figura 9 - Parte do *script* em JavaScript gerado para alocação do agente.

```
<footer class="rodape">
  <p class="rodape_titulo">Desenvolvido em 2024 por Franzil</p>
  <p class="rodape_texto">Universidade Federal do Rio Grande do Sul</p>
</footer>
<script>
  window.watsonAssistantChatOptions = {
    integrationID: "ac08f923-7bb8-4651-8905-2dac0761344e", // The ID of this integration.
    region: "us-east", // The region your integration is hosted in.
    serviceInstanceID: "836a48b5-aa15-4a0c-a5bf-ce24e8e10f1f", // The ID of your service
    onLoad: async (instance) => { await instance.render(); }
  };
  setTimeout(function(){
    const t=document.createElement('script');
    t.src="https://web-chat.global.assistant.watson.appdomain.cloud/versions/" + (window.
    document.head.appendChild(t);
  });
</script>
```

Fonte: autoria própria

Aplicativos como WhatsApp, Telegram e páginas no Facebook podem conter um agente desenvolvido no Watson de forma prática, o que facilita para os usuários acessarem-no. Porém, ter uma página *web* dedicada ao agente também é interessante para que os alunos possam visualizar as instruções enquanto utilizam o *chat*.

4.5.2 Integração com o AVA Moodle

O Moodle é um AVA compatível com diferentes sistemas operacionais. Ele possui código aberto, podendo ser usado, instalado e modificado livremente pelo usuário. Uma das vantagens do Moodle é a facilidade de publicar arquivos externos e de integrá-lo com outras ferramentas (SUNAGA; CARVALHO, 2015).

Primeiramente é válido destacar algumas possibilidades de integração da ferramenta dentro do próprio Moodle. Foi realizado um levantamento dessas possibilidades que são apresentadas a seguir.

O Moodle permite a inclusão de *plugins* de ferramentas externas, por esse motivo é possível enriquecer o material didático e potencializar o uso da ferramenta. O Watson permite potencializar o uso da ferramenta através de *webhooks*. *Webhook* é um tipo de mecanismo que permite chamar um serviço ou aplicativo com base nos eventos que acontecem durante uma conversa. Nesse caso, ele suporta *webhooks* para fazer chamadas pré-mensagens, pós-mensagens ou ainda utilizar os *logs* da plataforma (IBM, 2022). Assim, por exemplo, pode ser uma possibilidade o agente utilizar os *logs* do usuário no Moodle para sugerir material ou reproduzir alguma mensagem específica.

O Moodle também possui um *plugin* de *webhook* para comunicação com ferramentas externas, se necessário²³. Assim, a plataforma integrada pode receber notificações de alterações em tópicos selecionados. As notificações sobre atualizações de *webhooks* são enviadas como solicitações do tipo POST para a *Uniform Resource Locator* (URL) de retorno de chamada especificada, e podem indicar uma mudança de valor no campo ou inclusão de um novo valor. Os formatos de tratamento de dados desse *webhook* é o JSON, mesmo formato de dados que compõe a base de dados do Watson (POPOV, 2022).

A interface do AC com o Moodle pode ser efetivada por *script* gerado na ferramenta Watson e que pode ser acessado via código HTML em um bloco no Moodle. O servidor do *chatbot* é executado numa plataforma em nuvem, conforme descrito por Oliveira *et al.* (2019). Na pesquisa relatada por esses autores, a integração do *bot* seguiu três etapas: A primeira delas a partir da criação de uma API do *bot* no Facebook Messenger para obter o *token* de acesso do aplicativo que é responsável por fornecer permissões para a API do Watson ler, gravar ou modificar dados da página do *bot*. Na segunda etapa, foi necessário conectar o *bot* ao Facebook por meio do *token* de acesso gerado na API descrita na etapa 1. Esse *token* é gerado usando uma credencial previamente acordada entre o *chatbot* e o Facebook e utilizado durante as chamadas que alteram as configurações de todo o aplicativo é acionado pela chamada do servidor. Com isso é gerado um *webhook* que permite que o agente receba

²³ O *plugin* é disponibilizado em https://moodle.org/plugins/local_webhooks

notificações HTTP a tempo de alterações de objetos. O *Messenger* envia eventos para o *webhook* para notificá-lo quando ocorrer uma interação e esses eventos são enviados como solicitações POST no Watson. A etapa 3 era de fato a inserção do acesso ao *chatbot* no Moodle por meio do *script* gerado pela API do agente e alocado no código HTML. Uma outra sugestão de aplicação com *webhooks* é disponibilizada por Farhan Karmali (2017)²⁴.

Embora alguns levantamentos tenham sido realizados, uma das maneiras mais fáceis de disponibilizar um agente para o aluno é através da disponibilização do *link* do lugar em que o agente está alocado. Dessa forma, o Watson Assistant distribui um *link preview* de visualização que pode ser utilizado para testes e tarefas simples, caso o professor não tenha um servidor nem permissões sobre o Moodle da instituição (IBM 2024). O mais adequado, no entanto, é integrar o agente com outra ferramenta própria, como um *website* ou aplicativo, e disponibilizar o seu *link*. Primeiramente, notou-se com testes que esse é o melhor jeito de manter o agente funcional. Nesta tese, apesar de diversas investigações, devido a não permissão de alocação do *chatbot* dentro do AVA da instituição e limitações relacionadas a essas integrações, optou-se por alocar o *chatbot* em um *website* desenvolvido pela autora para esta tese, e o mesmo será apresentado no Capítulo 7.

4.6 Testes e Avaliações

Um teste de um *chatbot* educacional é diferente de um teste de um *chatbot* de viagem, a finalidade o objetivo do AC pode determinar o tipo de teste a ser realizado. *Chatbots* orientados a tarefas têm objetivos específicos para orientar o usuário em sua interação; os não orientados apenas visam estabelecer uma conversa com os usuários. *Chatbots* orientados a objetivos devem manter o usuário engajado e disposto a voltar para futuras interações. O teste a partir de humanos pode ser caro em questão de mão de obra, pode demorar mais que o previsto e ser uma tarefa bastante tediosa. Testes como a competição Loebner e o Teste de Turing são comuns para avaliar a funcionalidade de *chatbots* em manter uma conversa com um humano, mas

²⁴ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5_ecxwJxK5U.

ultrapassados. Outra possibilidade são as avaliações baseadas na *System Usability Scale* (SUS) ou baseadas em heurísticas como as de Nielsen (VASCONCELOS *et al.*, 2017).

Podemos considerar as heurísticas-padrão utilizadas para avaliação de sistemas como fatores de avaliação em ACs. Essas heurísticas foram definidas por Nielsen (1993), sendo elas: *Feedback*; Compatibilidade com o mundo real; Controle do usuário e liberdade; Consistências e padrões; Prevenção de Erros; Reconhecer ao invés de relembrar; Flexibilidade e eficiência do uso; Estética e design minimalista; Como o sistema ajuda o usuário a reconhecer, diagnosticar e corrigir erros; e Documentação do sistema.

Teixeira (2015) explica sobre a utilização da SUS. Ela é uma escala criada por John Brooke para avaliar a usabilidade de um sistema computacional, ajudando a avaliar sua efetividade e eficiência, e medir a satisfação do usuário. O ideal é que o teste do SUS, que é quantitativo, seja aplicado ao final de um teste qualitativo, após o usuário realizar determinado grupo de tarefas usando um *website* ou *App*. Nele são utilizadas 10 afirmações, que podem ser adaptadas conforme aplicação e são medidas através de uma escala *Likert* de cinco pontos, entre discordo e concordo com a afirmação.

Følstad e Skjuve (2019) enfatizam que um *chatbot* só mantém a relevância e o interesse do usuário se ele apresentar proposições de valor que o motivem a se envolver em repetidas interações, e isso é realizado através da consistência do sistema. O trabalho de Bosci *et al.* (2022) forneceu um conjunto de ferramentas que ajudam os *designers* de *chatbots* a considerarem as necessidades dos usuários finais e avaliar a sua satisfação com a interação humano-*chatbot* durante a fase formativa de desenvolvimento, sem considerar implicações mercadológicas que podem e devem ser integradas em fases posteriores. A pesquisa foi realizada considerando quatro fases: (i) Reexaminar atributos identificados anteriormente por Radziwill e Benton (2017) para identificar os atributos que os usuários finais podem usar direta e indiretamente para avaliar a interação; (ii) chegar em um consenso sobre a lista de atributos a partir de uma pesquisa online; (iii) expandir os atributos da lista e desenvolver uma lista de

“Itens” para o questionário, criando assim uma versão inicial da Escala de Usabilidade de *Bots* (EUB); e (iv) pilotar a versão inicial da escala EUB, explorando propriedades psicométricas para criar uma versão final baseada em *Usability Metric for User Experience* (UMUX) *lite*.

O trabalho de Vasconcelos *et al.* (2017) apresenta um *chatbot* capaz de coletar através de métricas indicadores de qualidade e satisfação do usuário em interações com outro *chatbot*. Ele simula várias interações com o agente, criando diálogos automáticos que se assemelham a interações reais e calculando automaticamente as métricas que estão relacionadas com a satisfação do usuário e com o desempenho geral do sistema. Essa avaliação leva em consideração: Tamanho médio de resposta; frequência de respostas e de palavras; número de respostas corretas; tempo médio de resposta sob percepção do usuário; atraso de resposta e percepção do usuário sobre conhecimento do agente.

A tese de Silveira (2022) apresenta o desenvolvimento de um *framework* com métricas de software para serem utilizadas na avaliação de *chatbots* educacionais a partir de um aplicativo denominado ChatAval. As categorias presentes no *framework* foram elaboradas através de métricas de avaliação de software da NBR-ISO IEC-25010 e métricas de trabalhos que utilizam avaliação em agentes conversacionais. O aplicativo tem como finalidade automatizar a definição de finalidades, métricas, categorias, avaliações e de apoiar a criação de um questionário para avaliação, a partir de indicadores resultantes das respostas, calculada automaticamente. Para verificar a qualidade, definição e conteúdo relacionado às métricas do aplicativo, também foram convidados especialistas na área. Para medir a eficácia do *App*, foram disponibilizados três agentes e realizado um estudo de campo com alunos do Curso Técnico em Informática para Internet do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC). Dessa forma, foi verificada a eficácia do sistema de pontuação em avaliação de agentes.

4.6.1 Mapas conceituais na avaliação de aprendizagem

Mapas conceituais também podem ser utilizados na avaliação de sistemas educacionais e neste caso de agentes. O foco não é utilizá-los para testes de usabilidade

do *chatbot*, mas sim quanto ao conteúdo. Esses mapas são diagramas de significados, de relações significativas e de hierarquias conceituais que podem ser utilizados para medir aprendizagem significativa. Podem ser utilizados ainda para mostrar as relações significativas entre conceitos ensinados em uma aula, unidade ou em um curso, por serem representações concisas. O aluno apresenta o seu mapa e, mesmo estando totalmente correto ou não, traz evidências de que está aprendendo significativamente o conteúdo (MOREIRA, 2005).

A avaliação da aprendizagem por meio de mapas conceituais representa uma abordagem pedagógica eficaz para mensurar o entendimento e a retenção de conhecimento dos alunos. De acordo com Caputo, Monterosso e Sorrentino (2022), o uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação permite verificar a compreensão dos estudantes, identificando processos ativos de aprendizagem e a aplicação do conhecimento adquirido em contextos específicos, em conformidade com a teoria da aprendizagem significativa. Além disso, por serem baseados em uma perspectiva construtivista, os mapas conceituais são eficazes na identificação de ideias criativas desenvolvidas pelos alunos.

Nesse contexto, De Souza e Boruchovitch (2010) explicam que conceitos são organizados em blocos, e as relações entre eles são apresentadas por linhas de ligação que agregam frases explicativas. As palavras que conectam os conceitos destacam o tipo de vínculo existente entre eles. Os autores também ressaltam que os mapas conceituais permitem, tanto aos professores quanto aos alunos, a identificação e a apropriação dos conceitos mais relevantes em um determinado contexto. Além disso, possibilitam verificar a assertividade das relações estabelecidas entre os conceitos e avaliar a qualidade das mudanças processadas na estrutura cognitiva do aluno (De SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010).

A respeito da análise dos mapas para avaliação, Moreira (2006) apresenta em seus estudos a perspectiva de que essa análise deve ser qualitativa e:

O professor, deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa ao invés de se preocupar atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno (MOREIRA, 2006, p. 8).

Correia, Silva e Junior (2010) observaram em sua pesquisa que os mapas conceituais estão sendo utilizados como instrumentos avaliativos em estudos de ensino e analisaram os resultados dessa adoção. Nesse sentido, os resultados indicam que, em comparação com a avaliação tradicional, os mapas potencializam uma aprendizagem mais significativa e relevante na estrutura cognitiva do aluno. Com isso, os alunos são incentivados a ter autonomia e uma postura mais participativa e reflexiva.

Queiroz e Bizarra (2021) realizaram uma revisão sistemática de trabalhos a respeito de mapas conceituais utilizados na avaliação de estudantes em disciplinas de Ciências como Química, Física e Biologia. Com o resultado obtido, indica-se a utilização dessas ferramentas na avaliação formativa, uma vez que, com os mapas, o docente pode identificar o conhecimento individual ou grupal dos discentes, bem como verificar a evolução, o raciocínio e apropriação de novos conhecimentos a partir das estruturas criadas nos mapas.

Sintetizando os resultados analisados nesses trabalhos, as vantagens de utilização de mapas conceituais para avaliação são:

- A. **Visualização da estrutura do conhecimento:** Através da organização hierárquica e interconexão de conceitos, os mapas revelam como o aluno estrutura e compreende o conteúdo abordado.
- B. **Identificação de lacunas e equívocos:** A análise dos mapas permite ao professor detectar falhas na compreensão e pontos que precisam ser revisitados, direcionando o processo de aprendizagem de forma personalizada.
- C. **Avaliação de habilidades complexas:** A criação de mapas conceituais exige processos cognitivos superiores, como análise, síntese, comparação e criatividade, possibilitando a avaliação do desenvolvimento dessas habilidades pelos alunos.

É importante destacar que é o professor responsável pelo conteúdo que detém o conhecimento para avaliar se o mapa está bem estruturado e se as associações realizadas pelos alunos respondem ou não ao objetivo da atividade. Algumas

ferramentas podem ser utilizadas para desenvolvimento desses mapas conceituais, sendo a mais comum o CmapTools²⁵. Outras ferramentas como: Mindomo²⁶, Figjam²⁷, Canva²⁸ e Mindmeister²⁹ também podem ser utilizadas. É válido também destacar ferramentas voltadas para a educação como o Vidya Network.

O Vidya Network é uma ferramenta educacional colaborativa que visa reforçar a aprendizagem de conceitos através de textos dissertativos, mapas conceituais e relações semânticas lexicais. Nela, é possível construir mapas conceituais educacionais pelos alunos (GRANDI, 2024), como os abordados no contexto deste trabalho. Essa ferramenta foi desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Informática na Educação (PGIE) e está disponível de maneira gratuita³⁰. O Vidya é utilizado para a avaliação deste trabalho, e, portanto, mais explicações são fornecidas na Seção 6.2.

Nesse sentido, utilizar mapas conceituais para avaliação da retenção de conhecimento obtido pelo aluno através das interações com um AC pode contribuir para que os professores entendam se os alunos conseguiram refletir ou melhorar algum conceito a partir da utilização do *Chatbot*.

4.7 Conclusão do Capítulo

Após serem apresentadas as teorias educacionais e de base relacionadas a este trabalho, foram exploradas, neste capítulo, as técnicas e ferramentas necessárias para as etapas de desenvolvimento prático do *chatbot* Magneton, incluindo suas possibilidades de integração, avaliação e validação.

Desse modo, primeiro foram apresentadas técnicas e características de *Design* de Experiência em *chatbots* que correspondem a como desenvolver as perguntas e respostas de forma a motivar e melhorar a interação com o usuário. Nesse sentido,

²⁵ CmapTools está disponível em: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>

²⁶ Mindomo está disponível em: <https://www.mindomo.com/pt/>

²⁷ Figjam está disponível em: <https://www.figma.com/figjam/>

²⁸ Canva está disponível em: <https://www.canva.com/>

²⁹ Mindmeister está disponível em: <https://www.mindmeister.com/pt>

³⁰ Vidya Network: <https://vidyanet.nuvem.ufrgs.br/>

como *feedbacks* são importantes para o contexto de aprendizagem e observação reflexiva, também foram estudadas formas de apresentação desses *feedbacks*. O *Design de Experiência* é peça fundamental na construção de uma boa interação entre o tutor virtual e o aluno.

Outro fator importante apresentado neste capítulo foram as técnicas de desenvolvimento de *chatbots*, aprofundando-se nas interfaces de desenvolvimento mais comuns utilizadas. Essas interfaces foram escolhidas como objeto de estudo devido a sua simplicidade e fácil replicabilidade. Foi escolhida, a partir de diversos estudos, a API do IBM Watson Assistant para desenvolvimento do Magnetom. Essa ferramenta permite a criação de intenções, entidades, diálogos e variáveis de contexto baseadas em técnicas de PLN para estruturação de uma conversa fluida e funcional. Foram apresentadas as vantagens da versão gratuita dessa API em comparação com outras. A partir do entendimento de como essa API funciona, também foram estudadas as técnicas de integração do *chatbot* com *Websites*, aplicativos e com o AVA Moodle.

Por fim, são apresentadas as técnicas para avaliação de *chatbots*. Primeiramente são apresentadas técnicas, como SUS, para avaliação dos aspectos de usabilidade e satisfação do usuário com o sistema. Em seguida, é apresentada a técnica de Mapas Conceituais para avaliação da ferramenta como um apoio à aprendizagem. Essas técnicas foram escolhidas para avaliar a performance do *chatbot* no contexto escolhido.

5 Desenvolvimento do Magneton

Neste capítulo serão apresentadas as etapas de desenvolvimento do protótipo de *chatbots* Magneton. Também é apresentado seu projeto e fluxo de conversa, desenvolvido de forma prévia à utilização da ferramenta IBM Watson Assistant. Um teste inicial foi desenvolvido e apresentado neste momento para situar o leitor nas técnicas aplicadas.

5.1 Etapas de Desenvolvimento

No Quadro 5 apresentam-se as etapas de desenvolvimento e integração do *chatbot* com o *website* que foi *linkado* no Moodle da disciplina em que ele foi aplicado. Conforme já mencionado, optou-se pela utilização do serviço Watson Assistant da empresa IBM. Além disso, optou-se pelo desenvolvimento de um *website* onde o agente foi agregado, e sua URL publicada no Moodle das disciplinas de Eletrônica Básica com a temática Circuitos Elétricos e com a temática de Eletromagnetismo de Faraday. Para adquirir o conhecimento necessário sobre as ferramentas utilizadas, foram realizadas pesquisas extras em plataformas como *Cognitive.ai*, Youtube e Médiun, além da utilização da documentação do serviço IBM Watson Assistant presente na própria plataforma e de *sites* externos com resolução de eventuais problemas. Para os primeiros testes, foi utilizado um experimento inicial disponibilizado em um repositório do *PHeT*³¹.

Quadro 5 - Planejamento de Desenvolvimento

Ideia Geral	Etapas de Desenvolvimento
Análise do problema e potenciais Soluções	<ul style="list-style-type: none">• Análise das ferramentas adequadas para a construção do <i>chatbot</i>, apresentadas anteriormente.
Definições de Personalidade e design do agente	<ul style="list-style-type: none">• Definições de nome e características sociais do <i>chatbot</i>;• Estudo sobre implementação dos princípios elencados do design;

³¹ PHeT é um repositório de laboratórios virtuais disponíveis de forma gratuita para uso educacional em diversos conteúdos em: <https://phet.colorado.edu/>.

Ideia Geral	Etapas de Desenvolvimento
Estrutura de diálogo preliminar do agente	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura inicial do planejamento do diálogo;
Esboço	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto inicial em esquema do que está sendo desenvolvido considerando os elementos fundamentais levantados; • Planejamento Inicial de integração com o Moodle.
Desenvolvimento do agente	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do agente e inclusão de conteúdo na base de dados; • Inclusão dos elementos elencados anteriormente para o <i>design</i>; • Testes de usabilidade de acordo com a inserção de novos elementos;
Integração do <i>chatbot</i> no <i>site</i> e <i>link</i> no Moodle	<ul style="list-style-type: none"> • Integração da ferramenta desenvolvida e inserção de seu <i>link</i> no AVA da disciplina; • Possíveis alterações na ferramenta;
Testes públicos para levantar problemas e melhorias e avaliação da finalidade	<ul style="list-style-type: none"> • Testes realizados com público-alvo para levantamento de problemas, melhorias, controle e inclusão de novos elementos à base. • Análise dos resultados/banco de dados.

Fonte: autoria própria.

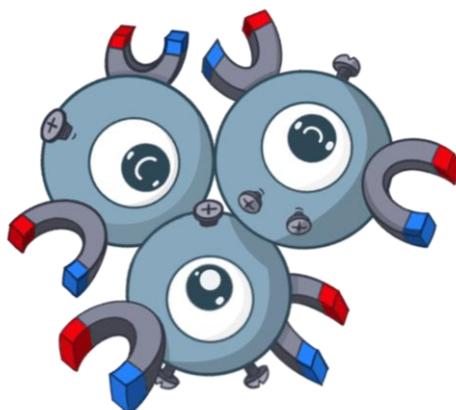
5.1.1 Definições de Personalidade e *Design* do agente

Algumas definições de personalidade do agente conversacional foram definidas inicialmente, de acordo com os princípios de *design* apresentados por Calado (2017), com a finalidade de desenvolver o conhecimento da base atribuindo essas definições em sua estruturação. Além das definições sobre conteúdo ao qual o agente conversacional é especialista, abordado no objetivo geral deste trabalho, foi definido um nome e um avatar que tivesse relação com o tema, de gênero neutro e que potencialmente chamasse a atenção do público-alvo. Assim, foi definido o nome Magneton.

Magneton é a evolução de um *Magnemite*. Ele é um Pokémon de gênero neutro constituído por três *Magnemites* que se ligaram, e utiliza poderosas ondas de rádio eletromagnéticas para estudar seus arredores (POKEMON, 2022). Nesta pesquisa, não

há a necessidade do aprofundamento de características e definições sobre os Pokémon, mas é importante entender que eles estão no imaginário de crianças, jovens e adultos, por fazer parte de uma franquia de jogos, *animes* e diversas outras mídias produzidas pela Nintendo. Por esse motivo, foi atribuído como nome e avatar ao agente conversacional desenvolvido por ter relação com eletromagnetismo e elétrica. A pedido da autora, foi desenvolvida uma ilustração para o avatar do *chatbot* pelo Designer de Produtos Laykor Gross, em 2024. O *design* foi baseado no projeto original da obra e desenvolvido com o aplicativo *Procreate*³². A Figura 10, ilustra uma imagem do avatar atualizado.

Figura 10 - Magneton Avatar.



Fonte: Desenvolvido por Gross (2024) para o projeto Magneton baseado em Pokémon (2022)

Outra definição é referente à linguagem de tratamento do agente. Por se tratar de um público-alvo jovem, foi utilizado em algumas respostas o recurso de *emojis e gifs* para demonstrar e reforçar emoções, sem perder o aspecto de robô e a seriedade em questões reflexivas. Além disso, logo no início da interação, há uma apresentação sobre quem ele é e a especialidade dele, e a utilização de textos e menus que guiam o

³² O Procreate é um aplicativo para Ipad para criação de ilustrações, pinturas e animações, através de ferramentas artísticas, camadas e vetores. O aplicativo está disponível em: <https://procreate.com/>.

estudante durante a interação para potencializar seus ganhos, sugerir caminhos e direcionar conversas para ações.

Para manter o fluxo de conversa de maneira amigável e próxima ao estudante, o agente conversacional também lembra do nome do usuário e de respostas importantes para a interação em variáveis de contexto e utiliza esses dados em momentos necessários. À medida que a base de conhecimento é expandida, também é atribuído, para cada pergunta, variedades de respostas que foram repassadas de forma randômica para que a interação ocorra de maneira distinta em cada momento de utilização.

Pelo fato de estar sendo considerada uma aplicação educacional, optou-se por utilizar textos de tamanho médio a longo, com um total de até cinco linhas por mensagem enviada pelo agente, quando necessário e possível para explicar determinados passos e conceitos. Uma frase de conceito referente a eletromagnetismo, por exemplo, poderia perder o sentido ao dividi-la em muitas partes. No entanto, sempre que possível, e para não comprometer o significado e o contexto, foram utilizadas frases curtas e estruturadas.

O planejamento de intenções de tratamento e *feedbacks* também foi realizado para que caso o agente conversacional não saiba responder uma dúvida específica ele dê uma devolutiva ao aluno de forma amigável considerando um possível contato por e-mail com o professor da disciplina.

A última definição de princípio elencada anteriormente não será atribuída em todos os momentos de interação. Por ser um agente com finalidade educacional e com o propósito de instigar reflexões, é importante que as interações sejam realizadas, independentemente de quantidade, para auxiliar o aluno de maneira completa. As perguntas de reflexão foram elaboradas em conjunto com o professor da disciplina, além da utilização e adaptação de atividades propostas alocadas em *sites* relacionados aos laboratórios utilizados e disponibilizadas no repositório do qual os recursos são obtidos. Neste ponto, é importante destacar que o papel do professor responsável pela turma é abastecer a base de conhecimento do *chatbot*, fornecendo perguntas, respostas

e conteúdos complementares sobre a temática. Além disso, o professor é extremamente importante no processo de avaliação do agente, sendo responsável por validar os mapas conceituais para verificar se houve ou não melhoria da aprendizagem com o uso do AC.

Algumas dessas questões são apresentadas na Seção 5.2 ao qual serão apresentados testes realizados no protótipo inicial desenvolvido. Somando essas definições com o conhecimento sobre a ferramenta, foi possível pensar na estrutura do agente conversacional. Com base na estrutura proposta por Samrose e Hoque (2022) e no trabalho de Moro (2019), na primeira etapa do projeto foram desenvolvidos os seguintes itens:

- (1) a estrutura de diálogo preliminar do agente; e**
- (2) um protótipo em imagem do sistema *chatbot* para esboço inicial.**

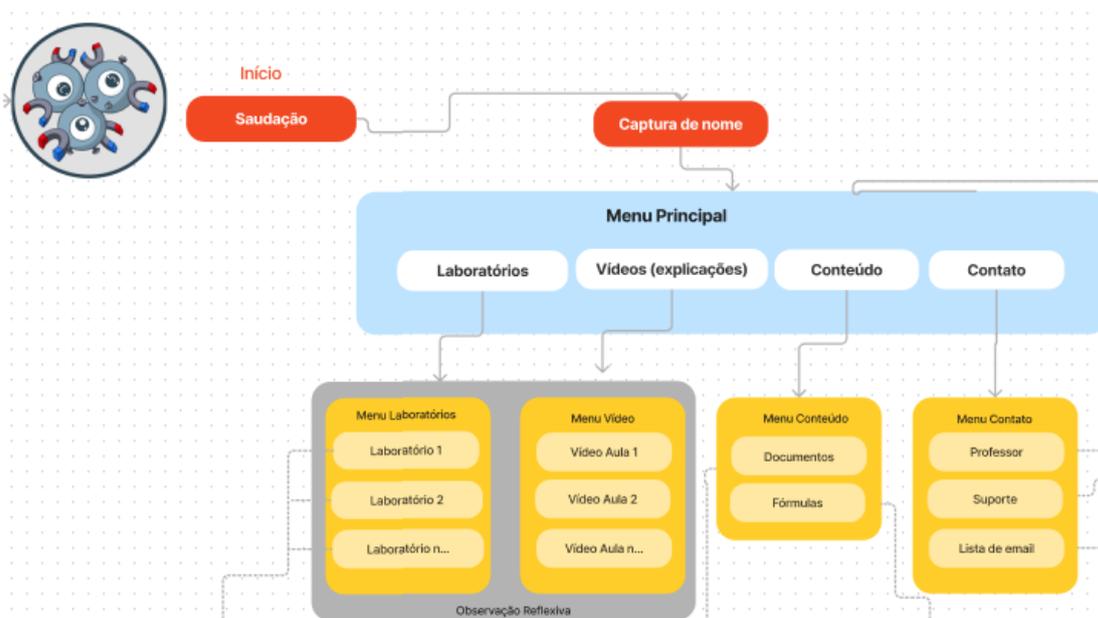
Assim, pode-se ter clareza sobre a estrutura de diálogo e o fluxo inicial, ao qual o agente teria ao conversar com o aluno e será apresentado nos tópicos a seguir.

5.1.2 Estrutura de Diálogo do Agente

Como mencionado anteriormente, o Watson Assistant trabalha com alguns itens como intenções, entidades, variáveis de contexto e ferramentas de diálogo, e são eles que atuam no fluxo de conversa. Para a utilização desses itens, no entanto, foi necessário planejar previamente uma estrutura de diálogo preliminar responsável para guiar o processo de desenvolvimento e compreender como esse fluxo funcionaria, quais itens deveriam ser utilizados, como e quando utilizá-los, quais recursos externos utilizar, entre outros componentes importantes para a construção do agente. A estrutura preliminar do Magnetom é apresentada nas Figuras 11, 12, 13 e 14, derivadas do esquema completo do diálogo. As imagens foram separadas para prover uma melhor

compreensão, visto que a imagem completa, com o nível de detalhamento necessário, não caberia em uma única página, mas todos os itens do esquema são apresentados³³.

Figura 11 - Estrutura do Fluxo de Conversa inicial do Magnetron.



Fonte: autoria própria.

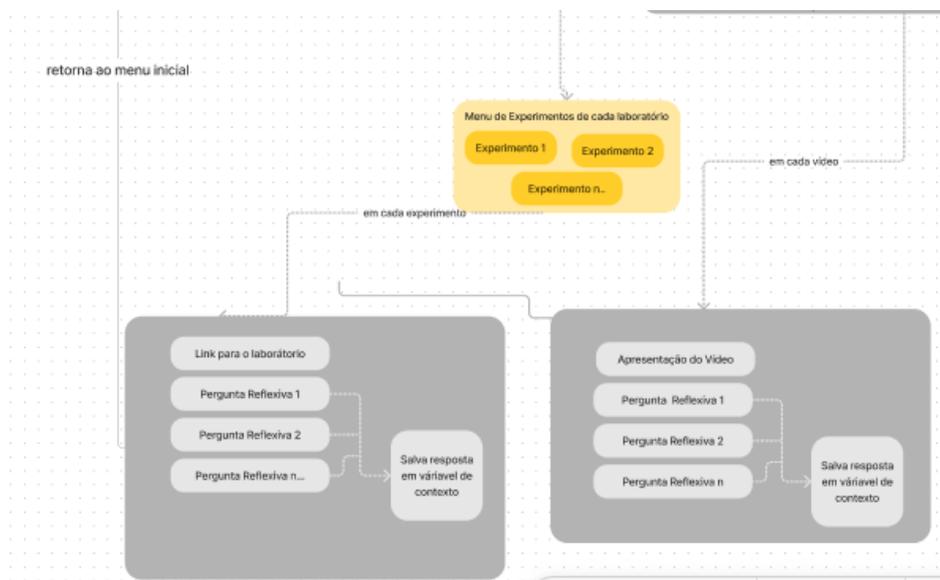
Na primeira imagem (Figura 11), pode-se visualizar o fluxo de conversa inicial. Para iniciar uma conversa, o Magnetron se apresenta como tutor especializado em algum conteúdo e envia uma saudação ao aluno, esperando uma resposta de saudação. Depois disso, pergunta o nome do aluno e salva-o em uma variável de contexto. Com o nome do aluno salvo, o agente pode usá-lo durante toda a interação. Depois disso, foi definido que o aluno seria convidado a navegar por um “menu principal”, para escolher uma das opções disponíveis, sendo elas: utilizar os laboratórios virtuais, visualizar vídeos explicativos sobre um determinado tópico, navegar pelo conteúdo e visualizar as opções de contato. A utilização de menu é possível através de entidades, em que a entrada do usuário é especificada por um valor de entidade para cada item. O menu principal é denominado “nó pai”, que possui “nós filhos” para a navegação em cada tópico. Isso quer dizer que, a partir do fluxo de conversa pelo menu, em cada

³³ O esquema completo, sem divisão, pode ser visualizado no link <https://www.figma.com/file/zAUpFhCee7trbii65kciV3/Prot%C3%B3tipo-Magnetron?node-id=0%3A1>.

item o agente é composto de um conteúdo único que leva a uma ação, como se fosse uma árvore que contém galhos e cada galho pode conter diversos ramos com folhas.

Se o aluno escolher a interação por "Laboratórios", por exemplo, o agente continua a interação e envia um novo menu em laboratórios, contendo cada laboratório virtual disponível alocado na disciplina. O mesmo ocorre caso ele escolha "Vídeos" no menu principal, sendo enviado ao aluno um menu contendo o nome de cada vídeo disponível, conforme escolhidos pelo professor da disciplina. Novos menus também são enviados a partir de "Conteúdo" e "Contato", o primeiro contendo acesso aos documentos da disciplina e a fórmulas físicas, e o segundo contendo acesso às opções de contato com o professor, com o suporte ou ainda com o envio de dúvidas por e-mail. É a partir dos menus de "Laboratórios" e "Vídeos" que ocorre a disponibilização de perguntas para que o aluno percorra a fase de observação reflexiva. A Figura 12, mostra o fluxo a partir desses menus.

Figura 12 - Estrutura do Fluxo de conversa do menu "laboratórios e vídeos".



Fonte: autoria própria.

A partir da escolha do laboratório virtual disponibilizado, o aluno recebe do agente, como resposta, a navegação por um novo menu contendo os experimentos disponíveis naquele laboratório. Ao acessar cada experimento, o aluno recebe o *link*

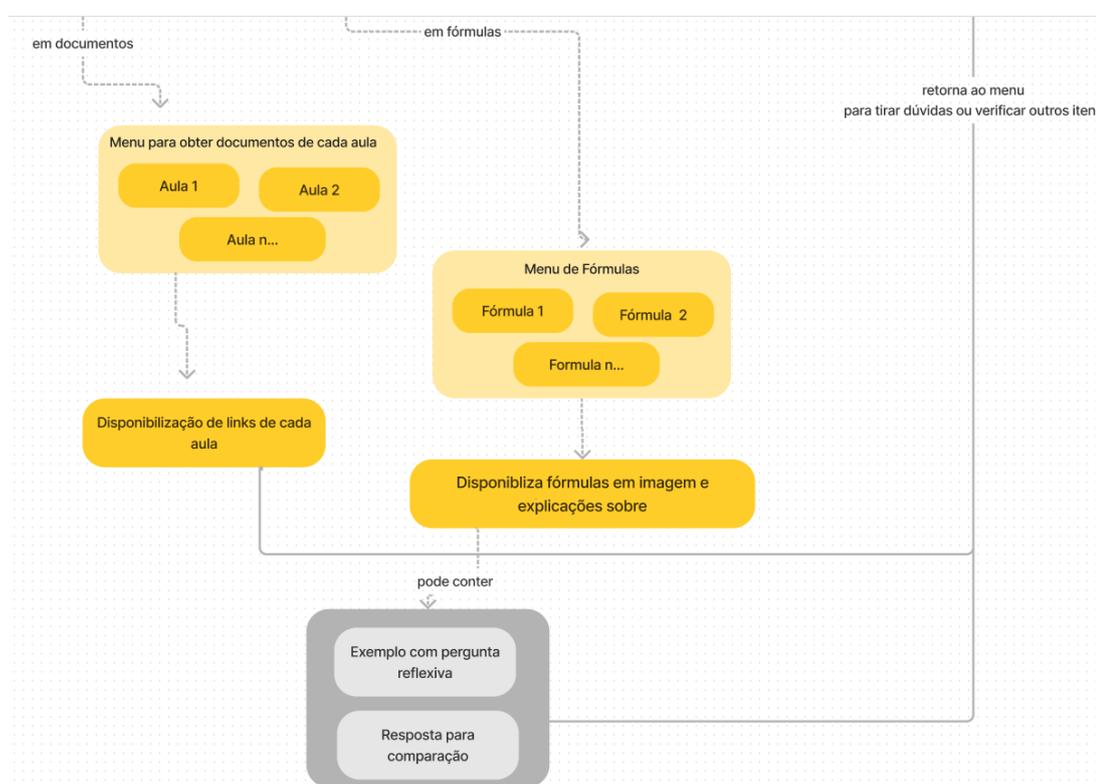
de acesso, caso não tenha feito a partir do *Moodle* ou *website*, e começa a receber perguntas que instigam sua reflexão sobre sua jornada naquele laboratório e conteúdo. Na imagem da Figura 12 podemos ver que cada experimento pode ter até “*n*” perguntas, aqui denominadas como “reflexivas”. Isso quer dizer que não há um limite exato para a quantidade de perguntas de cada experimento, então a cada nova necessidade pode-se adicionar novas perguntas e essa quantidade pode variar em cada experimento.

