



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA

MATHEUS MARINHO DE MORAIS LEÇA

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM CHATBOT
BASEADO EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO
FERRAMENTA DE APOIO NA APRENDIZAGEM DOS
ALUNOS DE LÓGICA PARA COMPUTAÇÃO

RECIFE

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE INFORMÁTICA
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MATHEUS MARINHO DE MORAIS LEÇA

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM CHATBOT
BASEADO EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO
FERRAMENTA DE APOIO NA APRENDIZAGEM DOS
ALUNOS DE LÓGICA PARA COMPUTAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador: Prof. Filipe Carlos de Albuquerque
Calegario
Coorientadora: Profa. Anjolina Grisi de Oliveira

RECIFE
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Leça, Matheus Marinho de Moraes.

Desenvolvimento e avaliação de um chatbot baseado em inteligência artificial como ferramenta de apoio na aprendizagem dos alunos de lógica para computação / Matheus Marinho de Moraes Leça. - Recife, 2024.

67 p. : il., tab.

Orientador(a): Filipe Carlos de Albuquerque Calegario

Coorientador(a): Anjolina Grisi de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática, Ciências da Computação - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. Chatbots. 2. Inteligência Artificial.. 3. Large Language Models. 4. Sistemas Tutores Inteligentes. I. Calegario, Filipe Carlos de Albuquerque. (Orientação). II. Oliveira, Anjolina Grisi de. (Coorientação). IV. Título.

000 CDD (22.ed.)

Matheus Marinho de Moraes Leça

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM CHATBOT BASEADO
EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE APOIO
NA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS DE LÓGICA PARA
COMPUTAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco.

Aprovado em: 20 de Março de 2024

Banca Examinadora:

Prof. Filipe Carlos de Albuquerque Calegario
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - CIN

Profa. Anjolina Grisi de Oliveira
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - CIN

Prof. Giordano Ribeiro Eulalio Cabral
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE - CIN

Recife

2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, Karyne e Harry, pelo apoio e compreensão que tiveram comigo ao longo de toda a graduação. Sem esse incentivo, eu não estaria aqui hoje, amo vocês.

A todos os meus familiares que foram compreensivos quando eu "não saía da toca" por conta dos inúmeros trabalhos da graduação e ao meu falecido avô Laerte, que me ensinou ter o gosto pela leitura.

Aos meus três gatos, Bia, Tadeu e Anya, que foram meu suporte emocional durante os momentos mais difíceis, mesmo que eles só saibam comer, defecar e deixar pelos nas minhas roupas.

A todos os meus colegas de graduação, que enfrentaram comigo todos os perrengues da vida universitária.

A todos os meus amigos, os de perto e os de longe, que sempre me deram todo o apoio e suporte.

A todos os professores que passaram pela minha vida acadêmica e deixaram uma marca positiva em mim, em especial o professor Filipe Calegário, meu orientador, e a professora Anjolina, minha coorientadora, que me acolheram nos momentos de maior necessidade, me permitindo estar aqui.

E a Vanessa, o meu amor, que sempre me deu todo o carinho e suporte para eu chegar onde cheguei.

Where there's a will, there's a way.

RESUMO

O uso crescente de ferramentas virtuais no ensino, impulsionado pelo ensino à distância e pela pandemia de COVID-19, tem sido benéfico, ampliando possibilidades e melhorando processos educacionais. No entanto, certos processos ainda carecem de melhoria, como a falta de atenção personalizada para esclarecer dúvidas específicas dos alunos. Assim, uma ferramenta que aborde essa necessidade seria muito valorizada. O presente estudo tem como objetivo investigar a aceitação e a utilidade da implementação de um *chatbot*, o Tutor Turing, baseado em *Large Language Models*, auxiliando os alunos na disciplina de Lógica para Computação. O Tutor Turing é capaz de responder de maneira rápida e conveniente a dúvidas comuns relacionadas ao conteúdo da disciplina, fornecendo um ambiente colaborativo onde os alunos podem corrigir informações fornecidas pelo tutor ou por seus colegas. Assim, a ferramenta permite que monitores e professores gerenciem melhor seu tempo e se concentrem em questões mais complexas ou em outras tarefas. Para esse fim, coletamos várias apostilas sobre os tópicos da disciplina para embasar o Tutor Turing e implementamos uma instrução personalizada para que ele interaja de forma didática com os alunos. O Tutor Turing foi desenvolvido utilizando a plataforma Assistants, da OpenAI, e foi integrado ao servidor do Discord da disciplina. Para avaliar a percepção dos alunos da ferramenta, fornecemos um formulário com perguntas quantitativas e perguntas qualitativas, cujas respostas foram analisadas em busca de padrões. Os resultados mostram que o *chatbot* foi bem aceito pelos alunos, representando uma potencial adição ao ambiente de aprendizagem, já que mais de 91% dos alunos expressaram reações positivas em relação a ferramenta. No entanto, muitos alunos ainda não confiam plenamente nele como sua fonte principal de informação, devido à possibilidade de 'alucinações' e à preferência por explicações mais detalhadas fornecidas por instrutores humanos. Além disso, as reações ao ambiente colaborativo foram diversas, não sendo unânimes entre os participantes. Dessa forma, esta pesquisa se destaca por apresentar *insights* importantes sobre a utilidade de tecnologias de Inteligência Artificial na educação, compreendendo suas vantagens e limitações dentro do contexto atual.

Palavras-chave: Chatbots; Inteligência Artificial; Large Language Models; Sistemas Tutores Inteligentes.

ABSTRACT

The increasing use of virtual tools in education, driven by distance learning and the COVID-19 pandemic, has been beneficial, expanding possibilities and improving educational processes. However, certain processes still lack improvement, such as the lack of personalized attention to clarify specific student doubts. Thus, a tool addressing this need would be highly valued. The present study aims to investigate the acceptance and usefulness of implementing a chatbot, Tutor Turing, based on Large Language Models, assisting students in the Logic for Computing course. Tutor Turing is capable of quickly and conveniently responding to common doubts related to the course content, providing a collaborative environment where students can correct information provided by the tutor or their peers. Thus, the tool allows monitors and teachers to better manage their time and focus on more complex questions or other tasks. To this end, we collected various course materials on the topics to support Tutor Turing and implemented personalized instruction for it to interact didactically with the students. Tutor Turing was developed using the OpenAI Assistants platform and was integrated into the discipline's Discord server. To assess students' perception of the tool, we provided a form with quantitative and qualitative questions, whose responses were analyzed for patterns. The results show that the chatbot was well-received by students, representing a potential addition to the learning environment, as over 91% of students expressed positive reactions to the tool. However, many students still do not fully trust it as their primary source of information, due to the possibility of 'hallucinations' and a preference for more detailed explanations provided by human instructors. Furthermore, reactions to the collaborative environment were diverse, not unanimous among participants. Thus, this research stands out for providing important insights into the utility of Artificial Intelligence technologies in education, understanding their advantages and limitations within the current context.

Keywords: Chatbots; Artificial Intelligence; Large Language Models; Intelligent Tutoring Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Arquitetura do DeepQA. Fonte: (GLIOZZO et al., 2013).....	28
Figura 2	Arquitetura do CS50.ai. Fonte: (LIU et al., 2024)	33
Figura 3	Arquitetura do Tutor Turing. Fonte: Elaborado pelo autor	36
Figura 4	Gráficos de monitoramento da plataforma do Pylex. Fonte: Elaborado pelo autor	38
Figura 5	Campo para a inserção das <i>instructions</i> na plataforma dos Assistants. Fonte: Elaborado pelo autor	40
Figura 6	Campo para a inserção dos arquivos na plataforma dos Assistants. Fonte: Elaborado pelo autor	41
Figura 7	Tela de funcionamento do Tutor Turing em um canal do Discord. Fonte: Elaborado pelo autor	42
Figura 8	Porcentagem de pessoas que utilizaram o Tutor Turing. Fonte: Elaborado pelo autor	48
Figura 9	Gráfico das frequências relativas. As afirmações são essas a seguir, na ordem: Essa ferramenta teve impacto positivo nos meus estudos; Caso disponível, eu usaria uma ferramenta parecida nos estudos de outras matérias; Essa ferramenta me deixou mais confiante em meus conhecimentos; Essa ferramenta me deixou mais confiante em ajudar meus colegas; Essa ferramenta minimizou a necessidade de buscar informações em outras fontes; Essa ferramenta minimizou a necessidade do auxílio da monitoria da disciplina. Fonte: Elaborado pelo autor	49

Figura 10	<i>Boxplot</i> das respostas para cada afirmação. As categorias de 1 a 5 são, na ordem: Discordo totalmente; Discordo parcialmente; Nem discordo e nem concordo; Concordo; Concordo totalmente. Já as afirmações, enumeradas de A1 a A6 são, na ordem: Essa ferramenta teve impacto positivo nos meus estudos; Essa ferramenta minimizou a necessidade do auxílio da monitoria da disciplina; Essa ferramenta me deixou mais confiante em meus conhecimentos; Essa ferramenta minimizou a necessidade de buscar informações em outras fontes; Essa ferramenta me deixou mais confiante em ajudar meus colegas; Caso disponível, eu usaria uma ferramenta parecida nos estudos de outras matérias. Fonte: Elaborado pelo autor	50
Figura 11	Primeira afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor	51
Figura 12	Segunda afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor	52
Figura 13	Terceira afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor	52
Figura 14	Quarta afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor	53
Figura 15	Quinta afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor	54
Figura 16	Sexta afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela com os dados de participação da pesquisa. Fonte: Elaborado pelo autor	47
Tabela 2	Tabela de frequências. Fonte: Elaborado pelo autor	49

LISTA DE SIGLAS

API	Application Programming Interface
LLM	Large Language Model
LM	Language Model
IA	Inteligência Artificial
NLP	Natural Language Processing
MLP	MultiLayer Perceptron
CPU	Central Processing Unit
RPA	Robotic Process Automation
JSON	JavaScript Object Notation
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
GPT	Generative Pre-training Transformer
RNN	Recurrent Neural Network
BERT	Bidirectional Encoder Representations from Transformers
JW	Jill Watson
RAG	Retrieval-Augmented Generation
PDF	Portable Document Format

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	Inteligência Artificial.....	18
3.2	Aprendizagem de Máquina	18
3.3	Aprendizagem Profunda	19
3.3.1	Redes Neurais Recorrentes	20
3.3.2	Redes Transformers	21
3.4	Large Languages Models	22
3.5	Discord.....	22
4	TRABALHOS RELACIONADOS	24
4.1	Uma Retrospectiva dos Chatbots	24
4.1.1	ELIZA	24
4.1.2	Dr. Sbaitso	25
4.1.3	A.L.I.C.E.	25
4.1.4	IBM's Watson	27
4.1.5	Alexa.....	28
4.1.6	ChatGPT	29
4.1.7	Assistants.....	30
4.2	Chatbots no ambiente de aprendizagem.....	30
4.2.1	AutoTutor	31
4.2.2	Jill Watson	32
4.2.3	CS50.ai.....	33
5	DESENVOLVIMENTO	34
5.1	Concepção	34
5.2	Arquitetura da aplicação	35

5.2.1	Serviços	36
5.2.1.1	Assistants API	36
5.2.1.2	Discord API	37
5.2.1.3	Google Charts API	37
5.2.1.4	Pylex.....	37
5.2.2	Tecnologias e Bibliotecas	38
5.3	Coleta de dados	38
5.4	Personalização.....	39
5.5	Desenvolvimento do Piloto	41
6	METODOLOGIA	43
6.1	Desenho da Pesquisa.....	43
6.2	Local da pesquisa	44
6.3	Amostra de Participantes	44
6.4	Cr�terios de Inclus�o e Exclus�o	44
6.5	Recrutamento dos Participantes	45
6.6	Instrumentos de Coleta de Dados.....	45
6.7	Procedimentos para a coleta de dados.....	45
6.7.1	Prepara�o do Question�rio	45
6.7.2	Configura�o da Plataforma Online	46
6.7.3	Divulga�o e Consentimento	46
6.7.4	Preenchimento do Question�rio	46
6.7.5	Monitoramento e Suporte	46
6.7.6	Encerramento da Coleta de Dados.....	46
7	RESULTADOS E DISCUSS�O	47
7.1	An�lise do Perfil dos Participantes	47
7.2	Tratamento de Dados.....	48
7.3	An�lise Descritiva dos Dados.....	49
7.4	Interpreta�o dos Resultados.....	51
7.4.1	Percep�o dos Alunos ao Utilizarem o Chatbot	51
7.4.2	Percep�o dos Alunos em Rela�o ao Chatbot	55
7.5	Percep�es Gerais dos Resultados	56
7.6	Estrat�gia contra Falsos Positivos	57

7.7	Limitações da Pesquisa	58
8	CONCLUSÃO	59
8.1	Trabalhos Futuros.....	60

1 INTRODUÇÃO

Durante a pandemia de COVID-19, para minimizar os efeitos negativos no processo de aprendizagem devido às restrições sanitárias, tornou-se recorrente a utilização de ferramentas virtuais que antes desse cenário não tinham espaço no meio acadêmico. No entanto, mesmo após o levantamento de todas as restrições, muitas dessas ferramentas continuaram a ser empregadas devido à sua ampla adoção e impacto positivo.

Isto reflete uma transição cultural, na qual as barreiras internas das pessoas para a adoção dessas tecnologias estão desaparecendo, graças aos avanços tecnológicos e às comprovações de que novas abordagens aplicadas ao ambiente virtual podem complementar as lacunas encontradas no ensino tradicional (CAREAGA-BUTTER; QUINTANA; FUENTES-HENRÍQUEZ, 2020).

Nesse sentido, podemos pontuar umas dessas ferramentas, como o Discord, que antes era predominantemente utilizado de maneira casual, foi amplamente adotada para outros fins, como o acadêmico, e com uma significativa aceitação, como uma mídia alternativa de aprendizagem (ARIFIANTO; IZZUDIN, 2021). Com isso, oferece funcionalidades, dentre as quais, superam outras plataformas empregadas no meio educacional, ou seja, a possibilidade dos membros conversarem entre si, a criação de canais para diferentes propósitos, a realização de chamadas e a capacidade de ampliação das funcionalidades por meio de *bots*. O estudo de Kruglyk et al. (2020) revelou que o uso das funcionalidades presentes no Discord consegue proporcionar um ambiente de qualidade para o aprendizado.

Em continuidade, podemos definir que *bots* são programas desenvolvidos para uma determinada plataforma tendo em vista a interação com quem os ativa. Eles estendem o Discord com diversas funcionalidades. Atualmente, existem diversas soluções de *bots* que utilizam APIs externas para fornecer informações aos usuários sem a necessidade de sair do ambiente do Discord.

Com o avanço de modelos de *Deep Learning*, como os LLMs, popularizados por ferramentas como o ChatGPT, surgiu uma demanda acelerada pela utilização de Inteligências Artificiais para auxiliar em diversas tarefas e tomadas de decisões, principalmente devido ao seu desempenho com destaque em atividades relacionadas à linguagem natural (HUANG et al., 2022). Assim, observando essa demanda, a empresa por trás do

desenvolvimento do ChatGPT, a OpenAI, lançou um serviço de API que permite fazer requisições diretamente para seus servidores dos principais modelos, como o DALL-E, para *'text-to-image'*, e o GPT, para *'text-to-text'*.

Uma vez que esse mercado ainda está em sua fase inicial e não há soluções que o dominem completamente, surge uma grande oportunidade para capturar uma parte dele, atendendo a um nicho que tem uma necessidade latente, mas ainda não totalmente satisfeita. Isso é especialmente evidente no caso dos estudantes que desejam utilizar ferramentas de Inteligência Artificial em suas plataformas favoritas, já que ao fazê-lo, demonstram uma alta disposição para o uso contínuo dessas ferramentas (SAXENA; DOLECK, 2023).

No que pese a esses aspectos, propomos uma solução que utilizará a API da OpenAI (2023) para estender as funcionalidades do Discord por meio de um *chatbot* que servirá como um tutor para os alunos de graduação matriculados na disciplina de Lógica para Computação. Esse *bot*, além de responder às dúvidas dos alunos em linguagem natural, incentivará a participação dos alunos, questionando se a resposta foi satisfatória. Assim, minimizamos o risco das *'alucinações'* do *chatbot* na aprendizagem dos alunos, ao mesmo tempo em que eles exercitam seus conhecimentos para avaliar as respostas.

Outro resultado desejado é a redução da dependência dos alunos aos monitores, pois, se uma ferramenta de tutoria puder atender a grande parte das dúvidas, os monitores e professores poderão concentrar seu tempo em resolver as dúvidas mais complexas e em suas outras atividades, como a preparação de aulas e provas. Acreditamos que este sistema proposto terá sua utilidade reconhecida pelos alunos no aprendizado, melhorando a experiência educacional para todos os envolvidos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo compreender a aceitação e a utilidade da Inteligência Artificial, por meio de modelos de LLM, nas funções de tutoria e engajamento dos alunos de graduação na disciplina de Lógica para Computação.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar a aceitação e a utilidade que Sistemas Tutores Inteligentes baseados em Inteligência Artificial utilizando modelos de LLM têm sobre o aprendizado dos alunos;
- Identificar os efeitos que um ambiente colaborativo exerce sobre a percepção do aprendizado;
- Avaliar os *feedbacks* dos alunos a fim de comparar o sistema proposto ao modelo antigo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, abordaremos de maneira concisa alguns dos conceitos mais relevantes que foram empregados durante o desenvolvimento do projeto. Esses conceitos formam a base teórica do nosso estudo e são essenciais para a compreensão dos resultados obtidos. Além disso, discutiremos como esses conceitos se inter-relacionam e contribuem para o campo de estudo em questão.

3.1 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial é um ramo da Ciência da Computação em ascensão ao longo das últimas décadas. Possuindo muitas definições, podemos dizer que uma IA utiliza de princípios da inteligência humana, como aprendizagem e raciocínio, para auxiliar nas tomadas de decisões (FLÔRES; VICARI, 2005).

Desde a sua concepção, está sendo empregada em uma variedade de aplicações, mas um dos usos onde maiores esforços foram empregados é o de comunicação em linguagem natural. Consideramos que, desde a invenção dos primeiros computadores, é um objetivo fazer com que sejamos capazes de fazer comandos a uma máquina cada vez mais em alto nível, isto é, em uma linguagem mais próxima possível a natural.

A partir desses pressupostos, os desenvolvedores buscaram criar mecanismos que ajudariam a alcançar esse objetivo. Um exemplo disso é a criação de linguagens de programação como o Python, cujo interpretador converte as linhas de código compreensíveis para humanos em linguagem de máquina, permitindo assim a execução dos comandos. Desde então, um dos focos da Inteligência Artificial tem sido tornar possível instruir as máquinas de uma forma cada vez mais próxima da linguagem natural, seja por meio de textos ou comandos de voz.

3.2 Aprendizagem de Máquina

A técnica de Aprendizado de Máquina surgiu diante da expectativa de criar máquinas capazes de realizar tarefas através de sua própria experiência obtida por meio de dados. Assim, muitos pesquisadores investigaram os melhores métodos para criar máquinas dotadas com essa habilidade de aprendizagem. Entretanto, perceberam que para desenvolver

tais máquinas inteligentes, precisariam se basear em seres inteligentes, no caso o ser humano. Então, procurou reproduzir o funcionamento dos cérebros humanos através de algoritmos, buscando replicar nossos neurônios e seu funcionamento.

Partindo dessa premissa, Rosenblatt (1958) desenvolveu o Perceptron, baseado no modelo de McCulloch e Pitts (1943), uma rede neural de uma única camada. O Perceptron foi capaz de fazer com que seu neurônio aprendesse através de seus pesos e também de ativar sua 'sinapse', por intermédio da sua função de ativação. Seu funcionamento é relativamente simples: o Perceptron recebe entradas, multiplica cada uma delas pelos pesos correspondentes e então soma esses produtos. Em seguida, essa soma passa através de uma função de ativação, que determina se o neurônio é ativado ou não, gerando uma saída. Esse processo de ajuste de pesos e ativação do neurônio ocorre de forma iterativa, permitindo que o Perceptron aprenda a classificar padrões de dados fornecidos durante o treinamento.

Embora tenha sido inicialmente promissor, o Perceptron logo foi alvo de críticas devido às suas limitações, como a incapacidade de lidar com problemas não linearmente separáveis (MINSKY; PAPER, 1988). No entanto, sua contribuição para o desenvolvimento inicial das redes neurais foi fundamental e pavimentou o caminho para avanços posteriores na área, como as redes Perceptron multicamadas, que foram capazes de solucionar os tipos de problemas que uma simples rede Perceptron não conseguia, através da ligação de vários neurônios em camadas e a utilização de um algoritmo de retropropagação para atualizar os pesos (RUMELHART; HINTON; WILLIAMS, 1986).

3.3 Aprendizagem Profunda

A Aprendizagem Profunda, também conhecida como *Deep Learning*, caracteriza-se pela utilização de redes neurais artificiais com várias camadas, também chamadas de redes neurais profundas. Essas camadas são capazes de aprender e representar dados com um nível de complexidade cada vez maior, permitindo que os algoritmos de Aprendizagem Profunda possam realizar tarefas de reconhecimento de padrões e classificação com uma precisão sem precedentes.

As contribuições anteriores foram importantes para manter o ramo da Aprendizagem Profunda avançando, mas foi apenas com o LeNet (LECUN et al., 1998) que a área voltou a dar grandes saltos. O LeNet foi uma rede neural utilizada para o reconheci-

mento de dígitos escritos à mão. Ela foi responsável por contribuir com algumas técnicas importantes, como as camadas convolucionais, dotadas de “filtros” que são capazes de extrair características dos dados, neste caso imagens, mantendo a relação espacial. Outra característica importante foi a adição de camadas de subamostragem, responsáveis por diminuir a dimensionalidade dos dados. Essas características fazem que essa rede neural convolucional tenha menos parâmetros que uma Perceptron multicamadas, melhorando sua performance geral.

A LeNet foi um marco para a Aprendizagem Profunda e suas contribuições direcionaram o caminho das futuras pesquisas na área. Porém, algo que era um obstáculo para tais modelos era a falta de dados e de poder computacional. Ambos são peças fundamentais para o sucesso de tais modelos computacionais, pois: com uma variedade maior de dados e com máquinas de maior poder computacional, os modelos podem aprender melhor e em menos tempo.

Entretanto, até o fim dos anos 2000, ambas condições não eram plenamente atendidas. Com o advento da internet, principalmente da *web 2.0*, que tornou acessível o compartilhamento de dados, e o desenvolvimento de placas gráficas dedicadas, que possuíam unidades de processamento especializadas em operações entre matrizes, o terreno voltou a se tornar fértil para o surgimento de novas abordagens, sendo possível o surgimento do AlexNet (KRIZHEVSKY; SUTSKEVER; HINTON, 2012), vencedor do ILSVRC 2012. Sua principal contribuição foi criar um modelo com mais camadas convolucionais, característica que guiou o surgimento de outras redes neurais cada vez mais profundas. Outro feito foi ter utilizado duas placas gráficas para a realização do treinamento, mostrando que elas, nesse tipo de aplicação, possuem um desempenho superior em relação aos CPUs.

3.3.1 Redes Neurais Recorrentes

Com a evolução dos modelos de Aprendizagem Profunda, novas necessidades foram surgindo à medida que os modelos ficaram sofisticados. Uma das necessidades que surgiu foi ter como entrada *inputs* de tamanhos variados, como dados sequenciais, algo que não era possível até aquele momento. Esses dados poderiam estar no formato de palavras, frases ou dados de séries temporais, onde esses componentes possuem uma relação entre si.

Assim, foi esquematizado o conceito de Redes Neurais Recorrentes, capazes de

reconhecer padrões em sequências de dados. Esses tipos de redes se diferenciam das redes *FeedForward*, como as MLP, na forma como a informação flui através da rede, pois, enquanto nas redes *FeedForward* o fluxo de informação é passado adiante sem ciclos, nas RNN há ciclos que transmitem a informação para si mesmas (SCHMIDT, 2019).

Essas redes são capazes, por exemplo, de inferir a próxima palavra de uma frase levando em consideração as restantes, possibilitando criar aplicações de Inteligência Artificial capazes de interagir em Linguagem Natural com os usuários. Porém, um problema dessa abordagem é que ela considera todos os dados como igualmente significativos para computar o próximo, o que não se transmite para o mundo real, além de ser computacionalmente caro.

3.3.2 Redes Transformers

Para solucionar o problema de considerar todos os dados como igualmente significativos ao calcular o próximo passo, foram desenvolvidas as redes *Transformers*. Essas redes são dotadas de mecanismos de atenção que permitem o modelo se concentrar apenas nas partes relevantes da sequência, assim sendo, modelam as dependências das sequências sem levar em conta as distâncias entre as sequências de entrada e saída (ASHISH, 2017).

Esses atributos contribuíram para um uso eficiente de memória e processamento ao utilizar tais modelos, tornando possível a comercialização de soluções poderosas baseadas em contexto e que utilizam linguagem natural. Além disso, as redes *Transformers* são capazes de lidar com tarefas que exigem a compreensão de longo alcance das sequências, tornando-se aspecto crucial para diversas aplicações de processamento de linguagem natural.

Por esse ângulo, um exemplo notável é o ChatGPT, desenvolvido pela OpenAI. Este modelo de linguagem é baseado na arquitetura *Transformer* e foi treinado em uma variedade de fontes da *internet*. O ChatGPT tem sido usado para uma variedade de aplicações, desde redação assistida até tutoria em várias disciplinas. Logo, é capaz de gerar respostas coerentes e relevantes, mesmo para perguntas complexas, graças à sua capacidade de entender e gerar linguagem natural de maneira contextualizada.

3.4 Large Languages Models

Os *Large Languages Models* são modelos baseados em Inteligência Artificial e Processamento de Linguagem Natural. Esses Modelos de Linguagem são ferramentas que estimam a probabilidade de sequências de palavras, considerando o contexto das palavras precedentes para prever a probabilidade das palavras seguintes. Assim, ao utilizar métodos específicos de escolha de palavras, como a decodificação ávida ou a amostragem aleatória, os LMs são capazes de produzir textos em linguagem natural de maneira eficaz (ZHU et al., 2023).

Embora já existissem várias implementações de modelos de linguagem, foi com a introdução das redes *Transformers* em 2017 que se alcançaram resultados significativos. Esta arquitetura permitiu o desenvolvimento de modelos de linguagem de grande escala, como o GPT (BROWN et al., 2020) e o BERT (DEVLIN et al., 2018). Estes modelos conseguiram gerar texto coerente e compreender o contexto de uma forma que os modelos anteriores não eram capazes.

Os Modelos de Linguagem de Aprendizado Profundo operam treinando uma rede neural profunda com uma quantidade massiva de dados textuais. A maioria dos LLMs modernos se baseia na arquitetura *Transformer*, que emprega uma técnica conhecida como atenção para ponderar a relevância de diferentes palavras na compreensão do significado de uma frase. No decorrer do treinamento, o modelo aprende a prever a palavra seguinte em uma frase, considerando as palavras anteriores. Isso possibilita que o modelo aprenda a gramática e a semântica do idioma de treinamento. Uma vez treinado, o modelo é capaz de gerar texto, completando frases ou até mesmo redigindo parágrafos completos.

Os LLMs possuem uma variedade de aplicações. Eles são utilizados para gerar texto em *chatbots*, traduzir idiomas, resumir textos e até mesmo criar conteúdo. Além disso, são empregados em áreas especializadas, como a análise de *malware*, onde são utilizados para compreender e categorizar *software* mal-intencionado.

3.5 Discord

O Discord é uma plataforma de comunicação que tem ganhado popularidade significativa nos últimos anos. Desenvolvido pela empresa Discord Inc., o Discord (2024) é uma plataforma multifuncional que permite a comunicação por texto, voz e vídeo em

canais privados ou em comunidades chamadas de ‘servidores’.

As principais funcionalidades do Discord incluem a capacidade de criar servidores privados com múltiplos canais de texto e voz, a possibilidade de compartilhar tela ou transmitir jogos em tempo real, e a opção de enviar mensagens diretas para outros usuários. Além disso, oferece integrações com outras plataformas populares, como o Spotify e o YouTube, permitindo aos usuários compartilhar conteúdo de maneira fácil e conveniente.

Em continuidade, uma funcionalidade notável do Discord é a possibilidade de adicionar *bots* aos servidores. Ao integrá-los é possível automatizar tarefas, moderar conversas, interagir com os usuários e fornecer funcionalidades adicionais, como jogos e *quizzes*. Isso aumenta a interatividade e a funcionalidade dos servidores, tornando o Discord uma ferramenta ainda mais poderosa para a criação de comunidades *online*.

Outra característica imprescindível é o seu sistema de permissões robusto, que possibilita aos administradores de servidores controlar o acesso e as capacidades dos membros do servidor de maneira granular, tornando-o uma ferramenta poderosa para a criação de comunidades *online*, sejam elas focadas em jogos, *hobbies*, trabalho ou educação. Em síntese, o Discord é uma plataforma de comunicação versátil e poderosa que tem facilitado a interação e a colaboração online em uma variedade de contextos.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

4.1 Uma Retrospectiva dos Chatbots

Nas próximas subseções, exploraremos brevemente o histórico dos *chatbots* e os avanços realizados nas áreas de Inteligência Artificial e Processamento de Linguagem Natural. Esses avanços formaram a base para o surgimento das aplicações recentes de *chatbots*.

4.1.1 ELIZA

Embora a interação entre humanos e máquinas em linguagem natural possa parecer um fenômeno recente, as primeiras tentativas de permitir essa interação remontam a várias décadas. Uma das primeiras e mais famosas dessas tentativas é a ELIZA (WEIZENBAUM, 1966), um *chatbot* desenvolvido por Joseph Weizenbaum no MIT.

ELIZA foi projetada para simular uma conversa ao usar uma metodologia de correspondência de padrões e substituição. Isso permitiu que identificasse centenas de frases e fornecesse respostas apropriadas para cada uma, agindo como uma espécie de terapeuta. O *script* mais famoso desta ferramenta é intitulado *DOCTOR*, pois simula um psicoterapeuta da escola rogeriana, aquele que possui "forte predileção por respostas reflexivas, com uma falta concomitante de respostas em todas as outras categorias" (STRUPP, 1955).

No entanto, apesar de sua sofisticação para a época, ELIZA tinha limitações significativas. Algumas incluem as respostas, pois eram pré-definidas e limitadas pelo conhecimento incorporado em seu código. Isso significa que, embora pudesse simular uma conversa, não era capaz de aprender ou entender verdadeiramente o contexto ou a semântica da entrada do usuário. Ademais, as respostas por vezes eram superficiais e repetitivas, e a interação era limitada aos *scripts* programados em seu sistema.

Apesar dessas limitações, ELIZA foi um marco importante na história dos *chatbots* e da Inteligência Artificial, dessa forma, demonstrou a possibilidade de interação em linguagem natural entre humanos e máquinas.

4.1.2 Dr. Sbaitso

Dr. Sbaitso foi um programa de Inteligência Artificial de síntese de fala, lançado no final de 1991 pela Creative Labs para computadores pessoais baseados em MS-DOS. O nome é um acrônimo para “*Sound Blaster Acting Intelligent Text-to-Speech Operator*” (DERYUGINA, 2010).

Seu algoritmo assemelha-se ao da ELIZA ao simular interações com um terapeuta. O software se destacava por sua habilidade de repetir tudo o que fosse escrito após o comando ‘say’, enfatizando a demonstração das habilidades das placas de som e a qualidade da reprodução da fala, ao invés de focar na comunicação direta (DERYUGINA, 2010).

4.1.3 A.L.I.C.E.

A.L.I.C.E., que é a sigla para *Artificial Linguistic Internet Computer Entity*, é mais conhecida como Alicebot ou simplesmente Alice. Configura-se em um *chatbot* que utiliza Processamento de Linguagem Natural, o que significa a capacidade de se envolver em uma conversa com um humano, aplicando regras de correspondência heurística à entrada do humano. Tais regras permitem que Alice responda de uma maneira que imita a conversa humana, proporcionando a sensação de que o usuário está conversando com outra pessoa.

Inspirada no clássico programa ELIZA, criado por Weizenbaum (1966), Alice foi desenvolvida com o objetivo de criar um *chatbot* que pudesse passar no Teste de Turing, teste que visa determinar se uma máquina pode exibir comportamento inteligente equivalente, ou indistinguível, de um humano. Dessa forma, foi considerada um dos programas mais fortes de seu tipo e ganhou o Prêmio Loebner, concedido a robôs humanoides falantes, realizados em 2000, 2001 e 2004 (WALLACE, 2009).