A cada resposta do aluno o agente faz uma nova pergunta, e salva a resposta em uma variável de contexto. Esse processo ocorre através de “nós filhos” do experimento, atribuídos como *true*. Isso quer dizer que cada componente de pergunta depende de uma resposta do usuário aluno para que outro componente da pergunta seja visualizado. Se ele não soube responder algo, ou ficou com dúvida em alguma questão, o aluno retorna para o nível anterior e selecionar a opção de menu “contato”, podendo encaminhar sua dúvida por e-mail ao professor da disciplina. Com a evolução e expansão da base de dados do agente com respostas e soluções apresentadas no esboço (Seção 5.1.3) é possível dar ao aluno um *feedback* se a resposta está “Correta” ou “Incorreta”. Um processo parecido ocorre com os “Vídeos”, a partir do menu de vídeos. É disponibilizado no próprio agente, o vídeo (desde que publicado no *Youtube*) contendo uma explicação para o tópico, que pode ser previamente elaborado pelo professor ou pode ser um vídeo de outros autores. A partir do vídeo escolhido o agente faz perguntas “reflexivas” variadas sobre o que o aluno está assistindo no vídeo. Uma nova pergunta é disponibilizada a partir da resposta do aluno para a pergunta anterior, que é salva em variáveis de contexto, até que a última pergunta seja realizada e o aluno possa definir seu próximo passo. Quem define as perguntas reflexivas que o agente conhece e as respostas corretas e erradas é o professor responsável pela disciplina, que tem um papel de colaborador conteudista nesse contexto.

A Figura 13 ilustra a interação a partir do menu de conteúdo. Percebe-se que, a partir dele, o aluno pode acessar um submenu para “Documentos” e um submenu para “Fórmulas”. Em documentos, apresenta-se como itens *slides*, *sites*, vídeos,

artigos, documentos em textos e outros elementos disponíveis para cada aula ou tópico disponibilizado pelo professor. Esse conteúdo pode ser obtido a partir do agente, caso o aluno deseje algum tipo de conteúdo extra. Esse conteúdo pode ser igual ao alocado no Moodle da disciplina ou pode ser um conteúdo extra a ser definido pelo professor. Em fórmulas, o aluno pode escolher acessar cada uma das fórmulas disponíveis e importantes no contexto. Ao acessar cada uma das fórmulas o aluno recebe uma imagem contendo a fórmula, um texto com a explicação de cada componente, e que pode conter um exemplo de utilização e uma pergunta reflexiva sobre o exemplo.

Figura 13 - Estrutura do Fluxo de Conversa do menu “conteúdo”.

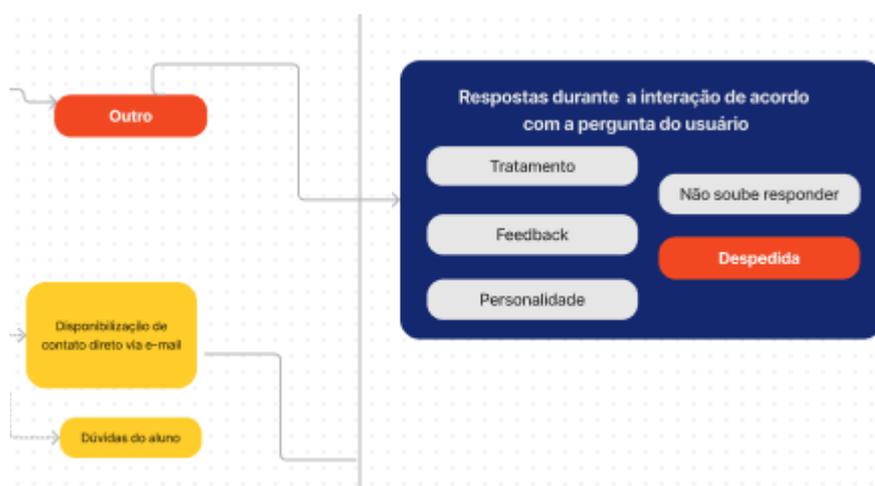


Fonte: autoria própria.

A Figura 14 apresenta o fluxo a partir do menu de “Contato”, que possui três alternativas para o usuário, como ilustrado na Figura 11. A primeira permite ao aluno entrar em contato direto via *e-mail* com o professor da disciplina. Para a estrutura inicial, o agente traz na sua resposta acoplado um *link* que permite abrir o *e-mail* direto na

interface de preferência do usuário, facilitando assim a interação aluno-professor. Caso ele escolha conversar com o suporte da ferramenta, também pode entrar em contato direto via *e-mail* a partir da segunda opção do menu. Em último caso, se acessar a terceira opção, o aluno pode enviar sua dúvida diretamente a partir do *chatbot* ao suporte, e quando o professor visualizar os *logs* de acesso, pode então responder ao aluno da forma como desejar.

Figura 14- Estrutura do Fluxo de Conversa do menu “contato” e “outro”.



Fonte: autoria própria

A Figura 14 também demonstra um quadro específico intitulado “Outro”, que consiste em uma opção de menu que pode conter outras funções atribuídas ao *chatbot* e que não necessariamente dependem do menu principal, sendo elas, atualmente, tratamento, *feedback*, personalidade, “não soube responder” e despedida.

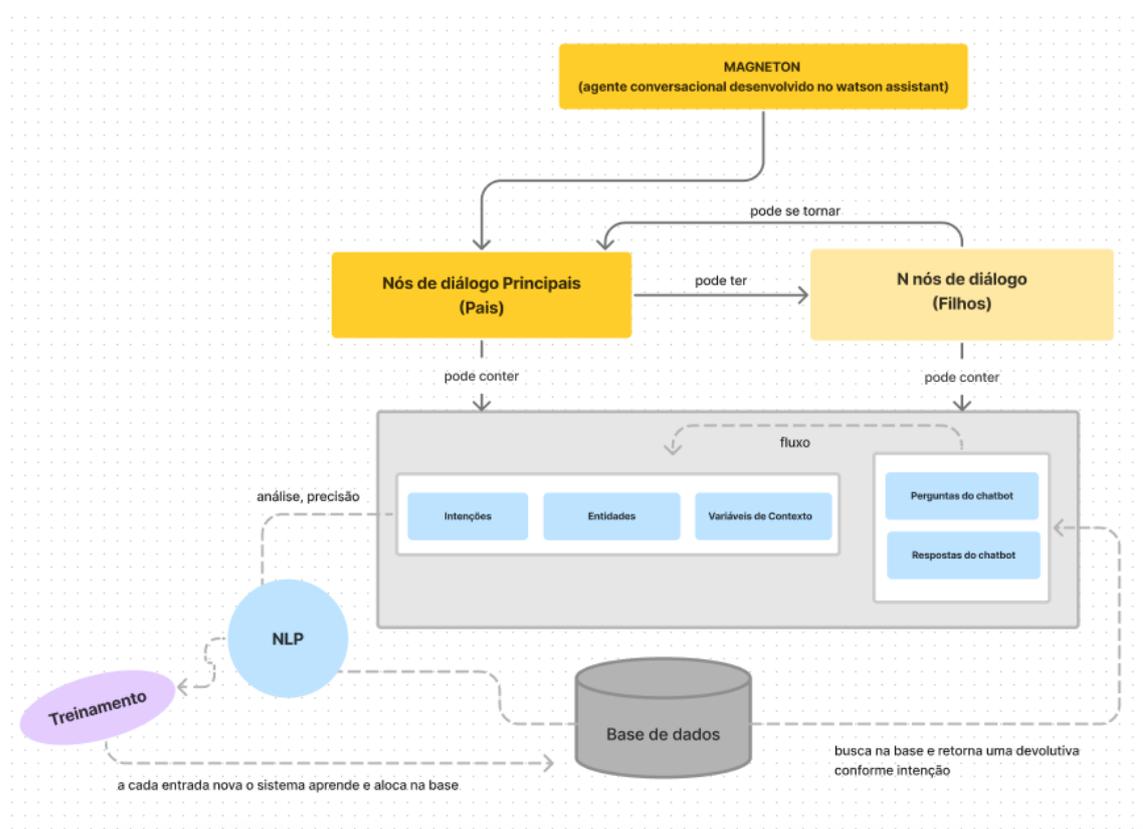
5.1.3 Esboço da arquitetura do *chatbot*

A arquitetura do Magnetron não foge muito dos padrões das aplicações desenvolvidas no Watson. Ele possui, em cada bloco, nós de diálogos principais que são chamados de “pais”, que podem ou não conter nós de diálogos secundários, que são chamados de “filhos”, como é o caso de “acesso” em menus.

Como apresentado na Figura 15, um nó principal pode conter respostas para intenções de usuário, utilização de entidades para respostas mais específicas e variáveis

de contexto que salvam informações relevantes do aluno. O agente realiza a análise das intenções do usuário ou a entrada de entidades, e analisa o conteúdo para responder com precisão. Caso a precisão seja compatível com alguma intenção ou entidade prevista na base, ele considera entregar ao usuário uma devolutiva. Caso não seja compatível, ele classifica a interação como irrelevante e encaminha ao usuário uma resposta com possíveis conteúdos relacionados presentes, oferecendo caminhos que levam ao usuário obter possíveis soluções.

Figura 15 - Esboço da arquitetura do *chatbot*.



Fonte: autoria própria

O que difere o Magnetron dos demais *chatbots*, além do conteúdo e estratégia de aprendizagem como base de desenvolvimento, é o fato de a devolutiva dele não ser apenas uma resposta, mas eventualmente também uma pergunta, que nesse caso é reflexiva ou um *feedback* indicando se determinada resposta dada pelo aluno está correta ou incorreta.

5.1.4 *Feedbacks*

Feedbacks são possíveis devido à lógica dos nós pais e filhos, além de variáveis de contexto. O sistema salva as entradas do usuário e analisa como intenção suas respostas. O Watson utiliza recursos de reconhecimento de texto para identificar intenções do usuário com uma precisão de classificação, quando existe um *match* acima de 70%, e isso ocorre pela comparação de palavras-chaves armazenadas em entidades e das intenções do usuário. No caso do agente, essas intenções não são apenas dúvidas, mas, sim, respostas a perguntas realizadas.

Quanto mais exemplos de respostas possíveis a uma pergunta forem alocadas na base de dados do agente, maior é a sua capacidade de reconhecimento em classificar se aquela resposta é correta ou não naquele contexto. Os valores de uma entidade podem receber as palavras e sinônimos que são necessários em uma resposta correta para a manipulação correta de informações. O armazenamento da resposta como intenção garante o contexto. Essa análise é feita a partir do nó filho de cada pergunta em que se pode ir logicamente por três caminhos (SE-ENTÃO-SENÃO).

Se o AC reconhecer a entrada como intenção de resposta da pergunta ou os valores de entidades que correspondem especificamente a palavras essenciais para que a resposta esteja correta, ele envia uma nova pergunta de sua base. Se o agente identificar a variável de contexto do usuário para aquela resposta diferente da intenção de resposta correta e pré-programada ou não encontrar valores de entidades específicas e intenções que são necessárias para a resposta correta, ele a classifica como errada ou não aceitável. Para garantir que uma resposta errada seja efetivamente considerada errada quando houver respostas corretas muito parecidas com ela, o que pode confundir o Watson, também é importante prever intenções possíveis de respostas erradas no banco do agente, garantindo que em determinado contexto uma resposta esteja realmente errada.

O tipo de lógica a ser usado depende da pergunta, da quantidade de respostas que garantem o nível de conhecimento do agente para que ele entenda determinado contexto e do quão parecidas possam ser duas respostas. O agente pode não acertar todas as classificações, mas tentará acertar ao máximo, caso possua conhecimento para

isso. Um exemplo disso é ilustrado nas Figuras 16, 17, 18 (a, b) e 19 (a, b, c). Nelas, usou-se como exemplo uma resposta para perguntas parecidas que possuem variáveis muito similares, porém uma está correta e a outra incorreta. Nesse caso é importante garantir que, além de detectar a resposta incorreta, ele verifique se o valor de “negativo” não está relacionado ao “polo Sul” no contexto. Por isso é importante utilizar entidades com um valor pré-definido de palavras ou frases como “*Polo Sul é negativo*”, “*polo sul negativo*” ou outros valores que correspondam à sinônimos dessas frases, garantindo que ele relacione o contexto das palavras.

Geralmente, usa-se apenas palavras e seus sinônimos como valores de entidades, mas como é necessário que a resposta contenha um conjunto de palavras para ser validada, no caso do agente desenvolvido, a solução foi utilizar as frases necessárias no contexto como valores.

Figura 16 - Banco teste de possíveis exemplos de respostas corretas

The image shows a screenshot of a test bank interface. At the top, there is a header "User examples (10) ↑". Below this, there is a list of 10 examples, each preceded by a checkbox. The examples are:

- Geralmente o polo Sul é denominado como sendo o negativo do ímã e o polo norte o positivo.
- norte é positivo e sul é negativo
- norte positivo
- o campo magnético está em volta do polo norte e do polo sul do ímã
- o polo sul de um ímã é negativo enquanto o polo norte é positivo
- o polo sul é negativo e o norte é positivo no campo magnético
- Os ímãs possuem dois pólos magnéticos, chamados de pólo norte e pólo sul
- polo norte é positivo e sul negativo
- polo sul é positivo
- sul negativo

At the bottom of the list, it says "Showing 1-10 of 10 examples".

Fonte: autoria própria

Figura 17 - Banco teste de possíveis exemplos de respostas incorretas

User examples (14) ↑

Geralmente o polo Sul é denominado como sendo o positivo do ímã e o polo norte o negativo.

ímã bobão

não relacionado com polos

no que foi observado o polo sul é positivo e o norte é negativo

norte é negativo e sul é positivo

norte negativo

o pólo norte e o sul de dois ímãs não se atraem

polo norte negativo e sul positivo

polo sul é positivo e norte é negativo no campo magnético

polo sul é positivo e norte negativo

polo sul positivo e polo norte negativo

sul positivo

transformador

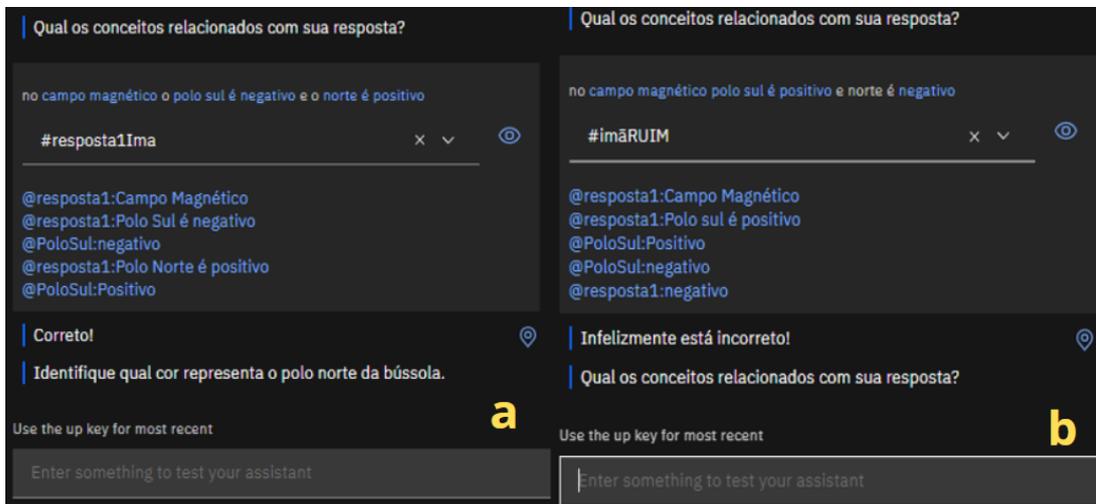
um ímã não tem polos

Showing 1–14 of 14 examples

Fonte: autoria própria

Na Figura 16 é apresentado um banco de respostas positivas. Na Figura 17, um banco para possíveis respostas incorretas. Nota-se, a partir da Figura 18 (a, b), que nenhuma das respostas de testes executadas no interpretador do Watson (sendo elas “*no campo magnético o polo sul é negativo e o norte é positivo*” e “*no campo magnético polo sul é positivo e norte é negativo*”) estavam presentes de forma similar no banco de respostas do agente, mas possuíam variações. Sendo assim, o agente conseguiu identificar em qual intenção melhor se encaixava a resposta. É válido ressaltar que, para o modelo final, foram verificadas formas de *feedback* corretivos em outros sistemas educacionais conhecidos, como o Duolingo, apresentadas no Capítulo 7.

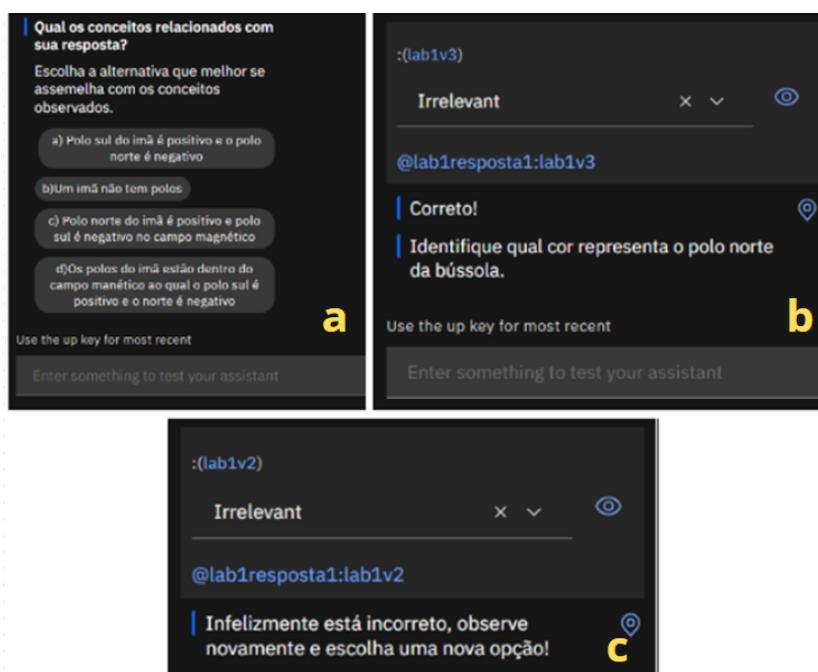
Figura 18 (a, b) - Testes de *feedback* correto e incorreto.



Fonte: autoria própria.

Outra alternativa é utilizada em casos em que, mesmo com a base ampliada, as perguntas complexas e difíceis para o *chatbot* interpretar acabam gerando incapacidade de reconhecer a resposta do aluno e classificá-la como correta ou não. Essa alternativa envolve oferecer opções de múltiplas escolhas ao aluno, em que ele deve escolher a que melhor se relaciona com o que foi observado. Isso é possibilitado através de um menu composto de valores de entidades. Cada pergunta tem sua própria entidade e caso o aluno escolha a resposta certa será levado à próxima pergunta, porém, caso não a escolha, ele retornará à pergunta anterior. Um exemplo é demonstrado na Figura 19 (a, b, c).

Figura 23 (a, b, c) - Testes de *feedback* para respostas múltiplas escolhas corretas e incorretas.



Fonte: autoria própria.

Nota-se que no exemplo a resposta correta é a alternativa “c”, armazenada no valor de entidade (@lab1v3). Quando o aluno escolhe essa alternativa, o agente retorna como correto e será atribuída nesse caso uma explicação mais ampla. No caso de o aluno escolher uma alternativa incorreta, como as armazenadas nos valores (@lab1v1; @lab1v2 e lab1v4), como ilustra o exemplo da imagem (c) ele recebe uma resposta de que está incorreto e que deverá observar novamente.

5.1.5 Esboço do planejamento da integração com o *website* e disponibilização do *link* no AVA

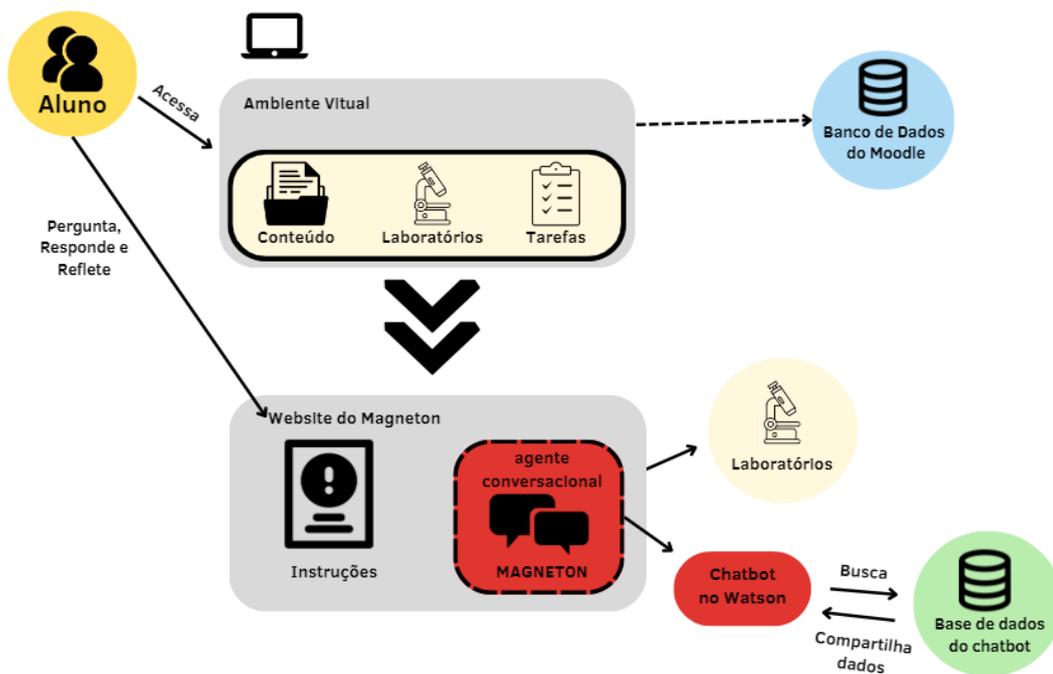
O Moodle é um ambiente com capacidade de armazenar diversos tipos de mídias e opções para apresentação de conteúdo. Na maioria das vezes, o ambiente é utilizado apenas como repositório. A alocação ou contribuição de um agente com o ambiente de *e-learning* da disciplina, seja integrado dentro do dele próprio ou em outra ferramenta, em forma de *link*, pode possibilitar dinamizar a interação, buscando melhorar o engajamento do aluno ou apresentar novos conceitos. O Magnetom é

disponibilizado através de um *link* em uma página do ambiente virtual da disciplina, para que rode em paralelo ao sistema. O Watson utiliza o servidor em nuvem da IBM para armazenar e manipular informações.

O Watson disponibiliza também um *widget* de *chat* que pode ser integrado no *site*, sendo possível configurar como e onde ele irá aparecer, e usar a temática para alinhá-lo ao *design* do *site*. Quando é criada essa integração, é gerado um código que chama um *script* escrito em JavaScript. Esse *script* chama uma única instância do assistente, sendo possível copiar e colar o elemento na página do *site*³⁴.

A Figura 20 apresenta o planejamento de integração do agente com o *website* que teve seu *link* disponibilizado no Ambiente Virtual da disciplina.

Figura 20 - Esboço do planejamento da integração com o *website*.



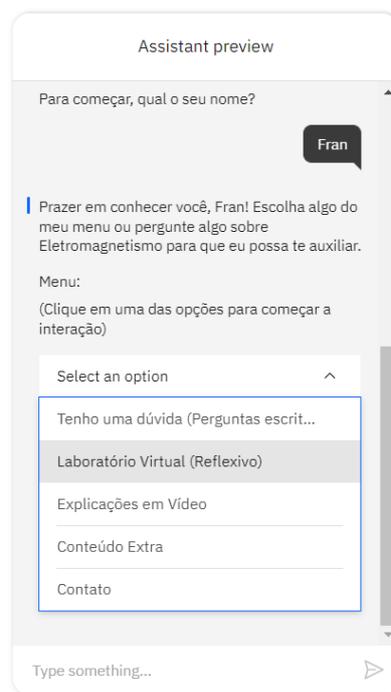
Fonte: autoria própria.

³⁴ Maiores detalhes em: <https://cloud.ibm.com/docs/assistant?topic=assistant-deploy-web-chat>.

5.2 Primeiros testes

As Figuras 21, 22 (a, b), 23 (a, b) e 24 (a, b) fazem parte dos primeiros testes para exemplificar os fluxos que foram realizados na ferramenta. É possível visualizar em forma de *preview de chat* disponibilizado na própria plataforma uma visão do usuário ao interagir com ela. Algumas coisas foram previamente estruturadas conforme visto anteriormente e replicadas dos esboços. Nos testes iniciais, os *feedbacks* ainda não estavam concluídos e existia uma opção a mais no menu inicial. Essa opção era “*Tenho uma dúvida*”, mas foi excluída da versão finalizada devido a uma confusão que o agente estava realizando com outros conteúdos, devido ao banco de dados não ser tão grande e específico.

Figura 21 - Exemplo do fluxo a partir do início da interação.

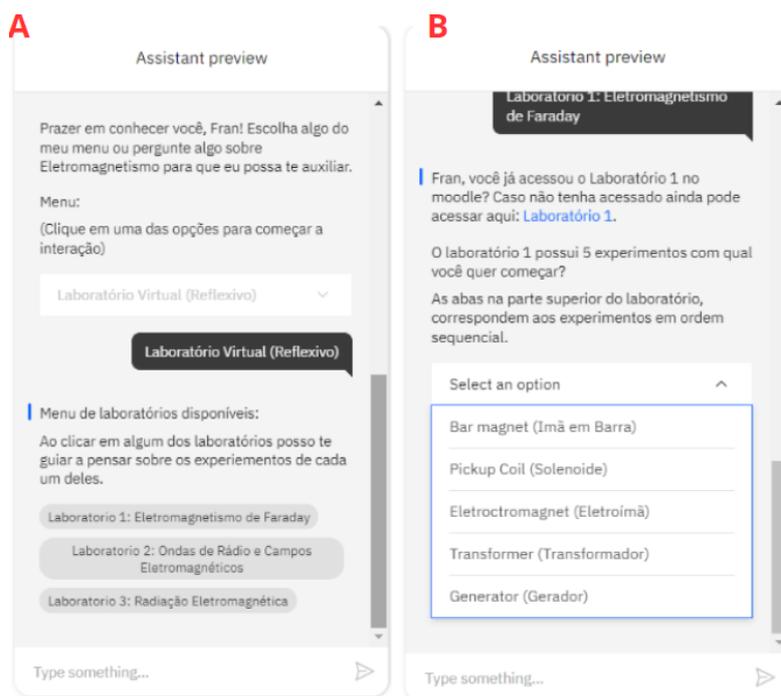


Fonte: autoria própria

A Figura 21 exemplifica o início de interação de usuário em que existe uma saudação, o armazenamento do nome em variável de contexto e o acesso ao menu principal. Para a realização de testes do agente, foi utilizado o Laboratório

Eletromagnetismo de Faraday, disponibilizado pela plataforma Phet³⁵. Ao escolher o Laboratório de Faraday, por exemplo, o MagneTon pergunta se o aluno acessou a ferramenta de forma preliminar e disponibiliza um *link* para o usuário acessá-lo, caso não o tenha feito. O aluno então é guiado a escolher um dos experimentos disponíveis para começar a interação com observação reflexiva, como ilustra Figura 22 (a, b).

Figura 22 (a, b) - Exemplo do fluxo a partir do menu laboratório.

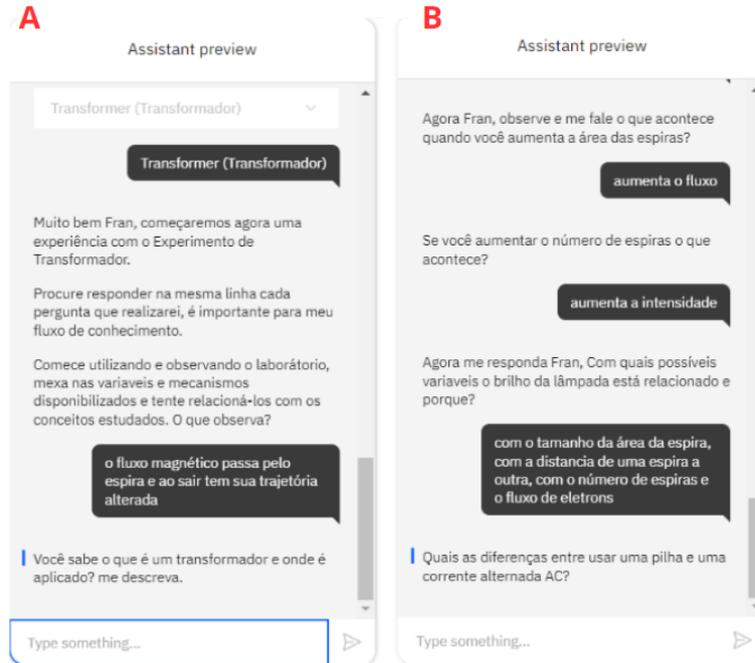


Fonte: autoria própria

Ao escolher o experimento de Transformador, por exemplo, o agente começa a indagar questões reflexivas enquanto o aluno faz a experimentação no laboratório por *link* externo (Figura 23 (a,b)). O objetivo é que o aluno possa atingir a observação reflexiva a partir da indagação do agente, da interação com o laboratório e dos conceitos estudados no material didático textual que o professor disponibilizou de forma *online* o *link* no AVA da disciplina. Para os testes iniciais, foi utilizado e adaptado um recurso de atividade do laboratório escolhido, disponibilizado no próprio repositório do *PHET* por um professor de Física (Anexo 1).

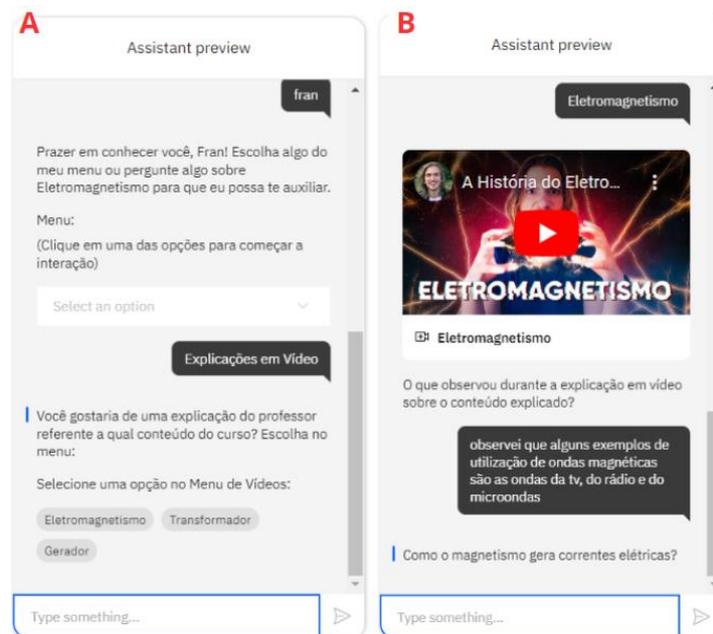
³⁵ <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday>.

Figura 23 (a, b) - Exemplo do fluxo de observação reflexiva.



Fonte: autoria própria

Figura 24 (a, b) - Exemplo do fluxo a partir do menu de vídeos.



Fonte: autoria própria

Um outro exemplo é a intervenção de perguntas reflexivas em vídeos. Na Figura 24 (a), o aluno escolhe no menu de vídeos a explicação sobre eletromagnetismo e o agente entrega o vídeo referente àquele conteúdo. À medida que o aluno vai assistindo ou já tiver assistido o vídeo, o *chatbot* lança uma pergunta e, a partir da resposta do aluno, o agente volta a indicá-lo para verificar as reflexões obtidas durante o processo de visualização desse vídeo. A Figura 24 (b) ilustra um exemplo dessa interação. No Capítulo 7 são apresentadas as instâncias desenvolvidas do agente final a partir do conteúdo alocado e correspondente à matéria do professor parceiro.

5.3 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o desenvolvimento inicial da ferramenta denominada Magneton. Primeiro, foram apresentadas as definições de *design* e decisões a respeito da personalidade do *chatbot*. Decisões a respeito de nome, estilo de interação, tamanho de mensagem, entre outras, foram tomadas para o planejamento do sistema.

Em seguida, foi desenvolvido um modelo de estrutura de diálogo preliminar do agente. O planejamento desenvolvido é importante para que o *chatbot* atenda às necessidades elencadas e para que o fluxo de diálogo seja coerente com essas necessidades. O planejamento foi realizado no Figjam³⁶, utilizando esquemas para ilustrar esses fluxos. A partir da estrutura de diálogo inicial, foi possível planejar a arquitetura interna do sistema, dos *feedbacks* e da integração do *chatbot* com o ambiente virtual disponibilizado para o aluno.

Por fim, foi possível desenvolver testes iniciais na ferramenta IBM Watson Assistant para ilustrar o fluxo de diálogo e arquitetura planejados de maneira prévia. Esses testes correspondiam a verificação do funcionamento do projeto, para posterior desenvolvimento final e aplicação com alunos.

As etapas realizadas são essenciais para que o projeto seja desenvolvido e entregue de uma melhor forma para o usuário. Possíveis alterações podem ser realizadas durante todo o projeto, mas ter um entendimento inicial de variáveis e do fluxo de diálogo desejável diminui o posterior retrabalho no funcionamento.

³⁶ Figjam está disponível em: <https://www.figma.com/figjam/>

Conteúdos podem ser alterados para diversas matérias utilizando a mesma estrutura, o que facilita muito a reutilização do projeto para além desta tese.

6 Estratégia Metodológica de Aplicação

Neste capítulo é apresentada a estratégia de planejamento adotada para a aplicação da versão final do *chatbot* e a intervenção correspondente. Nesta pesquisa, como já mencionado, foram selecionados como campo conceitual os tópicos de Eletromagnetismo na Eletrônica Básica e Eletromagnetismo de Faraday, ambos elaborados com a colaboração de professores de Física, um do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá – e um da Universidade Pedagógica de Maputo em Moçambique. Apenas o *chatbot* desenvolvido para Eletromagnetismo na Eletrônica Básica para os alunos do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá foi aplicado. A Estratégia Metodológica de Aplicação dele é explicada neste capítulo. Foram selecionados subconjuntos da área de conhecimento bem como laboratórios virtuais existentes para serem trabalhados de acordo com um modelo pedagógico definido pela equipe. Preliminarmente, foi estabelecido que seria utilizada uma estratégia de sala de aula invertida em conjunto com a de aprendizagem experiencial, realizada com laboratórios virtuais existentes, tais como os do projeto PHeT Interactive simulations³⁷ da Universidade de Colorado – Boulder – e simuladores como o *Falstad*, que já eram utilizados pelo professor da disciplina. O resultado e detalhes referentes a aplicação são apresentados a partir do Capítulo 7.

6.1 Estratégias de validação do trabalho, avaliação da pesquisa e seu resultado

Para a validação dos dados referentes à eficácia do *chatbot* e auxílio na atribuição de conhecimento por parte dos alunos, a estratégia de experimentação e avaliação do AC foi definida a partir das diretrizes para aplicação de agentes conversacionais pedagógicos, levantadas por Paschoal, Conte e Souza (2022), as quais são divididas em seis passos, descritos a seguir:

- Definição de Metas: Definir qual o objetivo de aplicação, como fazer etc.;
- Levantamento de Hipóteses: Definir quais hipóteses devem ser validadas;
- Seleção de Variáveis: Selecionar variáveis dependentes e independentes de causa e efeito.

³⁷ PHeT, disponível em <https://phet.colorado.edu/>.

- Seleção de Participantes: Definir qual o público-alvo de aplicação;
- Escolha do tipo do projeto: Atribuir quais as fases de aplicação e análise, fatores e tratamento;
- Objetos dos experimentos: Definir quais os instrumentos para a validação do experimento.

A partir dessas diretrizes pôde-se definir e projetar o método de aplicação que foi realizado pelo agente e validação dos dados com alunos. Nas subseções seguintes serão descritas as etapas de aplicação da pesquisa, de acordo com as diretrizes apresentadas.

6.1.1 Definição de Metas

Objetivo de aplicação 1: aplicação do agente desenvolvido com alunos tem como objetivo verificar se existe diferença na compreensão de conceitos com e sem a utilização do agente, além de identificar quais são as potenciais diferenças e se a ferramenta instiga o aluno a refletir sobre o processo de aprendizagem de maneira motivacional e ativa.

Objetivo de aplicação 2: aplicação do agente com os usuários-alvos para avaliar interação e experiência do usuário.

6.1.2 Levantamento de Hipóteses

As hipóteses que se busca validar são:

- a) O aluno compreende melhor os conceitos de eletromagnetismo para eletrônica básica: circuitos elétricos trabalhados no experimento virtual e torna-se capaz de realizar a observação reflexiva conforme previsto no Ciclo de Kolb (2014) com auxílio do agente desenvolvido;

H(A): AlunoComAgenteReflexivo \neq AlunoSemAgente

- b) O agente desenvolvido é consistente e possui os atributos necessários para ser considerado um bom agente em relação a experiência do usuário aluno;
- c) O agente desenvolvido mantém o aluno ativo, permitindo aumentar sua motivação e possibilitando um acompanhamento em tempo real.