Alice foi originalmente desenvolvida por Wallace (2009) e ‘ganhou vida’ em 23 de novembro de 1995. Em 1998, o programa foi reescrito em Java, uma linguagem de programação popular que é amplamente utilizada para desenvolver aplicativos da web. Ela dispõe de um esquema XML chamado AIML, que é a sigla para *Artificial Intelligence Markup Language*, para especificar as regras de conversação heurística. Ele permite que os desenvolvedores especifiquem regras que o *bot* deve seguir ao responder às entradas do usuário. A unidade básica de conhecimento no AIML é chamada ‘*category*’. Cada ‘*category*’ consiste de uma questão de entrada, uma resposta de saída e um contexto

adicional. A questão é chamado de '*pattern*', a resposta é chamada de '*template*' e os dois tipos de contextos opcionais são chamados de '*that*' e '*topic*'. O padrão da linguagem da AIML é simples, consistindo de palavras, espaços e símbolos coringa, como '_' e '*'.

```
<category>
  <pattern>YES</pattern>
  <that>DO YOU LIKE MOVIES</that>
  <template>What is your favorite movie?</template>
</category>
```

O exemplo acima, retirado de (WALLACE, 2009), mostra de forma simples a definição de uma *category*, a unidade básica de conhecimento do AIML. O software AIML armazena as *categories* de estímulo-resposta em uma árvore gerenciada por um objeto chamado *Graphmaster*, quer dizer, quando um *client bot* insere texto como estímulo, o *Graphmaster* pesquisa essas *categories* em busca de um padrão correspondente, levando em consideração qualquer contexto. Em seguida, gera o *template* associado como resposta. Essas *categories* podem ser estruturadas de forma a produzir respostas humanas complexas, utilizando apenas algumas tags de marcação.

Os *bots* AIML fazem uso extensivo da *tag* recursiva multifuncional `<srai>`, bem como, de duas *tags* de contexto AIML, `<that>` e `<topic>`. A *tag* `<srai>` possui muitas funcionalidades, sendo as principais: redução simbólica, separação de entradas em partes menores, mapeamento de sinônimos, correção de gramática e ortografia, detecção de palavras chaves e condicionais lógicos. A ramificação condicional em AIML é implementada com a *tag* `<condition>`. AIML implementa a troca de pronomes pessoais do método ELIZA com a *tag* `<person>`.

```
<category>
  <pattern>HELLO</pattern>
  <template>Hi there!</template>
</category>
<category>
  <pattern>HI</pattern>
  <template><srai>HELLO</srai></template>
</category>
<category>
  <pattern>HI THERE</pattern>
  <template><srai>HELLO</srai></template>
</category>
<category>
```

```

<pattern>HOWDY</pattern>
<template><srai>HELLO</srai></template>
</category>
<category>
<pattern>HOLA</pattern>
<template><srai>HELLO</srai></template>
</category>

```

O exemplo anterior, citado em (WALLACE, 2009), ilustra um dos propósitos da *tag* `<srai>`, que é buscar sinônimos.

As personalidades de *bot* são criadas e moldadas através de um processo cíclico de aprendizagem supervisionada denominado *Targeting*. *Targeting* é um ciclo que incorpora cliente, *bot* e *botmaster*. Quando as entradas do cliente não encontram nenhuma correspondência completa entre as *categories*, o *bot* registra essas entradas e as entrega como alvo ao *botmaster*. Ele, por sua vez, cria respostas adequadas, começando com as consultas mais comuns. O ciclo de *Targeting* produz uma abordagem progressivamente mais refinada da personalidade do *bot*. A arte da escrita AIML é aparente na criação de *categories* padrão, que fornecem respostas evasivas para uma variedade de entradas.

4.1.4 IBM's Watson

O IBM Watson, que leva o nome do primeiro CEO e fundador da IBM, Thomas J. Watson, é um sistema computacional projetado para responder perguntas expressas em linguagem natural. Criado como parte do projeto DeepQA da IBM, sob a liderança do pesquisador principal David Ferrucci. Em 2011, Watson participou do programa de perguntas e respostas Jeopardy!, competindo contra os campeões Brad Rutter e Ken Jennings e ganhando o prêmio principal de 1 milhão de dólares (BEST, 2013).

O Watson é um sistema de resposta a perguntas de domínio aberto. Seus componentes englobam uma variedade de soluções de ponta originadas em áreas como Processamento de Linguagem Natural, Aprendizado de Máquina, Recuperação de Informação, Semântica, Computação Web e Computação em Nuvem (GLIOZZO et al., 2013), empregando o *software* DeepQA da IBM e a implementação do *framework* UIMA, sigla para *Unstructured Information Management Architecture*, da Apache (GLIOZZO et al., 2013). A arquitetura do DeepQA é detalhada pela Figura 1, que se segue.

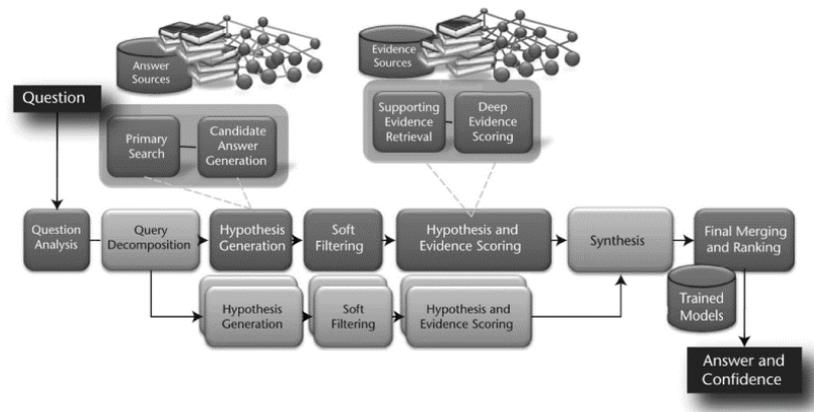


Figura 1: Arquitetura do DeepQA. Fonte: (GLIOZZO et al., 2013)

As possibilidades de aplicação da tecnologia de computação cognitiva subjacente do IBM Watson são praticamente infinitas. Um diferencial do sistema é a possibilidade de usar Computação Cognitiva, que é um paradigma de metodologias de computação inteligente que busca implementar a computação inteligente por meio de mecanismos de inferências e percepções capazes de simular o comportamento do cérebro humano (WANG et al., 2010).

Com essa capacidade, é possível auxiliar na automação de diversas tarefas, de maneira similar à RPA. Essa automação contribui para o processo de tomada de decisão, automatizando o processamento e a análise de dados. Dessa forma, projetos que envolvem uma grande quantidade de dados, como gestão de pessoas, gerenciamento de projetos e análise de *big data*, são extremamente beneficiados por essa aplicação.

4.1.5 Alexa

A Amazon introduziu a Alexa ao mundo em novembro de 2014, juntamente com o Amazon Echo, um alto-falante inteligente com capacidade para reconhecimento de voz. A Alexa, projetada para ser uma assistente virtual, popularmente cresceu devido à sua habilidade de facilitar a interação entre humanos e máquinas de uma maneira intuitiva, semelhante à forma como os humanos se comunicam entre si (ZWAKMAN; PAL; ARP-NIKANONDT, 2021).

Ela funciona por meio do Processamento de Linguagem Natural, um tipo de Inteligência Artificial que a permite compreender e responder a comandos de voz. Quando

um usuário dá um comando à Alexa, esse comando é enviado para os servidores da Amazon, onde é processado e a resposta é enviada de volta ao dispositivo Alexa. Além disso, pode ser programada para controlar uma variedade de dispositivos domésticos inteligentes, tornando-a um elemento central na casa inteligente.

Com isso, a Alexa possui uma variedade de aplicações. Por exemplo, pode ser usada para reproduzir música, responder a perguntas, fornecer atualizações de notícias e previsões do tempo, definir alarmes e temporizadores, controlar dispositivos domésticos inteligentes, entre outros. Além disso, tem a capacidade de aprender novas habilidades, através da Alexa Skills (AMAZON, 2024), o que significa que os desenvolvedores podem criar novas funcionalidades para a Alexa, expandindo ainda mais suas aplicações.

4.1.6 ChatGPT

O ChatGPT é um serviço de Inteligência Artificial desenvolvido pela OpenAI e introduzido ao público em 2022. A OpenAI, estabelecida em 11 de setembro de 2015 por Elon Musk, Sam Altman, Peter Thiel, Reid Hoffman, Jessica Livingston, e outros (O'NEILL, 2023), tem se destacado como uma das principais pioneiras no campo da IA.

O ChatGPT opera por meio do modelo de LLM de Inteligência Artificial. Esses modelos são treinados em vastas quantidades de texto, permitindo-lhe compreender e criar novos conteúdos baseados na linguagem humana de forma natural e fluente. Dentre as suas funcionalidades, ao receber uma entrada de texto, analisa o pedido, compreende o contexto e gera uma resposta adequada. Além disso, é capaz de aprender com as interações, adaptando-se e aprimorando suas respostas ao longo do tempo.

Após certo tempo, a OpenAI (2023) lançou ao público a API de seus modelos mais avançados do ChatGPT, desencadeando um aumento exponencial em sua popularidade e adoção desde então. Posteriormente, com a introdução do GPT-4, o ChatGPT foi aprimorado com a capacidade de processar dados e gerar imagens, resultante de sua integração com o DALL-E. Ao longo do tempo, uma série de melhorias foram implementadas no sistema, incluindo a capacidade de enviar textos mais longos divididos em várias mensagens e a integração com os assistentes personalizados da plataforma que agora podem ser invocados em qualquer conversa.

Nessa linha de evolução, o ChatGPT encontrou aplicabilidade em uma variedade de cenários, desde atividades cotidianas até o gerenciamento de dispositivos domésticos

inteligentes. Ele pode auxiliar geração de conteúdo, abarcando tanto temas do dia a dia quanto assuntos técnicos, além de atuar como um assistente virtual em estabelecimentos comerciais para fornecer informações aos clientes. No desenvolvimento de *software*, o ChatGPT é capaz de criar bases de códigos prontas em várias linguagens, facilitando significativamente o processo de desenvolvimento. Além disso, a expansão das funcionalidades do ChatGPT por meio de *plugins* tem sido notável, destacando-se a integração com o Wolfram, que aprimora a precisão das solicitações de cálculos matemáticos.

4.1.7 Assistants

Desde o lançamento do ChatGPT, outros produtos derivados foram projetados, sendo um deles os Assistants, da OpenAI (2024). Esses Assistants são *chatbots* que podem ser personalizados por meio de *prompts* e carregamento de dados para atender a uma necessidade específica.

O recurso dos Assistants pode ser acessado diretamente na plataforma da OpenAI ou por meio de sua API, através de requisições HTTP. Esses Assistants são capazes de responder perguntas em linguagem natural e fornecer as respostas em formato JSON, tornando-as acessíveis a uma variedade de aplicações, incluindo páginas *web* e aplicativos móveis. Devido à sua adaptabilidade e à capacidade de integração da API dos Assistants em diversos contextos, eles estão sendo cada vez mais utilizados em uma variedade de cenários, desde assistência pessoal até suporte ao cliente e educação.

4.2 Chatbots no ambiente de aprendizagem

Com o avanço da tecnologia e a mudança no comportamento da sociedade, o ambiente de aprendizagem expandiu-se para além das salas de aula tradicionais e começou a migrar para o ambiente virtual. A partir deste indicativo, o surgimento de novas ferramentas e as melhorias contínuas nas infraestruturas de comunicação, aprimoraram também a educação à distância, demonstrando ser cada vez mais relevante, resultando em um aumento expressivo da adesão à essa modalidade de ensino (PEREIRA, 2023).

Com a migração crescente do setor educacional para o ambiente virtual, impulsionada pelas mudanças na realidade da pandemia, o ensino como conhecíamos está se transformando (OLIVEIRA et al., 2020). Durante a pandemia de COVID-19, ficou evi-

dente, devido às restrições sanitárias e à mudança na rotina social, que um significativo número de cursos migrou ou adequou-se ao formato virtual.

Ao analisar essas transformações, consideramos necessário o desenvolvimento de ferramentas que ofereçam suporte ao aluno em seu processo de aprendizagem, tanto no ambiente presencial quanto no virtual. Nesse contexto, se destacam o surgimento de variadas ferramentas de *chatbot* que auxiliam o aluno em suas atividades educacionais, abrangendo desde questões burocráticas da instituição de ensino até a tutoria em conteúdos ministrados em sala de aula.

A seguir, abordaremos algumas dessas ferramentas de *chatbot* voltadas para a educação e destacaremos suas principais contribuições para a área.

4.2.1 AutoTutor

O AutoTutor (GRAESSER et al., 2005) é um sistema de tutoria avançado que imita um tutor humano, interagindo com o aluno em linguagem natural. Ele é capaz de propor perguntas desafiadoras e auxiliar o aluno a elaborar respostas mais completas e corretas. Desse modo, o sistema foi desenvolvido com base em teorias construtivistas de aprendizagem, Sistemas Tutores Inteligentes e pesquisas empíricas sobre tutoria humana.

Dentre as suas funções, utiliza vários mecanismos para adaptar a sequência de perguntas e expectativas com base na interação do aluno, maximiza a articulação do aluno de uma expectativa específica ou uma resposta detalhada e testa princípios pedagógicos alternativos. A versão mais recente do AutoTutor, chamada AutoTutor-3D, possui uma simulação interativa 3D, embora haja a opção de remover esse módulo de simulação. Essa simulação fornece ao aluno um canal adicional de comunicação para discutir física conceitual, ademais, é aprimorado com dispositivos de detecção e algoritmos de processamento de sinais que classificam os estados afetivos.

A arquitetura do AutoTutor-3D é semelhante a uma linha de produção, com módulos realizando partes do trabalho e dependendo dos anteriores. Além disso, o sistema usa um analisador de linguagem para segmentar a fala do aluno em cláusulas principais e atribuir um ato de fala a cada cláusula principal.

Em acréscimo, é eficiente ao ensinar alunos em domínios qualitativos e quando o conhecimento compartilhado entre o tutor e o aluno é baixo ou moderado. Dessa forma, nota-se que a tutoria é um campo de teste ideal para a pesquisa e desenvolvimento de

sistemas de diálogo em linguagem natural, tendo como benefício prático de ajudar crianças e adultos na aprendizagem.

4.2.2 Jill Watson

Jill Watson (GOEL; POLEPEDDI, 2018) é uma Assistente de Ensino Virtual empregada em Cursos Online Abertos em Massa, desenvolvida para melhorar a interatividade e a taxa de retenção de estudantes nesses cursos. Jill Watson, ou JW, é uma tecnologia parcialmente automatizada e interativa que fornece assistência online para aprendizado em grande escala, sendo projetada para responder a perguntas rotineiras e frequentemente feitas pelos alunos, liberando assim os assistentes de ensino humanos para se concentrarem em questões mais complexas e discussões mais profundas.

Diante da evolução ao longo do tempo, cada nova versão buscou expandir suas capacidades. A primeira versão, JW1, foi construída usando as APIs da IBM Watson e dependia de uma memória episódica de pares de perguntas e respostas de semestres anteriores.

Acerca das versões, podemos destacar que, a segunda, JW2, foi desenvolvida do zero e introduziu o processamento semântico baseado em representações conceituais. JW2 foi capaz de responder autonomamente às apresentações dos alunos, mapeando a apresentação em conceitos relevantes e recuperando uma resposta pré-compilada apropriada.

Em continuidade, a terceira versão, JW3, expandiu o uso do processamento semântico para responder a perguntas. Entre as funcionalidades, a principal consiste em mapear a pergunta do aluno em conceitos relevantes e utilizá-los como um índice para recuperar uma resposta associada da memória episódica de perguntas organizadas em categorias. Com isso, mostrou um desempenho superior ao de suas versões anteriores, respondendo a uma maior porcentagem de perguntas e fornecendo respostas corretas com mais frequência.

Jill Watson pode ser vista de várias perspectivas. Primeiro, como uma tecnologia educacional que apoia o aprendizado em grande escala. Segundo, como um experimento no desenvolvimento de agentes de IA que são indistinguíveis de especialistas humanos em domínios técnicos altamente focados. Por fim, como um experimento em colaboração humano-IA, onde humanos e agentes de IA colaboram extensa e intensivamente em um ambiente de aprendizagem.

4.2.3 CS50.ai

A CS50.ai (LIU et al., 2024) foi criada com o objetivo de incorporar Inteligência Artificial generativa no curso CS50 da Universidade de Harvard. A plataforma apresenta um *chatbot* conhecido como CS50 Duck, que foi desenvolvido para responder a perguntas do curso. Além disso, foram desenvolvidas outras ferramentas, como *'Explain Highlighted Code'* para interpretação de código e uma versão melhorada do style50 para avaliar o estilo de codificação dos alunos.

A CS50.ai foi concebida com *'guardrails pedagógicos'* para assegurar que os alunos fossem orientados em seu aprendizado, em vez de simplesmente obterem respostas diretas. A construção da ferramenta envolveu a implementação de um sistema de configuração modular que atualiza automaticamente a base de conhecimento RAG do CS50.ai e a biblioteca de *prompts*, permitindo a adaptação das ferramentas de IA a novos currículos e abordagens pedagógicas específicas de cada curso. A arquitetura do CS50.ai é demonstrada na figura 2 a seguir.

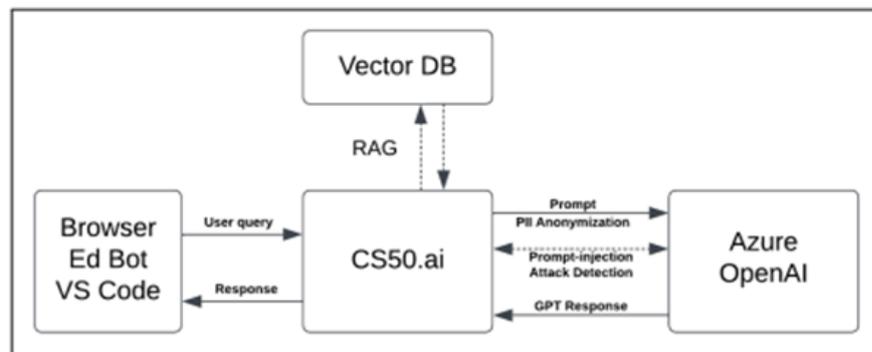


Figura 2: Arquitetura do CS50.ai. Fonte: (LIU et al., 2024)

Os resultados do estudo apontam que os alunos reagiram positivamente às ferramentas de IA específicas do curso, sentindo que tinham um *'tutor pessoal'* ao seu lado. A CS50.ai foi bem acolhida por milhares de alunos em todo o mundo, demonstrando sua utilidade em cenários reais e promovendo a acessibilidade da assistência ao ensino personalizada. A construção da ferramenta CS50.ai representou um progresso significativo na integração da inteligência artificial generativa no ensino de ciência da computação, proporcionando suporte personalizado e melhorando a experiência de aprendizado dos alunos.

5 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção, serão exploradas as fases iniciais do desenvolvimento do nosso *chatbot*, carinhosamente denominado 'Tutor Turing', em homenagem a Alan Turing. Discutiremos a arquitetura da aplicação, detalhando como estruturamos os componentes e serviços integrados. Em seguida, apresentaremos as tecnologias e bibliotecas que foram essenciais para a construção do Tutor Turing.

Posteriormente, abordaremos o processo de coleta de dados, explicando como identificamos e reunimos os dados que serviram como base de dados para o nosso *chatbot*. Detalharemos também como foi realizado a personalização do *chatbot*, descrevendo os métodos utilizados para garantir que o Tutor Turing pudesse tirar dúvidas dos alunos sobre os tópicos da disciplina de maneira pedagógica. Por fim, apresentaremos a versão inicial do Tutor Turing, discutindo suas funcionalidades, capacidades e limitações.

5.1 Concepção

Desde o início, nosso objetivo é criar uma ferramenta que pudesse auxiliar os alunos na disciplina de Lógica para Computação que, devido à sua complexidade, tem uma alta taxa de reprovação. Além disso, como é uma disciplina do primeiro ano, atrai um grande número de alunos, o que muitas vezes dilui a atenção que professores e monitores podem proporcionar.

A disciplina tem um servidor no Discord, onde os monitores podem agendar sessões de estudo e responder às dúvidas dos alunos. No entanto, notamos que uma parte dessas dúvidas são repetitivas, o que acaba consumindo o tempo dos monitores que poderiam estar respondendo a perguntas mais complexas ou preparando novos conteúdos para as sessões de estudo.

Dado este contexto, identificamos uma necessidade tanto dos monitores quanto dos alunos de ter uma solução que pudesse responder às perguntas mais comuns e oferecer acompanhamento individualizado. Assim, surgiu a ideia de desenvolver o Tutor Turing, um *chatbot* que servirá como tutor para os alunos desta disciplina. O Tutor Turing foi concebido para ser uma adição valiosa à equipe de monitores, auxiliando-os na assistência aos alunos.

No entanto, com o rápido desenvolvimento de modelos de Aprendizado de Máquina

nos últimos anos, precisávamos de um diferencial para que nosso projeto fizesse sentido, já que existem várias ferramentas disponíveis que respondem a perguntas em linguagem natural.

Um ponto que observamos é que os alunos já estavam acostumados com a plataforma Discord. Portanto, decidimos explorar este aspecto e criar uma ferramenta que pudesse ser integrada à plataforma. Dessa forma, os alunos não precisariam sair desse ambiente para usar o *chatbot* e, ao mesmo tempo, os monitores humanos ainda estariam disponíveis, se necessário.

Outro ponto é que a maioria das soluções tem um aspecto mais individualizado, onde apenas um usuário interage com o *chatbot*. Dessa forma, notamos que poucos *bots* utilizam o fator colaborativo, onde os alunos interagem com ele e entre si para a discussão de ideias.

Dado esses pontos, decidimos que o *chatbot* estaria disponível para todos e ao mesmo tempo em um canal do Discord. Isso permitiria que:

- Os alunos receberiam acompanhamento personalizado e disponível a qualquer momento;
- Os alunos poderiam compartilhar informações entre si e até mesmo corrigir ou complementar as respostas do *chatbot*, minimizando o risco de que as ‘alucinações’ inerentes a modelos desse tipo prejudiquem o aprendizado.

5.2 Arquitetura da aplicação

A arquitetura da aplicação é composta por vários serviços. Entre eles, destacamos o serviço de API, com ênfase na API dos Assistants, e o serviço de hospedagem. Além desses, existem outros serviços que serão explicados em detalhes posteriormente. Na figura 3 a seguir, demonstramos a arquitetura do Tutor Turing e os serviços que o compõem.

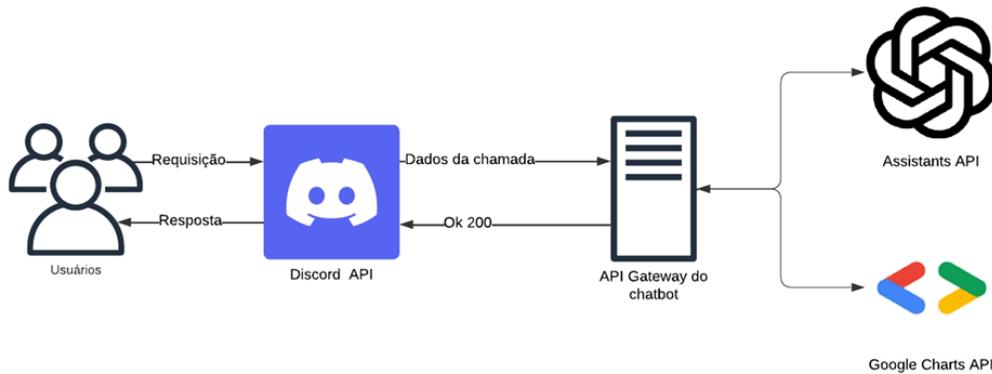


Figura 3: Arquitetura do Tutor Turing. Fonte: Elaborado pelo autor

Também discutiremos o processo de desenvolvimento do *chatbot*, incluindo sua integração com as APIs e o procedimento para disponibilizá-lo *online*. Forneceremos a seguir uma visão abrangente da arquitetura da nossa aplicação, oferecendo uma compreensão clara de como os diferentes componentes trabalham juntos para criar o Tutor Turing.

5.2.1 Serviços

O Tutor Turing é um *chatbot* composto por uma série de funções que interagem com várias APIs, onde as informações são processadas e transmitidas. Essas APIs permitem que o *chatbot* responda às perguntas dos alunos, levando sempre em consideração o contexto da conversa e seu banco de dados, com o objetivo de fornecer a melhor resposta possível ao usuário. Além disso, as APIs também oferecem suporte a ferramentas adicionais que visam compensar as limitações da plataforma Discord, como a impossibilidade de interpretar códigos LaTeX nas mensagens. Para isso, uma API específica é utilizada para fornecer essa funcionalidade. Finalmente, existe um serviço que permite que o Tutor Turing funcione continuamente, disponibilizando-o em um servidor remoto.

5.2.1.1 Assistants API

A API dos Assistants é o elemento vital do nosso tutor, fornecendo vários modelos GPT pré-treinados que servem como ponto de partida para o assistente. O diferencial desta API é a capacidade de adicionar '*Instructions*' que irá orientar o comportamento do assistente, além de permitir o envio de uma base de dados para embasar o assistente, que sempre será considerada em suas respostas. Com essas funcionalidades, é possível

criar assistentes virtuais altamente personalizados a um custo reduzido, adequados para uma gama de propósitos.

5.2.1.2 Discord API

A API do Discord é uma interface poderosa que facilita a criação de *bots* e aplicações para interagir com o Discord. Ela disponibiliza uma variedade de funcionalidades, incluindo a comunicação com usuários, a gestão de servidores, a integração com jogos e serviços, o desenvolvimento de aplicações avançadas, entre outras. Com a API do Discord, é possível criar aplicações completas, com interfaces de usuário ricas e interativas, que podem ser integradas diretamente ao Discord. Para o nosso objetivo, essas funcionalidades possibilitarão a criação de um *chatbot* interativo com amplas funções.

5.2.1.3 Google Charts API

A API do Google Charts proporciona uma variedade de serviços para o tratamento de dados, incluindo a criação de gráficos interativos, tabelas e muito mais. Uma das funcionalidades que destacamos é a de retornar uma imagem formatada com símbolos, números e texto ao receber uma fórmula em LaTeX, sendo particularmente relevante para a visualização de simbologias que não são suportadas nas mensagens do Discord. Reconhecemos como útil no contexto da disciplina, onde há um uso frequente desses símbolos.

5.2.1.4 Pylex

O Pylex é uma plataforma sólida que fornece servidores para a hospedagem de *bots*, seja para o Discord ou outras plataformas. A decisão por esta plataforma foi impulsionada por diversos fatores. Em primeiro lugar, o custo é nulo, com a única exigência de renovar o servidor a cada 14 dias. Além disso, o *design* do Pylex é intuitivo, tornando a navegação e a utilização da plataforma uma experiência agradável e eficaz. Além disso, possui um sistema de manutenção eficaz que permite o envio e a edição de arquivos de maneira simples e rápida. Isso facilita a gestão e a atualização do *bot*, permitindo que ele seja constantemente aprimorado e adaptado às necessidades dos usuários.

Por fim, o Pylex possui um sistema de monitoramento abrangente que exibe informações cruciais sobre o servidor, como seu *status* de funcionamento, o uso de recursos e as saídas do terminal. Isso permite um acompanhamento constante do desempenho do *bot*, garantindo que ele esteja sempre funcionando da melhor maneira possível. A figura 4 exemplifica algumas das funcionalidades de monitoramento do Pylex.

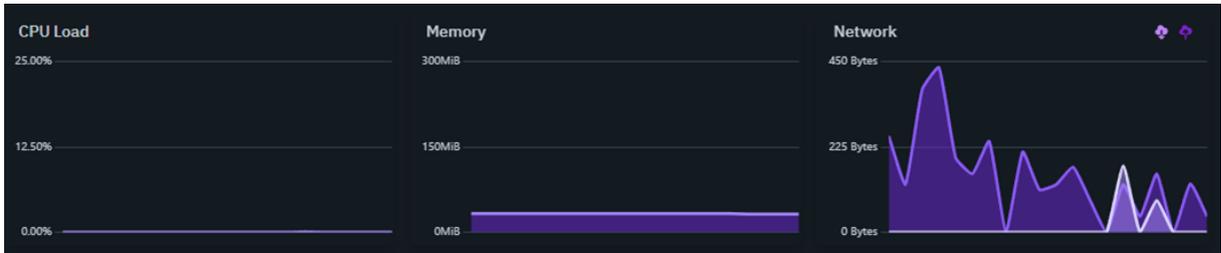


Figura 4: Gráficos de monitoramento da plataforma do Pylex. Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 Tecnologias e Bibliotecas

É essencial destacar que o projeto foi desenvolvido utilizando JavaScript, a qual é uma linguagem de programação muito utilizada que proporciona flexibilidade e eficiência. Para a interação com a API dos Assistants, empregamos a biblioteca da OpenAI. Esta biblioteca oferece uma interface de alto nível para a API dos Assistants, possibilitando uma integração eficaz e simplificada. Com ela, é possível acessar os modelos GPT pré-treinados e personalizar o comportamento do assistente de acordo com as necessidades do projeto.

Adicionalmente, para a interação com a API do Discord, utilizamos a biblioteca discord.js. Esta biblioteca facilita a criação de *bots* para o Discord de maneira simplificada e eficiente, possibilitando enviar e receber mensagens, gerenciar servidores e canais, entre outros. Estas tecnologias e bibliotecas foram cruciais para o desenvolvimento do projeto, permitindo a criação de um *chatbot* interativo e funcional. Dessa forma, oferecem uma combinação de flexibilidade, eficiência e facilidade de uso, tornando-as perfeitas para este tipo de projeto.

5.3 Coleta de dados

Tendo em vista aprimorar o *bot* e permitir um ajuste fino em suas respostas, os monitores da disciplina uniram esforços para coletar PDFs contendo resumos, artigos e

apostilas que abordam cada t3pico do curso. No total, foram reunidos 11 PDFs, que serviram como uma rica fonte de informa33o para alimentar o tutor. Esses materiais permitem que o *chatbot* responda 3s perguntas dos alunos de forma mais detalhada e precisa, pois ele tem acesso a um contexto mais amplo e detalhado dessas informa33es.

5.4 Personaliza33o

O processo de customiza33o do *chatbot* se deu de forma objetiva. Utilizando a plataforma do Assistants, 3 poss3vel editar a instru33o de comportamento do *bot*, personalizando aspectos como seu papel, caracter3sticas, tipo de resposta, entre outros. Foi utilizado o seguinte *prompt* para ditar o comportamento do Tutor Turing.

You are a personal tutor for the Logic for Computation course. Ensure that your answers are always clear and presented in the simplest possible manner. Additionally, strive to consistently utilize the information stored within the files. Make sure to always answer in Portuguese.

Na figura 5 a seguir, exemplificamos como funciona o campo de "*Instructions*".

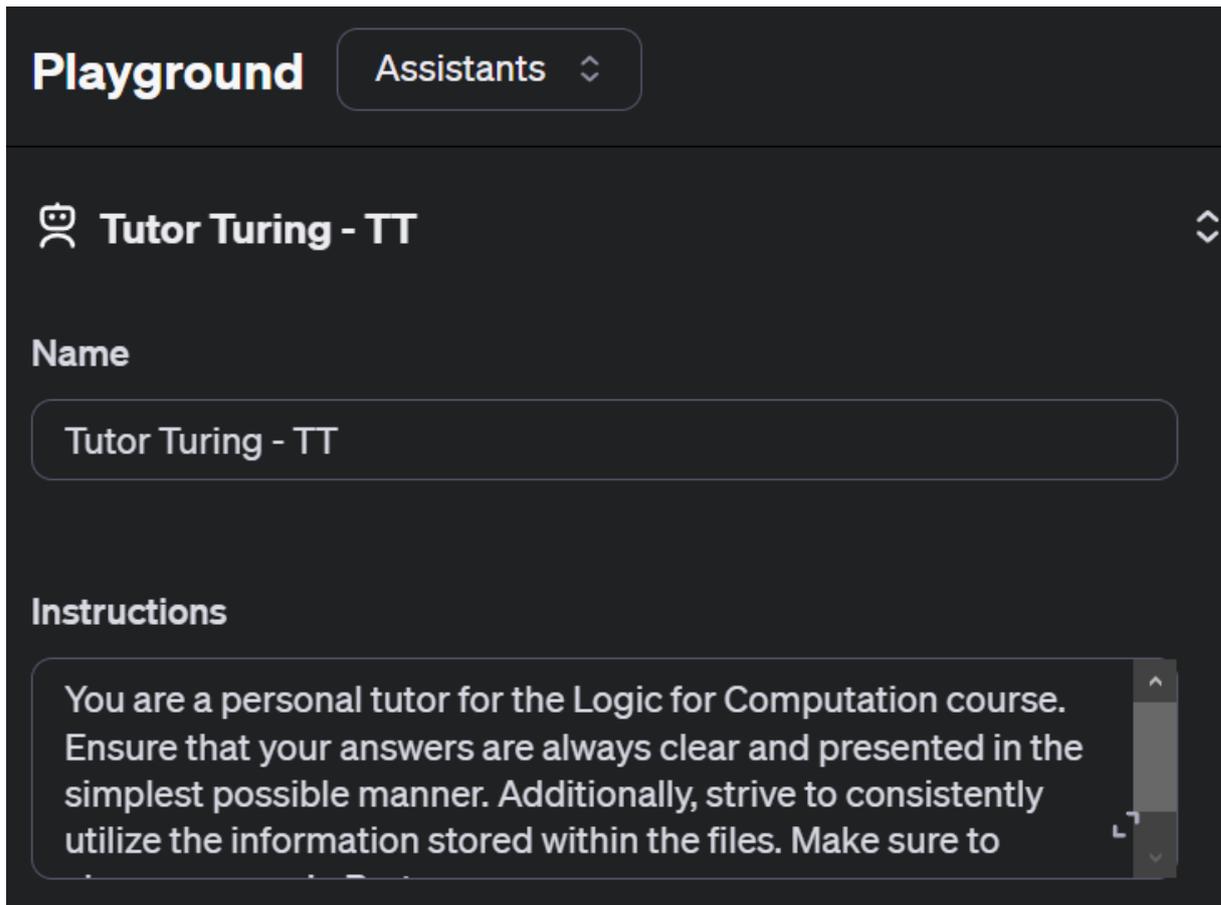


Figura 5: Campo para a inserção das *instructions* na plataforma dos Assistants. Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, a plataforma oferece a opção de adicionar documentos por meio da ferramenta de '*Retrieval*'. Esta ferramenta recebe os documentos, realiza uma varredura e os adiciona à base de informações do *chatbot*. Essas informações são então utilizadas para fundamentar as respostas do *chatbot*. Observamos que, a partir dessas funcionalidades, conseguimos adaptar o comportamento do Tutor Turing para atender melhor às nossas necessidades. Isso proporcionou um tutor mais eficiente e alinhado com os objetivos do projeto. A funcionalidade '*Retrieval*' é exemplificada na figura 6, que se segue.