6.1.3 Seleção de Variáveis

As variáveis independentes representam os fatores e tratamentos considerados na avaliação e utilizados para compreender os resultados. Nesta pesquisa, as variáveis independentes são:

1. Os alunos;
2. O agente;
3. O professor da disciplina;
4. A autora e sua pesquisa;
5. O autor da pesquisa Vidya Network³⁸;
6. O ambiente de aplicação;

As variáveis dependentes visam relatar os efeitos das variáveis independentes, ou seja, aquilo que é subjetivo. As principais variáveis dependentes são:

1. Observação Reflexiva do aluno a partir da experimentação em laboratórios virtuais, acessíveis de forma *online*, através do apoio do agente conversacional;
2. Conhecimento e Compreensão do Aluno de conceitos de eletromagnetismo e circuitos elétricos;
3. Satisfação do aluno utilizando o agente;
4. Eficácia do agente.

6.1.4 Seleção de Participantes

Para a validação das Hipóteses (a), (b) e (c), são considerados como público-alvo alunos do 1º Ano ou 2º Ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Eletromecânica do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá, na disciplina de Eletrônica Básica e Elétrica. É importante ressaltar que a avaliação do agente foi organizada em duas fases, uma de validação do instrumento (chamada de teste-piloto) e outra de avaliação final – ambas são melhor descritas na seção seguinte). O público-alvo das duas fases têm faixa-etária de 14 a 16 anos. Além dos alunos, os

³⁸ O Vidya (ferramenta avaliativa) foi desenvolvido pelo aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Roges Horácio Grandi. Roges auxiliou diretamente na aplicação dos experimentos.

participantes envolvidos nessa aplicação são: o professor da disciplina, a autora, o orientador da presente tese, o grupo de pesquisa do Vidya Network, além diretores e gestores da instituição.

6.1.5 Avaliação do agente

A avaliação envolve a análise das perguntas formuladas pelo agente para instigar a reflexão depois ou durante a experimentação, e elas são desenvolvidas ou escolhidas com a colaboração do professor especialista em Física e de colegas que atuam na área. Para a construção da estratégia, do fluxo dos diálogos e para validação da eficácia do agente resultante, é analisada a usabilidade do sistema, inicialmente com especialistas e depois com os alunos participantes. Foram estudados alguns instrumentos para avaliação de sistemas interativos e *chatbots* presentes na literatura, sendo eles:

- *AttrakDiff*: para medir qualidade hedônicas e pragmáticas;
- *Subjective Assessment of Speech System Interfaces (SASSI)*: para medir a satisfação do usuário com aprendizagem baseada em fala;
- *Speech User Interface Service Quality (SUIS)*: para medir a qualidade de interação do sistema;
- *Mean Opinion Scale (MOS-X)*: ferramenta de medição usada para avaliar a qualidade dos produtos sintéticos e do discurso;
- *Paradigm for Dialogue Evaluation System (PARADISE)*: é uma estrutura geral que envolve uma modelo para prever a satisfação do usuário e um usuário pesquisa de satisfação;
- *System Usability Scale (SUS)*: é o questionário mais conhecido e amplamente utilizado avaliar a usabilidade de sistemas interativos, como apresentado anteriormente;
- *TRINDI Tick-List* e *DISC Dialog Management Grid*: Para avaliar a capacidade de conversa da interface;
- Métodos desenvolvidos e apresentados por Vasconcelos (2017), Bosci *et al.* (2022), Silveira (2022) e Grandi (2024).

É importante destacar que, na literatura analisada, não foram encontradas avaliações confiáveis de *chatbots* que considerem o usuário final. Escalas confiáveis e curtas como a SUS podem e são usadas para garantir medidas comparáveis de satisfação do usuário, mas elas não foram desenvolvidas para considerar aspectos conversacionais que dizem respeito à interação do usuário com *chatbots* e devem ser consideradas primordiais, como, por exemplo, a capacidade do *chatbot* de se comunicar e manter o fluxo de diálogo de forma eficiente e eficaz (Bosci *et al.*, 2022). Por isso, é importante utilizá-las em conjunto com outras técnicas, como as que serão descritas nos experimentos realizados nesta tese.

A. Fase 1: Teste-piloto: teste de usabilidade com usuários alunos

Anteriormente, pensou-se em aplicar o agente com especialistas na área de TI para que eles analisassem aspectos de usabilidade do *chatbot*. Conversando com um especialista Sênior em Experiência do Usuário e um especialista Pleno da mesma área, atuantes em empresas, foi observado que seria interessante a nível da aplicação testar anteriormente com uma turma de alunos que já tivessem conhecimento sobre o tema para averiguar a acessibilidade do sistema. Surgiu então a oportunidade de realizar os testes com uma turma de alunos de 2º ano que tinham conhecimentos prévios sobre o conteúdo de circuitos elétricos, em dezembro de 2023. Notou-se ser mais proveitosa esta oportunidade, uma vez que além de realizar os testes os alunos poderiam enriquecer o banco de respostas do *chatbot* para a aplicação final, uma vez que tinham domínio sobre o conteúdo. Após testarem, os alunos responderam a um questionário baseado em SUS e, a partir dessas percepções da base e dos aspectos de usabilidade, o *chatbot* foi melhorado.

B. Fase 2: Aplicação final com alunos

Para avaliar o nível cognitivo dos alunos e se houve uma melhora significativa na etapa de Observação Reflexiva com a aplicação do *chatbot* instigando reflexão e atuando em cenário ativo (Hipótese a) são realizadas duas etapas de aplicação na fase 2. Nesse caso, são utilizados como avaliação qualitativa mapas conceituais sobre o tema abordado pelo professor, de Física de maneira *online*, um antes da aplicação do agente e um depois, mensurando assim sua evolução (essa mensuração é feita pelo professor).

A população-alvo foi constituída por alunos do ensino médio técnico integrado do IFSC - Campus Araranguá. Foram organizados dois grupos: um Experimental e um de Controle. Um mapa conceitual pré-teste foi realizado com os dois grupos. O desenvolvimento da unidade de aprendizagem envolve atividades realizadas fora de sala de aula (de acordo com a metodologia de sala de aula invertida e usando o ambiente virtual da disciplina como apoio) e aprendizagem experiencial usando laboratórios virtuais. Ambos os grupos realizam essas atividades. Após essa fase, o Grupo Experimental tem a oportunidade de interagir com o agente conversacional para realizar atividades tal como previstas na etapa de Observação Reflexiva do Ciclo de Kolb. O Grupo de Controle não tem acesso ao agente conversacional.

Na fase subsequente, os dois grupos são então solicitados a criar um mapa conceitual com os conceitos trabalhados na unidade de aprendizagem e suas interrelações. Nesse caso, o que se busca medir qualitativamente é se, com a presença do agente, os alunos que fizerem novos mapas evoluem e relacionam novos conceitos, aumentando, melhorando sua conceitualização ou reorganizando suas ideias a partir de suas reflexões. Nesse caso, é válido destacar que, por se tratar de uma atividade *online*, para o grupo experimental o banco de dados da ferramenta também é observado para esse fim, uma vez que pode ocorrer de nem todos os alunos engajarem-se em toda atividade.

Para essas etapas, usou-se, como já mencionado, a ferramenta Vidya Network³⁹. Com o apoio dessa ferramenta, que fornece relatórios detalhados das atividades dos alunos, pode-se analisar se existe o mínimo necessário para avaliação dos mapas de forma qualitativa com um melhoramento na compreensão de conceitos e na reflexão sobre o tema abordado depois da utilização do *chatbot*.

Ambos os grupos realizam um pós-teste e o Grupo Experimental responde a um questionário de avaliação da sua experiência de aprendizagem envolvendo o uso do agente conversacional. Perguntas sobre a usabilidade e satisfação também são disponibilizadas. Esse questionário é aplicado após a realização dos mapas

³⁹Link para a ferramenta: <http://vidyanet.nuvem.ufrgs.br/>

conceituais. É então aplicado um questionário simples baseado na metodologia de aplicação apresentada anteriormente, denominada SUS, adaptável para o contexto e análises pessoais com os alunos do Grupo Experimental. O Formulário é aplicado através da ferramenta Google Forms para investigar a satisfação dos alunos e suas expectativas com o uso da ferramenta, além de avaliar o sistema de forma quantitativa. Na aplicação foi utilizada a observação direta extensiva, com a utilização do questionário misto, incluindo perguntas dissertativas e de múltipla escolha com escala *Likert* para medir a efetividade do *chatbot* em termos de satisfação do usuário, fazendo assim uma análise qualitativa dos dados do questionário levando em consideração os *logs* do aluno no sistema.

Por fim, também é aplicada uma entrevista com o docente responsável para entender se na sua percepção houve reflexão e motivação por parte de seus estudantes e suas percepções quanto ao experimento.

6.2 Vidya Network como ferramenta Avaliativa

A ferramenta Vidya Network (Figura 25) é o produto de tese do aluno Roges Horácio Grande do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. É uma ferramenta educacional que visa um desenvolvimento cognitivo conceitual unificado utilizando textos dissertativos, mapas conceituais e relações semânticas lexicais (Vidya Network, 2024).

Abaixo são listados os motivos que levaram a escolha da ferramenta Vidya:

1. A ferramenta foi desenvolvida por um aluno do programa, ao qual demonstra uma integração e colaboração entre pós-graduandos;
2. A ferramenta foi desenvolvida para a área educacional, oferecendo métricas e possibilidades de construção de mapas conceituais de acordo com Novak;
3. A ferramenta possui um modo guiado e diversos tutoriais ricos sobre o uso e construção dos mapas, auxiliando o aluno no desenvolvimento.

Figura 25 - Vidya Network.

Buscar mapas

Show 10 entries Search:

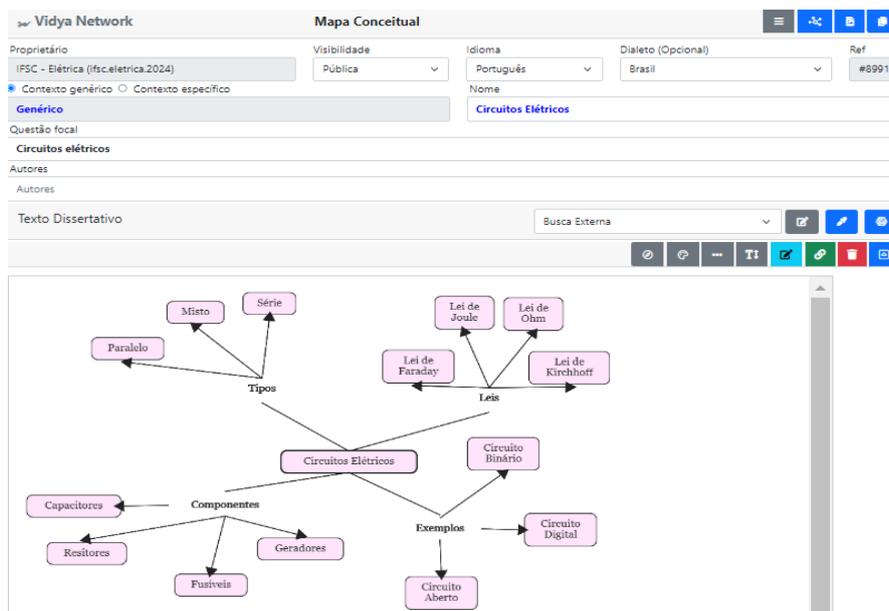
Nome	Contexto	Idioma	Dialetto	Proprietário	Qualidade Topológica
Circuito elétrico	Genérico	Português	Brasil	IFSC - Elétrica	100.0
Circuitos eletricos	Genérico	Português	Brasil	IFSC - Elétrica	99.0
Circuitos Elétricos	Genérico	Português	Brasil	IFSC - Elétrica	100.0
Lei de faraday 1	Genérico	Português	Moçambique	UPM-Eletromagnetismo-24	92.0

Showing 1 to 4 of 4 entries Previous 1 Next

Fonte: autoria própria.

No Vidya, os mapas podem estar visíveis para a turma ou privados. A Figura 26 apresenta a forma como são visualizados os mapas na ferramenta. Nesse caso, na página de construção do mapa temos o nome do proprietário, a visibilidade, o idioma e o dialeto utilizado, se é um contexto genérico ou específico, o nome do mapa e a questão focal proposta. O sistema ainda possibilita alguns recursos como utilização de textos para melhor compreender o processo de organização mental do mapa e o modo guiado para entender passo a passo o processo.

Figura 26 - Mapas na ferramenta



Fonte: autoria própria.

6.3 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada a estratégia metodológica de aplicação. Essa estratégia foi planejada conforme o trabalho de Paschoal, Conte e Souza (2022). Foi apresentada a definição de metas de aplicação, hipóteses a serem validadas, seleção de participantes, fases de aplicação e ferramentas utilizadas para validação do experimento realizado para avaliação deste *chatbot*. Uma boa estratégia permite que um experimento não seja perdido e que os resultados correspondam à realidade. Para isso, foi designada a realização de experimentos compostos por duas fases. A primeira sendo uma validação do *chatbot* com alunos a nível de satisfação e usabilidade. A segunda fase corresponde a validação do *chatbot* enquanto um companheiro na aprendizagem do aluno. Para a segunda fase, foi planejada a utilização de mapas conceituais para verificar melhorias na conceitualização e reflexão do aluno, análise do banco de dados e entrevista com o docente responsável. Por fim, são apresentadas as características e motivos de escolha da ferramenta Vidya Network como ferramenta de trabalho para os alunos desenvolverem os mapas conceituais avaliativos.

7 Teste-piloto e Versão final

Neste capítulo serão apresentadas duas instâncias desenvolvidas, uma para o conteúdo de Eletromagnetismo para Eletrônica Básica: Circuitos Elétricos e uma para o conteúdo de Eletromagnetismo de Faraday. Essas instâncias correspondem ao produto Magnetron com o conteúdo aplicado conforme planejado em conjunto com o professor da disciplina. No primeiro caso, foi desenvolvido um teste-piloto com alunos para verificar a eficácia inicial do agente e sua usabilidade. Assim, melhorias foram apontadas para obter-se um refinamento da ferramenta e melhorias para a versão final. Além disso, é apresentado a integração das duas instâncias do Magnetron em uma página *web* desenvolvida para alocação dos agentes.

7.1 Magnetron para ensino de Circuitos Elétricos

A instância do Magnetron para a disciplina de Eletrônica Básica, conteúdo de Circuitos Elétricos, foi desenvolvida em conjunto com o professor Eduardo Tocchetto do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá, sendo ele o professor conteudista do *chatbot* e professor responsável pela aplicação. Por decisão conjunta com o professor, optou-se por criar questões relacionadas com eletromagnetismo para eletrônica. O laboratório virtual escolhido consiste em simuladores de circuitos elétricos do *falstad*, anteriormente utilizado pelo professor em suas disciplinas. As perguntas e respostas para a fase de reflexão sobre os laboratórios e conteúdo do *chatbot* também foram idealizadas pelo professor e entregues via *Google Documents* (Anexo I) visando as principais dúvidas que os alunos têm em suas aulas.

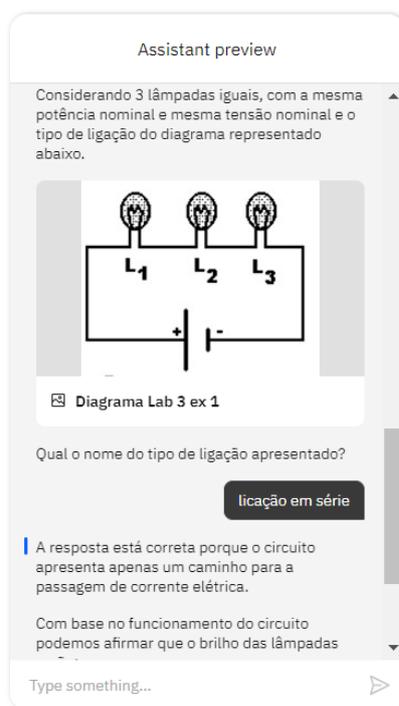
Sendo assim, foram formuladas pelo professor tanto respostas corretas como incorretas para que o agente fosse treinado e entendesse em que momento a interação com o aluno precisava de uma explicação reforçada e em que momento apenas aspectos de motivação poderiam ser aplicados.

Outros aspectos do teste inicial foram modificados à medida que o professor testava e contribuía com o conteúdo. Primeiramente, na versão inicial de testes, anterior à aplicação, como fluxo de diálogo havia sido planejada uma sessão de “dúvidas” em que o agente agiria como um *chatbot* de perguntas e respostas livres. À medida em que a base de dados de perguntas-respostas aumentou, foi verificado que

esse tipo de módulo confundiria as interações do *chatbot* do módulo reflexivo, primordial no agente e objeto de pesquisa, uma vez que algumas intenções seriam similares. Por esse motivo, optou-se por retirar essa opção do menu principal.

Foi então desenvolvido um protótipo com o conteúdo desenvolvido pelo professor para o teste-piloto. Esse protótipo teve como objetivo entender em que pontos de usabilidade eram necessárias melhorias para a versão final da aplicação. A Figura 27 apresenta o fluxo de conversa a partir da interação correta do aluno. Nota-se que, nesse caso, o aluno respondeu corretamente, embora sua interação tivesse erros de digitação. Podemos perceber que o *chatbot* informou que o aluno acertou e ofereceu uma explicação simples sobre o porquê daquele fenômeno.

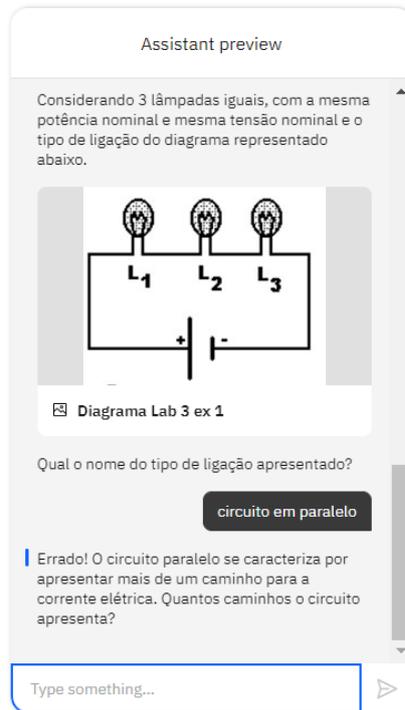
Figura 27 - Fluxo de conversa a partir da resposta correta.



Fonte: autoria própria

Se o aluno não responder corretamente, o Magnetom é capaz de oferecer a ele uma resposta adequada explicando o porquê de a mesma estar errada, como ilustra a Figura 28.

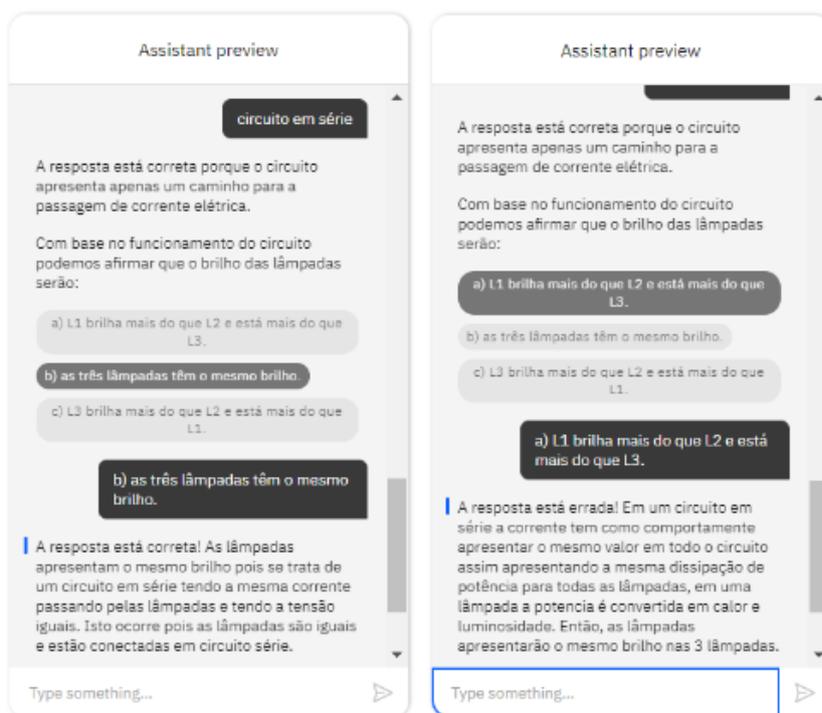
Figura 28 - Fluxo de conversa a partir da resposta errada.



Fonte: autoria própria

Ainda, nesse caso, o agente ainda é capaz de oferecer uma nova pergunta a partir da explicação, buscando a reflexão do aluno. Como anteriormente citado, quando as perguntas tinham respostas parecidas, corria-se o risco do *chatbot* interpretar alguma intenção do usuário de forma incorreta. Por esse motivo, algumas interações foram idealizadas como questões de múltipla-escolha, com opções corretas e incorretas, como apresentado na Figura 29. O fluxo de conversa seguiu a partir da escolha e o agente apresentou um caminho feliz e um caminho triste. Um caminho feliz quando o aluno responde de maneira correta ou neutra o agente, enquanto um caminho triste é quando o aluno responde de uma forma errada ou incompreensível.

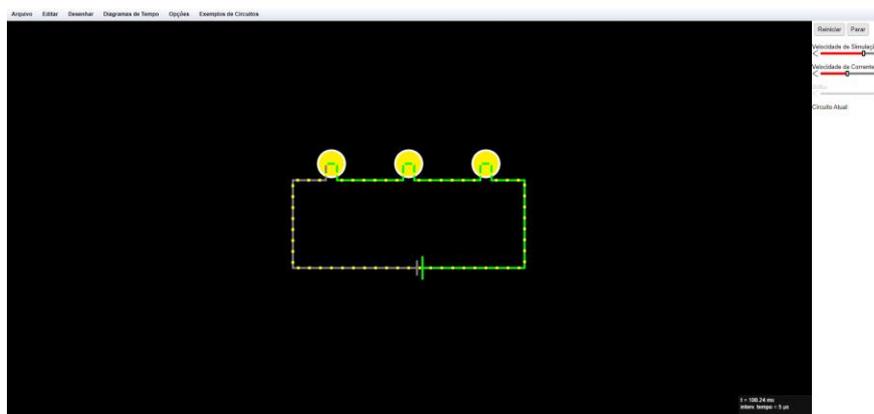
Figura 29 - Múltipla escolha



Fonte: autoria própria

A partir desse caminho, o agente solicita que o aluno volte ao simulador e reflita, comprovando o que pensou a partir do *falstad*. Um *link* direciona o aluno para a página ao qual ele poderia utilizar o laboratório. A Figura 30 apresenta uma imagem que representa um dos laboratórios contendo os simuladores utilizados na aplicação.

Figura 30 - Laboratório Virtual do *falstad*.



Fonte: autoria própria

Para fornecer aos estudantes e ao professor responsável pela disciplina instruções sobre como utilizar o *chatbot*, foi desenvolvido um material em PDF. Esse material continha *links* necessários para o acesso à aplicação, além de instruções de uso, *link* para o questionário avaliativo e a uma explicação de como utilizar o laboratório escolhido.

Esse conteúdo também foi disponibilizado, depois, no *website* da ferramenta, pois assim os alunos poderiam acessá-lo a qualquer momento sem fechar o *chatbot*. Esse material pode ser acessado em: <https://Magneton-site.vercel.app/instrucao.html>.

7.1.1 Aplicação do Teste-piloto

Para verificar a usabilidade, identificar eventuais problemas e aumentar a base de conhecimento do *chatbot* a respeito das respostas dos alunos na fase reflexiva, foi realizada uma aplicação do agente com 25 alunos do segundo ano do Ensino Médio Integrado da disciplina de Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, no mês de dezembro de 2023. Esta fase não teve como foco verificar a eficácia do *chatbot* enquanto tutor no aprendizado. Os alunos já tinham o conhecimento adequado sobre o conteúdo disponibilizado e puderam contribuir com correções, análises e sugestões. Com os resultados dessa fase, foi possível minimizar erros e melhorar a qualidade de resposta do agente.

Como mencionado anteriormente, no primeiro momento foi desenvolvido um material de apoio para o professor e alunos denominado “*Instruções para o uso da Ferramenta - Magneton*”. Esse material foi composto de instruções de como utilizar da melhor forma a função disponibilizada, incluindo ainda o *link* para o *preview* da ferramenta no Watson Assistant, o *link* para o formulário avaliativo a respeito da ferramenta e um *link* para o laboratório virtual utilizado.

O professor disponibilizou o material e o *link* para que os alunos pudessem dar suas contribuições e solicitou que eles interagissem com o *chatbot* e realizassem experimentos.

Após a intervenção, os alunos responderam a um questionário desenvolvido na plataforma Google Forms. Esse formulário era composto por “15 questões”, sendo 10

baseadas no *System Usability Scale* (SUS), e adaptável para o contexto e análises pessoais, e cinco eram questões complementares. Assim foi possível investigar a satisfação do aluno e expectativas com o uso da ferramenta e avaliar a usabilidade do sistema de forma quantitativa.

As perguntas foram divididas em dois blocos no questionário. O primeiro bloco corresponde às informações gerais de experiência, como nome, nível de conhecimento sobre o assunto, experiência geral e conhecimento adquirido de forma reflexiva. As quatro perguntas são apresentadas a seguir.

- **Bloco 1: Informações Gerais**

1. *Nome* - foi solicitado de forma textual para que pudessem ser analisadas as interações dos alunos com o *chatbot* (os nomes foram anonimizados nesta pesquisa);
2. *Qual seu nível de conhecimento sobre Chatbots?* - Neste caso, foi disponibilizada uma escala de 1 a 5, em que quanto mais próximo ao 1 os alunos “desconheciam totalmente” e mais próximo ao 5 os alunos “conheciam totalmente”.
3. *Como foi a sua experiência com o Magnetron?* - foi disponibilizada uma escala de 1 a 5, em que quanto mais próximo ao 1 os alunos “ficaram pouco satisfeitos” e mais próximo ao 5 os alunos “ficaram muito satisfeitos”.
4. *Conseguir refletir sobre os tópicos do conteúdo, utilizando o Magnetron como meu companheiro/tutor durante as atividades do Moodle* - Neste caso, foi disponibilizada uma escala de 1 a 5, em que quanto mais próximo ao 1 os alunos “Discordo Fortemente” e mais próximo ao 5 os alunos “Concordo Fortemente”.

O segundo bloco correspondia a perguntas relacionadas ao desempenho do *chatbot* e baseadas em quatro elementos da Escala SUS: Relevância, Atenção, Confiança e Satisfação. Foram propostas 10 questões que tinham como resposta uma escala *Likert* de 5 pontos, sendo 1 correspondente a “Discordo Fortemente” e 5 a “Concordo Fortemente”. Além disso, foram disponibilizados ao final do bloco duas

perguntas “discursivas”, livres, com intuito de verificar se os alunos tiveram que corrigir o AC durante a interação ou se tinham alguma sugestão para a ferramenta.

- **Bloco 2: Perguntas Baseadas na Escala SUS**

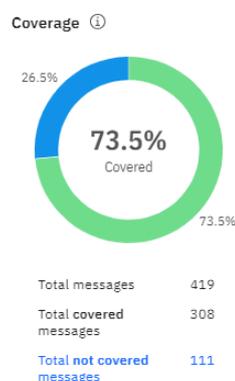
1. *Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência para meus estudos. (Satisfação e Relevância)*
2. *Eu acho o sistema complexo e pouco amigável (Atenção)*
3. *Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o chatbot (atenção)*
4. *O conteúdo da plataforma de chatbots é relevante para os meus interesses. (Relevância)*
5. *Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas. (relevância)*
6. *O conteúdo do Magneton está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía. (Relevância)*
7. *Foi fácil entender como o chatbot funciona e começar a utilizá-la como material de estudo. (Confiança)*
8. *Ao passar pelas etapas de interação com o Magneton senti confiança de que estava aprendendo. (Confiança)*
9. *Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o chatbot. (Satisfação)*
10. *O chatbot conseguiu me guiar, avançando na interação sem que eu realizasse grandes esforços. (Satisfação)*
11. *Você precisou corrigir o chatbots? se possível descreva esta situação.*
12. *Se tiver uma sugestão, por favor utilize este campo.*

Além dos questionários, foram analisados também os relatórios disponibilizados pela API do Watson. Além disso, foi possível analisar o banco de respostas e entender em que situações o *chatbot* não entregou uma resposta satisfatória e o porquê de isso ter acontecido. Com isso, foi possível treinar novas frases de intenção para melhorar a acurácia do Magneton.

7.1.2 Resultados do teste-piloto

A respeito dos resultados obtidos a partir do *analytics* da própria API do Watson Assistant, o *chatbot* conseguiu atender a 73.5% das interações (Figura 31). Apesar de 26,5% das intenções não serem reconhecidas, notou-se a partir da análise do banco de dados que, nesses casos, o *chatbot* conseguiu reconhecer a provável intenção a que pertencia determinada entrada, mas esse reconhecimento não foi acima de 75%, logo o agente não forneceu a resposta adequada, mas sim opções como “Você quis dizer:” com um menu com algumas opções.

Figura 31 - Mensagens cobertas pelo agente.



Fonte: autoria própria.

Um outro dado possível de se obter com o *analytics* do Watson é referente ao dia em que os alunos ou a maioria deles usaram o *chatbots*. Nesse caso, foi notado uso apenas entre os dias 12 e 13 de dezembro de 2023, dia em que o professor propôs a dinâmica.

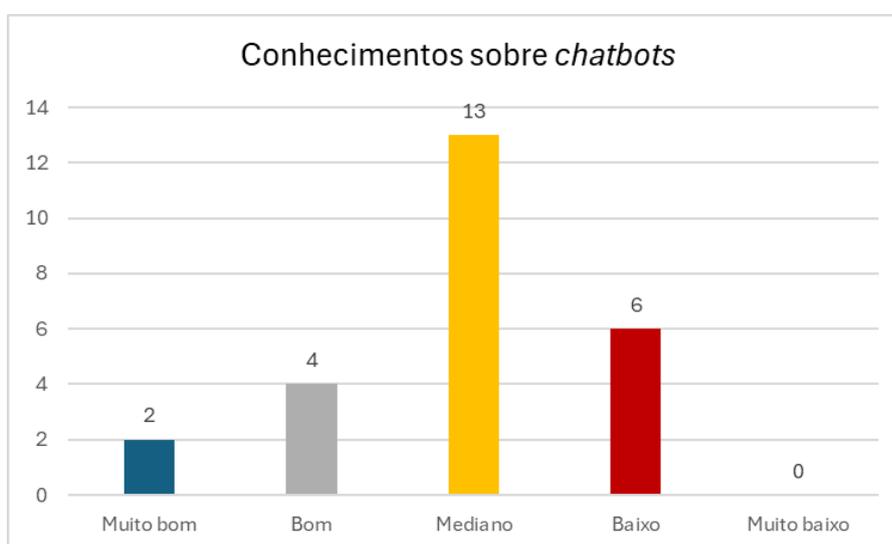
Em relação ao número de mensagens por conversa, foi possível obter que cerca de nove mensagens eram enviadas a cada conversa. Esse fato reflete um ponto positivo, uma vez que o *chatbot* guia o aluno para responder uma pergunta ao invés de obrigar o aluno a propor uma dúvida. De maneira semelhante ao que foi identificado na literatura (trabalhos relacionados), pode-se verificar que, mesmo tendo a companhia de um agente, os alunos não utilizam todo o seu potencial. O que geralmente acontece é o aluno realizar uma ou duas perguntas ao longo dos dias, caso tenha necessidade. Além disso, existe certa dificuldade em redigir perguntas, ao qual, pode-se considerar um certo “*medo*” de conversar com o agente.

7.1.3 Resultado dos questionários

Quanto ao questionário de usabilidade aplicado no teste-piloto, obteve-se ao todo 25 respostas, onde se verificou que todos os alunos que interagiram com o *chatbot* responderam o questionário. Os resultados são apresentados a seguir.

Quando indagados sobre o seu nível de conhecimento prévio a respeito de *chatbots*, 13 alunos responderam “*mediano*”, enquanto 4 consideraram “*bom*” e 2 “*muito bom*”. Seis alunos consideraram seus conhecimentos “*baixos*”. Esses números são apresentados no gráfico da Figura 32.

Figura 32 - Nível de conhecimento sobre *chatbots*.



Fonte: autoria própria.

Quando perguntados em termos gerais como foi a experiência com o Magnetron, 3 consideraram “*muito boa*”, 5 “*boa*”, 11 “*mediana*”, 4 “*ruim*” e 2 consideraram “*muito ruim*”. Quanto à reflexão sobre os tópicos do conteúdo, utilizando Magnetron como o companheiro, 12 alunos revelaram que refletiram sobre o conteúdo de alguma forma e 9 que refletiram “*mais ou menos*”. Além disso, 4 alunos não conseguiram obter reflexão no processo. A Figura 33 ilustra esse resultado.

Figura 33 - Reflexão com o uso do Magneton



Fonte: autoria própria.

Quanto às perguntas de usabilidade do teste-piloto do **Magneton**, nem todos os resultados foram positivos, o que foi importante para a melhoria da ferramenta para a próxima etapa de aplicação (Quadro 6). O teste de usabilidade foi ideal para entender os pontos fortes e fracos da ferramenta. Para aplicação, como mencionado anteriormente, algumas funções do sistema foram desabilitadas, focando-se apenas no uso do Magneton para apoiar a aprendizagem reflexiva através de *feedbacks* imediatos. É importante ressaltar que esta etapa foi importante para melhoria do agente proposto.

Quadro 6 - Perguntas avaliativas da ferramenta Teste-Piloto.

Quanto à pergunta	Quanto a resposta
Frequência de uso	<ul style="list-style-type: none"> • 10 usariam com frequência; • 6 não souberam como classificar; • 9 não usariam.
Complexo e pouco amigável	<ul style="list-style-type: none"> • 13 acharam o sistema fácil e amigável; • 6 não souberam como classificar; • 6 acharam o sistema complexo e pouco amigável.
Necessidade de ajuda para utilizar o sistema	<ul style="list-style-type: none"> • 12 consideram não precisar de ajuda; • 3 não souberam como classificar;

Quanto à pergunta	Quanto a resposta
	<ul style="list-style-type: none"> • 10 consideraram precisar de ajuda.
Conteúdo relevante aos interesses pessoais	<ul style="list-style-type: none"> • 9 consideraram relevantes; • 12 não souberam como classificar; • 4 consideraram irrelevantes.
Funções estavam bem integradas	<ul style="list-style-type: none"> • 9 consideraram bem integradas; • 8 não souberam como classificar; • 8 consideraram não tão bem integradas;
Conectado com conhecimentos prévios	<ul style="list-style-type: none"> • 19 concordaram; • 5 não souberam como classificar; • 1 não concordou.
Facilidade de entendimento quanto a material estudo	<ul style="list-style-type: none"> • 14 tiveram facilidade; • 7 consideraram nem fácil nem difícil; • 4 não consideraram fácil.
Confiança sobre o aprendizado	<ul style="list-style-type: none"> • 12 tiveram confiança; • 9 não souberam dizer; • 4 não se sentiram confiantes.
Satisfação por saber que terá como colocar na prática o que aprendeu com o sistema	<ul style="list-style-type: none"> • 12 consideraram que ficaram satisfeitos; • 11 não souberam responder, • 2 não ficaram satisfeitos.
Guiar o aluno sem esforços	<ul style="list-style-type: none"> • 13 consideraram o mecanismo satisfatório; • 4 ficaram em dúvida; • 8 não consideraram que o <i>chatbot</i> tenha conseguido guiá-los.

Em relação às questões discursivas, alguns pontos chamaram atenção, tais como: “Sim, ele não deixou eu responder pedindo para reformular diversas vezes”, “O *chatbot* não está aceitando a resposta na primeira pergunta com dois circuitos, mesmo a resposta sendo certa ou errada, o *chatbot* pede para a resposta ser reformulada.”. E cinco alunos comentaram que não precisaram corrigi-lo.

Quanto às sugestões, um tópico que chamou atenção foi a solicitação dos alunos por mais questões e quanto a clarificação das questões. Outros pontos mencionados tinham relação a deixar o *chatbot* um pouco mais casual, divertido ou com funções mais diversas, como funciona com o ChatGPT.

7.1.4 Alterações para aplicação final

Para a versão final, cinco elementos foram identificados e alterados, conforme possibilidade. Eles são descritos a seguir.

1. Aumento das intenções dos usuários a fim de minimizar erros:

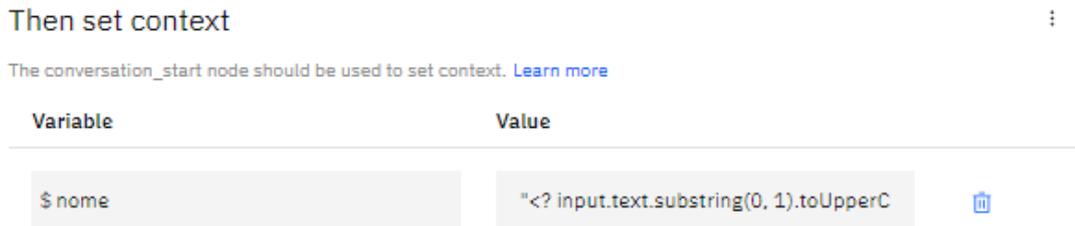
Como visto anteriormente, aumentou-se a base de dados a partir da consulta sobre as respostas fornecidas pelos alunos, aumentando assim a quantidade de intenções.

2. Salvamento em variáveis de contexto

Considerando a aplicação piloto da disciplina, algumas melhorias foram apontadas e foi feita uma avaliação do que deveria melhorar da aplicação inicial de teste para a aplicação real. A seguir são listadas as melhorias observadas e como esses erros foram solucionados e como as mudanças requeridas foram feitas.

Salvamento do nome como “*meu nome é <nome do aluno>*” e não apenas o nome. Infelizmente as variáveis de contexto utilizadas para salvar um determinado dado do usuário são alocadas como expressões regulares. Nesse contexto, para salvar determinado dado é necessário colocar no valor da variável de contexto a seguinte expressão: “<? input.text.substring(0, 1).toUpperCase() + input.text.substring(1) ?>”. Essa expressão pega o valor de entrada do usuário (*input*) e considera esse valor como inicial maiúscula, salvando-o dessa forma. Assim a entrada do usuário que será utilizada como parâmetro é dada em algumas respostas, como ilustra a Figura 34.

Figura 34 - Variáveis de Contexto.



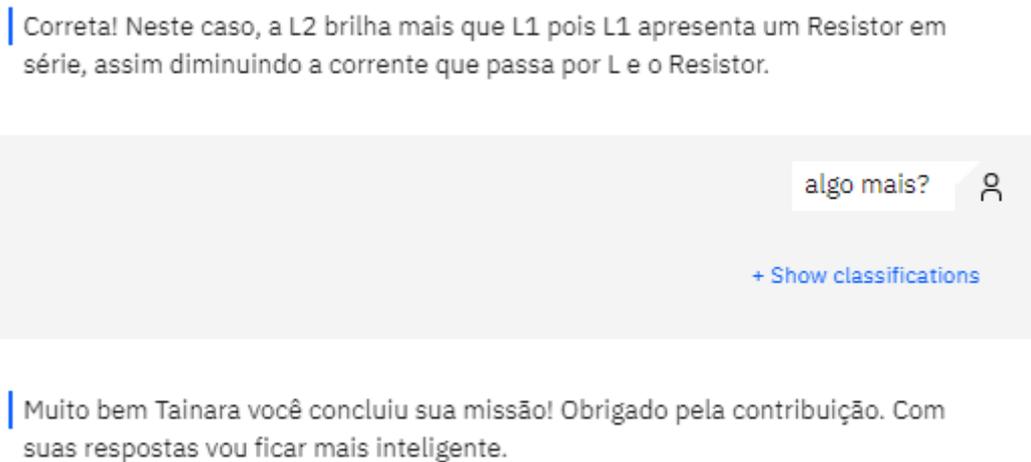
Fonte: autoria própria.

Buscando em *sites* e documentos, não existe uma maneira de salvar apenas o nome da pessoa na versão gratuita e portuguesa do Watson. Por esse motivo, optou-se por deixar claro para o usuário digitar apenas o nome inicial. Instruir o usuário não é algo ruim, sendo na verdade uma das recomendações de boas práticas na construção de *chatbots* que eles consigam convidar o usuário para uma ação, direcionando a interação, como mencionado anteriormente, conforme Calado (2019).

3. Aumento de perguntas interativas na base de conhecimento do chatbot

Alguns alunos sugeriram aumentar o número de perguntas e respostas ao qual o Magnetom tinha conhecimento (Figura 35). Como a ideia é não focar em uma aplicação muito longa para que os estudantes utilizem o agente, refletindo sobre o que estão observando, pelo menos neste momento, o número de perguntas foi desenvolvido considerando as solicitações do professor da disciplina. Para melhor atender esse aspecto e considerando as sugestões dos estudantes, em conversa com o professor, definiu-se aumentar um pouco o banco de perguntas, além de incluir o resto do conteúdo já programado na aplicação final.

Figura 35- Aumento da base de conhecimento.



Fonte: autoria própria

4. *Maior interação social*

Alguns estudantes relataram a necessidade de mais interações sociais ou de aspectos motivacionais, inclusive tendo mais mecanismos como os que possuem os *chatbots* generativos, sendo citado o *chatgpt*. Nesse sentido, como a intenção da interação é a reflexão do conteúdo explorado, é importante deixar claro que mecanismos como as IAs generativas poderiam dispersar a atenção do usuário ao invés de guiá-los. Portanto, para melhorar alguns aspectos sociais de interação foi pensado na inclusão de *gifs* públicos da internet, populares entre estudantes, integrando as respostas. Este trabalho não tem interações individuais com cada estudante, como característica apresentada por Song, Oh e Rice (2017), mas busca melhorar as interações e personalizá-las conforme o aluno caminha pelos experimentos.

5. *Reformulações de algumas questões e guias de navegação*

Algumas questões foram reformuladas a fim de melhor guiar os usuários pela experiência proposta. Nesse caso, para cada pergunta foram utilizadas explicações do que o usuário deveria fazer de forma explícita. Por exemplo, quando solicitado o *link* do que o aluno realizou no *falstad*, o *chatbot* explicita qual o passo naquela ação (Figura 36).

Figura 36- Enunciado reformulado para melhor atender o aluno.

A resposta está correta! As lâmpadas apresentam o mesmo brilho pois se trata de um circuito em série tendo a mesma corrente passando pelas lâmpadas e tendo a tensão iguais. Isto ocorre pois as lâmpadas são iguais e estão conectadas em circuito série.

Agora que você observou o circuito e entendeu as questões, tente comprovar as situação aqui apresentadas utilizando o [Simulador](#) (Clique na palavra "simulador" para ir para a página). Não esqueça de refletir sobre os tópicos apresentados.

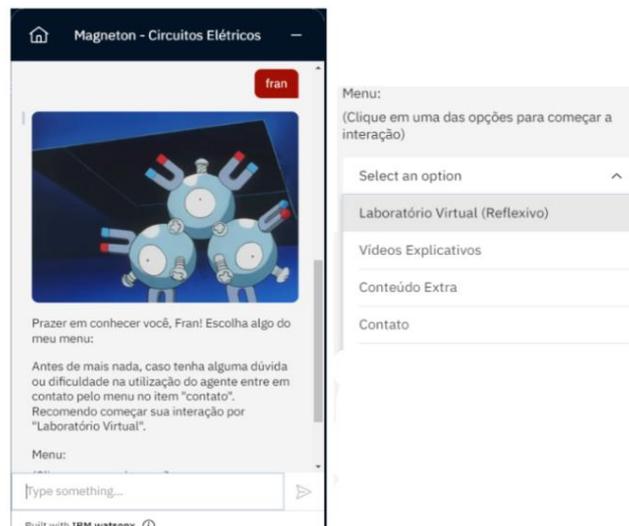
Fonte: autoria própria.

A partir dessas alterações foi possível ter como resultado uma nova versão do *chatbot* Magneton, que é descrita a seguir.

7.1.5 Magneton para circuitos elétricos versão final

A partir do teste-piloto foram adicionados *gifs* na interação inicial a partir do nome do aluno para deixar a interação mais amigável. Logo em seguida, é possível acessar o menu principal e escolher que tipo de informação se deseja acessar, como indica Figura 37. Com os princípios elencados na Seção 4.3, foi possível estruturar melhores respostas do *chatbot* para os alunos, em detrimento dos testes iniciais, a fim de motivá-los a proporcionar uma maior reflexão.

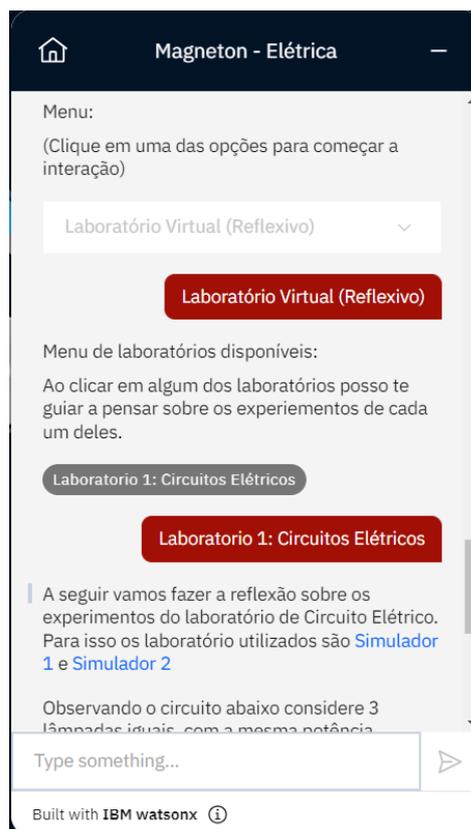
Figura 37 - Fluxo final a partir do menu inicial.



Fonte: autoria própria.

Se o aluno optar por entrar em Laboratório Virtual (Reflexivo), ele terá acesso ao laboratório de Circuitos Elétricos e poderá abrir os laboratórios “Simulador 1” e “Simulador 2” em uma nova aba no navegador, a partir da própria interação para que consiga responder as perguntas enquanto utiliza o laboratório (Figura 38).

Figura 38 - Acesso aos laboratórios.



Fonte: autoria própria.

Ao realizar essas ações, as perguntas começam a ser disponibilizadas à medida que o aluno vai respondendo. Nesse caso, além do laboratório, o aluno é provocado a refletir sobre a imagem que compõe a questão. Na Figura 39 é possível notar diversos tipos de respostas e *feedbacks* diferentes a partir da interação. A primeira resposta está correta, portanto, além de reforçar que o aluno foi bem, o agente reforça a resposta correta. Se o aluno errar, o agente oferece uma resposta gentil com a explicação correta e nesse caso uma nova pergunta sobre a mesma reflexão. Se o aluno responde “Não

sei”, além da resposta o aluno recebe alguns materiais para conseguir ler e conseguir refletir como vídeos de experimentos, *sites* etc.

Figura 39 - *Feedbacks* Correto, Incorreto e para outras respostas.

The image shows a mobile application interface for 'Magnetron - Circuitos Elétricos'. The main screen displays a circuit diagram with three light bulbs labeled L1, L2, and L3 connected in a parallel configuration to a battery. Below the diagram, there is a question: 'Caso não saiba a resposta digite "Não sei"'. The interface also shows a search bar and a 'type something...' input field. To the right, there are three feedback panels: 'Resposta Correta' (Correct Answer) with a 'circuito em série' button, 'Resposta Errada' (Incorrect Answer) with a 'circuito paralelo' button, and 'Outras Respostas' (Other Answers) with a 'não sei' button. The 'Outras Respostas' panel also includes a recommendation for a website: '1. Site: Associação de Resistores'.

Pergunta

Resposta Correta

circuito em série

Muito bem, a resposta está correta! Isso ocorre porque o circuito apresenta apenas um caminho para a passagem de corrente elétrica.

Com base no funcionamento do circuito que você observou, é possível afirmar como ficará o brilho das lâmpadas. Qual alternativa você acredita ser a correta?

Resposta Errada

circuito paralelo

Infelizmente não está correto, mas não desista! Vou te explicar, o circuito paralelo se caracteriza por apresentar mais de um caminho para a corrente elétrica.

Quanto caminhos o circuito apresenta? (Caso não saiba a resposta digite "Não sei")

Outras Respostas

Agora que você observou, você consegue me dizer qual é o nome do tipo de ligação apresentado?

não sei

Ok, as vezes não sabemos algumas mesmo. O nome do tipo de ligação é circuito em série!

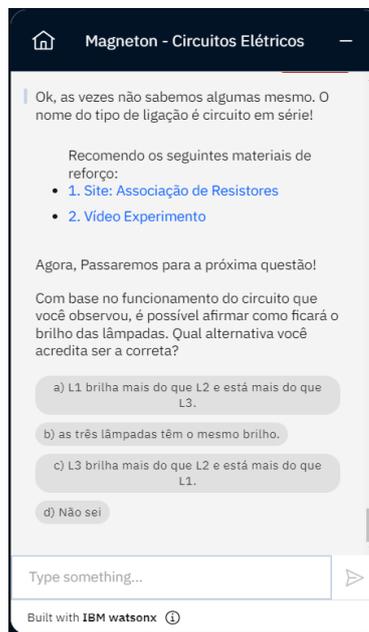
Recomendo os seguintes materiais de reforço:

- 1. Site: Associação de Resistores

Fonte: autoria própria.

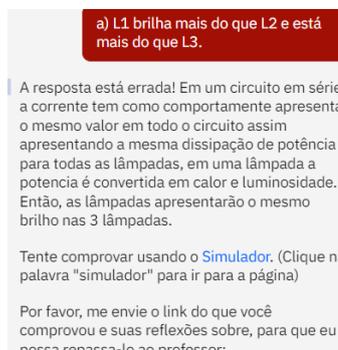
O recurso de menu foi utilizado para a criação de perguntas alternativas quando houver necessidade. No caso desta aplicação, apenas uma pergunta foi realizada de forma alternativa, que foi a questão 1.2, como podemos visualizar na Figura 40. Respostas são oferecidas como opções para que os alunos assinalem a que melhor tem relação com sua reflexão.

Figura 40- Perguntas Múltipla-Escolha.



Fonte: autoria própria.

Figura 41 - Resposta da pergunta múltipla-escolha.



Fonte: autoria própria.

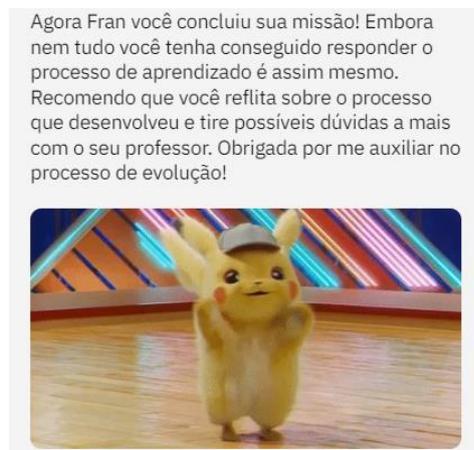
Como esperado, o agente entrega uma resposta de acordo com a alternativa escolhida. No caso da questão 1, o professor solicitou que o aluno pudesse disponibilizar o experimento a partir de comprovação via *link*. O agente então solicita um *link* que fica salvo em uma variável de contexto e depois é disponibilizado ao professor da disciplina (Figura 41). Esse processo garante também que o aluno utilizou os laboratórios e isso é possível porque o *falstad* possui uma função de exportar como *link*. Nesta etapa, algumas instruções foram previamente disponibilizadas e reforçadas

no site do Magneton para que o aluno soubesse exportar esses *links* de forma curta e correta.

As interações continuam a partir do *link* disponibilizado. É possível verificar que com a aplicação do teste-piloto foi necessário melhorar as frases de *feedback* e de interação do *chatbot*.

O usuário precisa completar o percurso para voltar ao menu principal (Figura 42). Como é um experimento, é importante que o usuário responda todas as questões para que de fato reflita sobre o conteúdo apresentado. Todas as perguntas foram pensadas pelo professor para funcionarem juntas. Por esse motivo, optou-se por colocar a opção de “Não Sei”. Assim, caso o usuário não saiba alguma questão, não fica preso entre uma questão ou outra e o professor pode ter um parâmetro melhor sobre quais alunos conseguiram refletir e realizaram o experimento por completo e quais não.

Figura 42 - Conclusão do Experimento com o Laboratório Virtual.



Fonte: autoria própria.

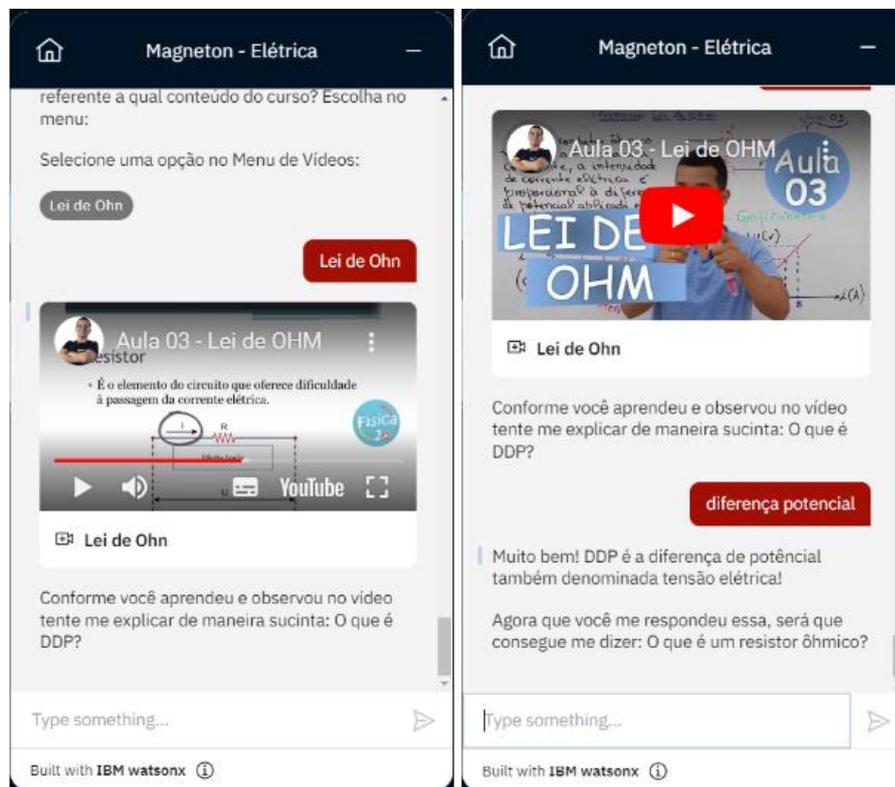
Quando terminam o laboratório, os alunos voltam ao menu principal. Caso o aluno clique em “Vídeos Explicativos”, pode ver quais vídeos estão disponíveis naquele conteúdo, nesse caso o vídeo de “Lei de Ohm” foi disponibilizado pelo professor (Figura 43 e 44).

Figura 43 - Menu de vídeos explicativos.



Fonte: autoria própria.

Figura 44- Perguntas sobre o vídeo.



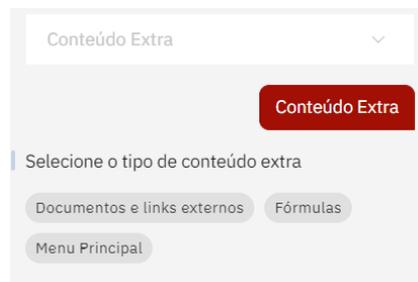
Fonte: autoria própria.

O aluno consegue visualizar o vídeo na própria ferramenta e enquanto isso uma pergunta é disponibilizada com o intuito de verificar se o aluno entendeu algum conceito do vídeo ou refletiu de alguma forma sobre o que foi mostrado. O mesmo mecanismo de resposta *correta*, *errada* ou *não sei* foi adicionado para auxiliar o aluno

nesse sentido. O aluno recebe então uma nova pergunta e pode assistir o vídeo se achar necessário.

Após terminar as perguntas sobre o vídeo, o aluno pode voltar ao menu principal. Se acessar conteúdo extra o aluno pode ter acesso a *links* externos e documentos separados pelo professor, além de fórmulas importantes nessa etapa do aprendizado. A Figura 45 apresenta a visualização de Menu de Conteúdo Extra.

Figura 45- Menu de Conteúdo Extra.



Fonte: autoria própria.

Caso o aluno escolha Documentos e *links* externos, o Magnetom disponibiliza a ele uma lista de *links* úteis como apresentados na Figura 46. Nesse caso, o material foi composto de vídeos, *sites* e experimentos.

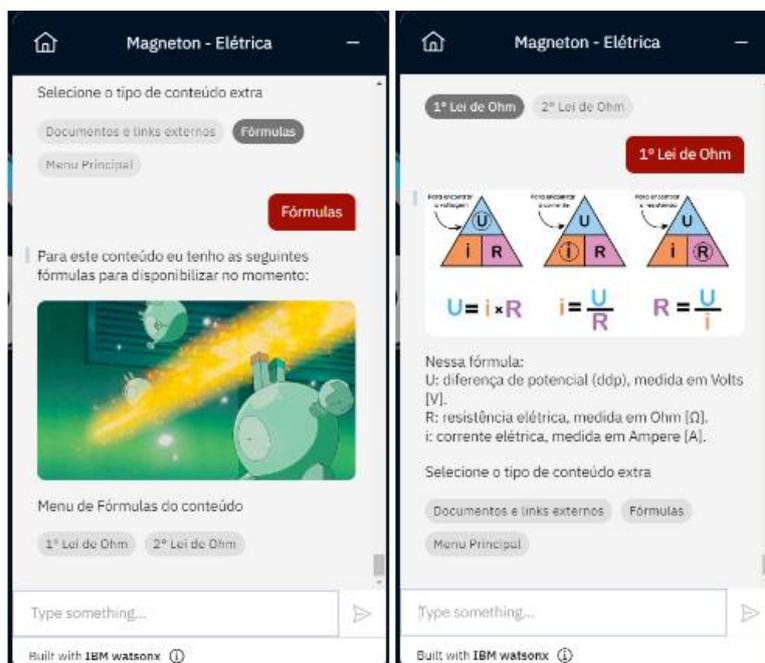
Figura 46 - Conteúdo extra disponibilizado.



Fonte: autoria própria

Caso o aluno opte por acessar como conteúdo extra as fórmulas, o aluno tem acesso a um menu de fórmulas disponíveis e a descrição de cada elemento. Nesse caso, ao clicar na “1ª lei de ohm” o aluno consegue visualizar uma imagem com a fórmula e a descrição de cada elemento (Figura 47).

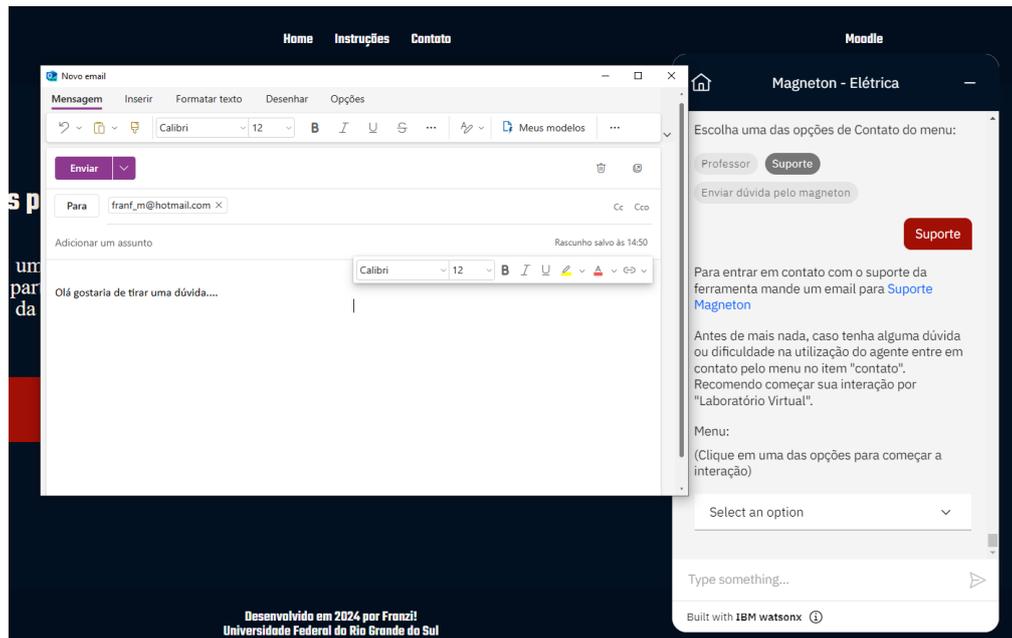
Figura 47 - Fórmulas.



Fonte: autoria própria.

Ainda é possível acessar o menu principal a partir do menu de conteúdo extra. Nesse caso, se o aluno quiser entrar em contato com o professor ou com o suporte da ferramenta, ou ainda enviar uma dúvida pelo próprio *chatbot* para que o professor responda quando visualizar o banco, é possível ao clicar no menu “contato”. Nesse caso aparecem três opções: ao acessar o suporte o aluno pode enviar um e-mail clicando no *link* disponível que vai abrir um e-mail no provedor de e-mail cadastrado no *desktop*. Se optar por mandar a dúvida para o agente, a dúvida fica salva a partir da variável de contexto no banco de dados e é repassada para o professor ou desenvolvedora. A Figura 48 representa uma síntese do acesso no conteúdo de suporte.

Figura 48 - Navegação de contato.



Fonte: autoria própria.

É possível acessar o *chatbot* Magnetron para circuitos elétricos em: https://Magnetron-site.vercel.app/circuitos_eletricos.html.

7.2 Magnetron para ensino de Eletromagnetismo de Faraday

Para demonstrar a versatilidade do agente, do mecanismo utilizado e realizar o desenvolvimento envolvendo outro conteúdo, uma nova versão do Magnetron foi desenvolvida com o conteúdo de Eletromagnetismo de Faraday: Indução Eletromagnética. Para isso, uma nova instância do agente foi desenvolvida como uma extensão da *skill* de diálogo do primeiro agente e realizando a troca de conteúdo conforme programado pelo professor responsável. O professor responsável pelo conteúdo dessa instância do *chatbot* foi Manuel Joaquim, da Universidade Pedagógica de Maputo, em Moçambique. Apesar de Moçambique ser em outro continente, a linguagem nativa é o português, portanto, o desenvolvimento foi na língua portuguesa. É válido ressaltar que essa instância do agente não foi aplicada, mas será apresentada como forma de validar a versatilidade de desenvolvimento do modelo do agente. Para o treinamento foram utilizadas palavras nativas moçambicanas a partir do arquivo

disponibilizado pelo professor e foram utilizados o ChatGPT e o Copilot para gerar variações das mesmas frases para o banco de respostas. No caso dessa instância, o que muda de fato é o conteúdo e algumas particularidades. Se o aluno acessar o laboratório virtual, por exemplo, ele é levado a realizar a interação escolhendo um dos laboratórios disponíveis. O laboratório disponibilizado para a experimentação com o agente foi o Eletromagnetismo de Faraday, disponibilizado pela plataforma Phet⁴⁰. O laboratório utilizado na interação do exemplo é mostrado na Figura 49, a partir da navegação.

Figura 49 - Laboratório de Faraday (Exemplo).



Fonte: autoria própria.

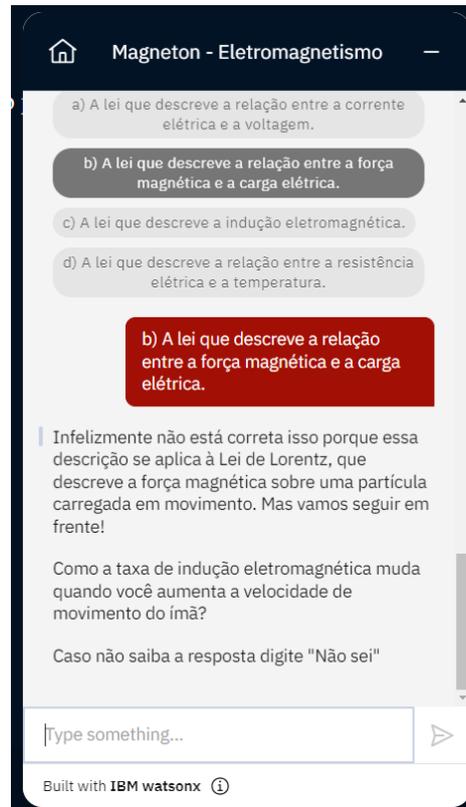
Nesse caso, algumas perguntas tinham respostas parecidas, portanto optou-se por usar o mecanismo de menu para perguntas múltipla-escolha.

Foram realizadas ao todo 10 perguntas no experimento, sendo 4 de múltipla-escolha e 6 discursivas. A Figura 50 demonstra um pouco do conteúdo alocado dessa maneira.

⁴⁰ Disponível em:

<https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/faraday/latest/faraday.html?simulation=faraday>

Figura 50- Perguntas do laboratório.



Fonte: autoria própria.

Da mesma forma que o agente de Circuitos Elétricos, o novo agente foi programado para ter respostas corretas, erradas e uma para os casos de o aluno não saber, recomendando-o conteúdo. A Figura 51 representa formas diferentes de respostas e capacidade do agente reconhecer a resposta e entregar algum *feedback* coerente para o aluno com explicações que reforçam a sua reflexão.

Figura 51 - Variação de Respostas.

Fluxo de diálogo

Magnetron - Eletromagnetismo

Como a taxa de indução eletromagnética muda quando você aumenta a velocidade de movimento do ímã?

Caso não saiba a resposta digite "Não sei"

A taxa de indução aumenta.

Muito bem Joaquim! A taxa de indução eletromagnética aumenta quando a velocidade do movimento do ímã aumenta, de acordo com a Lei de Faraday.

3. O que acontece com a voltagem induzida quando você aumenta o número de voltas do enrolamento de fio no experimento?

- a) A voltagem induzida diminui.
- b) A voltagem induzida aumenta.
- c) A voltagem induzida permanece a mesma.
- d) A voltagem induzida se torna negativa.

Type something...

Built with IBM watsonx

Resposta Errada

Caso não saiba a resposta digite "Não sei"

eu to achando que a taxa vai diminuir

Infelizmente não está correta! Mas não se preocupe, vou te explicar para que você consiga refletir sobre o que respondeu. De acordo com a Lei de Faraday, a taxa de indução eletromagnética aumenta quando a velocidade do movimento do ímã aumenta.

Resposta Certa

Caso não saiba a resposta digite "Não sei"

acredito que a taxa vai aumentar

Muito bem Fran! A taxa de indução eletromagnética aumenta quando a velocidade do movimento do ímã aumenta, de acordo com a Lei de Faraday.

Fonte: autoria própria.

Para adicionar variações linguísticas do Português utilizado em Moçambique foi desenvolvida uma versão extra do banco de respostas a partir da utilização de *Prompts* em Inteligência Artificial Generativa. Esses *prompts* serviram para criar mais frases de intenções, com variações linguísticas. Para cada intenção foi solicitado que o ChatGPT e/ou o Copilot gerassem variações, como a apresentada na Figura 52.

Figura 52 - *Prompt* desenvolvido no Copilot.

Preciso fazer um banco de dados para um chatbot educacional treinado com 50 intenções. Gostaria que você me desse 20 variações da mesma frase para eu adicionar lá. Por exemplo, quando o aluno responde "a taxa de indução aumenta." é porque ta correto. Faça pra mim um banco considerando frases derivadas utilizando o Português de Moçambique. Pode sintetizar algumas, outras aumentar se for preciso!

Fonte: autoria própria

As respostas dos *chatbots* foram revisadas pelo professor e consideraram algumas palavras típicas em frases da população moçambicana, próxima ao português de Portugal, como demonstra a Figura 53.

Figura 53 - Resposta do *prompt* desenvolvido na Figura 52.

Claro, aqui estão 20 variações da frase "a taxa de indução aumenta." considerando o Português de Moçambique:

1. "A taxa de indução está a aumentar."
2. "Está a ocorrer um aumento na taxa de indução."
3. "Estamos a ver um aumento na taxa de indução."
4. "A taxa de indução está a subir."
5. "Há um aumento na taxa de indução."
6. "A taxa de indução está a crescer."
7. "Está a haver um crescimento na taxa de indução."
8. "A taxa de indução está a ficar maior."
9. "A taxa de indução está a ser ampliada."
10. "Está a haver uma ampliação na taxa de indução."
11. "A taxa de indução está a expandir."
12. "Está a haver uma expansão na taxa de indução."
13. "A taxa de indução está a elevar-se."
14. "Está a haver uma elevação na taxa de indução."
15. "A taxa de indução está a intensificar-se."
16. "Está a haver uma intensificação na taxa de indução."
17. "A taxa de indução está a incrementar."
18. "Está a haver um incremento na taxa de indução."
19. "A taxa de indução está a ascender."
20. "Está a haver uma ascensão na taxa de indução."

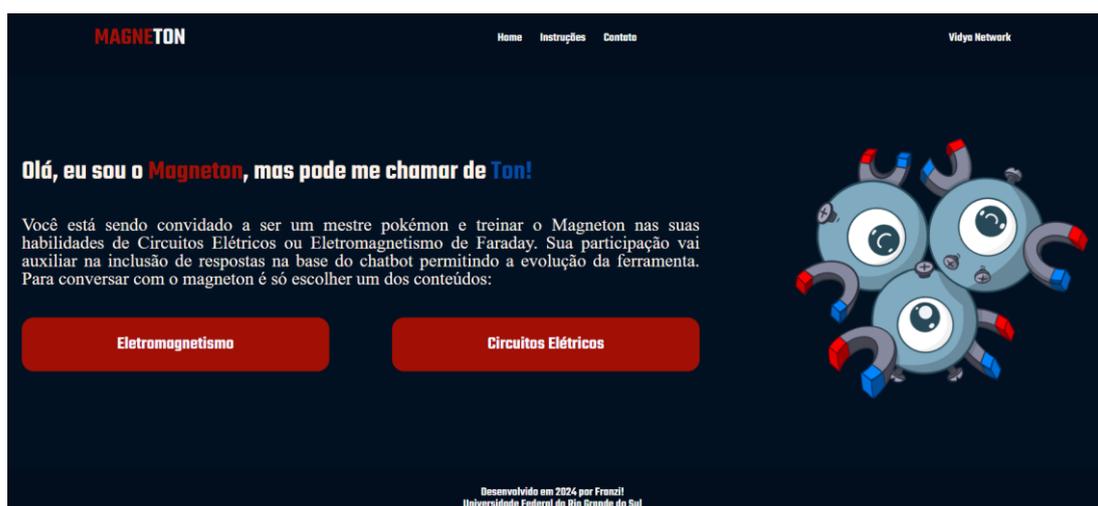
Fonte: autoria própria.

7.3 Site Desenvolvido

Para alocar os agentes desenvolvidos, conforme já mencionado, desenvolveu-se uma página *web* para alocar os agentes e seus *links* foram disponibilizados no Moodle da disciplina. A página teve com o intuito ser simples, apenas com a integração com os agentes, instruções de uso da ferramenta, instruções extras relacionadas aos laboratórios e informações de contato. Um *link* direto para a ferramenta Vidya Network também foi adicionado. Esse site foi alocado de maneira gratuita em servidor em nuvem através do *github* e da plataforma *vercel*.

Na Figura 54, é possível visualizar a *homepage* com uma apresentação amigável sobre suas funções, uma imagem e dois botões. Esses botões levam a página contendo o *chatbot*. Por *default* a autora deixou a cada experimento a instância do *chatbot* a ser utilizado na *homepage* para facilitar o uso.

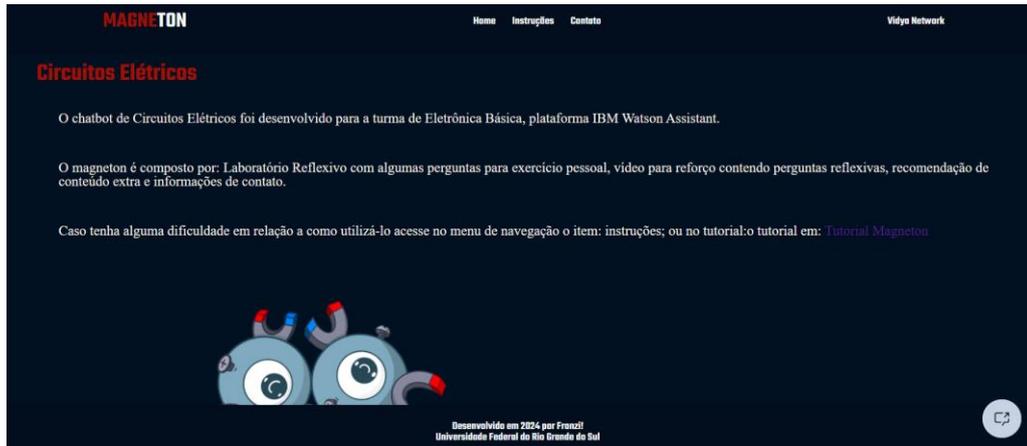
Figura 54 - Site desenvolvido.



Fonte: autoria própria.

Ao clicar em um dos *chatbots* o aluno tem uma pequena explicação sobre o conteúdo que compõe ele e uma explicação sobre o laboratório utilizado. Assim, caso surjam algumas dúvidas, o aluno pode verificar essas instruções sem fechar o agente. A Figura 55 demonstra a página do agente de circuitos elétricos.

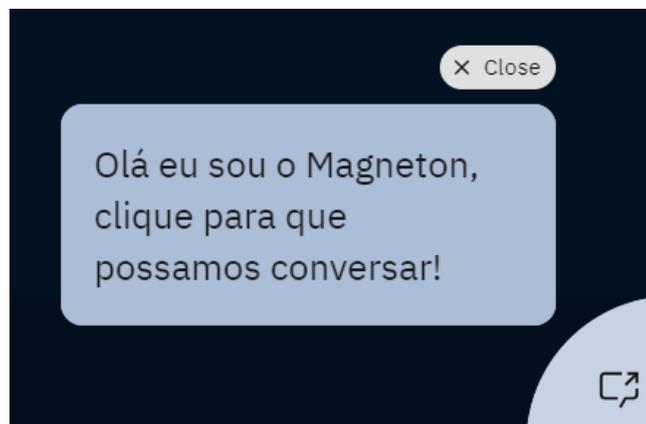
Figura 55 - Página de Circuitos Elétricos.



Fonte: autoria própria.

Ao entrar na página é possível ter acesso ao agente clicando no canto direito inferior da tela. Mas, caso o aluno fique alguns segundos na página sem abrir *chatbot* aparece uma mensagem convidando-o a fazer o acesso, como demonstra a Figura 56. Nessa mensagem o agente *fala* “*Olá eu sou o Magnetton, clique para que possamos conversar*”. Dessa forma é possível instruir o aluno sobre o que deve ser feito.