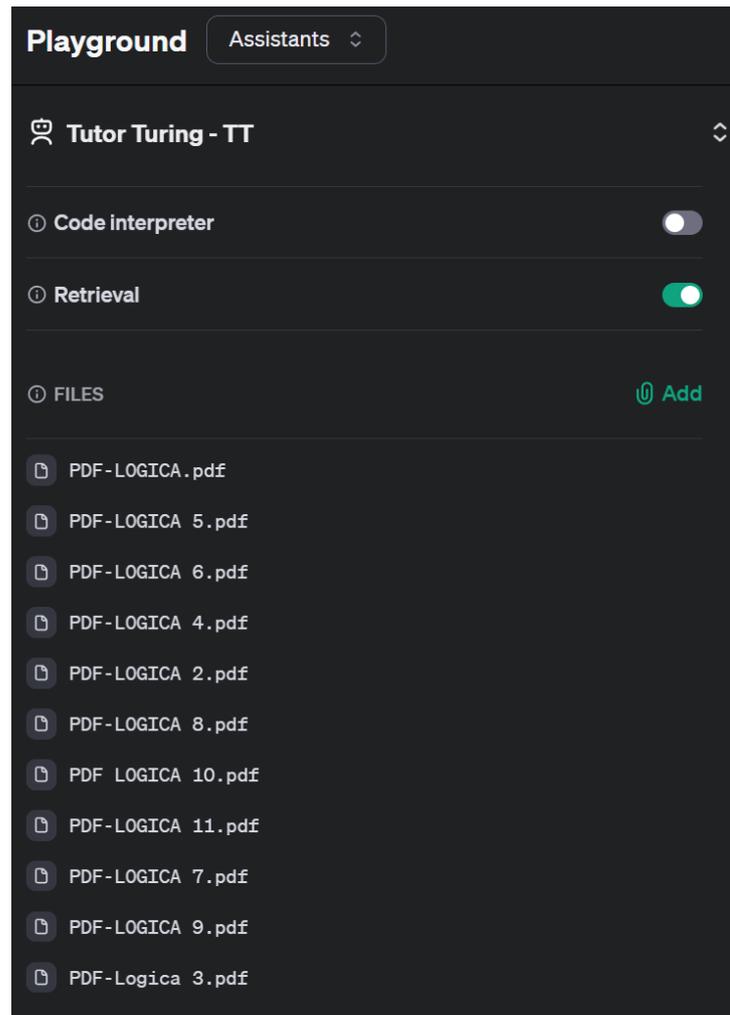


Figura 6: Campo para a inserção dos arquivos na plataforma dos Assistants. Fonte: Elaborado pelo autor

5.5 Desenvolvimento do Piloto

A função do Tutor Turing é específico para um canal no servidor do Discord da disciplina. Neste canal, o tutor monitora as mensagens e responde a elas, exceto aquelas iniciadas com o caractere especial '&'. Este caractere permite que os usuários interajam com o *bot* sem que ele precise responder. Após cada resposta, o *chatbot* solicita *feedback* sobre a adequação da resposta, incentivando os alunos a fazerem correções, se necessário. Com isso, permite que os alunos avaliem a utilidade da resposta adicionando *emojis* de positivo ou negativo. Isso serve como um indicador para outros alunos sobre a relevância da informação. Na figura 7 a seguir, temos um exemplo de uso do Tutor Turing.

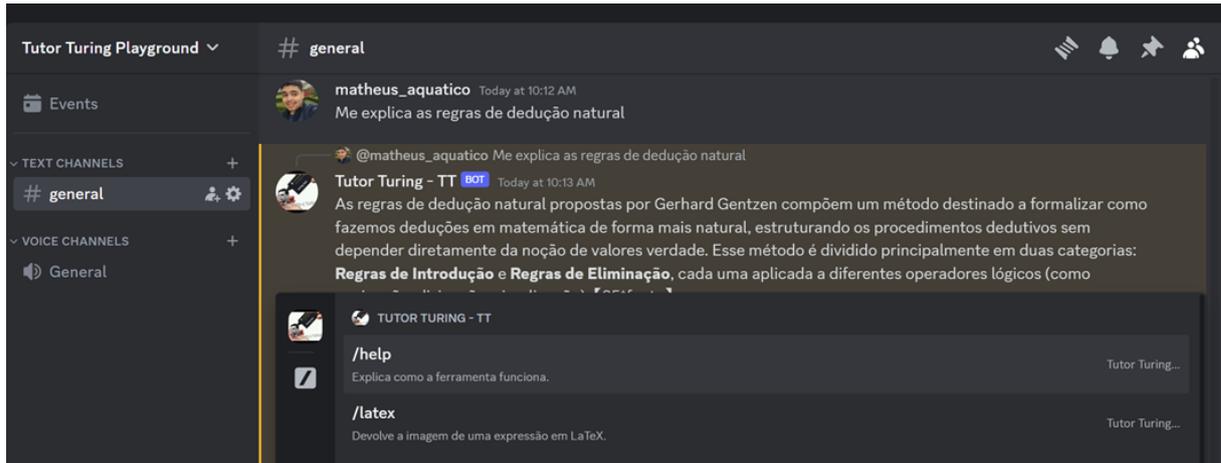


Figura 7: Tela de funcionamento do Tutor Turing em um canal do Discord. Fonte: Elaborado pelo autor

Além da funcionalidade de resposta, o *chatbot* possui comandos '*Slash*', que são instruções que você pode digitar para acionar determinadas ações do tutor. Na versão atual, estão disponíveis dois comandos '*Slash*': '*help*', que fornece instruções básicas para o uso do Tutor Turing, e '*latex*', que recebe uma expressão no formato LaTeX e retorna uma imagem formatada da expressão fornecida. A seguir, apresentamos o pseudocódigo que ilustra o comportamento do Tutor Turing.

Algoritmo 1 Comportamento do Tutor Turing

```

1: procedure ESCUTARMENSAGENS
2:   while true do
3:     mensagem ← ouvirMensagem()
4:     if mensagem ≠ null e mensagem[0] ≠ '&' then
5:       if contémSubstring(mensagem, '/latex') then
6:         expressao ← extrairExpressaoLaTeX(mensagem)
7:         gerarFiguraLaTeX(expressao)
8:       else if mensagem = '/help' then
9:         enviarFuncionalidades()
10:      else
11:        responderMensagem(mensagem)
12:      end if
13:    end if
14:  end while
15: end procedure

```

6 METODOLOGIA

Essa seção, primeiramente, descreve o tipo de estudo adotado na pesquisa e as justificativas de cada escolha; em seguida, é descrito o local onde se realizou a pesquisa; na sequência, detalha-se a amostra; logo em seguida, demonstram-se os critérios de inclusão e exclusão para constituir a amostra; mais adiante, aborda-se como os participantes foram contatados para participar da pesquisa; logo depois, abordamos os instrumentos que foram utilizados na coleta de dados; por fim, detalhamos o procedimento de coleta de dados.

6.1 Desenho da Pesquisa

Esta pesquisa adotou as abordagens quantitativa e qualitativa para investigar a aceitação e a utilidade de *chatbots* no aprendizado de alunos de graduação na disciplina de Lógica para Computação. Dessa forma, a metodologia empregada baseou-se na coleta de dados por meio de uma pesquisa não supervisionada. A pesquisa foi composta por 2 perguntas de classificação, 6 declarações referentes à experiência com o sistema e uma seção de campo aberto para relatar observações, sugestões e críticas. Foi solicitado aos participantes que indicassem seu nível de concordância com cada declaração, utilizando a escala de Likert. E por meio da seção de pergunta aberta, conseguimos obter relatos de alunos sobre suas experiências e percepções em relação ao *chatbot*. Isso nos permitiu coletar informações mais detalhadas sobre as percepções relacionadas ao uso do tutor.

A escolha pela pesquisa quantitativa foi para responder aos nossos questionamentos ao analisar os dados coletados e extrair percepções a partir deles, pois, ao fazer esse esforço maior de análise de dados, podemos obter informações que não podem ser diretamente visualizadas (FALCÃO; RÉGNIER, 2000).

Em direção à implementação dessa abordagem, utilizamos o método *survey* que melhor atende às nossas necessidades, já que o foco de interesse é sobre a intensidade e causa dos fenômenos, e o objeto de interesse acontece no presente ou passado recente (FREITAS et al., 2000). Nosso interesse é pesquisar o grau de satisfação dos estudantes ao utilizar a ferramenta de tutoria desenvolvida.

Para aferir esse grau de satisfação, aplicamos a escala Likert, que possui múltiplas categorias onde os entrevistados podem indicar seus sentimentos sobre um fenômeno particular (NEMOTO; BEGLAR, 2014). Assim, o entrevistado pode responder com mais

exatidão ao seu grau de sentimento em relação a uma das afirmações ao escolher uma das categorias disponíveis.

Também escolhemos coletar dados utilizando uma abordagem qualitativa. A pesquisa qualitativa provou ser crucial para captar sentimentos e percepções que não foram previstos na etapa quantitativa do estudo. Essa metodologia nos permitiu entender de maneira mais abrangente todos os cenários possíveis, incluindo os casos em que a ferramenta não foi utilizada.

Em contraste com a pesquisa quantitativa, a pesquisa qualitativa não tem como objetivo medir eventos ou realizar uma análise estatística dos dados. Em vez disso, ela busca compreender os fenômenos a partir da perspectiva dos participantes envolvidos na situação em estudo (NEVES, 1996). Para a parte qualitativa, adotamos o método de coleta de observações por meio de uma seção de perguntas abertas no formulário.

6.2 Local da pesquisa

Os dados foram obtidos por meio da *internet*, utilizando um questionário *online*.

6.3 Amostra de Participantes

Dado o tamanho relativamente reduzido da população em questão, e com o objetivo de ampliar a confiabilidade da pesquisa, o questionário foi distribuído a todos os alunos matriculados na disciplina de Lógica para Computação cadastrados no servidor do Discord. Esse procedimento foi adotado com a finalidade de obter o maior número possível de respostas, visando garantir uma análise mais robusta dos resultados. Posteriormente à disponibilização do questionário aos alunos, conseguimos recolher um total de 18 questionários respondidos.

6.4 Critérios de Inclusão e Exclusão

- Critério de inclusão – Alunos de graduação na disciplina de Lógica para Computação inscritos no canal de comunicação do Discord.
- Critério de exclusão – Alunos que já foram reprovados por falta.

6.5 Recrutamento dos Participantes

Foi postado um *link* do formulário no canal de comunicação oficial da disciplina no Discord.

6.6 Instrumentos de Coleta de Dados

O principal instrumento para a coleta de dados foi um questionário *online*, composto por 2 perguntas de classificação, 6 declarações referentes à experiência com o sistema e uma seção de campo aberto para relatar observações, sugestões e críticas. Essas afirmações teriam que ser respondidas utilizando o modelo de classificação da escala Likert. O questionário foi hospedado em uma plataforma digital, proporcionando facilidade de acesso aos participantes. As perguntas abordaram diversos aspectos relacionados à experiência dos entrevistados com a ferramenta de tutoria, incluindo eficácia percebida, satisfação e preferências em relação ao uso da inteligência artificial no processo de aprendizagem.

As respostas das questões fechadas foram classificadas numericamente de acordo com a escala de Likert, permitindo uma análise quantitativa dos dados.

As respostas para a questão aberta, onde o usuário tinha a liberdade de descrever suas próprias observações, críticas e sugestões sobre o *chatbot* com base em sua experiência, foram coletadas para posterior análise.

6.7 Procedimentos para a coleta de dados

6.7.1 Preparação do Questionário

Realizamos a elaboração do questionário online composto por 2 perguntas de classificação, 6 afirmações com foco na do uso da ferramenta de tutoria e uma seção de campo aberto para relatar observações, sugestões e críticas. Essas afirmações devem ser respondidas utilizando o modelo de classificação da escala Likert, ao selecionar as opções mais adequadas ao que é pedido. A pergunta aberta pode ser respondida em linguagem natural, permitindo que os usuários expressem suas opiniões sobre a experiência com o *chatbot*.

6.7.2 Configuração da Plataforma Online

Selecionamos a plataforma online Google Forms, que se mostrou adequada para hospedar o questionário, garantindo acessibilidade e facilidade de resposta para os participantes.

6.7.3 Divulgação e Consentimento

Divulgamos a pesquisa aos alunos de graduação matriculados na disciplina de Lógica para Computação no semestre de 2023.2.

Também fornecemos informações claras sobre os objetivos da pesquisa e obtenção do consentimento informado dos participantes.

6.7.4 Preenchimento do Questionário

No questionário, foi criada uma seção que fornece orientações aos participantes para acessar o questionário online e responder às perguntas de maneira completa e honesta, individualmente e apenas uma vez. O tempo de resposta foi estimado em aproximadamente 5 minutos, não sendo necessário o auxílio do pesquisador para conduzir o questionário.

6.7.5 Monitoramento e Suporte

Fizemos o monitoramento constante da participação, com a oferta de suporte técnico em caso de dúvidas ou dificuldades durante o preenchimento do questionário.

6.7.6 Encerramento da Coleta de Dados

O período para a coleta de dados foi de 30 dias, entre os dias 08 de fevereiro de 2024 até o dia 9 de março de 2024.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, abordaremos como a análise dos dados foi conduzida e as inferências obtidas a partir dela. O processo de análise seguirá as seguintes etapas: análise do perfil dos participantes, tratamento dos dados, análise descritiva dos dados e interpretação dos resultados. No final, discutiremos as percepções gerais dos resultados encontrados, falaremos sobre nossa estratégia em relação aos falsos positivos e destacaremos as principais limitações da pesquisa.

7.1 Análise do Perfil dos Participantes

Dos 60 alunos matriculados na disciplina, apenas 52 estavam aptos para participar da pesquisa, pois os demais foram reprovados por falta, não realizando nenhuma atividade avaliativa. Dentre a população de 52 alunos elegíveis para utilizar o *chatbot*, obtivemos uma amostra de 18 alunos que responderam ao formulário, correspondendo a aproximadamente 35% dos alunos aptos. A seguir, apresentamos a tabela 1 listando cada um desses dados.

Total de Alunos	Alunos Aptos	Total de respostas	Alunos que usaram o <i>chatbot</i>	Alunos que não usaram o <i>chatbot</i>
60	52	18	12	6

Tabela 1: Tabela com os dados de participação da pesquisa. Fonte: Elaborado pelo autor

Ao indagá-los sobre o uso da ferramenta, constatamos que 66,7% afirmaram tê-la utilizado, enquanto 33,3% declararam não o ter feito. Importante mencionar que o formulário também possibilitou que mesmo aqueles que não utilizaram a ferramenta expressassem suas opiniões, fundamentadas em suas observações sobre o uso por parte dos demais alunos. Veremos as respostas na Figura 8, que se segue.