Figura 56 - Chamada do Magnetton.



Fonte: autoria própria.

Ao abrir o *chat* o agente sugere alguns exemplos de interação para inicializar a conversa e o experimento. A Figura 57 representa o uso do Magnetton em paralelo ao site.

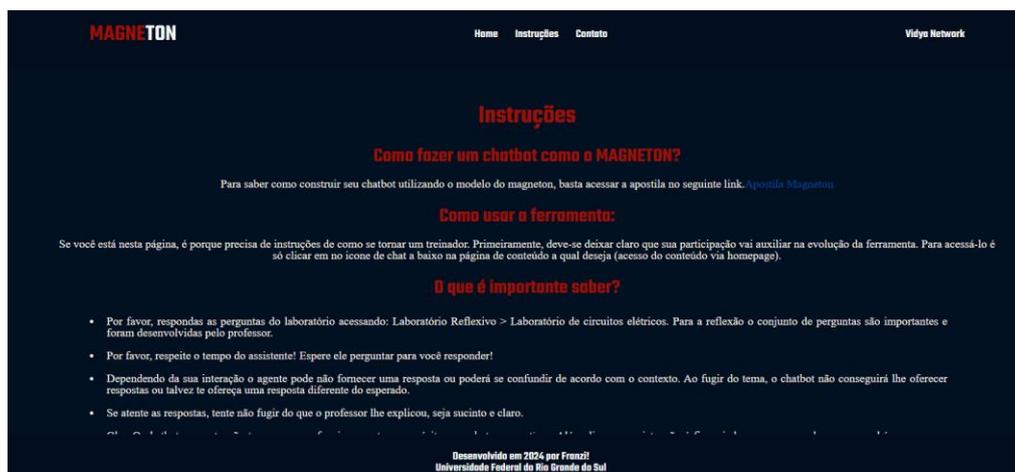
Figura 57 - Uso do Magneton.



Fonte: autoria própria.

O aluno ainda consegue visualizar uma tela de instruções no menu de navegação acima na página (Figura 58). A partir do menu de instruções, o aluno consegue visualizar diversas dicas e orientações a respeito da utilização do agente. Por exemplo, como utilizá-lo, o que é necessário saber, entre outras coisas. Um *pdf* de instruções também foi disponibilizado no AVA da disciplina. É necessário frisar que a ideia é ser um *site* simples e com poucas informações, uma vez que o foco é a utilização dos agentes. Além disso, professores com interesse em criar um agente como o Magneton podem acessar a apostila disponibilizada na página.

Figura 58 - Instruções de uso da ferramenta.



Fonte: autoria própria.

7.4 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o desenvolvimento de duas instâncias do *chatbot* Magneton, com conteúdos diferentes da matéria de “Física”. O primeiro se tratou de uma instância para o conteúdo de Eletromagnetismo para Eletrônica Básica: Circuitos Elétricos utilizando um laboratório virtual do *falstad* e o segundo para o conteúdo de Eletromagnetismo de Faraday com um laboratório virtual do *Phet*.

No primeiro caso, houve a aplicação da fase 1 da estratégia de aplicação anteriormente projetada, denominada “teste-piloto”. Assim, um grupo de 25 alunos da disciplina de Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá, avançados na disciplina, avaliaram a ferramenta em nível de usabilidade e satisfação do usuário. Para isso, foi utilizado um questionário baseado na escala SUS. Essa fase possibilitou o desenvolvimento de melhorias para o *chatbot*, expondo seus defeitos e qualidades. A melhoria do banco de respostas para reconhecimento de intenções do *chatbot* foi um dos esforços que exigiu maior atenção. Outra melhoria importante a partir dessa fase foi relacionada aos aspectos de afetividade do sistema. Com essas melhorias foi possível realizar a fase 2 com outra turma, descrita no Capítulo 8.

No segundo caso, houve o desenvolvimento de uma instância da ferramenta com o conteúdo de Eletromagnetismo de Faraday para alunos Moçambicanos. Foram utilizadas ferramentas de IA Generativa para gerar adaptações no Banco de Respostas do *chatbot*, considerando o dialeto moçambicano. Devido ao tempo disposto pelos professores, a aplicação do teste-piloto não foi possível em Moçambique, e, deste modo, a melhoria da ferramenta foi baseada na experiência realizada somente com os alunos do IFSC. Apesar disso, foi possível verificar replicabilidade do sistema, já que foi projetado em diversos contextos. Em um trabalho futuro visa-se realizar a aplicação dessa instância com alunos Moçambicanos.

Por fim, é apresentado o site desenvolvido para alocação das duas instâncias do *chatbot* Magneton. O site foi desenvolvido em HTML e CSS, e os agentes integrados utilizando o código de incorporação em JavaScript fornecido pela própria API da IBM. Esse site foi disponibilizado para os alunos através do *link* que foi incluído como recurso de aprendizagem no Moodle da disciplina.

8 Aplicação Final: Circuitos Elétricos

Neste capítulo é apresentada a aplicação da versão final do *chatbot* Magneton para o conteúdo de Circuitos Elétricos. A aplicação atendeu a estratégia de aplicação proposta na fase 2 de aplicação descrita no Capítulo 6. São apresentados resultados referentes às comparações entre os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos, como pré-teste e pós-teste. Além disso, são apresentados os resultados da análise do banco de dados da ferramenta e a análise das respostas ao instrumento (formulário) desenvolvido.

8.1 Descrição da Aplicação

A aplicação na turma de Eletrônica Básica do IFSC – Araranguá, com o conteúdo de Eletromagnetismo: Eletrônica Básica – Circuitos Elétricos, ocorreu em março e abril de 2024, de forma híbrida, considerando materiais desenvolvidos em conjunto com o professor responsável – Eduardo Tocchetto de Oliveira Junior.

Primeiramente, o professor responsável apresentou o conteúdo da disciplina na aula presencial do dia 19 de março de 2023. A turma da disciplina foi dividida em duas, devido à falta de espaço do laboratório, local onde a disciplina ocorre. Por esse motivo, o Grupo de Controle ficou designado como Turma 1 e o Experimental como Turma 2. Uma aula inicial foi apresentada por se tratar de uma temática nova para os estudantes. Após a aula inicial presencial, nas semanas seguintes os alunos foram solicitados a desenvolverem de maneira *online* um mapa conceitual inicial sobre o tema apresentado. Inicialmente estava prevista a realização dessa etapa em duas semanas, mas, como um número muito baixo de alunos envolveu-se na elaboração do mapa pré-teste e tiveram dificuldades a respeito do uso da ferramenta Vidya, foi alterado o prazo para 9 de abril.

Na aula presencial do dia 9 de abril, os alunos entregaram os mapas iniciais, tiraram dúvidas a respeito da ferramenta utilizada e o professor explicou as dúvidas relacionadas ao material *online* por ele disponibilizado. Também realizou uma introdução ao *chatbot* Magneton, como previsto na estratégia de sala de aula invertida. Em seguida, o professor deu como tema de casa para a Turma 2 a seguinte atividade:

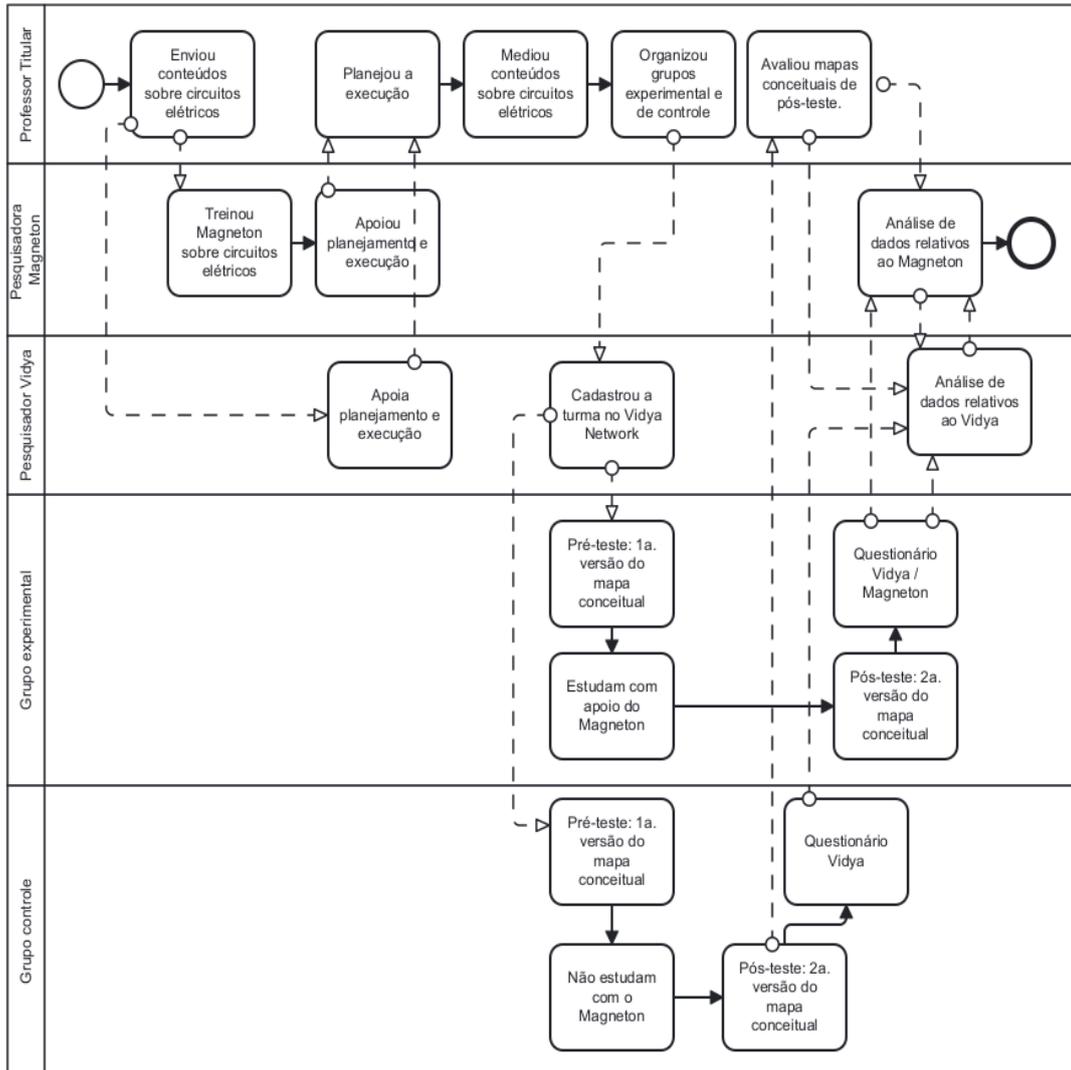
Utilizar o Magnetron para experimentação no laboratório virtual. No dia 23 de abril, encerrou-se o período de utilização do agente. Na semana seguinte, com a data limite de 30 de abril, os alunos foram solicitados a devolver a versão final do mapa considerando os conceitos e dúvidas que foram solucionadas com o uso do Magnetron. A Turma 1, Grupo de Controle, também teve como tarefa desenvolver a versão final do mapa conceitual, mas sem o uso do Magnetron, apenas utilizando-se das dúvidas e conteúdo *online* explicados pelo professor em aula. Ou seja, os alunos tiveram uma semana para entregar o mapa conceitual final em forma de relatório gerado na ferramenta Vidya Network para o professor que atribui uma nota para os mapas que tinham uma boa conceitualização de forma qualitativa e boa estruturação, conforme métricas específicas de qualidade estrutural fornecidas pela ferramenta Vidya.

Por fim, na aula do dia 30 de abril os alunos da Turma 2 (que realizaram o experimento com o Magnetron) receberam o formulário de *feedback* mencionado no capítulo anterior, desenvolvido utilizando o instrumento SUS de forma adaptada. Os alunos da Turma 1, que não realizaram o experimento com o Magnetron, não receberam esse formulário.

Ao final do experimento, os alunos da Turma 1 puderam interagir com o Magnetron para complementarem seu mapa conceitual para a disciplina, caso desejassem, uma vez que os mapas eram usados pelo professor como forma avaliativa, mas essa etapa não faz parte desta tese.

A seguir, são descritos os resultados obtidos da experimentação. O diagrama de fluxo de trabalho da Figura 59, sintetiza o processo de aplicação.

Figura 59 - Diagrama de fluxo de trabalho da aplicação.



Fonte: autoria própria em conjunto a Grandi (2024)

8.2 Resultados dos Mapas conceituais Pré-Teste versus Pós-teste

Da quantidade total de 32 alunos, 30 realizaram o pré-teste na ferramenta Vidya Network. Apesar de ter ocorrido um bom resultado em termos de qualidade topológica nos mapas conceituais iniciais, notou-se que muitos alunos realizaram ligações que não têm uma boa qualidade reflexiva. Em relação ao pós-teste, 14 alunos no Grupo Experimental e 16 alunos do Grupo de Controle refizeram seus mapas. Os mapas conceituais tiveram como questão focal e como ponto de partida a seguinte pergunta: “O que é um circuito elétrico?”. Os alunos precisaram relacionar os conceitos

aprendidos até o momento visando responder à pergunta focal. É importante destacar que responder a essa questão era ponto chave da atividade.

Em relação a estruturação do mapa, já no momento do pré-teste, os alunos das turmas iniciais demonstraram qualidades topológicas ideais em seus mapas e uma boa quantidade de associações, facilitando a avaliação dos dados de forma qualitativa. É importante ressaltar que a análise realizada sob a perspectiva dos mapas e apresentada nesta tese é qualitativa e desrespeita potenciais melhorias de atribuição de conceitos e reflexão sobre o tema após o uso do *chatbot* Magneton. Essas informações são complementares aos resultados obtidos com a análise do banco de dados, do *analytics* da ferramenta, do questionário final disponibilizado e da percepção do professor.

Na análise quantitativa apresentada por Grandi (2024), o Grupo de Controle foi melhor que o Grupo Experimental, em relação a melhorias estruturais como qualidade topológica e número de conceitos analisados através da própria ferramenta Vidya Network. No entanto, na análise qualitativa de cada mapa, realizada pela autora e pelo professor responsável pela disciplina, foi possível notar que os alunos do Grupo Experimental foram melhores na associação de conceitos e especificações referentes ao tema do exercício. Ainda, em relação ao aumento de conceitos do Grupo de Controle, foi possível notar que muitos alunos adicionaram conceitos gerais de eletricidade e fórmulas, e não melhoraram seus conceitos e associações referentes ao conteúdo específico de Circuitos Elétricos.

No Grupo de Controle, apesar de 14 alunos terem feito novos mapas, nove demonstraram através evoluções significativas em seus conceitos, os demais utilizaram o Magneton, mas não quiseram incluir novos conceitos, especializar ou adicionar associações relevantes em seus mapas de forma qualitativa. No Grupo de Controle, dos 14 alunos que refizeram o mapa, apenas seis alunos demonstraram mudanças significativas entre os mapas pré-teste e o pós-teste relacionados à análise qualitativa. E três dos alunos regrediram em relação ao mapa inicial em relacionar seu mapa com a pergunta focal.

Não é possível afirmar, através desse parâmetro, que os alunos que não adicionaram novos conceitos ou frases de ligação não refletiram ou evoluíram. Mas é possível perceber que a evolução do Grupo Experimental foi na melhoria de

associações e reflexão do mapa, enquanto a evolução do Grupo de Controle foi na melhoria da estruturação do mapa. Nesse sentido, em relação ao Grupo Experimental, torna-se importante verificar as respostas do questionário final e a análise do banco. Ainda assim, foi possível notar evolução entre os alunos que reformularam conceitos nos mapas. Percebe-se o Magneton como principal veículo de aprendizagem, uma vez que não foram realizadas aulas expositivas sobre o tema após o pré-teste e anteriormente ao pós-teste. Ainda, foi possível notar que os alunos que utilizaram o Magneton evoluíram de forma simultânea seus conceitos e associações, mesmo desenvolvendo mapas diferentes e de forma individualizada, enquanto os alunos do Grupo de Controle fizeram mapas com conteúdo diverso, algumas vezes não satisfazendo a pergunta focal.

O Quadro 7 apresenta as principais melhorias dos alunos que disponibilizaram uma nova versão do mapa e que tiveram alterações significativas. Cada linha corresponde a um aluno, anonimizado neste trabalho. As colunas são marcadas com “X” caso exista uma melhoria naquela categoria. Foram analisadas as seguintes categorias: melhorias nas associações de conceitos e reflexão correspondendo a coluna “Associação”, melhorias na especialização do conteúdo de Circuitos Elétricos correspondendo a coluna “Especialização”, melhorias na resposta da pergunta focal correspondendo a coluna “Pergunta Focal” e melhorias na estruturação do mapa correspondendo a categoria “Outras Melhorias”. Os alunos A, B, C, D, E, F, G, H e I estavam no Grupo Experimental. Os alunos J, K, L, M, N e O estavam no Grupo de Controle.

Quadro 7. Análise da melhoria dos mapas conceituais

ID	Associação	Especialização	Pergunta Focal	Outras Melhorias
Grupo Experimental				
aluno A	X	X	X	X
aluno B	X	X	X	X

ID	Associação	Especialização	Pergunta Focal	Outras Melhorias
aluno C	X	X	X	
aluno D	X	X	X	X
aluno E	X		X	X
aluno F	X		X	X
aluno G	X	X	X	
aluno H	X	X	X	
aluno I	X	X	X	X
Grupo de Controle				
aluno J	X			X
aluno K		X		X
aluno L	X	X	X	X
aluno M	X		X	X
aluno N		X		X
aluno O		X	X	X

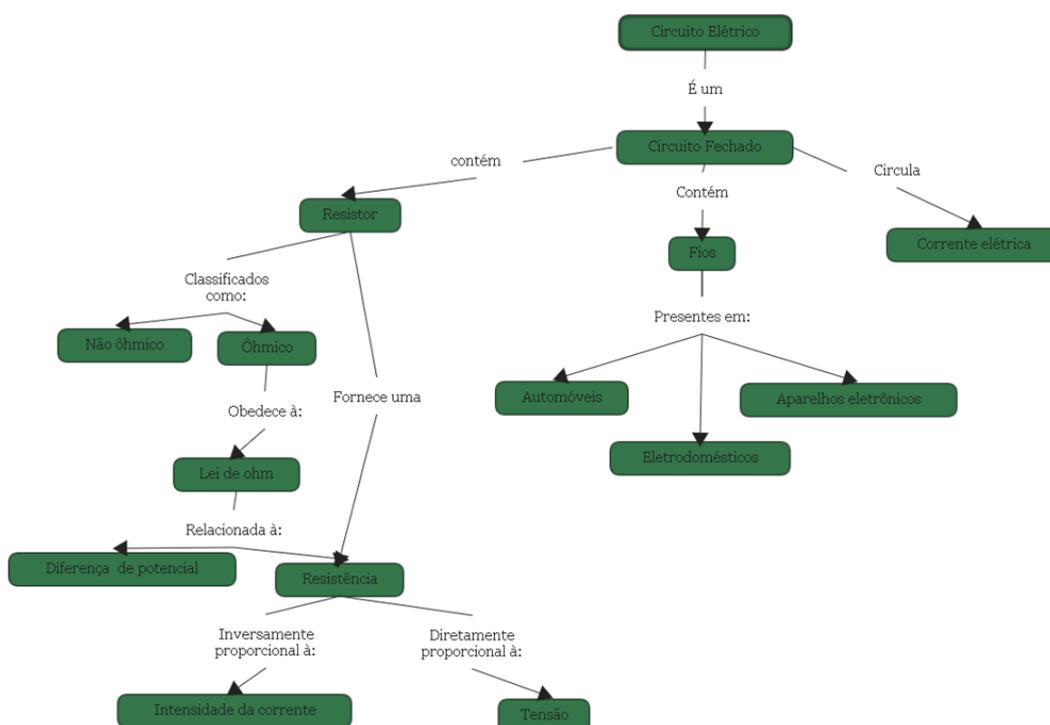
Fonte: autoria própria.

Neste ponto são apresentados, para ilustrar os resultados, mapas de pré- e pós-testes de dois alunos do Grupo Experimental. Foram selecionados esses mapas como forma de ilustrar os resultados comparativos e qualitativos provenientes do período

anterior e posterior ao uso do Magnetron, visando compreender de que forma o *chatbot* auxiliou os alunos a melhorarem sua reflexão e conceitualização, conforme expostas nos mapas. O mapa de um aluno do Grupo de Controle também é apresentado, pois chama atenção por haver uma regressão do conteúdo do mapa. É válido ressaltar que os mapas são uma síntese dos aprendizados que os alunos foram capazes de obter, e, portanto, alguns alunos são mais sucintos enquanto outros exploram mais suas explicações.

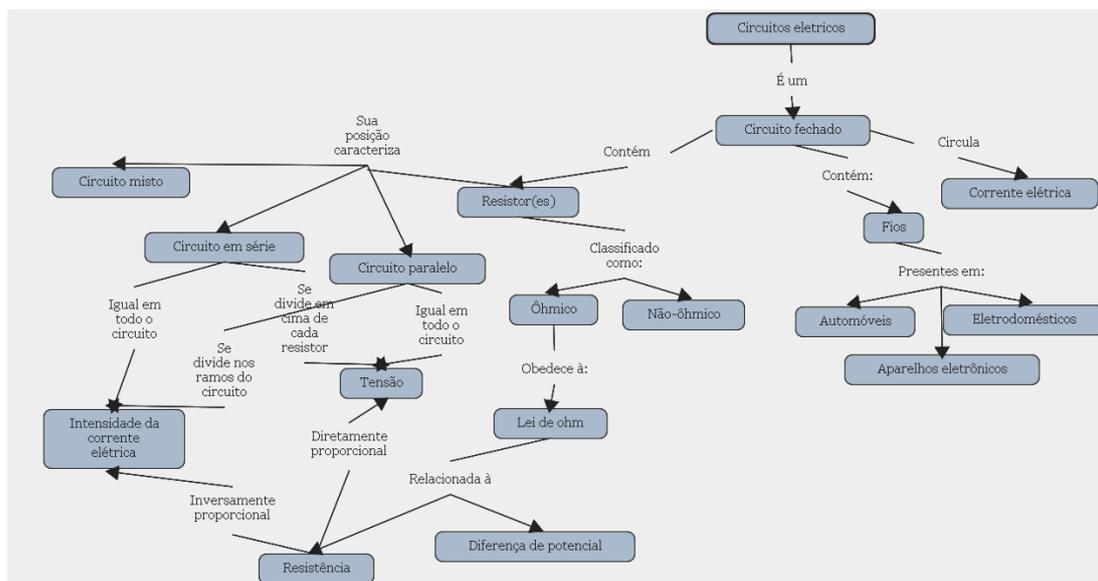
A **aluno A** estava no Grupo Experimental e elaborou o mapa da Figura 60, antes do uso do Magnetron. O mapa atingiu qualidade topológica adequada, mas, se comparado ao mapa elaborado pelo mesmo depois do uso do Magnetron, pode-se perceber uma melhoria na qualidade da conceitualização e das associações realizadas relacionadas ao tema. No segundo mapa (Figura 61), o aluno trouxe as subcategorias de circuitos elétricos: Circuito em Série, Circuito Misto e Circuito Paralelo, e, a partir das subcategorias, trouxe explicações baseadas nas explicações do Magnetron.

Figura 60 - Pré-teste aluno A



Fonte: *screenshot* retirado do mapa de autoria da aluno A.

Figura 61 - Pós-teste aluno A



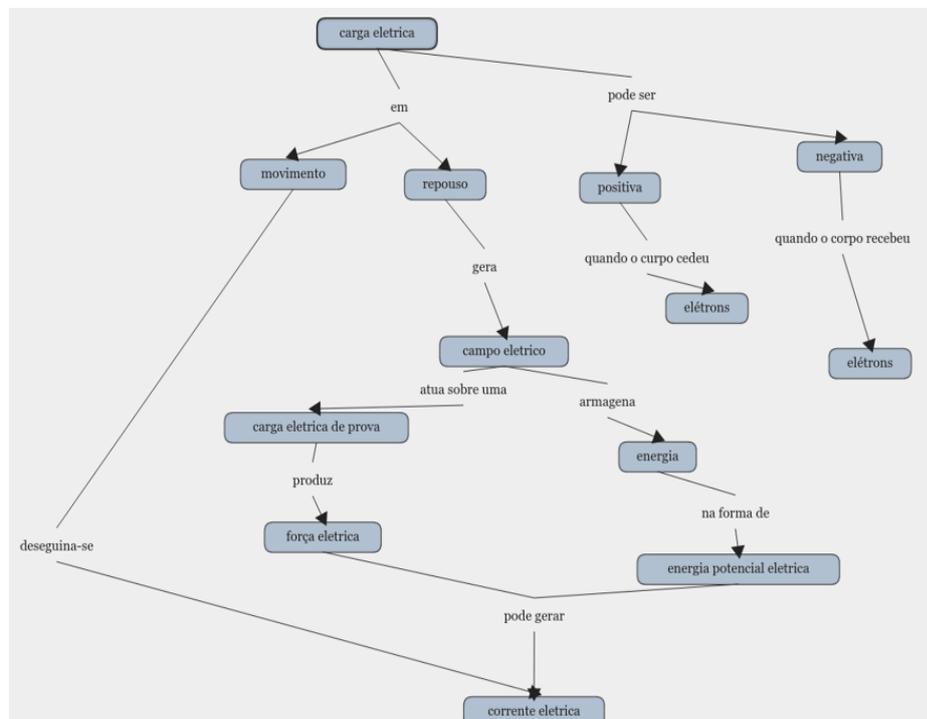
Fonte: *screenshot* retirado do mapa de autoria do aluno A.

Pode-se notar que as frases de ligações foram melhor escritas, embora ainda não tão bem estruturadas no mapa, enfatizando que houveram reflexões realizadas, tendo em vista o experimento com a ferramenta. Com os exercícios relacionados aos tipos de circuitos, o aluno A conseguiu atribuir novos conceitos, tais como “Circuitos Elétricos > é um circuito fechado > contém resistores > sua posição caracteriza > Circuito em Série > igual em todo o circuito > intensidade da corrente elétrica.”. Nesse caso, pode-se interpretar a frase em algo como: “*Um circuito elétrico é um circuito fechado que contém resistores e sua posição caracteriza um circuito em série quando se tem intensidade da corrente elétrica igual em todo o circuito*”. Nota-se que, apesar de bem elaboradas (as frases de ligação), o aluno ainda tem dificuldades relacionadas com a estruturação do mapa conceitual. Como nesse caso o que foi avaliado para esta tese foi o auxílio do Magneton na atribuição e reflexão de novos conceitos, questões de estruturação não serão consideradas.

Também é relevante destacar outro aluno aqui denominado de **aluno B** da Turma 1 (experimental), que também teve diferenças em seus mapas em questões de conceitualização. O mapa de pré-teste não contém os conceitos adequados relacionados ao conteúdo proposto “Circuitos Elétricos”. Pode-se notar na Figura 62 que o aluno não responde à questão focal proposta para a construção do mapa, embora

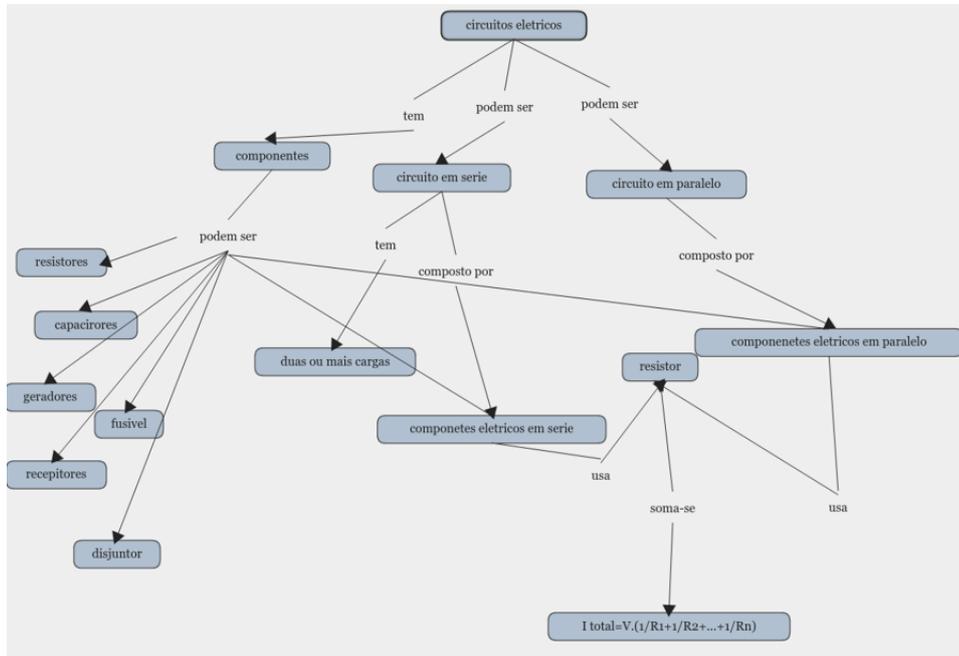
traga diversos conceitos da matéria. No mapa conceitual de pós-teste (Figura 63), no entanto, o aluno conseguiu trazer conceitos relacionados ao conteúdo que o Magneton apresentou.

Figura 62 - Pré-teste do aluno B.



Fonte: *screenshot* retirado do mapa de autoria do Aluno B.

Figura 63- Pós-teste aluno B.



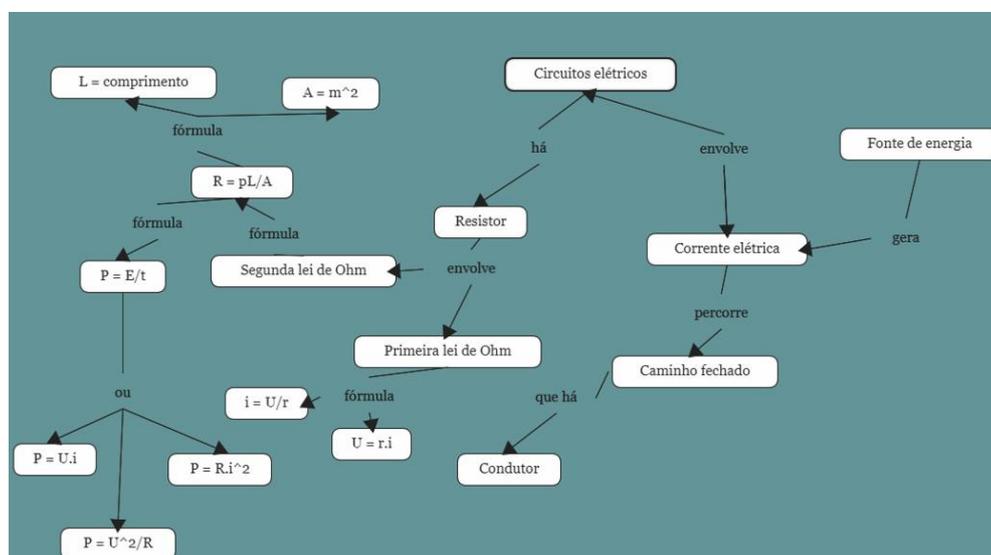
Fonte: *screenshot* retirado do mapa de autoria do aluno B.

Pode-se notar que no mapa pós-teste o aluno trouxe ligações como “circuitos elétricos > podem ser > circuito em paralelo > composto por componentes elétricos em paralelo > usa resistor > soma-se > $I_{total} = V.(1/R1+1/R2+...+1/Rn)$ ”. Nesse caso, é possível interpretar a frase como: “*Circuitos Elétricos podem ser circuito em paralelo composto por componentes elétricos em paralelo e usa resistor, somando-se $I_{total} = V.(1/R1+1/R2+...+1/Rn)$* ”. No caso do aluno B, embora ele tenha adicionado conceitos apontados pelo Magneton e apresentados tanto no experimento com laboratório como nos vídeos da ferramenta, nota-se que não forneceu explicações mais detalhadas no mapa, sendo bem sucinto em seus conceitos. O professor ao avaliar os mapas também trouxe uma observação quanto ao mapa do pós-teste, e explicou o seguinte: “*O mapa dele melhorou quanto ao conteúdo que foi disponibilizado, pois ele o especializou se relacionando com o proposto. Uma coisa que percebi de erro foi que ele tentou trazer a fórmula de ohm, mas usou a palavra soma-se, o correto seria resultando como explicado no Magneton*”.

Finalmente, o **aluno J** estava na Turma 1, ou seja, fazia parte do Grupo de Controle, e não utilizou o Magneton. Nesse caso, o mapa conceitual de pré-teste

(Figura 64) trouxe uma resposta para a questão focal de acordo com os conteúdos prévios *online* e o aluno optou por trazer as fórmulas importantes no seu mapa. No segundo mapa (Figura 65), no entanto, o aluno perdeu-se um pouco no tema e não trouxe conceitos básicos que respondem à questão focal, embora tenha melhorado as associações. Caso o aluno tivesse usado o Magnetron, acredita-se que ele poderia trazer mais conceitos para o segundo mapa, explicando as fórmulas, os tipos de circuitos *etc.* Os conceitos apresentados pelo aluno não estão errados, mas não respondem à questão focal correspondente ao que foi solicitado pelo professor na atividade.

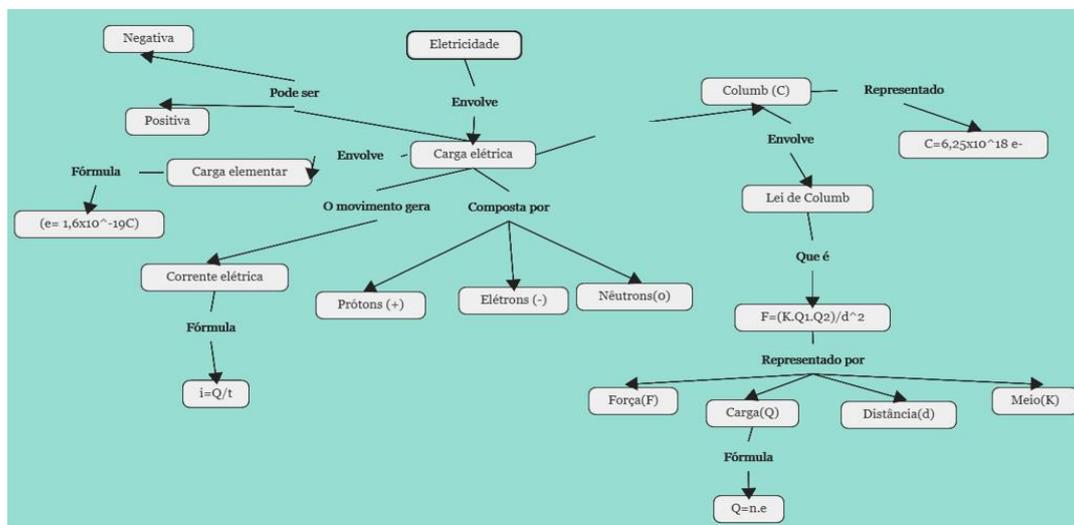
Figura 64 - Pré-teste do aluno J (aluno do Grupo de Controle).



Fonte: *screenshot* de autoria retirado do mapa do aluno J.

Por exemplo, pode-se perceber que o aluno começa seu mapa final a partir de eletricidade e não de circuitos elétricos. Ainda, em sua conceitualização final, faltam frases de ligação como: “Eletricidade > envolve > carga elétrica > _____ > Coulomb”. O aluno foi além das explicações do professor, não sendo um problema, mas também não atendendo ao objetivo da atividade. O professor da disciplina salienta “*O aluno fez um mapa sobre eletricidade em geral e não era esse o exercício. Eu ainda não ensinei muitas coisas das que estão no mapa, e eu pedi para eles um mapa sobre Circuitos Elétricos.*”

Figura 65 - Pós-teste do aluno J (aluno do Grupo de Controle).



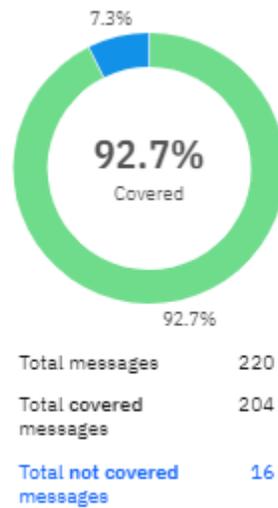
Fonte: *screenshot* de autoria retirado do mapa do aluno J.

8.3 Análise do banco e do *analytics* da ferramenta

Em relação à análise do *analytics* da ferramenta Watson, foi perceptível a melhoria de acurácia do agente em relação ao teste-piloto. A média de mensagens que o agente conseguiu cobrir no período de maior utilização, entre 18 e 21 de abril, chegou a cerca de 92.7%, aumentando mais de 15% sua capacidade de reconhecer as respostas dos alunos e fornecer um *feedback* adequado. De 220 mensagens, apenas em 16 ele ficou em dúvida da resposta. Esse resultado é bastante relevante, uma vez que a base de conhecimento do agente é pequena. O gráfico da Figura 66, disponibilizado pela própria ferramenta, apresenta esse percentual.