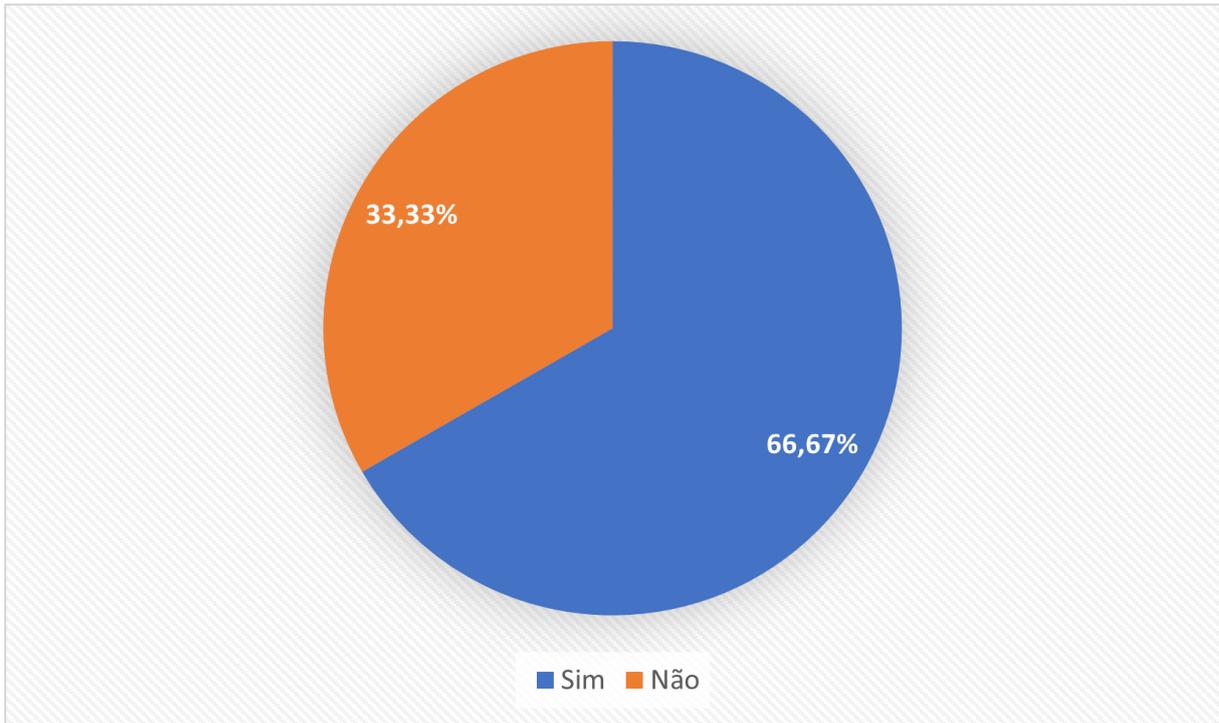


Figura 8: Porcentagem de pessoas que utilizaram o Tutor Turing. Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente, aqueles que fizeram uso da ferramenta de aprendizado foram indagados sobre a sua experiência prévia com outras ferramentas de Inteligência Artificial para estudos. Todos confirmaram ter utilizado tais ferramentas anteriormente. Essa unanimidade pode ser atribuída ao fato de os alunos estarem matriculados em cursos de computação, o que lhes proporciona amplo acesso e familiaridade com essas tecnologias.

7.2 Tratamento de Dados

Para todos os usuários que utilizaram o *chatbot*, a seção quantitativa do formulário, contendo respostas na escala Likert, era obrigatória. Portanto, não há dados faltantes nesta seção que exijam algum método de preenchimento.

Já para a seção qualitativa do formulário, composta por uma pergunta aberta na qual os participantes poderiam expressar suas opiniões, o preenchimento também era obrigatório para todos os que enviaram o formulário.

7.3 Análise Descritiva dos Dados

Inicialmente, efetuamos a computação da frequência absoluta de cada categoria da escala Likert com base em todas as respostas obtidas. Essas frequências absolutas oferecem uma análise da concordância com cada uma das afirmações apresentadas. É notável a predominância das categorias associadas a reações positivas, indicando uma tendência favorável entre os participantes em relação às questões abordadas. A tabela 2 a seguir demonstra esses dados.

Tópicos	Categorias				
	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem discordo e nem concordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Tópico 1	0	0	1	6	5
Tópico 2	0	3	4	2	3
Tópico 3	0	0	3	7	2
Tópico 4	0	3	2	3	4
Tópico 5	2	0	2	6	2
Tópico 6	0	2	0	2	8
Total	2	8	12	26	24

Tabela 2: Tabela de frequências. Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, elaboramos um gráfico para visualizar as frequências em porcentagem. Como pode ser observado, mais uma vez, evidencia-se uma tendência de maior concordância com as afirmações apresentadas, como demonstrado na figura 9.

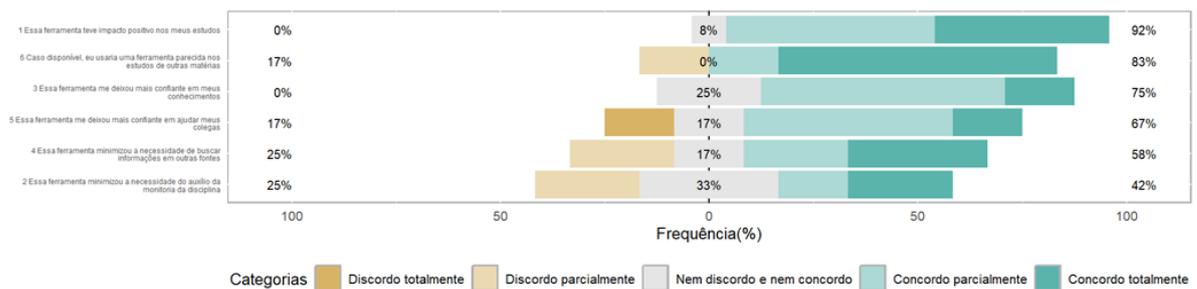


Figura 9: Gráfico das frequências relativas. As afirmações são essas a seguir, na ordem: Essa ferramenta teve impacto positivo nos meus estudos; Caso disponível, eu usaria uma ferramenta parecida nos estudos de outras matérias; Essa ferramenta me deixou mais confiante em meus conhecimentos; Essa ferramenta me deixou mais confiante em ajudar meus colegas; Essa ferramenta minimizou a necessidade de buscar informações em outras fontes; Essa ferramenta minimizou a necessidade do auxílio da monitoria da disciplina. Fonte: Elaborado pelo autor

Também procedemos à elaboração de um *boxplot* com o propósito de identificar

valores atípicos. É notável a presença de *outliers* nas terceira, quinta e sexta afirmações. No entanto, é crucial enfatizar que a mera existência desses valores extremos não implica necessariamente em qualquer irregularidade; ela apenas sugere que algumas pessoas possuem percepções que se diferenciam da média. Assim, torna-se essencial investigar as razões subjacentes a essas percepções discrepantes. A figura 10 ilustra os resultados, que se segue.

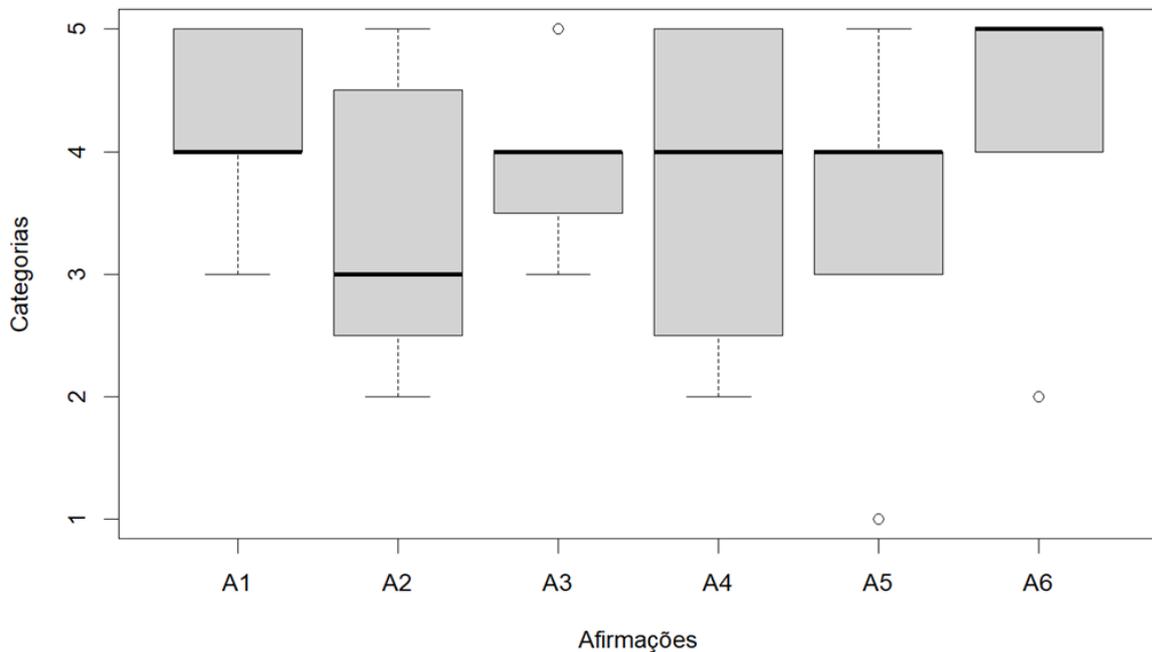


Figura 10: *Boxplot* das respostas para cada afirmação. As categorias de 1 a 5 são, na ordem: Discordo totalmente; Discordo parcialmente; Nem discordo e nem concordo; Concordo; Concordo totalmente. Já as afirmações, enumeradas de A1 a A6 são, na ordem: Essa ferramenta teve impacto positivo nos meus estudos; Essa ferramenta minimizou a necessidade do auxílio da monitoria da disciplina; Essa ferramenta me deixou mais confiante em meus conhecimentos; Essa ferramenta minimizou a necessidade de buscar informações em outras fontes; Essa ferramenta me deixou mais confiante em ajudar meus colegas; Caso disponível, eu usaria uma ferramenta parecida nos estudos de outras matérias. Fonte: Elaborado pelo autor

7.4 Interpretação dos Resultados

7.4.1 Percepção dos Alunos ao Utilizarem o Chatbot

Abordaremos aqui os resultados obtidos por meio da escala de Likert, visando compreender a percepção dos alunos em relação ao uso do *chatbot* no processo de aprendizagem. Para isso, utilizaremos gráficos para visualizar as respostas e facilitar a análise comparativa entre eles. Desta maneira, embasaremos nosso entendimento teórico com base nessas discussões.

Na primeira pergunta, buscamos compreender como a utilização do *chatbot* influenciou os estudos dos alunos. Em termos gerais, a percepção foi predominantemente positiva, com apenas 8,33% dos participantes afirmando que o tutor não contribuiu efetivamente para os estudos, e nenhuma resposta negativa registrada. Isso sugere um impacto positivo significativo do Tutor Turing no processo de aprendizagem dos alunos. A figura 11 ilustra essas opiniões, que se segue.

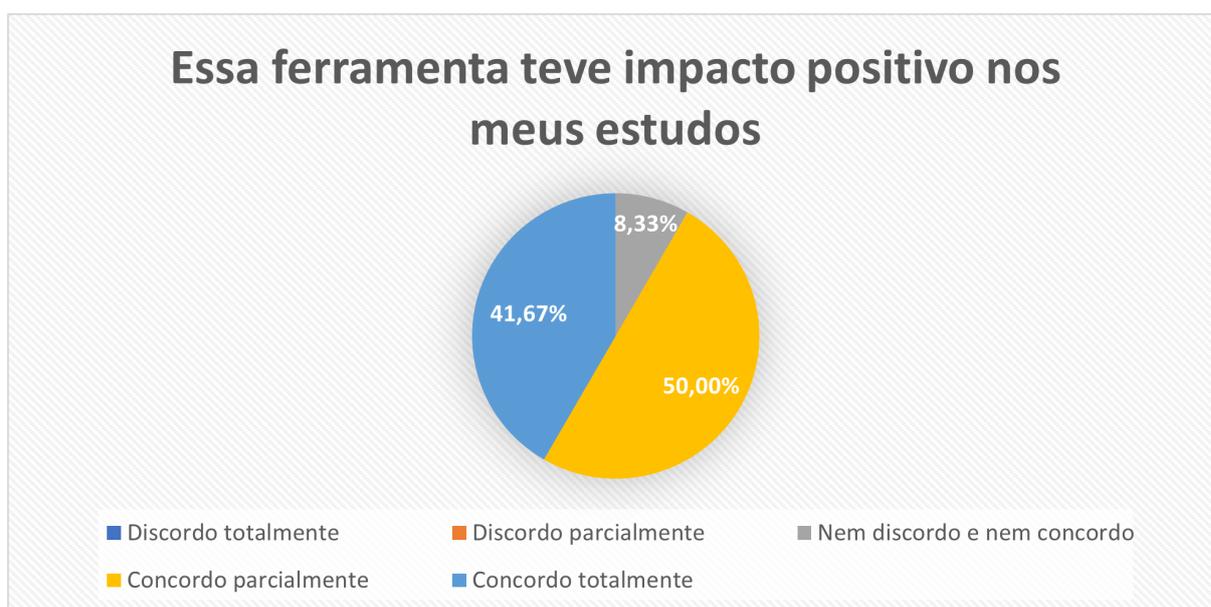


Figura 11: Primeira afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, buscamos investigar se essa ferramenta reduziria a necessidade de auxílio de um monitor humano nos estudos. Neste aspecto, 25% dos alunos discordavam parcialmente e outros 33,3% não manifestavam uma opinião definitiva, indicando que a maioria dos alunos percebeu que a ferramenta não substituiria integralmente a assistência humana nos estudos. Vejamos os percentuais na figura 12 a seguir.

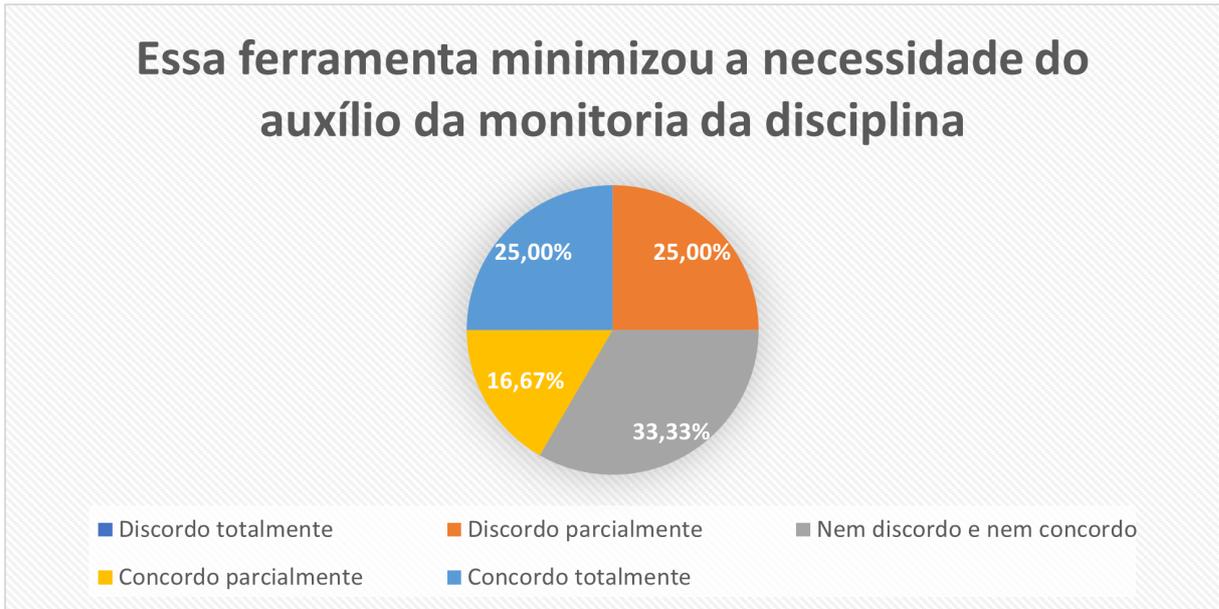


Figura 12: Segunda afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor

Outra questão que buscamos avaliar era a utilidade da ferramenta na compreensão do conteúdo da disciplina pelos alunos. A maioria dos alunos respondeu de forma positiva a essa afirmação, evidenciando uma percepção favorável em relação à contribuição da ferramenta para o entendimento do conteúdo. Apenas 25% indicaram que a ferramenta teve uma utilidade neutra nesse aspecto, como demonstrado pela figura 13 a seguir.