Nesse período, foram 220 mensagens enviadas para o agente em 33 conversas, a maioria na sessão de laboratórios reflexivos. A maioria das conversas foram realizadas em 20 e 21 de abril, no fim de semana antes do encerramento da atividade. É válido ressaltar que o agente foi utilizado com menor frequência nos outros dias, entre 15 e 23 de abril. A média de acertos, considerando todos os dias de aplicação, foi de 90,2%.

Figura 66 - *Analytics* da aplicação final



Fonte: autoria própria.

Em relação à análise do banco de dados de cada interação dos alunos com o *chatbot*, muitos resultados puderam ser obtidos. Todos os alunos participantes da Turma 2 (14) usaram o *chatbot* pelo menos uma vez. Entre eles, apenas dois não chegaram ao final do experimento. Analisando todas as perguntas e respostas, apenas um aluno acertou todas as respostas em sua terceira tentativa utilizando o Magneton, nenhum acertou todas as perguntas na primeira tentativa. A questão 1.3 da ferramenta foi a questão que gerou maiores dúvidas, sendo essa relacionada ao que deveria ser feito. A questão 4.2 foi a com maior número de erros por parte dos alunos, pois apenas dois alunos acertaram. A questão com maiores acertos foi a 1.2, que curiosamente era a única questão de múltipla-escolha. Nesse caso, apenas um aluno errou e outro em sua primeira interação respondeu “*não sei*”, mas em sua segunda interação acertou. Esse fato é bastante relevante, uma vez que, com a resposta explicada do agente para o aluno, quando ele respondeu “*não sei*”, foi possível para ele obter esse conhecimento e responder de maneira correta na segunda interação.

Alguns alunos, em suas primeiras conversas com o agente, quando solicitado o *link* do experimento por eles realizado, não o enviaram e informaram “*não sei*”. Notou-se que os alunos preferiram seguir para as perguntas e depois enviar o *link* em uma próxima interação. A Figura 67 demonstra a primeira e a segunda conversa com

um aluno, respectivamente, no mesmo momento do experimento, em que é possível notar o caso relatado.

Figura 67 -Conversa com aluna.

Conversa 1

Agora que você observou o circuito e entendeu as questões, tente comprovar as situação aqui apresentadas utilizando o [Simulador](https://tinyurl.com/2eqp8q25) (Clique na palavra "simulador" para ir para a página). Não esqueça de refletir sobre os tópicos apresentados.

Depois, me envie o link do que você comprovou e suas reflexões sobre, para que eu possa repassa-lo ao professor:

Caso você não saiba digite: "não sei".

não sei

Conversa 2

Agora que você observou o circuito e entendeu as questões, tente comprovar as situação aqui apresentadas utilizando o [Simulador](https://tinyurl.com/2eqp8q25) (Clique na palavra "simulador" para ir para a página). Não esqueça de refletir sobre os tópicos apresentados.

Depois, me envie o link do que você comprovou e suas reflexões sobre, para que eu possa repassa-lo ao professor:

Caso você não saiba digite: "não sei".

<https://tinyurl.com/28wekehv>

Fonte: autoria própria.

Figura 68 - Acertos e Erros dos alunos.

Conversa Aluno A - Errada

Agora observe e reflita, para o circuito em série com as lâmpadas idênticas, apresentando o mesmo brilho. Quando fechamos o interruptor I, qual será o comportamento da lâmpada L2?

ficará com uma potência diferente

+ Show classifications

Essa eu sei, portanto me permita te explicar! Quando o interruptor I é fechado neste circuito em série com lâmpadas idênticas, a lâmpada L2 se apagará! 🤔

Conversa Aluno B - Correta

Agora observe e reflita, para o circuito em série com as lâmpadas idênticas, apresentando o mesmo brilho. Quando fechamos o interruptor I, qual será o comportamento da lâmpada L2?

vai desligar nao vai?

+ Show classifications

Excelente! Sua resposta está correta. Quando o interruptor I é fechado neste circuito em série com lâmpadas idênticas, a lâmpada L2 se apagará. Você demonstrou um bom entendimento do comportamento dos circuitos em série 🌟

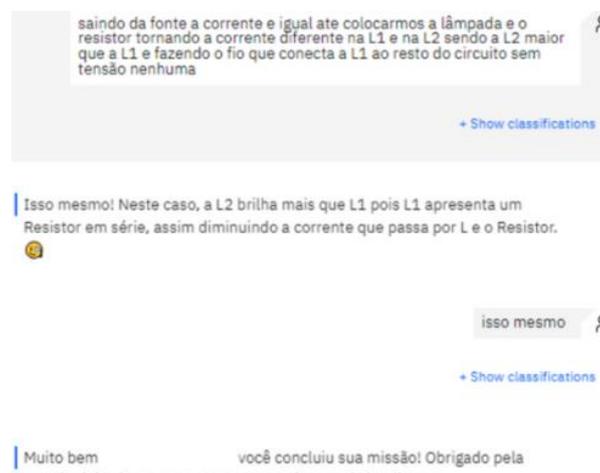
Fonte: autoria própria.

Notou-se também que os alunos foram bem sucintos em suas respostas de interação. Podemos verificar na conversa do *chatbot* com o aluno A e com o aluno B a variedade de respostas e o *feedback* dado nesses casos. A Figura 68 mostra um erro

do aluno A e um acerto do aluno B para a mesma questão. É possível reparar que em ambos os casos o *chatbot* oferece uma explicação reforçando a reflexão para o aluno que acertou e explicando a resposta para o aluno que errou.

Notou-se também que os alunos tentaram mais de uma vez a interação com o agente, buscando responder corretamente as respostas erradas anteriormente ou responder as perguntas que não sabiam. Na Figura 69 apresenta-se outro exemplo de resposta correta em que o aluno fornece uma resposta bem elaborada e o agente fornece um reforço. O aluno, ao receber um *feedback* reflexivo, complementa a interação com “isso mesmo”, confirmando que observou aquele conceito.

Figura 69 - Resposta certa e interação com o aluno.



Fonte: autoria própria.

É possível verificar que na construção do Magnetron o desenvolvimento de *feedbacks* corretivos estruturados como apresentado por Costa *et al.* (2016), Eriksson *et al.* (2020) e Dennis, Mathoff e Mellish (2016) foram considerados. Desse modo, *feedbacks* oferecidos pelo Magnetron para respostas corretas como: “*Muito bem, a resposta está correta! Isso ocorre porque o circuito apresenta apenas um caminho para a passagem de corrente elétrica*” ou “*Parabéns, você acertou! As lâmpadas brilham menos em relação ao circuito com a resistência de 30 ohms, porém as duas lâmpadas brilham igualmente*”, além de fornecer elogios, reforçam o pensamento reflexivo sobre a resposta para aquela tarefa, trazendo uma aprendizagem por reforço

e possibilitando que o aluno elabore de melhor forma seus pensamentos e melhore as ligações entre conceitos.

Da mesma forma, para respostas erradas, os *feedbacks* construídos também trazem características importantes. *Feedbacks* como: “*Essa resposta está errada, mas vamos pensar juntos no porquê? Bom, em um circuito em série a corrente é a mesma em todo circuito, assim, as lâmpadas dissipam a mesma potência, brilhando igualmente*” ou “*Infelizmente essa não é a resposta que eu esperava, mas vou tentar te explicar!* 🤖 *Por ser um circuito em série e apresentar um único caminho para corrente elétrica, a corrente que passa pelo circuito tem a mesma intensidade e como as lâmpadas são idênticas a luminosidade apresentada nas lâmpadas é igual.*” trazem para o aluno incentivo e consideram de forma empática o seu estado emocional, fornecendo perspectiva e apresentando uma explicação para que ele repense seus erros e obtenha novos conhecimentos, reforçando o que aprendeu.

Por último, a capacidade de fornecer um conteúdo extra, caso o aluno diga explicitamente que não sabe uma questão, também pode ser bastante relevante. Se um indivíduo tem vontade de obter aprendizado sobre aquele tópico, ele pode considerar abrir determinado material recomendado pelo Magnetom e minimizar suas dúvidas previamente, não dependendo exclusivamente do momento em sala de aula, com o professor. Nesse caso, o Magnetom oferece respostas como “*Essa eu vou te explicar! Nos dois circuitos em série, a corrente é a mesma, o que leva ao mesmo brilho das lâmpadas!* 🤖 *Te recomendo os seguintes materiais de reforço <link dos materiais>!*” Assim, além de ter uma garantia, o aluno tem uma perspectiva e pode se basear em tarefas.

Em relação aos problemas do AC, um aluno em uma das interações deu uma resposta que deixou o *chatbot* confuso para a questão 3.1 do experimento. Nesse caso, a resposta simples para a questão seria “*Não*”. O aluno teve duas interações anteriores com o Magnetom, tendo conhecimento sobre qual seria a resposta. Em uma terceira interação, o aluno forneceu uma frase longa gerada por um sistema de geração de “*lerolero*”, ao qual continha elementos principais da resposta correta de forma repetida, porém não tinha relação direta com o conteúdo. Como na base de respostas erradas do

chatbot não havia nada parecido com aquela justificativa, o *chatbot* por aproximação acabou considerando a palavra que mais aparecia no banco de respostas corretas, marcando a frase como correta. A Figura 70 apresenta essa resposta, que, iniciando e possuindo algumas vezes as palavras “não”, confundiu o agente.

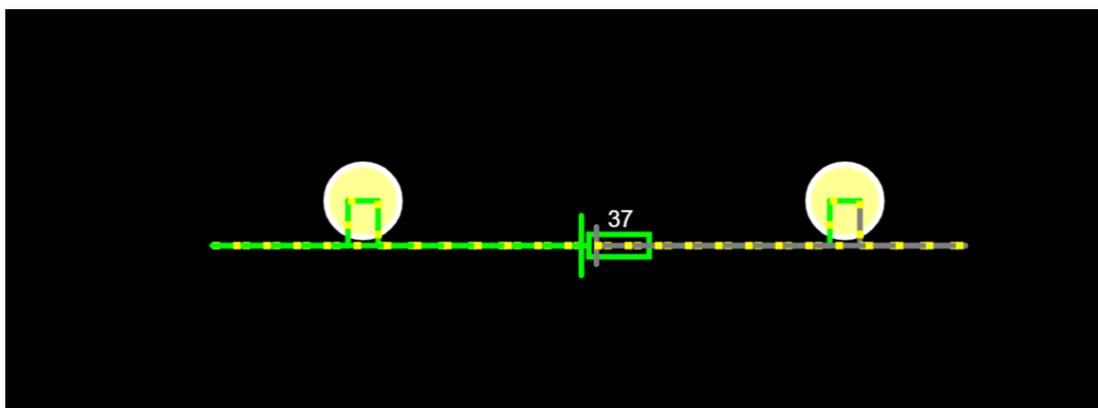
Figura 70 - Resposta errada do agente.



Fonte: autoria própria

Ainda foi possível notar, através dos *links* exportados pelos alunos, que eles realmente utilizaram os laboratórios virtuais e os modificaram, conforme o Magnetom ia guiando-os na ferramenta, modificando as variáveis dispostas e analisando as possíveis respostas. A Figura 71 apresenta o *link* enviado para o Magnetom por um aluno após o agente realizar uma pergunta. Esse mapa pertence ao **aluno A**, cujo mapa conceitual foi apresentado anteriormente. Dessa forma, pode-se notar que o aluno de fato estava engajado com o experimento e utilizando o Magnetom conforme o planejado. É importante destacar que todos os alunos que utilizaram o Magnetom entregaram o *link* do laboratório quando solicitados.

Figura 71. Experimentação aluno A para questão 2.



Fonte: autoria própria.

8.4 Formulário Final

Para averiguar mais a fundo a eficácia do *chatbot* Magneton na turma de Eletrônica Básica do IFSC - Campus Araranguá, um formulário pós-teste contendo perguntas referentes a usabilidade, confiança e afetividade do sistema foi disponibilizado. O grupo que utilizou o agente respondeu às perguntas baseadas em Escala SUS, que anteriormente haviam sido disponibilizadas no teste piloto e foram renovadas para essa aplicação. Esse questionário, além de conter uma melhoria do anterior, trouxe outros questionamentos com o intuito de entender o pensamento dos alunos em relação ao processo de aprendizagem que obtiveram com auxílio do agente. Os alunos que não utilizaram o Magneton responderam a um questionário de avaliação da ferramenta Vidya Network, ferramenta que utilizaram para construção dos mapas. As respostas a respeito da Ferramenta Vidya estão presentes na tese de Grandi (2024).

O questionário avaliativo final do Magneton é composto por 24 perguntas e foi dividido em 3 blocos que serão descritos a seguir:

- **Bloco 1: Informações Gerais**

1. *Nome*: foi solicitado de forma textual para podermos analisar as interações realizadas pelos alunos com o *chatbot* (mas são anonimizados nesta pesquisa);
2. *Nome dos pais ou responsáveis*: solicitado de forma textual e obrigatória para garantir a integridade da pesquisa (os nomes foram anonimizados nos resultados);

3. *Você usou o **Magneton** em seus estudos sobre circuitos elétricos?* Caso a resposta fosse “*sim*” o aluno fazia parte do Grupo Experimental e seguia para a avaliação do Magneton, caso fosse “*Não*” o aluno fazia parte do Grupo de Controle e respondia perguntas sobre o Vidya Network.

O Bloco 2 corresponde a avaliação do quanto o Magneton ajudou os estudantes em seus conhecimentos e reflexões sobre Circuitos Elétricos e papel do *chatbot* na aprendizagem *online*.

- **Bloco 2: Magneton no Aprendizado**

4. *Em termos gerais, qual seu nível de conhecimento sobre Chatbots?* - Neste caso, foi disponibilizada uma escala de 1 a 5, em que quanto mais próximo ao 1 os alunos “desconheciam totalmente” e mais próximo ao 5 os alunos “conheciam totalmente”.
5. *Em termos gerais, como foi a sua experiência com o Magneton?* - Neste caso, foi disponibilizada uma escala de 1 a 5, em que quanto mais próximo ao 1 os alunos “ficaram pouco satisfeitos” e mais próximo ao 5 os alunos “ficaram muito satisfeitos”.
6. *Acredito que consegui refletir em algum nível os tópicos do conteúdo, utilizando o Magneton como meu companheiro/tutor durante as atividades online* - Neste caso, foi disponibilizada uma escala de 1 a 5, em que quanto mais próximo ao 1 os alunos “Discordo totalmente” e mais próximo ao 5 os alunos “Concordo totalmente”.
7. *Você teve contato com outros chatbots educacionais? Se sim, quais? Como eles se comportavam?* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.
8. *Comparando a utilização do Magneton com outros métodos de estudo com tecnologia que você já utilizou, você acredita que o Magneton foi mais eficaz na consolidação do conhecimento? Se sim, de que forma ele se destacou?* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.

9. *Foi mais fácil entender os conteúdos utilizando o Laboratório Virtual e o Magneton como guia, retornando feedbacks de maneira imediata?* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.
10. *Ao trabalhar com o Magneton, você sentiu que conseguiu identificar e trabalhar lacunas em sua compreensão sobre Circuitos Elétricos? Você acredita que perguntas e respostas ajudaram você a refletir onde precisava se aprofundar mais ou revisar mais?* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.
11. *Como você avalia a experiência de utilizar o Magneton para compreender o assunto de Associação de resistores e Circuitos Elétricos a partir dos exercícios realizados? Em que medida essa ferramenta facilitou ou dificultou sua compreensão?* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.
12. *De que maneira você observa o Magneton na contribuição com seus estudos? Um amigo, um tutor, apenas uma ferramenta tecnológica ou outro? Qual?* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.
13. *Se você tem alguma sugestão para o professor conteudista da ferramenta Magneton, deixe aqui seu comentário* - Neste caso, foi disponibilizado um espaço para resposta discursiva.

O Bloco 3 correspondia às 10 perguntas relacionadas ao desempenho do *chatbot* e baseadas em quatro elementos da Escala SUS: Relevância, Atenção, Confiança e Satisfação. E foram disponibilizadas aos moldes do primeiro questionário do teste piloto.

- **Bloco 3: Perguntas Baseadas na Escala SUS (Usabilidade)**

1. *Eu acho que gostaria de usar o Magneton com frequência para meus estudos. (Satisfação e Relevância)*
2. *Eu acho o Magneton fácil e amigável (Atenção)*
3. *Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Magneton (atenção)*

4. *O conteúdo da Magneton é relevante para os meus interesses. (Relevância)*
5. *Eu acho que as várias funções Magneton estão muito bem integradas. (relevância)*
6. *O conteúdo do Magneton está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía. (Relevância)*
7. *Foi fácil entender como o Magneton funciona e começar a utilizá-lo como material de estudo. (Confiança)*
8. *Ao passar pelas etapas de interação com o Magneton senti confiança de que estava aprendendo. (Confiança)*
9. *Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o Magneton. (Satisfação)*
10. *O Magneton conseguiu me guiar, avançando na interação sem que eu realizasse grandes esforços. (Satisfação)*
11. *Se tiver algo a acrescentar sobre o Magneton, por favor utilize este campo. - Pergunta discursiva livre para fechamento da avaliação por parte dos alunos.*

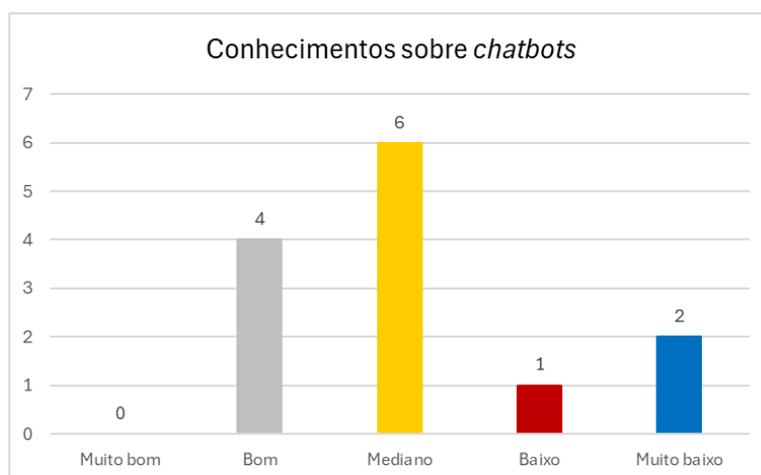
8.4.1 Resultados

Quanto ao primeiro bloco, dos 32 alunos da turma, 30 participaram dos experimentos nos grupos de Controle e Experimental e 26 responderam ao questionário disponibilizado por *e-mail* no final do experimento. Desses 26, 13 fizeram parte do Grupo Experimental e responderam a perguntas referentes ao Magneton. Apenas 2 alunos que participaram da elaboração dos mapas conceituais não responderam ao questionário. É válido ressaltar que a comunicação com os alunos, durante essa fase, ficou um pouco prejudicada pois o instituto estava em greve.

Em relação ao Bloco 2 referentes ao quanto o Magneton auxiliou no aprendizado dos alunos, foram obtidos resultados positivos. Quando indagados sobre seu nível de conhecimento prévio a respeito de *chatbots*, 6 alunos responderam “*mediano*”, enquanto 4 consideraram “*bom*” e nenhum considerou “*muito bom*”. Um aluno considerou seu conhecimento “*baixo*” e dois “*muito baixo*”. Esses números são

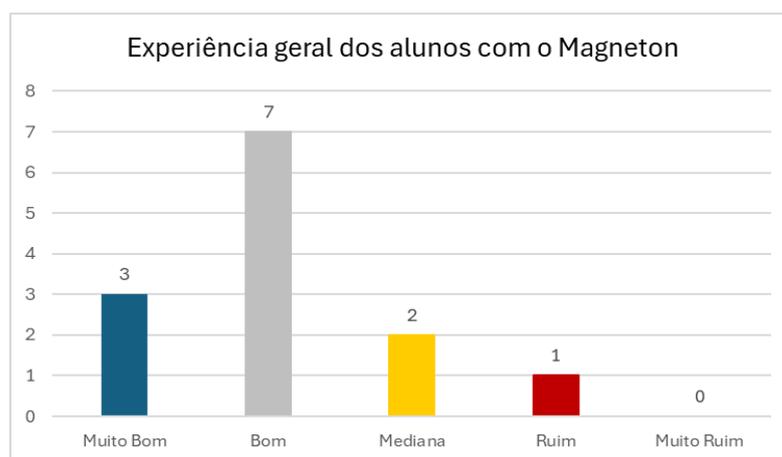
apresentados no gráfico da Figura 72. Em relação à experiência geral dos alunos com o Magneton, sete alunos responderam “*bom*”, três consideraram “*muito bom*” e dois considerou “*Mediano*”. Apenas um aluno considerou sua experiência “*ruim*” e nenhum considerou a experiência “*muito ruim*”. Esses números são apresentados no gráfico na Figura 73.

Figura 72 - Questionário final IFSC: Nível de conhecimento prévio de *chatbots*.



Fonte: autoria própria

Figura 73- Questionário final IFSC: Experiência geral com o Magneton.



Fonte: autoria própria

Em relação à reflexão, sete alunos (54%) responderam que “*concordam*” em algum nível com a afirmação de que conseguiram refletir de alguma forma sobre o

conteúdo utilizando o Magneton como companheiro virtual. Além disso, quatro alunos (31%) responderam que “*não sabem*” se conseguirão refletir ou não a curto prazo. Apenas dois alunos (15%) “*não concordaram*” com a afirmação. Ou seja, a maioria dos alunos acredita que o *chatbot* conseguiu apoiar na reflexão sobre o conteúdo de Circuitos Elétricos. A Figura 74 sintetiza esses dados em um gráfico.

Figura 74 - Reflexão sobre circuitos elétricos com o Magneton.



Fonte: Autoria própria.

Em relação às perguntas discursivas e livres, quando indagados se haviam utilizado algum agente conversacional educacional anteriormente, todos os alunos responderam que “*não*”. Portanto, nesse sentido, não foi possível para os alunos compararem o uso do Magneton com outros *chatbots* educacionais. Porém, quando indagados sobre a eficácia do Magneton na consolidação do conhecimento em comparação com outros métodos de estudo por tecnologia, três alunos não acreditaram que o Magneton foi mais eficaz, mas também não elaboraram o porquê pensam dessa forma. Um dos alunos acredita que: “*se ele tiver mais recursos para estudar e conteúdos ele ficará mais eficaz*”. Os demais alunos acreditam que o *chatbot* foi mais eficaz em alguns pontos, como: ter como fazer exercícios do que estão estudando, ter um melhor entendimento e compreensão sobre como os circuitos elétricos funcionam, facilidade de uso e entendimento. Destaca-se ainda como uma percepção positiva: “*acho que foi mais eficaz pelo fato dele explicar bem e ter como montar os circuitos para entender melhor e isso ajuda muito*”.

Em relação ao entendimento dos conteúdos utilizando o laboratório virtual e usando o Magneton como guia, os alunos consideraram que “*sim*”, o Magneton funciona bem nesse sentido. Um aluno respondeu que “*foi difícil, mas deu para compreender*” e outro considerou que o “*agente auxiliou mais ou menos*”. Da mesma forma, os alunos consideraram que conseguiram identificar e trabalhar lacunas sobre o entendimento de Circuitos Elétricos e que as perguntas e respostas foram positivas para sua melhor compreensão. Um aluno, no entanto, relatou que apesar de ter “*mais ou menos*” conseguido trabalhar as lacunas, as perguntas e respostas não o ajudaram tanto porque quando ele teve uma dúvida o agente considerou sua dúvida como resposta errada.

Em relação a experiência para compreensão do conteúdo pelos exercícios realizados e como a ferramenta facilitou ou dificultou a compreensão, os alunos responderam que a experiência foi positiva alguns pontos destacados foram: “*pra quem nao entendeu a explicação do professor, a ferramenta explica resumidamente com atenção só pra VOCÊ, então ele facilita*”; “*Ajudou por causa que se você erra ela explica tudo certinho*,” “*Os exercícios ajudaram bastante e me ajudou a compreender melhor o que estávamos aprendendo*” e “*Ele deu uma ajudada mas ainda tenho a algumas dúvidas*”. Destaca-se como ponto positivo, portanto, a personalização de aprendizagem.

Apesar da experiência ser positiva para a maioria dos alunos, como relatado nas respostas das questões anteriores, apenas dois alunos consideraram o *chatbot* um tutor e nenhum considera ele um amigo. A maioria o enxerga apenas “*Como uma ferramenta tecnológica*”. Nesse ponto, podemos entender que os alunos têm uma compreensão do papel da pessoa educadora no contexto da educação *online*. E que mesmo sendo considerado amigável e cumprindo seu papel, o *chatbot* é considerado uma ferramenta tecnológica.

O Quadro 8 apresenta as questões relacionadas ao Bloco 3, em que 13 alunos respondentes e participantes do Grupo Experimental avaliaram questões relacionadas à usabilidade do Magneton.

Quadro 8 - Perguntas avaliativas finais da ferramenta

Quanto à pergunta	Quanto à resposta
Frequência de uso do Magneton nos estudos.	<ul style="list-style-type: none"> • 8 usariam com frequência; • 4 não souberam como classificar; • 1 não usaria.
Magneton é fácil e amigável	<ul style="list-style-type: none"> • 8 acharam o sistema fácil e amigável; • não souberam como classificar; • 3 acharam o sistema um pouco complexo e nem tão amigável.
Necessidade de ajuda técnica para utilizar o Magneton	<ul style="list-style-type: none"> • 8 consideram não precisar de ajuda; • não souberam como classificar; • 2 consideram precisar de ajuda.
Conteúdo do Magneton relevante aos interesses pessoais	<ul style="list-style-type: none"> • 9 consideraram relevantes; • não souberam como classificar; • 2 consideram pouco relevantes.
As funções do Magneton estavam bem integradas	<ul style="list-style-type: none"> • 9 consideraram bem integradas; • 0 não soube como classificar; • 4 consideraram não tão bem integradas.
Conteúdo do Magneton conectado com conhecimentos prévios	<ul style="list-style-type: none"> • 5 concordaram; • 5 não souberam como classificar; • 3 não concordaram.
Facilidade de entendimento do Magneton enquanto a material estudo	<ul style="list-style-type: none"> • 8 tiveram facilidade; • 4 consideraram nem fácil nem difícil; • 1 não considerou fácil.
Confiança sobre o aprendizado ao passar pelas etapas de interação com o Magneton.	<ul style="list-style-type: none"> • 9 consideram que ficaram satisfeitos; • não souberam responder, • não ficaram satisfeitos.
Satisfação por saber que vai ter oportunidade de utilizar na prática o que aprendeu com o Magneton;	<ul style="list-style-type: none"> • 9 ficaram satisfeitos; • não souberam como responder; • 1 não ficou satisfeito.
O Magneton conseguiu guiar o aluno, avançando na interação sem esforços.	<ul style="list-style-type: none"> • 8 consideraram o mecanismo satisfatório; • ficaram em dúvida; • não consideraram.

Como pode-se visualizar no Quadro 8, em quase todas as perguntas, a maioria respondeu de forma positiva às questões em nível de confiabilidade, atenção, relevância, confiança e satisfação em relação a usabilidade do AC. Para finalizar, apenas um aluno acrescentou um relato sobre o uso do Magneton. Analisando as respostas anteriores desse mesmo aluno percebeu-se que ele não ficou satisfeito com a ferramenta. Esse aluno foi o responsável por utilizar o gerador de lero-lero relatado anteriormente e forneceu o seguinte relato: *“O Magneton dava como errado a respostas quando eu perguntava se ele podia explicar melhor e teve uma pergunta que a resposta era sim e eu coloquei sim e usei um gerador de lero-lero para fazer uma resposta de 500 palavras de um conteúdo bem diferente e ele deu a resposta como certa”*. Nesse caso, a resposta do aluno na verdade foi “não”, como relatado anteriormente. Como a base de dados da ferramenta não é tão grande, é natural que em algumas situações o agente possa se perder, esses dados servem como uma atenção para continuar a melhoria do AC.

8.5 Entrevista com o professor

Foi realizada uma entrevista contendo seis perguntas sobre o experimento realizado com o professor responsável pela aplicação, Eduardo Tocchetto de Oliveira Junior. A partir desse contexto o professor pode oferecer suas contribuições e percepções após o experimento. O Quadro 9 apresenta as perguntas realizadas e as respostas fornecidas pelo professor.

Quadro 9 – Entrevista com o professor

Perguntas	Respostas
Qual a sua opinião sobre o experimento?	<i>“O Experimento é bem interessante proporcionando ao estudante uma ferramenta para interagir com o conteúdo a ser estudado. Proporciona uma forma interativa e uma boa fonte de consulta. Achei ele interessante também porque ele sai do monótono da sala de aula e o aluno tem oportunidade de usar uma ferramenta diferente.”</i>
Você acha que os alunos se sentiram motivados com o	<i>“Acredito que os alunos se sentiram motivados e despertou o interesse deles em utilizar a ferramenta. O que eu percebi em uma aula quando fui tirar</i>

Magneton e refletiram sobre o conteúdo?	<i>dúvidas deles, eles relataram e começaram a falar e fazer perguntas dos circuitos e a falarem do aprendizado com o Magneton. Notei que eles pensaram, refletiram e formalizaram o conteúdo.”</i>
Quais foram suas observações antes, durante e após o experimento com o Magneton?	<i>“Observei que a ferramenta despertou o interesse dos alunos. Que buscavam interagir e gostariam de ter mais interações.”</i>
Notou-se que os alunos tinham experiência prévia com mapas conceituais durante o experimento, você utiliza esta técnica com frequência? Se sim, utiliza que ferramenta para a construção dos mapas?	<i>“Os alunos tiveram contato com mapas conceituais em uma disciplina, a professora trabalhou com eles e sim utilizaram outra ferramenta, o cmap tools, mas não tem tantos recursos como o Vidya.”</i>
E quanto ao Vidya, o que achou da ferramenta para desenvolvimento de mapas conceituais?	<i>“Achei bem interessante uma ferramenta que facilita a montagem do mapa conceitual e os alunos não tiveram grande dificuldade em utilizar a ferramenta. Os alunos relataram dificuldades iniciais com o Vidya. No caso do Vidya, entendo que quando se tem muitos recursos se tem mais dificuldade, mas não é uma ferramenta ruim!”</i>
Realizaria um outro experimento com o Magneton? Tem alguma contribuição ou sugestão?	<i>“Sim gostaria de continuar a utilização do magneton. Imagino que aumentar a quantidade de questões para que o aluno tenha mais interação com o experimento, vai ter resultados melhores. Eu achei bem legal a interação com os alunos, os alunos relataram que foi bom que ajudou, e eu pretendo utilizar esse tipo de laboratório!”</i>

Com as respostas fornecidas pelo professor da aplicação, é possível notar que pelas percepções dele os alunos permaneceram motivados e com interesse em utilizar o Magneton mais de uma vez. O professor relatou que a ferramenta despertou o interesse dos alunos e que ele voltaria a realizar um novo experimento utilizando a ferramenta, mas que adicionaria novos conceitos para serem trabalhados. Esse relato é bastante positivo e mostra o potencial da ferramenta. O professor em conversa informal ainda relatou que acredita que o período de greve do IFSC possa ter prejudicado para que os alunos desenvolvessem os mapas pós-teste com mudanças mais significativas e que os mais empenhados na disciplina foram os que desenvolveram.

8.6 Discussões

Analisando o agente desenvolvido e os aspectos levantados pela literatura, pode-se afirmar que, mesmo tendo objetivos voltados à reflexão do aluno como os agentes desenvolvido nos trabalhos de Song, Oh e Rice (2017) e Cavagnaro (2023), o foco do Magnetron foi na reflexão a partir do conteúdo e da visualização de conceitos no laboratório virtual e não na gestão de aprendizado e reflexões relacionadas a como acontece o aprendizado individual. O professor da disciplina é quem conhece as principais dúvidas dos estudantes e propôs questões as quais considera reflexivas, considerando o laboratório virtual escolhido para o tema abordado. São os *feedbacks* entregues pelo Magnetron que complementam a reflexão sobre cada parte do conteúdo, permitindo-os a correção de possíveis conceitualizações prévias erradas e melhorando a capacidade de elaboração desses conceitos. Os *feedbacks* permitem ao Magnetron agir como uma ferramenta de apoio ao aluno nas tarefas *online* previstas na sala de aula invertida, assim como em Huang, Hew e Gonda (2019) e Tangkittipon *et al* (2020), mas, neste caso, em experimentos nos laboratórios virtuais. Assim, ao chegar na aula presencial o aluno além de tirar dúvidas consegue associar novos aprendizados com o seu conhecimento autônomo.

Ainda, é possível verificar que utilizar recursos como *emojis* e *gifs* faz com que o agente se aproxime mais da linguagem usual do aluno, tornando a conversa menos monótona. Outros aspectos, como uma boa apresentação e uma *persona* interessante para o usuário, podem colaborar para que o aluno utilize a ferramenta com mais frequência. Nesse ponto, estudos como o de Calado (2017) e de Kocaballi, Laranjo e Coeira (2018) foram importantes e auxiliaram na construção de um *Design* de Experiência do Usuário para o Magnetron, melhorando as interações do usuário aluno com o *chatbot* tutor. A integração do *chatbot* com um *website* dedicado também é relevante, uma vez que o aluno consegue entender como o Magnetron funciona navegando por sua própria página. Guiar o aluno durante a experiência é fundamental para obter bons resultados referentes ao uso da tecnologia.

Em relação à aplicação, os alunos tiveram uma dificuldade inicial de compreensão da realização de mapas conceituais que satisfizesse os pré-requisitos

elencados na ferramenta Vidya Network. Essa dificuldade inicial também foi notada, embora de forma mais sutil, no uso inicial da ferramenta Magneton. Nota-se que tanto os tutoriais do Vidya como as instruções de uso do Magneton são necessários para que os alunos consigam ter um norte. Porém, mesmo estando disponíveis durante todo o momento da aplicação, nem todos os acessaram. Os professores responsáveis pela aplicação estarem engajados e motivarem os alunos realizando demonstrações também é algo muito importante. No caso do Magneton de Circuitos Elétricos, quando o professor Eduardo fez uma segunda demonstração em aula, foi o momento em que os alunos passaram a se engajar mais no uso do *chatbot*.

Outra discussão relevante em relação ao uso do Vidya Network é que foi possível notar que utilizar uma ferramenta como esta para desenvolvimento e avaliação dos mapas conceituais garante ao professor verificar, antes da avaliação, se os mapas têm estrutura adequada para ser avaliado. Dessa forma, foi possível notar que quantitativamente os alunos do Grupo de Controle tiveram uma melhor qualidade topológica e quantidade de conceitos nos mapas, em relação ao Grupo Experimental, mas ainda assim as diferenças não foram tão grandes. Esse aspecto não garante a qualidade referente ao conteúdo, mas permite ao professor ter um mapa estruturado de forma adequada para avaliar. Dessa forma, de forma qualitativa, os alunos do Grupo Experimental que utilizaram o Magneton em suas tarefas foram melhores na reflexão, organização e associação dos conceitos relacionados com a pergunta focal da atividade.

Acaba-se por notar que o agente não precisa estar integrado dentro do Moodle para ser utilizado, a disponibilização do *link* do *website* do agente funciona e também é efetiva. O importante é que o aluno utilize o agente após verificar os demais materiais *online* presentes na disciplina no ambiente que utiliza, mas isso também dependerá da forma como cada professor prefere disponibilizá-lo.

As recentes inteligências artificiais generativas textuais estão ganhando o mundo e o olhar atento de muitos pesquisadores e empresas, por esse motivo torna-se importante trazê-las para esta discussão, considerando o desenvolvimento do Magneton com APIs de desenvolvimento em contraponto a essa nova tecnologia.

Como citado anteriormente, o planejamento e desenvolvimento do Magneton foi realizado antes dos algoritmos generativos estarem disponíveis de forma estável, fato ocorrido a partir de novembro de 2022 com o lançamento oficial do ChatGPT. Mesmo assim, existem alguns pontos que tornam a decisão de utilizar a API do IBM Watson Assistant menos exposta a riscos. A utilização do Watson permitiu a construção de uma estrutura de diálogo que incluísse frases e ações as quais guiam o aluno a respeito de qual o próximo passo, em que uma pergunta complementa a outra. O experimento precisa ser completo. Utilizar modelos como os generativos poderia aumentar o risco de o aluno mudar o rumo da conversa e o *chatbot* ofereceria respostas condizentes aquele rumo tomado. Ainda, um *chatbot* generativo não oferece um *feedback* imediato sobre uma resposta do aluno, a menos que o aluno explicita que gostaria. De acordo com *Chang et al. (2023)* *chatbots* como o ChatGPT têm capacidades limitadas de solicitação reversa quando usadas para fins educacionais. Solicitação reversa são perguntas orientadoras ofertadas depois que os alunos já solicitaram por um *prompt* ao *chatbot*. Um exemplo de solicitação poderia ser uma reflexão em torno do seu método de aprendizagem ou uma pergunta explicativa após suas solicitações. Além disso, os autores destacam que o aluno não tem uma boa autogestão quando utiliza um *chatbot* generativo, e tem muita dificuldade de aproveitar o uso da melhor forma para seu processo de aprendizado.

Talvez, um agente generativo treinado com milhares de dados da internet possa oferecer respostas mais completas ou entender com mais precisão o que um usuário deseja, porém, o professor sendo protagonista do conteúdo, como ocorre no Magneton, e trazendo suas observações a respeito de possíveis dúvidas e respostas considerando sua experiência em sala e conteúdo programático, com certeza têm maiores chances de promover a reflexão individual daquele aluno.

8.7 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os resultados provenientes da aplicação do Magneton para Circuitos Elétricos realizada com 30 alunos da disciplina de Eletrônica Básica do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. Essa aplicação é

relacionada à Fase 2 da estratégia de desenvolvimento em que foram avaliados, além dos aspectos de usabilidade e satisfação do sistema, a conceitualização e reflexão obtida com o uso do agente na fase *online* da sala de aula invertida após a experimentação com o laboratório virtual.

Nesse caso, foram apresentadas e descritas as etapas do processo realizado na aplicação para posterior apresentação e discussão resultados obtidos, incluindo suas análises. A turma foi dividida entre Grupo de Controle e Grupo Experimental, e ambos realizaram um pré-teste e um pós-teste a partir do desenvolvimento de mapas conceituais na ferramenta Vidya Network. Foram apresentados os mapas de pré-teste e pós-teste de alguns alunos para comparação da evolução da conceitualização e reflexão de forma qualitativa. Notou-se que os alunos do Grupo Experimental tiveram evoluções claras na elaboração de frases de associação e classificação. No entanto, nem todos os estudantes do grupo atribuíram novos conceitos e realizaram modificações significativas nos seus mapas após o uso do Magneton, não sendo possível avaliar a eficácia do Magneton na turma toda. Mesmo assim, foi possível notar que o resultado foi melhor entre os alunos que utilizaram o Magneton e que atribuíram novos conceitos significativos. No Grupo de Controle, seis alunos tiveram resultados de avanço significativo, e três alunos regrediram em seu resultado inicial. Desse modo, verificar os outros métodos para obtenção dos resultados foi importante para complementar a análise.

Em relação à análise dos Bancos de Dados do Magneton, foi possível notar que houve uma melhoria de 73% para 92% no entendimento de intenções de resposta dos alunos. Foi possível também notar que todos os alunos do Grupo Experimental utilizaram o *chatbot* pelo menos uma vez. E os que utilizaram mais do que uma passaram a atribuir conhecimentos anteriormente explicados pelo agente em suas respostas. Houve duas situações em que o Magneton se perdeu na resposta, mas no restante das interações o agente agiu conforme programado.

Por fim, foi aplicado um questionário contendo questões qualitativas a respeito da eficácia do agente enquanto tutor de aprendizado e questões baseadas em escala SUS para validar a usabilidade e satisfação do usuário com o sistema. A maioria dos

alunos aprovaram o Magneton tanto como ferramenta de apoio no estudo de maneira *online* como nas funções provenientes da usabilidade do sistema. É importante destacar que o Magneton cumpriu seu papel em relação à reflexão dos alunos quanto ao conteúdo e a experimentação no laboratório. Esse aspecto foi observado tanto nos mapas conceituais, nos bancos de dados e no questionário final, respondido pelos alunos.

É importante destacar que o experimento realizado demanda tempo e esforço cognitivo por parte dos alunos, uma vez que são duas ferramentas inexploradas. Apesar de ser um único experimento, foram obtidos resultados provenientes de cinco fontes distintas, sendo elas: a análise qualitativa dos mapas conceituais e a análise qualitativa do banco de dados para avaliação da evolução da aprendizagem; a análise qualiquantitativa do questionário pós-teste que trouxe resultados sobre os aspectos da aprendizagem com o uso do Magneton e resultados sobre a usabilidade e satisfação do usuário com o sistema; a análise quantitativa do *analytics* da ferramenta que fornece informações referentes ao uso e desempenho do *chatbot* e, por fim, a análise da observação realizada pelo professor da disciplina pós-experimento.

9. Conclusões

O objetivo geral desta tese foi propor, desenvolver e avaliar um agente conversacional que utiliza estratégias para garantir o envolvimento do aluno em um cenário ativo, de forma *online*, relacionado a um contexto de aprendizagem experiencial no estudo de eletromagnetismo e eletrônica básica.

Para desenvolver o agente de forma dinâmica e motivadora, e atender a este objetivo, foi realizada uma série de etapas e pesquisas intensivas, como: percepção do problema e do contexto, análise de outros agentes presentes na literatura e de teorias que subsidiaram o Magneton, estudo sobre *Design* de Experiência do Usuário em *chatbots*, estudo de técnicas e linguagens para construção desse agente, estudo de técnicas para testar o AC e validar sua eficácia, estruturação prévia do fluxo de diálogo para construir da ferramenta, desenvolvimento da aplicação, contato com professores conteudistas com experiência para construção do conteúdo, seleção do laboratório virtual e de vídeos, desenvolvimento de todo o banco de pergunta e resposta, integração com um *website*, teste piloto para validar a eficácia, alterações conforme esse teste, disponibilização ao usuário final e avaliação da ferramenta com esse usuário. As etapas principais para a construção de um agente como o Magneton são demonstradas na Figura 79.

É, portanto, possível responder as questões de pesquisa afirmando que o papel de um *chatbot* em um cenário de sala de aula invertida com um laboratório virtual é acompanhar o aluno no momento de utilização de um experimento virtual, a fim de explicar os conceitos incompreensíveis para ele e que estão relacionados com o que visualiza no experimento. Nesse caso, o agente age como um tutor e guia o aluno durante o período da aprendizagem, embora seja percebido como uma ferramenta tecnológica. A partir do desenvolvimento do agente, foi possível também auxiliar alunos do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá, instigando reflexões sobre o conteúdo de Circuitos Elétricos e atuando na participação ativa dos alunos. Essa contribuição ocorreu porque, além de realizar perguntas, o Magneton foi capaz de fornecer *feedbacks* imediatos sobre as respostas dos alunos, trazendo

explicações para o momento de utilização do laboratório, assim como um tutor poderia fazer.

Figura 79 – Etapas de criação do Magneton.

Definições	Mapeamento Operacional	Modelagem	Desenvolvimento	Disponibilização e Novo treinamento
Percepção do problema e contexto;	Estudo sobre Design de Experiência do Usuário em chatbots;	Estruturação prévia do fluxo de diálogo para construir a ferramenta;	Desenvolvimento da aplicação lógica;	Teste piloto para validar eficácia;
Análise de outros agentes e estudo teorias que subsidiaram o Magneton;	Estudo de técnicas e linguagens para construção desse agente;	Contato com professores conteudistas com experiência para construção do conteúdo;	Desenvolvimento de todo banco de pergunta e resposta,	Alterações conforme teste piloto;
	Estudo de técnicas para testar o AC e validar sua eficácia;	Seleção do laboratório virtual e de vídeos,	Integração com um website,	Disponibilização ao usuário final
				Avaliação da ferramenta com este usuário.

Fonte: autoria própria.

Em relação às metas de aplicação elencadas no Capítulo 6 desta tese, foram utilizadas duas fases relacionadas à aplicação do agente desenvolvido com os alunos. Na primeira fase, foi realizada uma aplicação com 25 alunos do segundo ano da disciplina de Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá, com o conteúdo de Circuitos Elétricos. Essa aplicação visava testar a interação do Magneton com os usuários finais e medir sua usabilidade. Os alunos que estavam avançados no conteúdo puderam contribuir para melhorias do agente, visando a segunda fase da aplicação. Além disso, foi disponibilizado um questionário de satisfação e usabilidade, baseado na escala SUS. A partir da análise do banco de dados, foi possível comprovar que o Magneton foi considerado satisfatório, atingindo 73% de acurácia. Além disso, a partir dessa aplicação, foi possível melhorar o agente para a

aplicação final, na qual se obteve mais de 15% de melhoria em sua acurácia, reconhecendo a maior parte das respostas corretas e erradas.

Foram apontadas também melhorias para a fase dois da aplicação. Algumas das melhorias a serem implementadas e averiguadas foram: aumento do banco de respostas e perguntas do *chatbot*, melhorias relacionadas à linguagem, tipo de *feedback* fornecido e afetividade do sistema; e melhor reconhecimento das entidades para auxiliar na identificação de respostas. Embora não fosse o foco da aplicação na primeira fase, a maioria dos alunos acreditava no potencial de reflexão com o uso do *chatbot*.

A segunda fase teve como objetivo verificar se havia diferença na compreensão de conceitos com a utilização do agente, quais seriam essas diferenças e se a ferramenta estimularia o aluno a refletir sobre o processo de aprendizagem de maneira motivacional e ativa. Dessa forma, foi realizado um experimento com 30 alunos do primeiro ano da disciplina de Eletrônica do Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. Foram utilizadas algumas técnicas de validação para obter resultados reais, entre elas: a análise do banco de respostas de todas as interações de cada aluno, o *analytics* da ferramenta, a análise qualitativa de mapas conceituais realizados por dois grupos (Controle e Experimental), para tentar averiguar a evolução de conceitos com o uso do Magnetron, a análise qualiquantitativa de um questionário para verificar a opinião dos alunos participantes quanto à eficácia do agente na aprendizagem, na observação reflexiva e na satisfação em termos de usabilidade e, por fim, a opinião do professor responsável pela disciplina.

Pode-se notar, com ambos os métodos, que o agente contribui para a Observação Reflexiva do aluno em relação aos experimentos realizados no laboratório virtual.

Em relação às hipóteses elencadas também no Capítulo 6, todas se mostraram reais. Quanto à hipótese a) *O aluno compreende melhor os conceitos de eletromagnetismo e circuitos elétricos trabalhados no experimento virtual e torna-se capaz de realizar a observação reflexiva, conforme previsto no Ciclo de Kolb (2014), com o auxílio do agente desenvolvido.* Pode-se perceber, pelo banco de dados de

respostas do Magneton e pelas respostas do formulário final, que o aluno passa a entender melhor os conceitos e a observar de forma reflexiva os experimentos do laboratório virtual *online*. O banco de dados do agente permitiu constatar que, quando os alunos interagem mais de uma vez com o Magneton, na segunda ou terceira interação, apresentavam uma resposta melhor elaborada, tanto em conceito quanto em reflexão. Esse fator indica que o *chatbot* manteve o aluno atento aos *feedbacks* fornecidos. Em relação aos mapas conceituais, os alunos que realizaram uma segunda versão do mapa e estavam no Grupo Experimental demonstraram uma evolução nos conceitos. No entanto, dos alunos do Grupo de Controle que refizeram o mapa, apenas seis apresentaram mudanças significativas e três deles regrediram em relação ao propósito da atividade.

Em relação à hipótese b) *O agente desenvolvido é consistente e possui os atributos necessários para ser considerado um bom agente em relação à experiência do usuário aluno*. Desde o teste piloto, pode-se validar a eficácia do agente quanto à usabilidade e acurácia, havendo uma melhoria de 73% para 92% na aplicação final. O processo de estudo e planejamento do fluxo de diálogo contribuiu para que esse resultado fosse possível.

Em relação à hipótese c) *o agente desenvolvido mantém o aluno ativo, permitindo aumentar sua motivação e possibilitando um acompanhamento em tempo real*. Também foi possível obter respostas que validam essa hipótese. Pode-se confirmar que o agente manteve os alunos ativos, uma vez que um dos parâmetros observados foi que, apesar de haver dez questões para se chegar ao final do experimento, nenhum aluno deixou perguntas sem respostas. As perguntas que exigiam o *link* do experimento no laboratório virtual também tiveram respostas, mesmo se os alunos tivessem que abrir a aba do laboratório em outra guia do navegador. A maioria utilizou o agente mais de uma vez, e, quando perguntados se usariam o agente novamente, a maioria dos alunos respondeu de forma positiva. A motivação também foi percebida quando os alunos desafiavam o *chatbot*, fazendo perguntas fora do momento experimental ou fornecendo respostas que iam além da capacidade cognitiva do *chatbot*. Esses resultados confirmam que os alunos se mantiveram ativos e intrigados durante o uso da ferramenta.

A partir desse cenário, é possível afirmar e compreender que o Magneton possui diversas contribuições para a comunidade científica. A primeira delas diz respeito à forma como ele foi desenvolvido, considerando as técnicas e utilizando todo o potencial de ferramentas como a API do IBM Watson Assistant. Com sua alta possibilidade de replicabilidade, também é possível contribuir para que professores de diversas áreas aprendam a construir seus agentes, independentemente do conteúdo que lecionam. O Magneton se prova uma boa ferramenta tecnológica para o acompanhamento das atividades *online* da sala de aula invertida, principalmente quando envolvem experimentos em laboratório virtuais, uma vez que consegue manter o aluno ativo. Os alunos, no entanto, não o veem como um amigo ou tutor, mas como uma ferramenta tecnológica inovadora para apoiar a aprendizagem. Além disso, utilizar um agente desenvolvido nos moldes do Magneton para apoiar a Observação Reflexiva do experimento realizado no laboratório virtual possibilita um acompanhamento individual do aluno.

Como explicitado anteriormente, algumas limitações foram observadas durante a pesquisa e contribuíram para um desenvolvimento maior do que o programado.

No caso desta pesquisa, uma limitação foi a falta de permissão para a integração do agente dentro do Moodle institucional por meio de código, optando-se pela alocação em uma hospedagem externa e disponibilizando-o no Moodle via *link*, conforme observado em Oliveira *et al.* (2019). Esse fator não possibilitou o cruzamento de alguns dados referentes aos materiais acessados pelos alunos na ferramenta antes do uso do laboratório e do *chatbot* em sua aprendizagem *online*, como relatado por Paschoal, Chicon e Falkenback (2017). Nesse caso, em aplicações em que é possível e permitido essa integração com o sistema, recomenda-se o uso de agentes inteligentes dentro do próprio sistema com o objetivo de auxiliar o *chatbot* com informações do aluno e de seu desempenho durante o estudo prévio na ferramenta.

Outra limitação da pesquisa é em relação aos recursos disponibilizados na versão gratuita da API da IBM Watson Assistant. Embora a versão gratuita tenha atendido muito bem todos os pontos planejados do Magneton, se houvesse alguns dos recursos disponíveis nas versões pagas, o *chatbot* seria ainda mais eficaz, obtendo melhorias como aumento na eficácia da sua PLN e a busca na internet por informações

que não sabe como responder, oferecendo uma resposta proveniente desse canal, utilizando a fonte. No caso do Magnetron, para os experimentos realizados, recursos como um maior número de usuários mensais e de interações com os agentes não foram necessários. Uma outra limitação da versão gratuita, e que foi desafiadora neste trabalho, foi o tempo de disponibilidade do banco de dados na ferramenta, uma vez que são disponibilizados apenas sete dias. O volume de dados foi bastante grande e exigiu da autora uma gestão de tempo e de constância durante todo o período de aplicação. A quantidade disponibilizada na versão gratuita atendeu bem as necessidades da pesquisa.

A pandemia de Covid-19 também foi uma limitação desta pesquisa. Isso porque esse fato acabou atrasando seu desenvolvimento e aplicação. Naquela época, diversos professores contatados acabaram optando por não realizar as aplicações em suas disciplinas devido ao atraso de conteúdo. Além disso, os professores tiveram trabalho em dobro devido às paralisações das disciplinas, dificultando o processo de desenvolvimento do conteúdo do *chatbot*. Ainda em relação a esse processo, incertezas e situações de saúde também dificultaram o andamento da pesquisa. Destaca-se ainda o quadro de saúde física e mental da autora durante o ano de 2022 e início de 2023. Em uma situação atual, pode-se considerar que essas limitações não fariam parte do processo e não atrasariam o cronograma do trabalho.

Em relação à aplicação, devido às diversas etapas e requisitos cognitivos que dependem dos estudantes, notou-se que o tempo necessário é considerável e requer o acompanhamento dos professores e responsáveis pelas ferramentas. O pré-teste depende da ambientação dos estudantes na ferramenta Vidya Network, do conhecimento prévio sobre o desenvolvimento de mapas conceituais para alcançar um resultado adequado como ponto de partida e da leitura dos tutoriais da ferramenta pelos estudantes. Nesse sentido, observou-se a necessidade de, no mínimo, duas semanas para o desenvolvimento dos mapas iniciais. Por se tratar de uma atividade inteiramente a distância, há uma maior dificuldade em engajar os alunos para o desenvolvimento de atividades.

A leitura dos materiais do ambiente virtual de aprendizagem na fase *online* da de sala de aula invertida, bem como a utilização dos laboratórios virtuais e do agente Magneton, também demandou um tempo aproximado de duas semanas. No entanto, na primeira semana, os alunos pediram mais tempo devido a provas da instituição. Ou seja, uma semana pode ser suficiente em uma turma sem contrapontos e engajada. Em relação aos mapas conceituais pós-teste, acredita-se que uma semana seja suficiente, uma vez que eles já desenvolveram um mapa inicial e só precisam inserir os conceitos e reflexões que evoluíram. Recomenda-se que o questionário de aplicação seja respondido em aula síncrona ou na semana posterior à entrega dos mapas conceituais finais, de forma assíncrona. Conta-se, portanto, um total de um mês e uma semana de experimento em um cenário sem intercorrências.

Nesse sentido, também foram observados dois motivos que contribuíram para o atraso na aplicação: a falta de *internet* e a falta de engajamento de alguns alunos. A falta de *internet* por parte alunos torna inviável a utilização remota tanto do Magneton quanto do Vidya Network, que operam em servidores na nuvem. Além disso, inviabiliza também o acesso ao AVA e aos laboratórios virtuais. Por esse motivo, os alunos precisavam ir ao laboratório da universidade desenvolver suas atividades. Não é possível afirmar, mas uma possibilidade é que esse tipo de problema acabe, conseqüentemente, frustrando o aluno e desmotivando-o a utilizar as ferramentas.

Por fim, diversos trabalhos futuros podem ser elaborados a partir desta tese. Alguns dos tópicos a serem explorados serão apresentados abaixo:

- Realizar uma aplicação com alunos de Moçambique, com o objetivo de validar a linguagem desenvolvida para o Magneton de Eletromagnetismo de Faraday;
- Realizar a comparação e discussão a respeito dos aspectos culturais relacionados com o uso de tecnologia em Moçambique, comparando com o experimento do IFSC, correlacionado com autores que estudam a cultura e educação em diferentes países;

- Aplicar o Magnetron para Circuitos Elétricos com mais algumas turmas, a fim de visualizar e obter novos parâmetros a respeito da eficácia do agente na Observação Reflexiva do aluno;
- Utilizar métodos de avaliação diferentes dos utilizados nesta tese, para verificar se há diferenças da eficácia do Magnetron;
- Desenvolver novos agentes considerando as outras fases do ciclo de Kolb, não apenas para promover a reflexão, mas também para a conceitualização abstrata e a experiência concreta;
- Desenvolver cursos relacionados ao desenvolvimento de agentes conversacionais utilizando o método e os passos de desenvolvimento deste trabalho, fornecendo suporte e possibilitando aos professores autonomia para desenvolver seus próprios agentes, mesmo que tenham poucos conhecimentos em programação, devido à facilidade da ferramenta;
- Explorar outros cenários de metodologias ativas em que *chatbots* como o Magnetron possam ser inseridos, como: Aprendizagem Baseada em Problemas, Aprendizagem Baseada em Projetos, Gamificação etc.;
- Desenvolver funções para que o agente permita que o próprio estudante desenvolva perguntas reflexivas, a fim de instigar a criatividade e o senso crítico;
- Desenvolver *chatbots* com o mesmo método e passos de desenvolvimento, para acompanhar os experimentos em laboratórios virtuais, considerando outras matérias que envolvem difícil visualização de conceitos, como química e matemática;
- Verificar e listar as diferenças, vantagens e desvantagens do Magnetron em comparação com as ferramentas de IA generativa atuais no mercado.

Referências

- ABDULLAH, Ahsan; ADIL, Mohammad; ROSENBAUM, Leah; CLEMMONS; Miranda; SHAH, Mansi; ABRAHAMSON, Dor; NEFF, Michael. Pedagogical Agents to Support Embodied, Discovery-based Learning. *In: Beskow, J., Peters, C., Castellano, G., O'Sullivan, C., Leite, I., Kopp, S. (org), Lectures Notes in Computer Science (Intelligent Virtual Agents IVA 2017)*, v. 10498, Cham: Springer, 2017, p.1-14.
- ACAMPORA, Giovanni; LOIA, Vincenzo; GAETA, Matteo. Exploring e-learning knowledge through Ontological Memetic Agents. *In: IEEE Computational Intelligence Magazine*, v. 5, n. 2, 2010, p.66-77.
- ADAMOPOULOU, Eleni; MOUSSIADES, Lefteris. Chatbots: History, technology, and applications. *In: Machine Learning with Applications*, Elsevier, v.2, n.15, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100006>.
- AGUIAR, Eliane Vigneron Barreto; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; REATEGUI, Eliseu L. Supporting Problem-Solving in Mathematics with a Conversational Agent Capable of Representing Gifted Students' Knowledge. *In: Hawaii International Conference on System Sciences*, 47, 2014, Waikoloa - HI. *Anais[...]*, Hawaii, 6-9 Jan. 2014, p. 130-137. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.24>.
- AIT BAHA, Tarek; EL HAJJI, Mohamed; ES-SAADY, Youssef; FADILI, Hammou. Towards highly adaptive Edu-Chatbot. *In: Procedia Computer Science*, v. 198, 2022, p. 397-403. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.260>
- ALLOUCH, Merav; AZARIA, Amos; AZOULAY, Rina. Conversational Agents: Goals, Technologies, Vision and Challenges. *In: Sensors*, v. 21, n. 24, 2021, p. 8448. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21248448>.
- ARAÚJO, Matheus Souza Sales; FARIAS, Cláudia Teresa Teles; DE OLIVEIRA, Alexandre Smith. Detecção e classificação de defeitos em chapas de aço carbono utilizando ondas ultrassônicas guiadas de Lamb e redes neurais artificiais. *In: Congresso Norte Nordeste de pesquisa e inovação*, 7 (CONNEPI), 2012, Palmas-TO. *Anais[...]*, Palmas: IFTO, 19-21 de out. de 2012, 7pg. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/4430>
- AMAZON. Amazon Lex: Crie chatbots com IA conversacional. AWS: Brasil, 2022. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/lex/>. Acesso em: ago. 2022.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. 2. Ed., Rio de Janeiro: Interamericana, 1978, 625 p.

BELHAJ, Nadir; HAMDANE, Abdemounaime; CHAOUI, Nour El Houda; CHAOUI, Habiba; BEKKALI, Moulhime El. Engaging students to fill surveys using chatbots: University case study. *In: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. Bantul, v. 24, n. 1, p. 473-483, out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v24.i1.pp473-483>.

BERGMANN, John. SAMS, Aaron. **Flipped your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day**. 1ªed, Alexandria: ASCD, 2012, 113p.

BERDASCO, Ana; LÓPEZ, Gustavo; DIAZ, Ignacio; QUESADA, Luis; GUERRERO, Luis A. User Experience Comparison of Intelligent Personal Assistants: Alexa, Google Assistant, Siri and Cortana. *In: Proceedings...* 2019, v. 31, n. 51, 2019, 8p. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031051>.

BIBER, Douglas; CONRAD, Susan; REPPEN, Randi. **Corpus linguistics: investigating language structure and use**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998, 272p.

BIRD, Steven; KLEIN, Ewan; LOPER, Edward. **Natural Language Processing with Python**. 1ª ed, Sebastopol: O'Reilly Media, 2009, 500p.

BODDU, Raghu. From Siri to Alexa: A Brief History of Conversational AI and Virtual Assistants. **LinkedIn: Innovation Insider**, Canadá, mai. 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/from-siri-alexa-brief-history-conversational-ai-raghu/> Acesso em: 09 mai. /2024.

BORGES, Marcos C; CHACHÁ, Silvana G.F.; QUINTANA, Silvana M.; FREITAS, Luiz Carlos C.; RODRIGUES, Maria Lourdes V. Aprendizado baseado em problemas. *In: Revista Medicina*, Ribeirão Preto. v. 47, nº 3, 2014, p. 301-307. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v47i3p301-307>.

BORSCI, Simone; MALIZIA, Alessio; SCHMETTOW, Martin; DER VELDE, Frank Van; TARIVERDIEV, Gunay; BALAJI, Divyaa; CHAMBERLAIN, Alan. The Chatbot Usability Scale: The Design and Pilot of a Usability Scale for Interaction with AI-Based Conversational Agents. **Personal and Ubiquitous Computing** Suíça: Springer, v.26, n.5, p. 95–119, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00779-021-01582-9>.

BOSKER, Bianca. SIRI RISING: The inside story of Siri's Origins -- And Why She Could Overshadow the iPhone. **Huffpost: Tech**, jan. 2013. Disponível em: Acesso em: 10 mai. 2024.

BOZZON, Alessandro. Enterprise Crowd Computing for Human Aided Chatbots. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE ENGINEERING FOR COGNITIVE SERVICES*, 1., 28-29 maio 2018, Gotemburgo. **Anais** [...], Nova Iorque: ACM, 2p, maio 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3195555.3195566>.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>.

BRASIL. Lei n. 9.394, atualizada até abril de 2020. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da União**: Seção 1, 4 ed., n. 61, Brasília - DF, abr. 2020.

BROCKMAN, Greg; ELETI, Atty; GEORGES, Elie; JANG, Joanne; KILPATRICK, Logan; LIM, Rachel; MILLER, Luke; POKRASS, Michelle. Introducing ChatGPT and Whisper APIs. 2023, Open AI: Blog. Disponível em: <https://openai.com/blog/introducing-chatgpt-and-whisper-apis>. Acesso em: dez. de 2023.

BROWN, T. B. et al. Language models are few-shot learners. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 33, p. 1877-1901, 2020.

BUDIHARTO, Widodo; ANDREAS, Vincent; GUNAWAN, Alexander Agung Santoso. AVA: Knowledge-based Chatbot as Virtual Assistant in University. **ICIC Express Letter, Part B: Applications**. Kumamoto: ICIC International, v. 13, n. 4, p.437-444, abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.24507/icicelb.13.04.437>.

CAI, Willian; GROSSMAN, Josh; LIN, Zhiyuan, Jerry; SHENG, Hao; WEI, Johnny Tian-Zheng; WILLIAMS, Joseph Jay; GOEL, Sharad. Bandit algorithms to personalize educational chatbots. **Machine Learning**, Suíça: Springer, v. 110, p. 2389–2418, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10994-021-05983-y>.

CALADO, Caio. 9 dicas para um bom design de chatbots. **Medium**, Brasil, mar. 2017. Disponível em: <https://brasil.uxdesign.cc/9-dicas-para-um-bom-design-de-chatbots-860bbc3bad84> Acesso em: jan. 2022.

CAPUTO, Andrea; MONTEROSSO, Davide; SORRENTINO, Eugênio. The use of concept maps as an assessment tool in students' risk education about occupational safety and health. *In: Ann Ist Super Sanità* 2022, vol. 58, Nº 3, p.172-176, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.4415/ann_22_03_05.

CARNEIRO, Mára Lúcia Fernandes; TURCHIELO, Luciana Boff. Quem é o Tutor?, **Educação a distância e tutoria**: Considerações pedagógicas e práticas. 1a Ed., Porto Alegre: Editora Evangraf, 148 p., 2013.

CASELI, Helena de Medeiros; NUNES, Maria Helena Volpe (org.) **Processamento de Linguagem Natural: Conceitos, Técnicas e Aplicações em Português** – 2a ed. – São Carlos: BPLN, 2024. Disponível em: brasileiraspln.com/livro-pln.

CAVAGNARO, Leticia Britos. Reflecting with AI: A tool to develop Human Intelligence. Medium: Stanford d.school. 2023. Disponível em: <https://medium.com/stanford-d-school/reflecting-with-ai-a-tool-to-develop-human-intelligence-88cec86babf>. Acesso em: dez. 2023.

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA. **CIEB: Notas técnicas #16: Inteligência Artificial na Educação**. São Paulo: CIEB, 2019.

CHANG, Daniel H; LIN, Michael Pin-Chuan; HAJIAN, Shiva; WANG, Quincy Q. Educational Design Principles of Using AI Chatbot that Supports Self-Regulated Learning in Education: Goal setting, Feedback, and Personalization. **Sustainability** 2023, 15, 12921. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151712921>.

CHANDRASEKAR, Raman. Elementary? Question Answering IBM's Watson, and the Jeopardy! Challenge. **Resonance**: Indian Academy of Sciences, India: Springer, v.9, n.3, p. 222-241, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12045-014-0029-7>.

CHEN, Yu-Fen; LIU, Chen-Chung; YU, Ming-Hung; CHANG, Sung-Bin; LU, Yu-Chen; CHAN, Tak-Wai. Elementary Science Classroom Learning with Wireless Response Devices - Implementing Active and Experiential Learning. *In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON WIRELESS AND MOBILE TECHNOLOGIES IN EDUCATION*, 28-30 nov., 2005, Tokushima. **Anais[...]**, IEEE, p. 96-103, jan. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WMTE.2005.22>.

COLACE, Francesco; DE SANTO, Massimo; LOMBARDI, Francesco Pascale; PIETROSANTO, Antonio. Chatbot for E-Learning: A Case of Study. **International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research**, [s.l.]: IJMERR, v. 7, n. 5, p.528-533 set. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18178/ijmerr.7.5.528-533>.

COLBY, Kenneth Mark; WEBER, Sylvia; HILF, Franklin Dennis. Artificial Paranoia. **Artificial Intelligence**, Amsterdam: Elsevier, v. 2, n. 1, p. 1-25, 1971. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(71\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0004-3702(71)90002-6).

CORREIA, Paulo Rogério Miranda; SILVA, Amanda Cristina da; JUNIOR, Jerson Geraldo. Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. *In: Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 32, n. 4, 4402, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172010000400009>.

COSTA, Evandro; FECHINE, Joseana; SILVA, Priscylla; ROCHA, Hemilis. Modelos de Feedback para estudantes em Ambientes Virtuais de Aprendizagem em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. (2016) In: V Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2016), V Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE 2016), 24-27 out. 2016, Uberlândia/MG, **Anais[...]**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Educação, 38 p., out. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/sbc.11436.9>.

COSTA, Maria Magali Borges. **Um estudo sobre as contribuições das metodologias ativas e da personalização no ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2022.

COZMAN, Fabio G.; NERI, Hugo. Introdução: O que, afinal, é Inteligência Artificial? In: COZMAN, Fabio G.; PLONSKI, Guilherme Ary; NERI, Hugo (org.). **Inteligência Artificial: Avanços e Tendências**, São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2021, 414p.

DAMIÃO, Mateus Araujo; CAÇADOR, Rodrigo Menezes Costa; LIMA, Sérgio Muinhos Barroso. Princípios e aspectos sobre agentes inteligentes. In: **Revista Eletrônica da Faculdade Metodista Granbery**, Juiz de Fora: Instituto Metodista Granbery, n. 17, jul/dez. 2014. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/307581541/Principios-e-Aspectos-Sobre-Agentes-Inteligentes>. Acesso em: out. 2021.

DE ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini. Introdução. In: BABICH, Lilian; MORAN, José. (org.) **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: Uma Abordagem Teórico-Prática**. Série Desafios da Educação, Porto Alegre: Penso, 2018, 430p.

DE JONG, Ton. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*, v. 38, p. 105-134, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>. Acesso em: 09 de setembro de 2024.

DE PINHO, Aparecida Maria Xenofonte. **Ambiente de aprendizagem na Educação a Distância: contribuições da semiótica**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2020, 244p.

DE SÁ FILHO, Paulo.; CASTIONI, Remi. Smartphones no processo educacional: Propondo possibilidades. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, Porto Alegre, v. 24, n. 2, p. 50-65, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1982-1654.110620>.

DE SOUZA, Nadia Aparecida; BORUCHOVITCH, Evely. Mapas Conceituais: estratégia de ensino/aprendizagem e ferramenta avaliativa. *In: Educação em Revista: Belo Horizonte*, v. 26, n. 3, dez. 2010, p. 195-218. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/LyJBCdDvGvdzmn6tRQv5JJL/?lang=pt>.

DENNIS, Matt; MASTHOFF, Judith; MELLISH, Chris. Adapting Progress Feedback and Emotional Support to Learner Personality. *In: International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 26, p.877–931, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0059-7>.

DEWEY, John. **Education and experience**. Nova Iorque: Simon and Schuster, 1938.

DOSWELL, Jayfus T. Pedagogical Embodied Conversational Agent. *In: International Conference on Advanced Learning Technologies*, 4., 30-01 ago/set. 2004, Washington - EUA, **Anais[...]**. Washington: IEEE Computer Society, 2004, p.774-776. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1357653>.

EL GHOUGH, Nihad; EN-NAIMI, El Mokhtar; KOUISSI, Mohamed. Implementation of an Adaptive Learning System Based on Agents and Web Services. *In: International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, v. 15, n. 14, pp. 162–178, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i14.13837>.

ERIKSSON, Kimmo; LINDVALL, Jannika; HELENIUS, Ola; RYVE, Andreas. Cultural Variation in the Effectiveness of Feedback on Students' Mistakes. *In: Frontiers in Psychology*, v.10, 13p, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03053>.

KARMALI, Farhan. Creating a chatbot in Moodle. Índia: KARMALI, Farhan, 2017. vídeo (19min07seg). Publicado pelo Canal Moodle, referente a Moot 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5_ecxwJxK5U Acesso em: ago. 2022.

FERREIRA, Hugo Honda. **Processamento de Linguagem Natural e Classificação de textos em Sistemas Modulares**. 2019. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação), Universidade de Brasília, Brasília, 2019, 71p.

FERREIRA, Valter Antonio. **Laboratórios Virtuais Imersivos 3d: Processos Cognitivos em Experimentos de Eletromagnetismo**. Tese (Doutorado em Informática na Educação), Centro Interdisciplinar de Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

FØLSTAD, Asbjørn; ARAUJO, theo; LAW, Effie lai-chong; BRANDTZAEG, Petter Bae; PAPADOPOULOS, Symeon; REIS, Lea; BAEZ, Marcos; LABAN, Guy; MCALLISTER, Patrick; ISCHEN, Carolin; WALD, Rebeca; CATANIA, Fábio; WOLFF, Raphael Meyer Von; HOBERT, Sebastian; LUGER, Ewa. Future directions

for chatbot research: an interdisciplinary research agenda. *In: Computing*, Austria: Springer, v. 103, n. 12, p. 1915-1942, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00607-021-01016-7>.

FØLSTAD, Asbjørn; SKJUVE, Marita. Chatbots for Customer Service: User Experience and Motivation. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONVERSATIONAL USER INTERFACES (CUI 2019)*, 1., 22–23 ago. 2019, Dublin, **Anais[...]**, Dublin: ACM, 2019, 9p. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3342775.3342784>.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: Mecânica 1**, Manual do Professor. São Paulo: Editora Ática, 2013, 433p.

GASPAR, Alberto. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma nova Visão Baseada na Teoria de Vigotski**. Coleção Contextos da Ciência. São Paulo: LF editorial, 2014, 252p.

GATTI, Francielle Nogueira. **Educação Básica e Inteligência Artificial: Perspectivas, Contribuições e Desafios**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação: Currículo), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, 2019, 90p.

GARTNER. Emerging Technologies: IT Services Technology Spending — 2021 Survey Trends. Emerging Technologies & Trends Research Team Initiatives, 24 set. 2021. Disponível em: <https://gartner.com/en>. Acesso em: mar. 2022.

GILL, Sukhpal Singh; XU, Minxian; PATROS, Panos; WU, Huaming; KAUR, Rupinder; KAUR, Kamalpreet; FULLER, Stephanie; SINGH, Manmeet; ARORA, Privansh; PARLIKAD, Ajith Kumar; STANKOVSKI, Vlado; ABRAHAM, Ajith; GHOSH, Soumya K.; LURFIYYA, Hanan; KANHERE, Salil S.; BAHSOON, Rami; RANA, Omer; DUTSDAR, Schahram; SAKELLARIOU, Rizos; UHLIG, Steve; BUYYYA, Rajkumar. Transformative effects of ChatGPT on modern education: Emerging Era of AI Chatbots. *In: Internet of Things and Cyber-physical Systems*. v. 4, 2024, Pages 19-23. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.06.002>.

GONÇALVES, Marta de Oliveira; SILVA, Valdir. Sala de aula compartilhada na licenciatura de matemática: relato de prática. *In: BABICH, Lilian; MORAN, José. (org). Metodologias Ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, série desafios da educação, 430p, 2018.

GOOGLE. DialogFlow: Documentação Brasil: Google Cloud. 2022. Disponível em: <https://cloud.google.com/dialogflow/docs>. Acesso em: ago. 2022.

GOMES, Romualdo Santos; BARBOSA, Débora Nice Ferrari; GEYER, Cláudio Fernando Resin. Lassalinho – Um agente pedagógico animado em um ambiente multi-agente para Educação a Distância. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.13780>.

GRANDI, R. H. Vidya Network: uma ferramenta educacional baseada em redes semânticas de mapas conceituais. Tese de Doutorado. Porto Alegre: PPGIE/UFRGS, 2024. 183p.

GRIOL, David; MOLINA, José Manuel; DE MIGUEL, Araceli Sanchis. Developing multimodal conversational agents for an enhanced e-learning experience. **ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal**, v. 3 n. 1, p. 13–26, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.14201/ADCAIJ2014381326>.