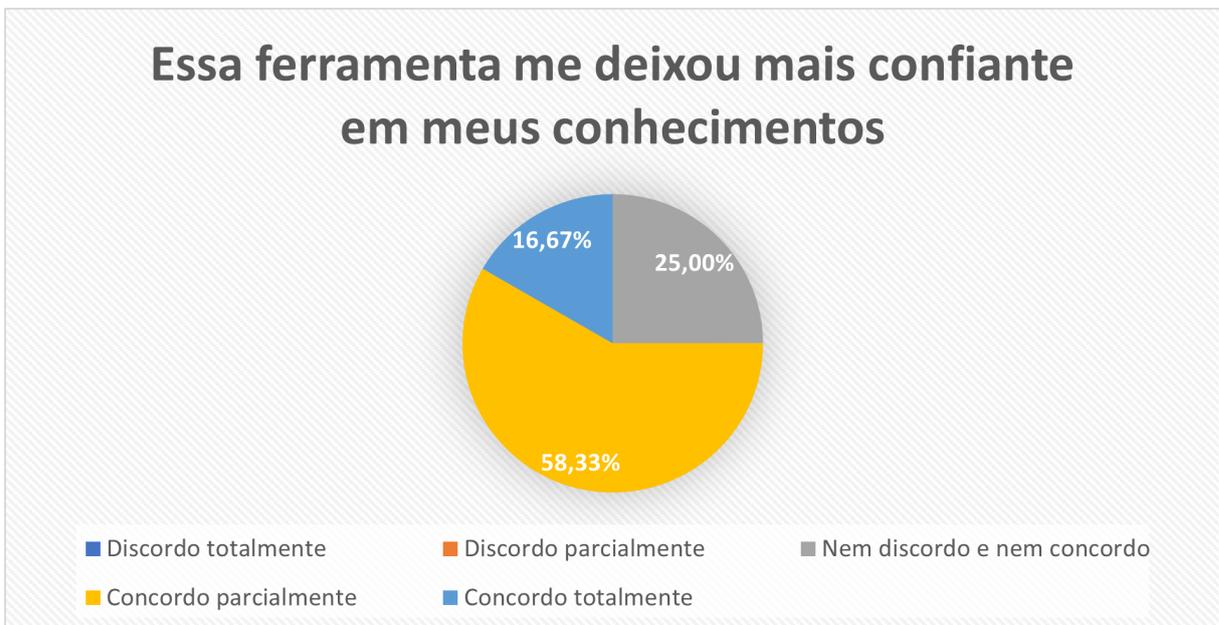


Figura 13: Terceira afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente, buscamos investigar se o uso da ferramenta de alguma forma reduziria a necessidade de recorrer a outras fontes para reforçar o conhecimento. Nesse

aspecto, a maioria dos participantes afirmou que a ferramenta de fato minimizou a necessidade de buscar informações em outras fontes, evidenciando a conveniência da ferramenta nos estudos dos alunos. Contudo, tal opinião não é unanimidade, pois uma parte considerável dos alunos não concordaram com essa afirmação. As percepções/opiniões são apresentadas a seguir, na figura 14.

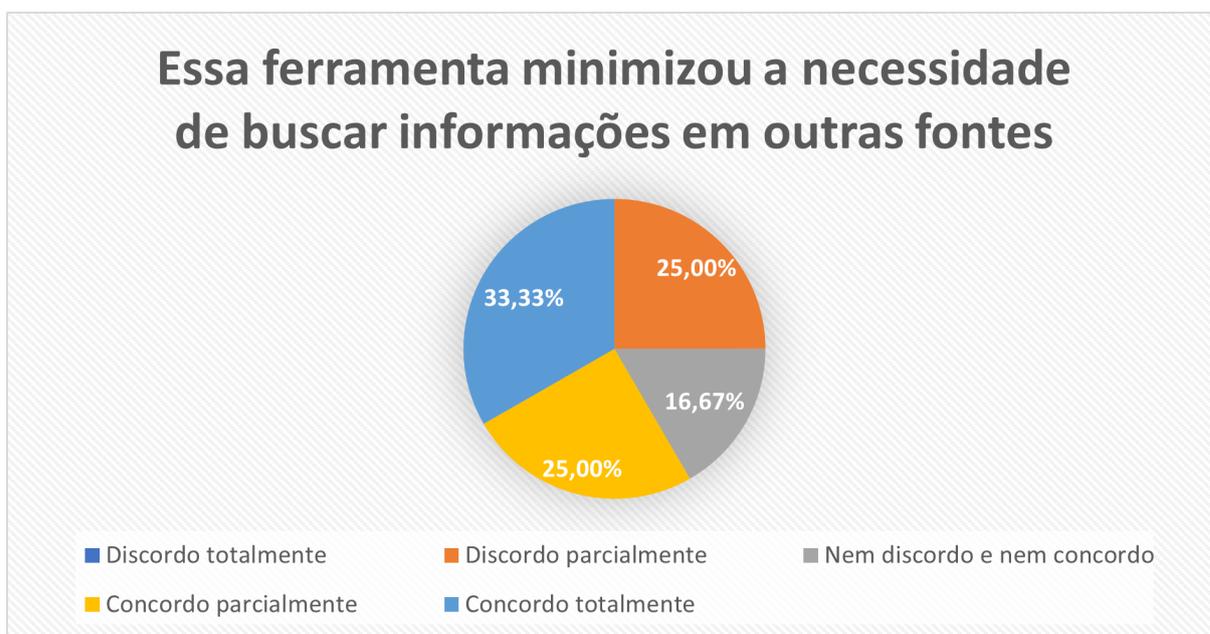


Figura 14: Quarta afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor

Continuando, buscamos mensurar a contribuição do aspecto colaborativo na utilização da ferramenta. Neste contexto, 56,67% dos participantes afirmaram que a ferramenta incentivou os alunos a quererem auxiliar seus colegas. No entanto, aproximadamente 16,67% discordaram totalmente dessa afirmação, o que indica que nem todos os alunos se adaptaram à ideia de utilizar a ferramenta em grupo. Esse resultado sugere uma variedade de percepções em relação ao aspecto colaborativo da ferramenta entre os alunos. Os resultados são apresentados a seguir, na figura 15.

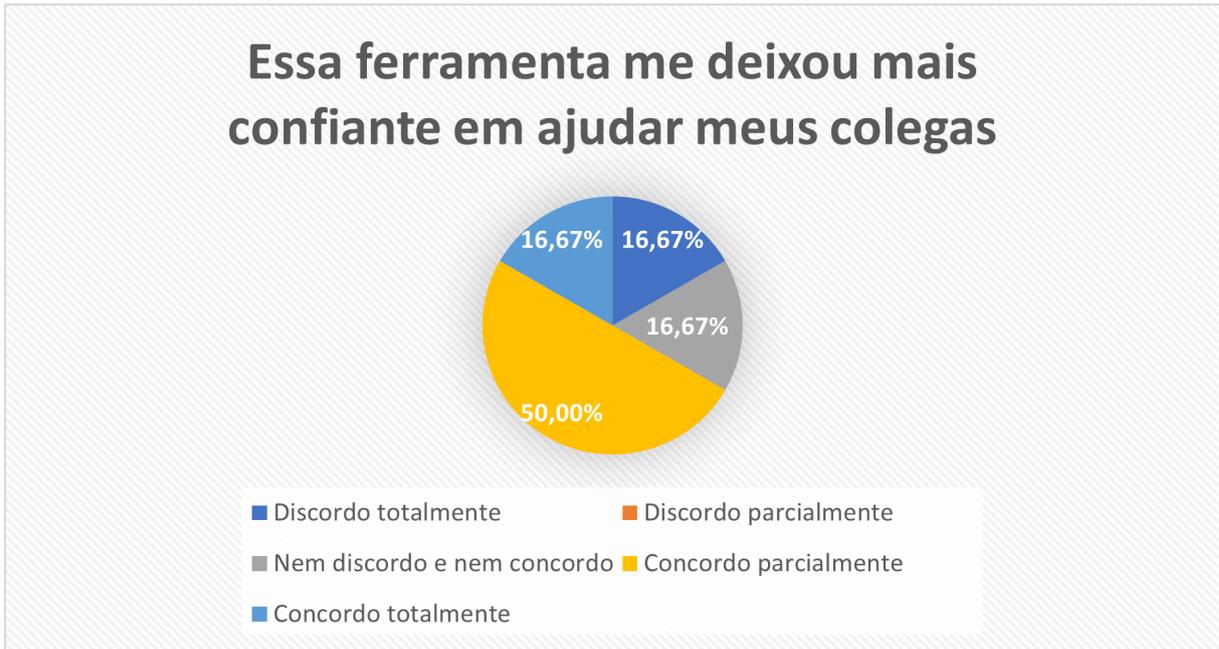


Figura 15: Quinta afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, buscamos saber se os alunos gostariam de ter *chatbots* semelhantes disponíveis em outras disciplinas. A resposta foi predominantemente positiva, com apenas 16,67% dos participantes discordando parcialmente dessa possibilidade. A figura 16 ilustra a percepção dos alunos.

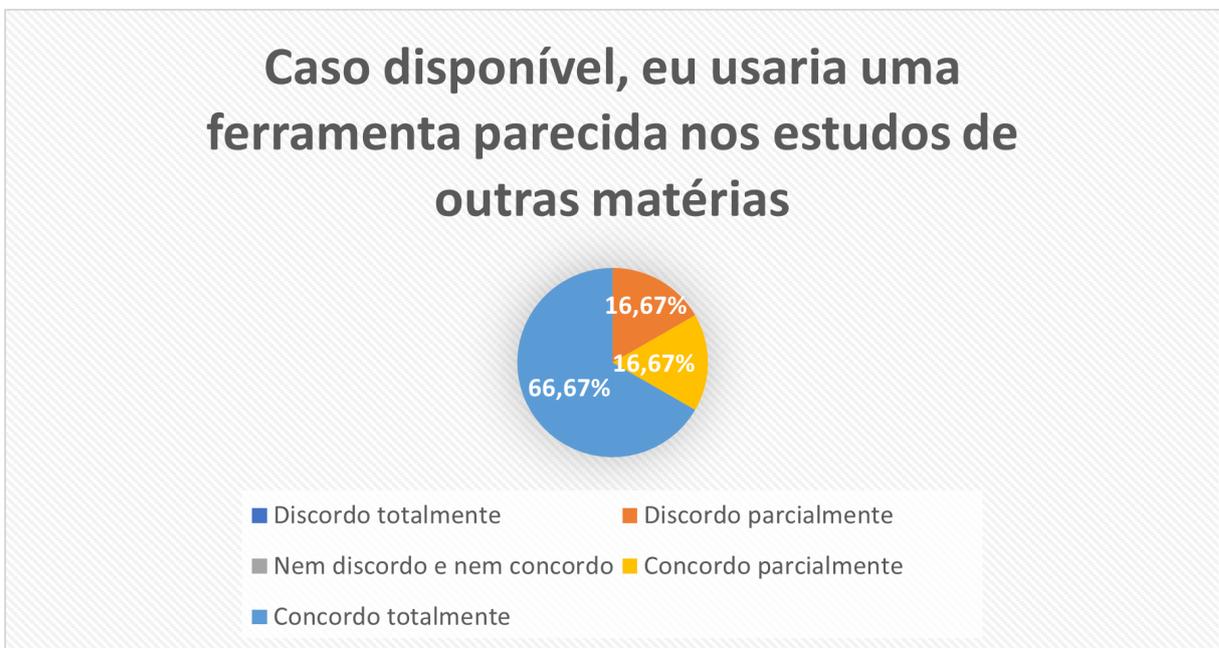


Figura 16: Sexta afirmação. Fonte: Elaborado pelo autor

7.4.2 Percepção dos Alunos em Relação ao Chatbot

A partir das respostas fornecidas na questão aberta sobre as percepções em relação ao *Chatbot*, pudemos categorizar os participantes em quatro grupos distintos: aqueles que não utilizaram a ferramenta, os que a utilizaram e expressaram total satisfação, os que a utilizaram, mas ainda preferem a assistência humana, e os que a utilizaram, porém não se sentiram totalmente confiantes com as respostas fornecidas.

No conjunto de indivíduos que optaram pela não utilização da ferramenta, um dos motivos preponderantes levantados foi a limitação de tempo, combinada com a obrigação de compartilhar as perguntas com todos os participantes do canal relevante, conforme observado por um dos alunos:

Parece interessante, mas até agora meu foco de estudo foram as outras matérias, então mal estudei lógica, e o pouco que estudei não fiquei com dúvidas, mas minha sugestão é fazer uma forma de enviar perguntas em anônimos, pois há pessoas mais tímidas como eu que ficam com vergonha de perguntar pro *bot* já que aparece o nome. (Sei que não tive nenhuma pergunta específica pro *bot*, mas só de pensar em mandar alguma pergunta já me dá vergonha). (P1)

Dentro do grupo de usuários que interagiram com o *chatbot* e expressaram uma experiência positiva na sua totalidade, um dos aspectos mais notáveis mencionados foi a praticidade e eficácia percebidas durante a utilização. Alguns participantes também destacaram a rapidez na obtenção de respostas e a facilidade de acesso às informações desejadas como benefícios significativos da interação, conforme observado por um dos participantes:

Gostei porque ele é muito certo nas respostas e reduz o tempo necessário para conseguir a informação. (P2)

Outra razão para a aceitação do *chatbot* foi sua capacidade de disponibilizar conteúdos específicos da disciplina de forma conveniente, especialmente considerando que tais materiais não são facilmente acessíveis de outra forma, conforme observado por um dos respondentes:

É um sistema bem útil e interessante, principalmente levando em consideração o fato de que as vezes é difícil encontrar alguns materiais, como os de lógica, na *internet*. Por isso, acredito que ele pode ser de fato proveitoso no estudo dessa e de outras disciplinas, principalmente caso compreenda o contexto do CIn. Me pergunto como ele se diferenciaria de outros sistemas como *chatgpt*, e acredito que esse contexto do CIn pode ser um diferencial. (P3)

Por outro lado, entre aqueles que optaram por utilizar o tutor, mas ainda preferem recorrer à assistência humana, destacaram que, para esclarecer dúvidas específicas, preferem a orientação de um monitor humano. Na perspectiva deles, as respostas fornecidas pelo *chatbot* careciam de uma explicação detalhada e aprofundada, conforme expresso por um dos alunos:

A ferramenta é bem útil, porém ainda vejo necessidade de ajuda humana pra explicar situações específicas de dúvidas. Em geral ele joga definições resumidas pra você e mostra um passo a passo de como resolver, mas ainda sinto falta as vezes da explicação humana que busca outras formas com comparações e exemplos. (P4)

Finalmente, entre aqueles que utilizaram o *chatbot*, porém não se sentiram totalmente confiantes com as respostas fornecidas, destacaram que o ele cometeu erros em algumas perguntas feitas. Isso resultou na falta de confiança integral na ferramenta para auxiliar em todas as dúvidas, conforme observado por outro participante:

É uma ótima ferramenta para uma resposta rápida e dúvidas simples! Mas, acredito que especificamente para lógica a monitoria é mais útil, visto que não é sempre que o sistema tutor responde corretamente. (P5)

7.5 Percepções Gerais dos Resultados

Após concluir as análises, adquirimos uma compreensão aprofundada dos benefícios e limitações do emprego de um *chatbot* baseado em LLM no contexto educacional. Tanto os dados quantitativos quanto os qualitativos sugerem que essa ferramenta pode representar uma potencial adição positiva ao ensino, pois a maioria dos participantes expressou reações positivas em relação à sua utilidade e manifestou interesse em ter mais ferramentas semelhantes disponíveis em outras disciplinas. No entanto, tornou-se evidente que os *chatbots* que utilizam modelos baseados em LLM ainda enfrentam algumas limitações que afetam a confiança dos alunos em sua utilização. Dessa maneira, muitos ainda não estão prontos para considerar o tutor virtual como sua única fonte de informação, preferindo recorrer a monitores humanos ou a outras fontes, como a *internet*. Além disso, a exploração do componente colaborativo não se mostrou uma preferência universal, chegando até a inibir o uso da ferramenta para algumas pessoas devido a timidez.

Nesse sentido, a combinação de métodos quantitativos e qualitativos nos permitiu obter uma compreensão abrangente das reações ao sistema. Enquanto os dados quantita-

tivos nos forneceram informações numéricas que foram visualmente analisadas por meio de gráficos, as respostas qualitativas deram voz às opiniões sobre o sistema. Com esses dois tipos de dados à disposição, pudemos fundamentar nossas inferências de maneira mais sólida e investigar mais a fundo os benefícios e limitações que tais tecnologias podem apresentar no contexto educacional.