GUINALDO, Maria; DE LA TORRE, Luis; HERADIO, Ruben; DORMIDO, Sebastian. A Virtual and Remote Control Laboratory in Moodle: The Ball and Beam System. *In: IFAC Proceedings Volumes*, [s.l.]: Elsevier, v. 46, n. 17, p. 72-77, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3182/20130828-3-UK-2039.00021>.

GUNKEL, David J. Comunicação e inteligência artificial: novos desafios e oportunidades para a pesquisa em comunicação. *In: Galáxia*, São Paulo, n. 34, p. 05-19, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-2554201730816>.

HASSANE, Kemouss; ABDENOUR, Omar; KHALDI, Mohamed; MOHAMED, Erradi. Design and Development of a Computer System for Managing Learning Activities According to the Kolb Learner Profile. *In: Rajar - Journal of Applied Research*, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 335-340, 2022. Disponível em: <http://doi.org/10.47191/rajar/v8i4.19>.

HASEGAWA, Dai; UĞURLU, Yücel; SAKUTA, Hiroshi. A Human-like Embodied Agent Learning Tour Guide For E-learning Systems. *In: IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDUCON)*, 3-5 abr. 2014, Istanbul. **Anais[...]**, Turquia: IEEE, p. 50-53, jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2014.6826067>.

HERPICH, Fabrício; NUNES, Felipe Becker; VOSS, Gleizer Bierhalz; JARDIM, Rafaela Ribeiro; MEDINA, Roseclea Duarte. Ambiente Virtual Imersivo para ensino em Redes de Computadores: uma proposta usando Agentes Inteligentes. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO*, 15., 03-06 nov. 2014, Dourados – MG. **Anais[...]**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação,

p. 65-69, 2014. Disponível em: <http://ojs.sector3.com.br/index.php/sbie/article/view/2930>.

HEIDIG, Steffi; CLAREBOUT, Geraldine. Do pedagogical agents make a difference to student motivation and learning? *In: Educational Research Review*, Elsevier, v.6, p. 27-54, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.07.004>

HORN, Michael. B; STAKER, Heather. **Blended: Usando a Inovação Disruptiva para Aprimorar a Educação**. Porto Alegre: Penso, 2015, 320p.

HOWLAND, Jane L.; JONASSEN, David H.; MARRA, Rose M. *Meaningful Learning with Technology*. Pearson Education, Inc. 2012.

HUANG, Weijiao; HEW, Khe Foon; GONDA, Donn Emmanuel. Designing and evaluating three chatbot-enhanced activities for a flipped graduate course. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, v. 8, n. 5, 2019, pp. 813-818. Disponível em: [10.18178/ijmerr.8.5.813-818](https://doi.org/10.18178/ijmerr.8.5.813-818).

HUSSAIN, Shafquat; SIANAKI, Omid Ameri; ABABNEH, Nedal. A Survey on Conversational Agents/Chatbots Classification and Design Techniques. *In: BAROLLI, L; TAKIZAWA, M; XHAFA, F; ENOKIDO, T. (eds). Web, Artificial Intelligence and Network Applications*, Advances in Intelligent Systems and Computing, Cham: Springer, v. 927, p. 946-956, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15035-8_93.

INBOT. CASE: Robô Ed – Petrobras. In: Inbot. 2024. Disponível em: <https://inbot.com.br/chatbots/case-robo-ed-petrobras/> Acesso em: 09 de ago. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**: Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal em 2019. [s.l]: Educa Jovens, 2021, 12p. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>.

IBM. Docs da IBM CLOUD/Watson Assistant (gerenciado). Brasil: IBM WATSON, 2022. Disponível em: <https://cloud.ibm.com/docs/assistant?topic=assistant-getting-started&locale=pt-BR>.

IO H. N; LEE. C.B. Chatbots and conversational agents: A bibliometric analysis. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT*, 10-13 dec. 2017, Singapura, **Anais[...]**,

Singapura: IEEE, p.215-2019, fev., 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289883>.

JUNIOR, Dorival Magro. **Uma Arquitetura de Aplicação Utilizando Agentes Móveis para um Sistema de Imobiliárias**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Informática e Estatística, Florianópolis, 2002, 76f.

JURAFSKY, Daniel; MARTIN, James H. **Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing**. Londres: Pearson, 3ª ed draft, 2022.

KARAKAYA, Murat. Part A: A practical Introduction to Text Classification. *In: Medium*, [s.l.], mar. 2022, Disponível em: <https://medium.com/deep-learning-with-keras/multi-topic-text-classification-with-various-deep-learning-models-3e19ee95e083>, Acesso em: jun. de 2022.

KOCABALLI, A. Baki; LARANJO, Liliana; COEIRA, Enrico. Measuring User Experience in Conversational Interfaces: A comparison of Six Questionnaires. *In: INTERNATIONAL BCS HUMAN COMPUTER INTERACTION CONFERENCE (HCI)*, 32., 4-6 jul., 2018, Belfast, UK. *Anais[...]*, Belfast: BCS Learning and Development Ltd, 2018, 12p. Disponível em: <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.21>.

KOLB, Alice Y; KOLB, David A; **The Experiential Educator: Principles and Practices of Experiential Learning**. Kaunakakai: Experience Based Learning Systems, 2017, 595p.

KOLB, Alice Y; KOLB, David A. **The Kolb Learning Style Inventory 4.0: A Comprehensive Guide to the Theory, Psychometrics, Research on Validity and Educational Applications**. Experience Based Learning Systems, 2013.

KOLB, David. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. Nova Jersey: Pearson Education Inc, 2014, 416p.

KRASSMANN, Aliane Loureiro. **Investigando o senso de presença na educação a distância**. 2020. Tese (Doutorado em Informática na Educação), Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 228p.

KUMAR, Jeya Amantha. Educational chatbots for project-based learning: investigating learning outcomes for a team-based design course. *In: International Journal of Educational Technology Higher Education*, SpringerOpen, v. 18, n. 65, 28p, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00302-w>.

KUYVEN, Neiva Larisane; ANTUNES, Carlos André; VANZIN, Vinicius João de Barros; SILVA, João Luis Tavares; KRASSMANN, Aliane Loureiro; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. *Chatbots* na educação: Uma revisão sistemática da literatura. **Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 16, n.1, 10 p, jul. 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/86019/49382>.

KLEINA, Nilton. A história da Inteligência Artificial. **Tecmundo**, [s.l.], 23 out. 2018, Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/mercado/135413-historia-inteligencia-artificial-video.htm>, Acesso em: out. 2021.

KLUTKA, Justin; ACKERLY, Nathan; MAGDA, Andrew J.; **Artificial Intelligence in Higher Education: Current Uses and Future Applications**. Learning House, Marshall: Wiley University Services, 2020.

LAATO, Samuli; MORSCHEUSER, Benedikt; HAMARI, Juhoo; BJORNE, Jari. AI-assisted Learning with ChatGPT and Large Language Models: Implications for Higher Education. 2023 IEEE International Conference on Advanced Learning, Orem, UT, USA, 2023, pp. 226-230. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICALT58122.2023.00072>

LALLEMAND, Carine; GRONIER, Guillaume; KOENIG, Vincent. User experience: A concept without consensus? Exploring practitioners' perspectives through an international survey. *In: Computers in Human Behavior*, [s.l.]: Elsevier, v. 43, p.35-48, fev. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.048>.

LATHAM, Annabel; CROCKETT, Keeley; MCLEAN, David; EDMONDS, Bruce. Oscar: An Intelligent Adaptive Conversational Agent Tutoring System. *In: O'SHEA, J., NGUYEN, N.T., CROCKETT, K., HOWLETT, R.J., JAIN, L.C. (org). Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications*. Lecture Notes in Computer Science. Berlin: Springer, 2011, v. 6682. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-22000-5_58.

LEITE, Bruno Silva. Aprendizagem Tecnológica Ativa. *In: Revista Internacional de Educação Superior*, Campinas, v.4, n.3, p.580-609, set/dez. 2018. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/ritecima/article/view/3171>.

LEONHARDT, Michele Denise. **Doroty: um Chatterbot para Treinamento de Profissionais Atuantes no Gerenciamento de Redes de Computadores**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LEONHARDT, Michelle Denise; DAIANE, Dorneles de Castro; DUTRA, Renato Luís; TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. ELEKTRA: Um Chatterbot Para Uso em Ambiente Educacional. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, 11p, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.14336>

LEWIS, David I. The pedagogical benefits and pitfalls of virtual tools for teaching and learning laboratory practices in the Biological Sciences. *In: The Higher Education Academy: STEM*, Heslington: ADVANCEDHE, nov., 2014. Disponível em: <https://www.advance-he.ac.uk/knowledge-hub/pedagogical-benefits-and-pitfalls-virtual-tools-teaching-and-learning-laboratory>

LEWIN, Kurt. **Field Theory in Social Sciences**. New York: Harper & Row, 1951.

LIEW, Tze Wei; TAN, Su-Mae; GAN, Chin Lay. Interacting With Motivational Virtual Agent: The Effects of Message Framing and Regulatory Fit in an E-Learning Environment. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL INFORMATION MANAGEMENT*, 13. 24-26 set. 2018, Berlin. **Anais[...]**, Berlin: IEEE, p. 136-141, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICDIM.2018.8846987>

LISTER, Kate; COUGHLAN, Tim; KENNY, Ian; TUDOR, Ruth e INIESTO, Francisco. Taylor, the Disability Disclosure Virtual Assistant: A Case Study of Participatory Research with Disabled Students. *In: Education Sciences*, Basel: MDPI, v.11, n. 10, p. 587, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci11100587>

LIU, Dongfeng; VALDIVIEZO-DÍAZ, Priscila; RIOFRIO, Guido; SUN, Yi-Meng; BARBA, Rodrigo. Integration of Virtual Labs into Science E-learning. *In: Procedia Computer Science*, [s.l]: Elsevier, v. 75, p. 95-102, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.224>

MCTEAR, Michael; CALLEJAS, Zoraida; GRIOL, David. **The Conversational Interface: Talking to Smart Devices**. 1ª ed, Cham: Springer, 2016, p. 422.

MAGEIRA, Kleopatra; PITTOU, Dimitra; PAPASALOUROS, Andreas; KOTIS, Konstantinos; ZANGOIANNI, Paraskevi; DARADOUMIS, Athanasios. Educational AI Chatbots for content and language integrated learning. *In: Applied Sciences*, Basel: MDPI, v. 12, n. 7,16p, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app12073239>

MANARIS, Bill. Natural Language Processing: A Human-Computer Interaction Perspective. *In: Advances in Computers*, Elsevier, v.47, 1998, p.1-66. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(08\)60665-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(08)60665-8)

MARTÍNEZ-PLUMED, Fernando; GÓMEZ, Emília; HERNÁNDEZ-ORALLO, José. Futures of artificial intelligence through technology readiness levels. *In: Telematics and Informatics*, Riverside, v. 58, n. 3, 37p, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101525>.

MARTINS, Antonio Carlos; FALBO NETO, Gilliatt; SILVA, Fernando Antonio Menezes da. Características do Tutor Efetivo em ABP – Uma Revisão de Literatura. *In: Revista Brasileira de Educação Médica*, Brasília, v. 42, n. 1, p. 105-114, jan., 2018. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1981-52712018v42n1RB20160100>

MAZUR, Eric; HILBORN, Robert. **Peer instruction: A user's manual**. Nova Jersey: Prentice Hall, 1997.

MICROSOFT. Serviço de Bot do Azure. Azure: Brasil, 2022. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/products/bot-services/#documentation>. Acesso em: ago. 2022.

MILL, Daniel; SANTIAGO, Glauber. Aprendizagem ativa e significativa na cultura digital. *In: Luzes sobre a aprendizagem ativa e significativa*. SEaD-UFSCAR Editora. São Carlos, p 49-71 2021.

MIRNIG, Alexander G.; MESCHTSCHERJAKOV, Alexander; WURHOFER, Daniela; MENEWEGER, Thomas; TSCHELIGI, Manfred. A Formal Analysis of the ISO 9241-210 Definition of User Experience. *In: ANNUAL ACM CONFERENCE EXTENDED ABSTRACTS ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, 33.; 18-23 abr. 2015, Seal. **Anais[...]**, Nova Iorque: ACM, p. 437-450. abr. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2702613.2732511>

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga; GERMANO, José Silvério Edmundo; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro; GASPARG, Alberto. As atividades de demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n.2, p. 371-384, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n2p371>

MORAN, José. Metodologias ativas e modelos híbridos na educação. *In: YAEGASHI, Solange F. R; BIANCHINI, Luciane G. B; JÚNIOR, Isaias B. O; SANTOS, A. R; DA SILVA, Samira F. K. (org.). Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento*, Curitiba: CRV, 2017, p.23-35.

MORAIS, José Luiz Machado; DA CONCEIÇÃO, Arlindo Flávio. Ferramentas Tecnológicas e Metodologias de Apoio à Aprendizagem Personalizada no Ensino Superior: uma Revisão Sistemática. *In: Informática na educação: teoria & prática*,

Porto Alegre, v. 21, n. 3, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1982-1654.86226>

MOREIRA, Marco Antonio. Mapas conceptuales y aprendizaje significativo. **Revista Chilena de Educación en Ciencias**, v. 4, n. 2, p. 38-44, 2005.

MOREIRA, Marco Antonio. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: **Universidade de Brasília**, 1a ed., 186p, 2006.

MORO, Francielli Freitas. **Protótipo de um chatbot para auxiliar o professor na utilização do Sistema Tutor Inteligente MAZK**. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação), Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2019.

MORO, Francielli Freitas; ANGELONI; Maria Paula Corrêa; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; ALVES, João Bosco da Mota. The use of Augmented Reality to promote learning in Science Laboratories. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (CSCI)*, 15-17 dec. 2021, Las Vegas. **Anais[...]**, USA: IEEE, p. 1021-1025, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CSCI54926.2021.00220>

MORO, Francielli Freitas; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; VICARI, Rosa Maria. Proposta de arquitetura baseada em agentes inteligentes integrados em ambientes E-learning. *In: Revista Educar Mais*, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 249–260, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/reducarmais.5.2021.2163>

MORO, Francielli Freitas; VICARI, Rosa Maria; FIORI, Raquel; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Professor No Comando: Curso Prático De Desenvolvimento De Chatbots Para Docentes. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 235–244, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.110232>

MORRIS, Thomas Howard. Experiential learning—a systematic review and revision of Kolb’s model. **Interactive Learning Environments**, [s.l]: Taylor&Francis v. 28, n.8, p. 1064-1077, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1570279>

MOTA, Maria Danielle Araújo. **Laboratórios de Ciências/Biologia nas Escolas Públicas do Estado do Ceará (1997 - 2017): Realizações e Desafios**. 2019. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019, 194p.

MUBIN, Omar; WADIBHASME, Kewal; JORDAN, Philipp; OBAID, Mohammad. Reflecting on the Presence of Science Fiction Robots in Computing Literature. ACM

Transactions on Human-Robot Interaction, Nova Iorque: ACM, v. 8, n. 1, 2019, 25p. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3303706>

MUSTAPHA, S.M.F.D. Syed. Agent Mediated for Intelligent Conversational Channel For Social Knowledge-Building In Educational Environment. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGHER EDUCATION AND TRAINING*, 50., 31-2 maio/jun. 2004, Turquia, **Anais[...]**, Turquia: IEEE, nov., 2004, p.533-538. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ITHET.2004.1358230>

NIßEN, Marcia; SELIMI, Driton; JANSSEN, Antje; CARDONA, Davinia Rodríguez; BREITNER, Michael; KOWATSCH, Tobias; VON WANGENHEIM, Florian. See you soon again, chatbot? A design taxonomy to characterize user-chatbot relationships with different time horizons. **Computers in Human Behavior**, [s.l]: Elsevier, v. 127, n.2, 15p, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107043>

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993, 362 p.

OLAFSSON, Stefan; O'LEARY, Teresa; BICKMORE, Timothy. Coerced Change-talk with Conversational Agents Promotes Confidence in Behavior Change. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING TECHNOLOGIES FOR HEALTHCARE*, 13., 20-23 maio. 2019, Trento. **Anais[...]**, Nova Iorque: ACM, p. 31-40, maio 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3329189.3329202>

OLIVEIRA, Jeferson da Silva; ESPÍNDOLA, Danubia Bueno; BARWALDT, Regina; RIBEIRO, Luciano Maciel; PIAS, Marcelo. IBM Watson Application as FAQ Assistant about Moodle. *In: IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE)*, 16-19 out. 2019, Covington. **Anais[...]**, Estados Unidos: IEEE, p. 1-8, mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028667>

OLIVEIRA, Márcia Gonçalves; NEVES, Adler; LOPES, Mônica Ferreira Silva; MEDEIROS, Helen França; ANDRADE, Mariella Berger; REBLIN, Leonardo Leal. Um curso de Programação a distância com Metodologias Ativas e Análise de Aprendizagem por métricas de Softwares. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v.15, n.1, 10p, jul. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.75143>

PALOMINO, Cecília Estela Giuffra. **Modelo de Sistema tutorial inteligente para ambientes virtuais baseado em agentes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PATEL, Ankur A; ARASANIPALAI, Ajai Upili. **Applied Natural Language Processing in the Enterprise: Teaching Machines to Read, Write, and Understand**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2021, 336p.

PASCHOAL, Leo Nathan; CHICON, Patricia M.; FALCKENBACH, Gilse Antoninha Morgental. Concepção, Implementação e Avaliação de um Agente Conversacional com Suporte à Aprendizagem Ubíqua. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*; Porto Alegre, v. 1, n. 1, jul. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.75121>

PASCHOAL, Leo Natan; CONTE, Tayana Uchôa; SOUZA, Simone do Rocio Senger de Souza. On the Experimental Process in Evaluations of Brazilian Conversational Agents in Education. **IEEE Revista Iberoamericana de tecnologias del aprendizaje**, v. 17, nº1, p. 99-107, fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3149776>

PIAGET, Jean. **The Origins of Intelligence in Children**. New York: International University Press, 1952.

PIAGET, Jean. **Desenvolvimento e aprendizagem**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

PINHEIRO, Augusto. Redes Neurais Artificiais. *In: Medium*, 26 jan. 2019. Disponível em: https://medium.com/@augusto_Pinheiro/redes-neurais-artificiais-133de77c7240 Acesso em: jun. de 2022

POKÉMON. Magneton nº 082. Quioto: Nintendo, 2022. Disponível em: <https://www.pokemon.com/br/pokedex/magneton>.

POPOV, Valentin. Webhooks. **Moodle: General Plugins(local)**. Disponível em: https://moodle.org/plugins/local_webhooks. Acesso em: maio. 2022

QUEIROZ, Aline Carmosina da Silva; BIZARRA, Ayla Márcia Cordeiro. Mapas conceituais como ferramenta avaliativa no ensino de ciências naturais: o que diz a literatura brasileira. *In: ACTIO: Docência em ciências*: Curitiba, v. 6, n. 3, ago./dez. 2021, p. 1-27. Disponível em: <http://periodicos.utfpr.edu.br/actio>

RADOVIC, Slaviša; HUMMEL, Hans G. K.; VERMEULEN, Marjan. The mARC instructional design model for more experiential learning in higher education: theoretical foundations and practical guidelines. *In: Teaching in Higher Education: Critical Perspectives*, [s.l.]: Taylor&Francis, v. 26, n.1, 18p, jan., 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13562517.2021.1872527>

RADOVIC, Slaviša; MARIC, Miroslav; PASSEY, Don. Technology enhancing mathematics learning behaviours: Shifting learning goals from “producing the right

answer” to “understanding how to address current and future mathematical challenges”. **Education and Information Technologies**, Suíça: Springer, v. 24, n. 4, p 103-126, jun. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9763-x>

RADZIWILL, Nicole M; BENTON, Morgan C. Evaluating quality of chatbots and intelligent conversational agents. **Computer and Society [arXiv]**, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04579>

RAHMAN, AM; MAMUM, Abdullah Al; ISLAM, Alma. Programming challenges of Chatbot: Current and Future Prospective. *In: IEEE REGION 10 HUMANITARIAN TECHNOLOGY CONFERENCE (R10-HTC 2017)*, 21-23 dez., 2017, Dhaka. **Anais[...]**, Bangladesh: IEEE, p.75-78, fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/R10-HTC.2017.8288910>

RAMIREZ, Carlos Enriquez; CANALES, Francisca Angélica Elizalde; HERRERO, Mariza Raluy. Evaluando la efectividad del aula invertida y de un laboratorio virtual para alumnos de educación básica durante la pandemia. *In: Ride: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, Educ [online], 2022, v.13, n.25. Disponível em: <https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1368>

RASA. Rasa Docs. [s.l.]: Rasa Open Source, 2022. Disponível em: <https://rasa.com/>. Acesso em: ago. 2022.

RODRIGUES, Cleide Aparecida Faria; SCHMIDT, Leide Mara; MARINHO, Hermínia Bugeste. **Tutoria em Educação a Distância**. Nutead, Ponta Grossa, 2011, 125p.

RUSSEL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. Traduzido por Wandenberg D. de Souza, 2a ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

RÜÜTMANN, Tiia. Development of Critical Thinking and Reflection. *In: AUER, M. TSIATSON, T. (Org). Advances in Intelligent Systems and Computing*, Cham: Springer, v. 917, p. 895-906, 2019.

SAMROSE, Samiha; HOQUE, Ehsan. MIA: Motivational Interviewing Agent for Improving Conversational Skills in Remote Group Discussions. *In: ACM on Human-Computer Interaction*, v.6, GROUP, 24 p. Jan. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3492864>

SANTOS, Lyslley Ferreira dos; TEZANI, Thaís Cristina Rodrigues. Aprendizagem colaborativa no ensino de História: A sala de aula invertida como Metodologia Ativa. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, 11p, dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.89302>

SANTOMAURO, Beatriz. **Qual a Diferença entre língua e linguagem?** In: Nova Escola. 6 de mar. 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/257/qual-a-diferenca-entre-lingua-e-linguagem#:~:text=>Acesso em: 09 ago. 2024.

SCHUETZLER, Ryan M; G. GRIMES, Mark; GIBONEY, Justin Scott. The effect of conversational agent skill on user behavior during deception. In: **Computers in Human Behavior**, v.97, p.250-259, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.033>

SCHOUTEN, Dylan G. M; VENNEKER, Fleur; BOSSE, Tibor; NEERINCX, Mark. A; CREMERS, Anita H.M. A Digital Coach That Provides Affective and Social Learning Support to Low-Literate Learners. In: **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 11, n. 1, p.67-80, jan./mar., 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2698471>.

SILVA, Maurício Araújo; ARAÚJO, Aline Montenegro; SANTOS, Adenilson de Jesus; BARROS, Sérgio Victor Florêncio; ANJOS, Paulo Cezar Santos; DE SOUSA, Stephanie Kamarry Alves. Desenvolvimento de um ambiente virtual de aprendizagem para mineração de dados com foco na personalização do ensino Utilizando Inteligência Artificial como apoio à prática docente. In: **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 117430-117438, 2021. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/4135>.

SILVA, Pablo Afonso; GODOY, Emerson André. Educação a distância em tempos de pandemia: faces das desigualdades sociais preexistentes. CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS, 24-28 ago. 2020, São Carlos. **Anais[...]**, São Carlos: UFSCAR, 6p, 2020. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/view/1656>

SILVA, Patrícia. F.; MENEZES, Claudiné S. de; FAGUNDES, Lea da Cruz. Aprendizagem colaborativa: desenvolvimento de projeto os de aprendizagem em ambiente digitais In: Workshop de Informática na escola, 22., out. 2016, Uberlândia, **Anais[...]**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, p. 815-824, 2016. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/6625/4536>. 12 dez. 2019.

SILVA, Anita Raquel da; SILVEIRA; Clóvis da; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach Tarouco, Agentes Conversacionais no Mundo Virtual Imersivo. In: TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; SILVA, Patrícia Fernanda da; HERPICH, Fabrício (Org.) **Cognição e aprendizagem em Mundo Virtual Imersivo**. Porto Alegre: Editora UFRGS, p. 95-121, 2019.

SILVEIRA, Clóvis. **Desenvolvimento de um *framework* com estratégias de avaliação de agentes conversacionais educacionais**. 2022. Tese (Doutorado em Informática na educação), Centro de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

SILVEIRA, Antonio Cláudio Jorge da; VIEIRA JUNIOR, Niltom. A inteligência artificial na educação: utilização e possibilidades. *In: Revista Interritórios*, Caruaru, v.5, n.8, p. 206-217, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.33052/inter.v5i8.241622>

SOARES, Cláudia Vivien Carvalho de Oliveira. **As intervenções pedagógicas do professor em ambientes informatizados: uma realidade a ser construída**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005, 133p.

SONG, Donggil; OH, Eun Young; RICE, Marilyn. Interacting with a Conversational Agent System for Educational Purposes in Online Courses. *In: International Conference on Human System Interactions (HSI)*, 10., 17-19 jul., 2017, Ulsan. **Anais[...]**, Coreia: IEEE, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/HSI.2017.8005002>

SPASIĆ, Aleksander J.; JANKOVIĆ, Dragan S. Using ChatGPT Standard Prompt Engineering Techniques in Lesson Preparation: Role, Instructions and Seed-Word Prompt. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2023, Nis, Serbia, 2023, pp. 47-50. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICEST58410.2023.10187269>

STONE, Peter; BROOKS, Rodney; BRYNJOLFSSON, Erik; CALO, Ryan; ETZIONI, Oren; HAGER, Greg; HIRSCHBERG, Julia; KALYANAKRISHNAN, Shivaram; KAMAR, Ece; KRAUS, Sarit; LEYTON-BROWN, Kevin; PARKES, David; PRESS, William; SAXENIAN, Annalee; SHAH, Julie; TAMBE, Milind; STIEGER, Mirjam; NIBEN, Marcia; RÜEGGER, Dominik; KOWATSCH, Tobias; FLÜCKIGER, Christoph; ALLEMAND, Mathias. PEACH, a smartphone- and conversational agent-based coaching intervention for intentional personality change: study protocol of a randomized, wait-list controlled trial. *In: BMC Psychology*, Springer Nature, v. 6, n.43, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40359-018-0257-9>

SUNAGA, Alexsandro; CARVALHO, Camila Sanches. As tecnologias digitais no ensino híbrido. *In: Ensino Híbrido: Personalização e tecnologia na educação*. BACICH, Lilian; NETO, Adolfo Tanzi; TREVISANI, Fernando de Mello (org.). Porto Alegre: Penso, 2015.

TANGKITTIPON, Piyanuch; SAWATDIRAT, Apiwat; LAKKHANAWANNAKUN, Phoemporn; NOYUNSAN, Chaluemwut. Facilitating a Flipped Classroom using Chatbot: A Conceptual Model. *In: Maharakham International Journal of Engineering Technology*, Tailândia, v. 6, n. 2, jul-dec 2020. Disponível em: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/mijet/article/view/10.14456.mijet.2020.20>

TEIXEIRA, Fabrício. O que é o SUS (System Usability Scale) e como usá-lo em seu site. *In: Medium*, ago. 2015. Disponível em: <https://brasil.uxdesign.cc/o-que-%C3%A9-o-sus-system-usability-scale-e-como-us%C3%A1-lo-em-seu-site-6d63224481c8>. Acesso em: jun. de 2022.

TELLER, Astro. **Artificial Intelligence and Life in 2030**. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel, Stanford University, Stanford, CA, set. 2016.

TESAURO, Gerald; GONDEK, David C.; LENCHNER, Jonathan; FAN, James. Prager, John. Watson's Strategies for Playing Jeopardy! *In: Journal of Artificial Intelligence Research*, El Segundo, v. 47, 2013, p. 205-251. Disponível em: <https://doi.org/10.1613/jair.3834>

TURING, Alan; Computing Machinery and Intelligence. *In: Mind*, Oxford Academy, Oxford, v.59; n. 236, p. 433-460, out. 1950. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

VALENTE, José Armando. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. BABICH, Lilian; MORAN, José (org). **Metodologias Ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018, 430p.

VASCONCELOS, Marisa; CANDELLO, Heloisa; PINHANEZ, Claudio; DOS SANTOS, Thiago. Bottester: Testing Conversational Systems with Simulated Users. *In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS (IHC 2017)*, 23-27 out. 2017, Joinville. **Anais[...]**. Nova Iorque: ACM, n. 73, p 1-4, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3160504.3160584>

VÁZQUEZ-CANO, Esteban; Mobile Distance learning with smartphones and Apps in higher education. *In: Educational Sciences: Theory and Practice*, v.14, n.4, p. 1505-1520, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2012>

VÁZQUEZ-CANO, Esteban; MENGUAL-ANDRÉS, Santiago; LÓPEZ-MENESES, Eloy. Chatbot to improve learning punctuation in Spanish and to enhance open and flexible learning environments. *In: International Journal of Educational*

Technology in Higher Education, Springer Nature, v.18, n. 33, 20p, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00269-8>

VERLEGER, Matthew; PEMBRIDGE, James. A Pilot Study Integrating an AI-driven Chatbot in an Introductory Programming Course. *In: IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE)*, 3-6 out. 2018, San Jose. **Anais[...]**, IEEE, p. 1-4, mar. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659282>.

VICARI, Rosa Maria. **Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030**. Brasília: Sistema Indústria - CNI, SESI, SENAI, IEL (UNESCO 2017), 2018.

VICARI, Rosa Maria. Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. *In: Estudos Avançados*, São Paulo, v. 35, n. 101, p.73-84, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.006>

VIDYA NETWORK. **O que é Vidya Network?** 2024. Disponível em <http://vidyanet.nuvem.ufrgs.br/help/characteristics>. Acesso em 28 março 2024.

VYGOTSKY, Lev. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo. Editora Martins Fontes. 1999.

XU, Ying; WARSCHAUER, Mark. **Elinor is Talking to me on the Screen! Integrating Conversational Agents into Children’s Television Programming**. *In: Conference on Human Factors in Computing Systems*, 25-30 abr. 2020, Honolulu. **Anais[...]**. Nova Iorque: ACM, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3334480.3383000>

WALLACE, Richard S. The Anatomy of A.L.I.C.E. *In: EPSTEIN, Robert; ROBERTS, Gary; BEBER, Grace (org.) Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*, Dordrecht: Springer, 1ª ed, 2009, 517p.

WEI, Yuhan; LU, Wei; CHENG, Qikai; JIANG, Tingting; LIU, Shewei. How humans obtain information from AI: Categorizing user messages in human-AI collaborative conversations. *In: Information Processing & Management*, Elsevier, v. 59, n. 2, 2022, p. 102838. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102838>

WEIZENBAUM, Joseph. Eliza: a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *In: Communications of the ACM*, Nova Iorque, v. 9, n. 1, p. 36–45, jan., 1966. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=365168>.

WENGER, Etienne. **Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge**. Michigan: Morgan Kaufmann Pub, 1^oed, 486pp, 1987.

WINKLER, Rainer; HOBERT, Sebastian; SALOVAARA, Antti; SOLLNER, Matthias; LEIMEISTER, Jan Marco. Sara, the lecturer: Improving Learning in Online Education with a Scaffolding-Based Conversational Agent. *In: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS*, 25-30 abr. 2020, Honolulu. **Anais[...]**, Nova Iorque: ACM, p. 1-14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376781>

WINKLER, Rainer; SÖLLNER, Matthias. Unleashing the Potential of Chatbots in Education: A state-of-the-art Analysis. *In: **Academy of Management: Proceeding***, Briarcliff Manor, v. 2018, n. 1, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2018.15903abstract>

ZAHOUR, Omar; BENLAHMAR, El Habib; EDDAOUI, Ahmed; OUCHRA, Hafsa; HOURRANE, Oumaima. Towards a Chatbot for educational and vocational guidance in Morocco: Chatbot E-Orientation. *In: **International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering***. v. 9, n. 2, p. 2479-2487, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/237922020>

ANEXO I

O roteiro de atividades para reflexão dos alunos após a experimentação no Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday, disponibilizado no PhET, no qual foi utilizado e adaptado como exemplo das perguntas reflexivas de testes iniciais citados, foi desenvolvido pelo professor de Física Ygor Bernardes. O roteiro é disponibilizado de forma gratuita para usuários cadastrados no repositório de atividades do próprio Experimento e pode ser encontrado em: <https://phet.colorado.edu/en/contributions/view/4918>

As perguntas e exemplos de respostas, corretas e erradas, desenvolvidas pelo professor Eduardo com o conteúdo de Circuitos Elétricos, utilizado na ferramenta final para uso após a experimentação com o *Falstad*, está disponível em: <https://docs.google.com/document/d/10b6gMF6HcuZAX0JtRHoKHCdoYKDz3WU4o09ouzwBPII/edit?usp=sharing>

As perguntas e exemplos de respostas, corretas e erradas, desenvolvidas pelo professor Manuel com o conteúdo de Eletromagnetismo de Faraday, utilizado na ferramenta final para uso após a experimentação com o Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday disponibilizado no PhET, estão disponíveis em: <https://docs.google.com/document/d/1s9OSg6-1THyQNFcrTI9X2ErC4ibGLKrY/edit?usp=sharing&oid=114642252388046172869&rtpof=true&sd=true>

ANEXO II

Um tutorial de uso da ferramenta Magnetron foi desenvolvido para auxiliar alunos e professores a entender seu funcionamento e encontra-se alocado em: <https://drive.google.com/file/d/1W2gf2FWyFI6VziDaGdJyshYf8HilXz0y/view?usp=sharing>.

Além disso, a ferramenta conta com instruções de uso em seu próprio *website* e pode ser visualizado em: <https://magnetron-site.vercel.app/instrucao.html>. No mesmo *link* é possível acessar uma apostila com passo a passo do desenvolvimento de um agente utilizando o modelo do MAGNETON.

ANEXO III

O questionário completo do teste-piloto realizado para validação da usabilidade do *chatbot* com os alunos do IFSC encontra-se disponível em: <https://forms.gle/v2caufCsSPVzYJX78>.

O questionário completo da aplicação 1, relacionada a circuitos elétricos e realizado com os alunos do IFSC - Campus Araranguá, encontra-se disponível em: <https://forms.gle/RQ5Kg7VC9DHytXJq7>.

ANEXO IV

Publicações com tópicos referentes a tese como primeira autora:

Relacionadas à *chatbots*:

MORO, Francielli Freitas; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; VICARI, Rosa Maria. Proposta de arquitetura baseada em agentes inteligentes integrados em ambientes E-learning. *In: Revista Educar Mais*, Pelotas, v. 5, n. 2, p. 249–260, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/reducarmais.5.2021.2163> (**Qualis B1**)

MORO, Francielli Freitas; VICARI, Rosa Maria; FIORI, Raquel; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Professor No Comando: Curso Prático De Desenvolvimento De Chatbots Para Docentes. *In: Revista Renote: Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 235–244, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.110232> (**Qualis A4**)

Relacionadas à Aprendizagem Experiencial e Laboratórios Virtuais:

MORO, Francielli Freitas; ANGELONI, Maria Paula Corrêa; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; ALVES, João Bosco da Mota. The use of Augmented Reality to promote learning in Science Laboratories. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCE AND COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (CSCI)*, 15-17 dec. 2021, Las Vegas. **Anais[...]**, USA: IEEE, p. 1021-1025, jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CSCI54926.2021.00220>. (**Indexado IEEE Xplore Digital Library**)

Publicações Extras realizadas pelo programa desde agosto de 2019:

AKAZAKI, Jacqueline Mayumi; MORO, Francielli Freitas; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; ROCHA, Letícia; BEHAR, Patrícia Alejandra; CAZELLA, Sílvio César. Educational Data Mining for the profile of candidates from the Enceja in the state of Rio Grande do Sul? *In: REDIN - Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 9, p. 1-13, 2020. (**Qualis A4**)

SILVA, Anita Raquel; MORO, Francielli Freitas; AKAZAKI, Jacqueline Mayumi; WIVES, Leandro Krug; GUIMARAES, Núbia; ROMERO, Oscar Yair Ortegon; JARDIM, Rafaela Ribeiro; GOMES, Raquel Salcedo; CESTARI, Tiago Nunes. Um Mapeamento Sistemático da Literatura na área de Informática na Educação. *In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE NOVAS TECNOLOGIAS DA EDUCAÇÃO*, 27., 25-27 nov. 2019, Porto Alegre. [**Anais...**] Porto Alegre: CINTED. v. 1. p. 1-258, 2019. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cinted/eventos/ciclo/xxvii/anais/>

MORO, Francielli Freitas; DESCOVI, Lucieli Martins Gonçalves; ALVES, Maiara Rosa; DOS SANTOS, Marcio Gabriel. Utilização de Ferramentas Tecnológicas para Incentivar Meninas nas Áreas de STEM: Um Plano de ensino com estratégias de Metodologia Ativa. *In: REDIN: Revista Interdisciplinar: 24º Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade*, v.8, p. 14, 2019.

<https://seer.faccat.br/index.php/redin/search/authors/view?firstName=Francielli&middleName=Freitas&lastName=Moro&affiliation=PPGIE%2F%20UFRGS&country=>
(Qualis A4)

Aceitos para Publicação

MORO, Francielli Freitas; GRANDI, Roges Horácio; SANT'ANNA, Alba v.; GOMES, Raquel Salcedo; WIVES, Leandro Krug. **A Docência com Inteligência Artificial: Curso de formação na utilização de chatbots generativos**. In: *Congreso Internacional em Inteligencia Artificial y Educación* (CIAE). Buenos Aires – Argentina, 2024. 8 páginas. (no prelo).