7.6 Estratégia contra Falsos Positivos

Pelo fato do tutor virtual ser desenvolvido em um modelo baseado em LLM, há sempre a possibilidade do sistema apresentar falsos positivos, as 'alucinações', onde o *chatbot* fornece uma resposta errada com a confiança de estar certa. Por se tratar de um *bot* tutor que tira dúvidas sobre assuntos específicos das matérias da disciplina, isso é particularmente crítico, pois induziria muitos alunos ao erro durante seus estudos ao consultar o Tutor Turing. Nesse estudo, não mensuramos a proporção de respostas certas e erradas que o tutor virtual forneceu ao ser requisitado, mas implementamos duas medidas que ajudariam a minimizar os riscos de os alunos adotarem as respostas do *chatbot* como verdadeiras em 100% do tempo:

- Frisamos que o *bot* era de caráter experimental e que, por ser baseado em modelos de LLM, poderia ter o risco de 'alucinar', sendo de extrema importância ponderar sobre as respostas fornecidas e confirmar sua veracidade em outras fontes;
- Implementamos um mecanismo de avaliação das respostas do Tutor Turing onde os alunos seriam incentivados a votar na utilidade da resposta e também corrigi-la, caso necessário, para que os outros colegas saibam qual seria a resposta correta.

Com essas duas adições, esperávamos minimizar o risco de que as 'alucinações' prejudicassem a experiência dos alunos ao utilizarem o *chatbot*. No entanto, enquanto a primeira medida realmente pode ter alertado os usuários sobre a possibilidade de erros, a segunda medida não foi muito bem aceita pelos alunos, fazendo que poucos alunos chegassem a corrigir e validar as respostas do tutor, evidenciando que o aspecto colaborativo não teve o resultado esperado.

7.7 Limitações da Pesquisa

Este estudo se baseou exclusivamente na utilização de questionários como método de coleta de dados. Devido a restrições de tempo, outras abordagens, como entrevistas, não puderam ser implementadas, embora pudessem agregar valor ao fornecer respostas qualitativas mais detalhadas e espontâneas. Outra limitação identificada foi o tamanho reduzido da população estudada, o que resultou em uma amostra restrita. Se a ferramenta fosse implementada em outras turmas e disciplinas, poderíamos obter um volume maior de dados, o que tornaria a nossa análise ainda mais robusta.

8 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar a aceitação e a utilidade de ferramentas de Inteligência Artificial baseadas em LLMs, como *chatbots*, no processo de aprendizado, observar o efeito de um sistema colaborativo na aprendizagem e compreender as preferências dos alunos em relação ao uso dessas ferramentas em comparação com as opções anteriores. Os resultados demonstraram uma reação positiva em relação à adição dessa ferramenta no contexto educacional, porém ainda não sendo uma unanimidade a visualização dessas ferramentas baseadas em LLMs como a principal fonte de informação devido às limitações atuais da tecnologia, que ainda não inspiram total confiança dos usuários, os quais ainda são dependentes do auxílio humano e de outras fontes para seus estudos.

Em relação ao primeiro objetivo, que visava analisar a aceitação e a utilidade, constatamos que as percepções foram geralmente positivas em relação ao uso dessas ferramentas durante os estudos. No entanto, observamos que essas ferramentas ainda não inspiram confiança suficiente para serem consideradas as principais fontes de conhecimento, devido às limitações atuais da tecnologia de modelos baseados em LLMs, como as 'alucinações', que são momentos em que a máquina fornece informações falsas como se fossem verdadeiras, e também devido a um fator cultural, em que as pessoas ainda não se sentem totalmente confiantes para confiar inteiramente em ferramentas desse tipo para obter conhecimentos específicos. Uma alternativa é alterar o tipo de modelo do *chatbot* para um que restrinja suas respostas apenas às do seu banco de dados.

Quanto ao segundo ponto, notamos uma recepção mista ao modelo colaborativo proposto para essas ferramentas. Uma das possíveis causas é que muitos alunos podem preferir estudar de forma independente, pois se sentem mais confortáveis dessa maneira. Outra razão percebida é a possível 'vergonha' de demonstrar aos colegas que não possui conhecimento sobre um determinado assunto, o que pode inibir o uso dessas ferramentas. Dessa forma, uma possível iteração do sistema poderia adicionar a opção de utilizar o Tutor Turing em conversas privadas, incentivando o uso do tutor por pessoas tímidas.

Por fim, mesmo aqueles que não utilizaram a ferramenta ou que a utilizaram com ressalvas concordaram que ela pode contribuir para o processo de aprendizagem. Assim, em comparação com as práticas anteriores, para a maioria dos alunos, seu efeito foi positivo, pois é uma ferramenta que pode auxiliar nos estudos, embora ainda não substitua

completamente outras fontes, como monitores, professores ou outras fontes da *internet*.

Com a realização desse trabalho, compreendemos de maneira abrangente como as ferramentas baseadas em LLMs podem ajudar os alunos a estudar melhor em disciplinas complexas e entendemos quais são as limitações de seu uso. Adicionalmente, observamos que a incorporação dessas ferramentas em contextos já familiares aos estudantes acarreta em benefícios notáveis, uma vez que não requer a aquisição de habilidades em uma plataforma adicional. Contudo, é essencial salientar que este estudo não tem a intenção de sugerir a adoção exclusiva de um único método de ensino, pois reconhecemos que a educação é um processo colaborativo e diversificado. No entanto, fica evidente que se essas ferramentas forem integradas aos processos de aprendizagem existentes, todos os participantes podem se beneficiar.

8.1 Trabalhos Futuros

Este trabalho buscou investigar a aceitação e a utilidade de modelos de LLMs dentro do processo de ensino, visando implementar uma arquitetura robusta e de baixo custo por onde seja possível validar, monitorar e divulgar o projeto. Com isso concluído, nos próximas iterações do projeto poderíamos atacar as dores apontadas pelos alunos durante a utilização e tentar construir uma solução que atenda a essas necessidades.

- **Mudar o tipo de modelo de Inteligência Artificial:** Devido às atuais restrições tecnológicas, os modelos de LLMs frequentemente não conseguem fornecer respostas precisas em todas as circunstâncias, especialmente em questões altamente específicas. Essa limitação pode instigar a desconfiança por parte dos usuários em relação às respostas geradas por modelos dessa natureza. Uma alternativa promissora seria adotar um modelo que empregue um sistema de NLP para interações de perguntas e respostas. Neste sistema, uma série de tópicos seria previamente incorporada como base de dados, permitindo que o sistema estabeleça correlações entre a pergunta em linguagem natural e o tópico relevante. Tal abordagem possibilitaria uma melhoria substancial na precisão das respostas, embora o modelo possa perder um pouco de sua abrangência em tópicos que não estejam incluídos em sua base de dados.
- **Refinar o sistema tutor para uma abordagem individualizada:** Dada a

resposta ambígua em relação à proposta de um ambiente colaborativo, pode ser proveitoso examinar o efeito de adotar uma abordagem individualizada no funcionamento do *chatbot*. Isso poderia ajudar a mitigar preocupações quanto a eventuais constrangimentos dos alunos ao fazerem perguntas na frente de seus colegas.

Com a implementação dos tópicos mencionados anteriormente, almejamos proporcionar uma experiência aprimorada durante a interação com o Tutor Turing. Desta maneira, há a perspectiva de que ele se consolide como uma ferramenta ainda mais relevante para os estudantes de graduação em seus estudos, fornecendo esclarecimentos de forma prática, rápida e ainda mais precisa.

REFERÊNCIAS

- GLIOZZO, A.; BIRAN, O.; PATWARDHAN, S.; MCKEOWN, K. Semantic technologies in ibm watson. In: **Proceedings of the Fourth Workshop on Teaching NLP and CL**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 85–92.
- LIU, R.; ZENKE, C.; LIU, C.; HOLMES, A.; THORNTON, P.; MALAN, D. J. Teaching cs50 with ai. 2024.
- CAREAGA-BUTTER, M.; QUINTANA, M. G. B.; FUENTES-HENRÍQUEZ, C. Critical and prospective analysis of online education in pandemic and post-pandemic contexts: Digital tools and resources to support teaching in synchronous and asynchronous learning modalities. **Aloma: revista de psicologia, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna**, v. 38, n. 2, p. 23–32, 2020.
- ARIFIANTO, M.; IZZUDIN, I. Students' acceptance of discord as an alternative online learning media. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)**, International Journal of Emerging Technology in Learning, v. 16, n. 20, p. 179–195, 2021.
- KRUGLYK, V.; BUKREIEV, D.; CHORNYI, P.; KUPCHAK, E.; SENDER, A. Discord platform as an online learning environment for emergencies. **Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology**, ..., v. 8, n. 2, p. 13–28, 2020.
- HUANG, J.; GU, S. S.; HOU, L.; WU, Y.; WANG, X.; YU, H.; HAN, J. Large language models can self-improve. **arXiv preprint arXiv:2210.11610**, 2022.
- SAXENA, A.; DOLECK, T. A structural model of student continuance intentions in chatgpt adoption. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, Modestum, v. 19, n. 12, p. em2366, 2023.
- OPENAI. **OpenAI API**. 2023. Disponível em: <<https://openai.com/blog/openai-api>>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2024.
- FLÔRES, M. L. P.; VICARI, R. M. Inteligência artificial e o ensino com computador. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, 2005.
- ROSENBLATT, F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. **Psychological review**, American Psychological Association, v. 65, n. 6, p. 386, 1958.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **The bulletin of mathematical biophysics**, Springer, v. 5, p. 115–133, 1943.
- MINSKY, M.; PAPER, S. (1969) marvin minsky and seymour papert, perceptrons, cambridge, ma: Mit press, introduction, pp. 1-20, and p. 73 (figure 5.1). 1988.
- RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. **nature**, Nature Publishing Group UK London, v. 323, n. 6088, p. 533–536, 1986.

LECUN, Y.; BOTTOU, L.; BENGIO, Y.; HAFFNER, P. Gradient-based learning applied to document recognition. **Proceedings of the IEEE**, Ieee, v. 86, n. 11, p. 2278–2324, 1998.

KRIZHEVSKY, A.; SUTSKEVER, I.; HINTON, G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. **Advances in neural information processing systems**, v. 25, 2012.

SCHMIDT, R. M. Recurrent neural networks (rnns): A gentle introduction and overview. **arXiv preprint arXiv:1912.05911**, 2019.

ASHISH, V. Attention is all you need. **Advances in neural information processing systems**, v. 30, p. I, 2017.

ZHU, Y.; YUAN, H.; WANG, S.; LIU, J.; LIU, W.; DENG, C.; DOU, Z.; WEN, J.-R. Large language models for information retrieval: A survey. **arXiv preprint arXiv:2308.07107**, 2023.

BROWN, T.; MANN, B.; RYDER, N.; SUBBIAH, M.; KAPLAN, J. D.; DHARIWAL, P.; NEELAKANTAN, A.; SHYAM, P.; SASTRY, G.; ASKELL, A. et al. Language models are few-shot learners. **Advances in neural information processing systems**, v. 33, p. 1877–1901, 2020.

DEVLIN, J.; CHANG, M.-W.; LEE, K.; TOUTANOVA, K. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. **arXiv preprint arXiv:1810.04805**, 2018.

DISCORD. **Discord - Your Place to Talk and Hang Out**. 2024. Disponível em: <<https://discord.com>>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2024.

WEIZENBAUM, J. Eliza—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 9, n. 1, p. 36–45, 1966.

STRUPP, H. H. An objective comparison of rogerian and psychoanalytic techniques. **Journal of Consulting Psychology**, American Psychological Association, v. 19, n. 1, p. 1, 1955.

DERYUGINA, O. Chatterbots. **Scientific and Technical Information Processing**, Springer, v. 37, p. 143–147, 2010.

WALLACE, R. S. **The anatomy of ALICE**. [S.l.]: Springer, 2009.

BEST, J. Ibm watson: The inside story of how the jeopardy-winning supercomputer was born, and what it wants to do next. **Tech Republic**, 2013.

WANG, Y.; BACIU, G.; YAO, Y.; KINSNER, W.; CHAN, K.; ZHANG, B.; HAMEROFF, S.; ZHONG, N.; HUNAG, C.-R.; GOERTZEL, B. et al. Perspectives on cognitive informatics and cognitive computing. **International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence (IJCINI)**, IGI Global, v. 4, n. 1, p. 1–29, 2010.

ZWAKMAN, D. S.; PAL, D.; ARPNIKANONDT, C. Usability evaluation of artificial intelligence-based voice assistants: The case of amazon alexa. **SN Computer Science**, Springer, v. 2, n. 1, p. 28, 2021.

AMAZON. **Alexa Skills**. 2024. Disponível em: <https://www.amazon.com/alexa-skills/b?ie=UTF8&node=13727921011>. Acesso em: 01 mar. 2024.

O'NEILL, S. **The History of OpenAI**. 2023. Disponível em: <https://www.lxahub.com/stories/the-history-of-openai>. Publicado em: 2 de maio de 2023. Acesso em: 01 mar. 2024.

OPENAI. **Assistants API**. 2024. Disponível em: <https://platform.openai.com/docs/assistants/overview>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2024.

PEREIRA, W. F. A. Transformação educacional: O ascendente ensino a distância no brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 12, p. 315–328, 2023.

OLIVEIRA, E. de S.; FREITAS, T. C.; SOUSA, M. R. de; MESQUITA, N. C. d. S. G.; ALMEIDA, T. dos R.; DIAS, L. C.; FERREIRA, A. L. M.; FERREIRA, A. P. M. et al. A educação a distância (ead) e os novos caminhos da educação após a pandemia ocasionada pela covid-19. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 52860–52867, 2020.

GRAESSER, A. C.; CHIPMAN, P.; HAYNES, B. C.; OLNEY, A. Autotutor: An intelligent tutoring system with mixed-initiative dialogue. **IEEE Transactions on Education**, IEEE, v. 48, n. 4, p. 612–618, 2005.

GOEL, A. K.; POLEPEDDI, L. Jill watson: A virtual teaching assistant for online education. In: **Learning engineering for online education**. [S.l.]: Routledge, 2018. p. 120–143.

FALCÃO, J. T.; RÉGNIER, J.-C. Sobre os métodos quantitativos na pesquisa em ciências humanas: riscos e benefícios para o pesquisador. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 81, n. 198, 2000.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 35, n. 3, 2000.

NEMOTO, T.; BEGLAR, D. Likert-scale questionnaires. In: **JALT 2013 conference proceedings**. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–8.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração, São Paulo**, v. 1, n. 3, p. 1–5, 1996.

APÊNDICE A – MATERIAL COMPLEMENTAR

Aqui estão listados alguns links para materiais complementares para a apreciação deste trabalho.

- Repositório contendo todo código do projeto: [Link](#)
- Protótipo apresentado: [Link](#)
- Base de treino usada: [Link](#)

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO NA COLETA DE DADOS

SATISFAÇÃO DO ALUNO COM O SISTEMA TUTOR INTELIGENTE PROPOSTO

Você fez uso do sistema tutor inteligente?

Sim Não

Esta é uma pesquisa acadêmica que tem por objetivo medir a satisfação dos usuários do Sistema de Tutoria Inteligente para auxiliar os alunos de graduação na disciplina de Lógica Para Computação. Conto com sua colaboração para responder às perguntas abaixo, cujo tempo de resposta é de aproximadamente 5 minutos. Para tanto, selecione a coluna que mais se adequa com seu sentimento sobre uma dada afirmação. Esta pesquisa é anônima e não pedirá nenhum dado sensível.

Agradeço a sua colaboração.

Em caso de dúvidas, entre em contato pelo e-mail: mmml2@cin.ufpe.br.

Responda a seguir seguindo a seguinte escala:

1	2	3	4	5
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem discordo e nem concordo	Concordo	Concordo totalmente

Você já utilizou alguma ferramenta de Inteligência Artificial para estudar?

Sim Não

Sobre o sistema de tutoria:	1	2	3	4	5
Essa ferramenta teve impacto positivo nos meus estudos					
Essa ferramenta minimizou a necessidade do auxílio da monitoria da disciplina					
Essa ferramenta me deixou mais confiante em meus conhecimentos					
Essa ferramenta minimizou a necessidade de buscar informações em outras fontes					
Essa ferramenta me deixou mais confiante em ajudar meus colegas					
Caso disponível, eu usaria uma ferramenta parecida nos estudos de outras matérias					

Com base nas suas respostas anteriores, por favor, descreva abaixo sugestões, observações ou críticas sobre o sistema, explicando o motivo pelo qual você gostou ou não gostou dele:
