

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB
Unidade Acadêmica de Informática - UAI
Bacharelado em Engenharia da Computação

Thiago Matheus Honorato
Eduardo Nogueira Alves

MINERVA: ASSISTENTE VIRTUAL DE APOIO A COORDENAÇÕES DE
CURSO

Campina Grande
2026

Thiago Matheus Honorato
Eduardo Nogueira Alves

MINERVA: ASSISTENTE VIRTUAL DE APOIO A COORDENAÇÕES DE
CURSO

Monografia apresentada à Coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador: Igor Barbosa da Costa

Campina Grande
Fevereiro de 2026

Catálogo na fonte:
Ficha catalográfica

H774m Honorato, Thiago Matheus. Alves, Eduardo Nogueira.

Minerva: assistente virtual de apoio a coordenações de curso / Thiago Matheus Honorato, Eduardo Nogueira Alves.
– Campina Grande, 2025.
66 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Instituto Federal da Paraíba, 2025.

Orientador: Prof. Igor Barbosa da Costa.

1. Computação - Assistente Virtual. 2. Grandes Modelos de Linguagem (LLMs). 3. Recuperação Aumentada por Geração (RAG). 4. Gestão Acadêmica. 5. Inteligência Artificial. I. Costa, Igor Barbosa da. II. Título

CDU 004.8:004.5

*Dedicamos este trabalho a Deus,
por nos conceder força, sabedoria
e perseverança ao longo desta
jornada, e a todas as nossas
famílias, que nos ofereceram
amor, apoio e incentivo em cada
passo do caminho. Sem eles, esta
conquista não seria possível.*

Agradecimentos

Agradeço,

Por Thiago: A Deus, pela força, saúde e sabedoria ao longo desta jornada acadêmica.

Dedico este trabalho com imenso carinho e gratidão à minha avó Dete, aos meus pais Edenize e Walter, a minha namorada Isabela e a toda a minha família, pelo apoio incondicional e por acreditarem em mim em cada etapa da caminhada.

Agradeço ao meu orientador Igor pela orientação, paciência e dedicação ao longo deste trabalho. Ao coordenador Henrique, pelas orientações e incentivos que contribuíram para o projeto. Também agradeço ao professor Danyllo, sempre presente e disposto a ajudar durante todo o curso.

Aos meus colegas deixo meu agradecimento pelo apoio durante o curso e, em especial, ao meu colega de projeto Eduardo, pela parceria, colaboração e comprometimento em todas as etapas do TCC. A todos que contribuíram de alguma forma para esta trajetória, registro aqui minha sincera gratidão.

Por Eduardo : Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças para chegar até aqui. Sou grato aos meus pais, Maria e Roberto, pelo apoio durante a graduação e por me mostrarem o valor da educação.

Aos professores que fizeram parte dessa jornada, especialmente Danyllo, pelos materiais e ensinamentos que fortaleceram meu propósito; Igor, pela orientação segura e dedicada; e Henrique, pelos conhecimentos e contribuições essenciais ao projeto.

Agradeço à minha namorada, Renata, por me ajudar a evoluir diariamente e compartilhar comigo essa fase importante.

À equipe da FIEP, por acreditarem em mim e pelos aprendizados que levarei para a vida, em especial Hellton, por tudo que me ensinou ao longo desses anos.

Por fim, agradeço aos amigos e colegas que estiveram ao meu lado nessa caminhada, especialmente Jhonatan, Gabriel, João Pedro, Emanuel, Neto, Icaro, Ellison, Eduardo, Arlan e Thiago, que se dedicou intensamente ao desenvolvimento do TCC.

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da Minerva, um assistente virtual baseado em técnicas de Retrieval-Augmented Generation (RAG) integrado ao WhatsApp e Discord, projetado para fornecer respostas rápidas e contextualizadas a partir de documentos oficiais e informações complementares armazenadas em planilhas. A solução foi construída em Python, utilizando LangChain para orquestração do pipeline RAG, a API Google Gemini como modelo de linguagem e a Google Sheets API para ampliar a cobertura informacional. A avaliação ocorreu por meio de cerca de 100 testes internos e de um grupo piloto no Discord, resultando em 76% de respostas totalmente corretas e avaliações entre 8 e 9 pelos usuários. Os resultados evidenciam que a Minerva supre lacunas de sistemas existentes ao unificar múltiplas fontes de informação e integrar-se a plataformas amplamente utilizadas pelos estudantes, mostrando-se uma solução acessível, escalável e capaz de otimizar processos informacionais, reduzir a carga administrativa e aprimorar a comunicação institucional.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, RAG, Chatbot, Educação, WhatsApp, Discord, Coordenação de Curso.

ABSTRACT

The present work introduces Minerva, a virtual assistant based on Retrieval-Augmented Generation (RAG) techniques and language models, integrated with WhatsApp and Discord to provide fast, accurate, and context-aware answers derived from official institutional documents and complementary administrative data stored in structured spreadsheets. The system was developed using Python, with LangChain orchestrating the RAG pipeline, the Google Gemini API as the language model, and the Google Sheets API to expand informational coverage. The prototype was evaluated through approximately 100 internal tests and a pilot user group on Discord, achieving 76% fully correct responses and user ratings between 8 and 9. The results demonstrate that Minerva addresses existing gaps by combining multiple information sources and integrating with platforms widely used by students, offering an accessible and scalable solution capable of optimizing informational processes, reducing administrative workload, and improving institutional communication.

Keywords: Artificial Intelligence, RAG, Chatbot, Education, WhatsApp, Discord, Course Coordination.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1	Introdução	1
1.1	Contextualização e Motivação	1
1.2	Solução Proposta e Questão de Pesquisa	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo Geral	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	Fundamentação Teórica	5
2.1	Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs)	5
2.2	<i>Retrieval-Augmented Generation</i> (RAG)	6
2.3	Frameworks de Orquestração para Modelos de Linguagem: o Caso do LangChain	7
2.4	<i>Embeddings</i> Semânticos e Indexação Vetorial	7
2.5	Sistemas Multiagentes	8
2.6	Integração com Plataformas de Mensagens	9
2.7	Trabalhos Relacionados	9
3	Metodologia	12
3.1	Base Documental do RAG	14
3.2	Requisitos do Sistema	14
3.2.1	Requisitos Funcionais	14
3.2.2	Requisitos Não Funcionais	15
3.3	Escolha de Tecnologias e Ferramentas	15
3.4	Modelagem e Arquitetura do Sistema	16
3.4.1	Diagramas de Casos de Uso (Separados por atores)	16
3.4.2	Arquitetura do Sistema	18
3.5	Planejamento e Procedimento de Testes	20

SUMÁRIO

3.5.1	Planejamento dos Testes	20
3.5.2	Ambiente e Cenário de Testes	21
4	Avaliação dos Resultados	22
4.1	Protocolo Geral de Avaliação	22
4.1.1	Base de Perguntas Utilizadas na Avaliação	23
4.2	Efetividade da Recuperação de Informações	23
4.3	Uso Complementar da Planilha Administrativa	25
4.4	Avaliação Externa com Usuários	25
4.5	Análise da Usabilidade	26
4.6	Limitações e Ameaças à Validade	27
4.7	Atendimento aos Objetivos e Requisitos	28
4.8	Exemplos de Utilização do Sistema	29
4.8.1	Exemplo 1 — Consulta sobre Disciplinas Optativas (Documento Oficial)	30
4.8.2	Exemplo 2 — Resposta obtida via Planilha Administrativa	31
4.8.3	Exemplo 3 — Consulta sobre Oficinas (Planilha)	31
4.8.4	Exemplo 4 — Carga Horária de Atividades Complementares (Documento Oficial)	32
4.8.5	Exemplo 5 — Como Fazer Login no Moodle Presencial (Documento Oficial)	34
4.8.6	Exemplo 6 — Pergunta Sem Resposta na Base de Dados	36
4.8.7	Exemplo 7 — Detecção de Linguagem Inadequada	36
4.8.8	Exemplo 8 — Pergunta com Resposta Incompleta	37
4.8.9	Exemplo 9 — Certificados de Palestras como Atividade Complementar	38
4.8.10	Exemplo 10 — Participação em Oficina de Bolo como Atividade Complementar	39
4.8.11	Perguntas sugeridas pelo Coordenador do Curso	40
4.9	Síntese dos Resultados	47
5	Considerações Finais	48
5.1	Trabalhos Futuros	49
	Referências Bibliográficas	51
A	Questionário de Avaliação da Minerva	53

Lista de Figuras

3.1	Diagrama de caso de uso do Estudante.	17
3.2	Diagrama de caso de uso do Bot Integrado.	17
3.3	Diagrama de caso de uso dos Administradores.	18
3.4	Arquitetura geral do sistema Minerva.	19
4.1	Pergunta enviada no Discord sobre a quantidade de disciplinas optativas necessárias.	30
4.2	Trecho do PPC recuperado pelo sistema ao responder sobre disciplinas optativas.	30
4.3	Pergunta encaminhada ao sistema cuja resposta foi extraída da planilha administrativa.	31
4.4	Trecho da planilha administrativa utilizado como fonte da resposta.	31
4.5	Pergunta sobre oficinas acadêmicas encaminhada ao sistema.	31
4.6	Trecho da planilha administrativa utilizado para gerar a resposta.	32
4.7	Pergunta enviada no WhatsApp sobre a carga horária de atividades complementares.	32
4.8	Trecho do PPC utilizado pela Minerva para responder sobre as horas complementares.	33
4.9	Pergunta enviada no Discord sobre como realizar login no Moodle Presencial.	34
4.10	Trecho do manual oficial utilizado pela Minerva para responder sobre o procedimento de login.	35
4.11	Pergunta enviada no Discord sobre um assunto não presente na base de dados.	36
4.12	Mensagem enviada no Discord contendo linguagem inadequada.	36
4.13	Mensagem enviada no Discord contendo resposta incompleta.	37
4.14	Pergunta enviada no Discord sobre o uso de certificado de palestra como atividade complementar.	38
4.15	Pergunta enviada no Discord sobre a validação de uma oficina de bolo como atividade complementar.	39

LISTA DE FIGURAS

4.16 Pergunta enviada no Discord sobre o prazo para trancamento de disciplina.	40
4.17 Trecho do documento das Normas Didaticas do Ensino Superior referente ao trancamento de disciplina.	40
4.18 Pergunta enviada no Discord sobre a maneira na qual o aluno pode realizar o trancamento de disciplina.	41
4.19 Trecho do documento das Normas Didaticas do Ensino Superior referente às características da realização do trancamento de disciplina. .	42
4.20 Pergunta enviada no Discord sobre as situações que se enquadram as justificativas de falta.	42
4.21 Trecho do documento das Normas Didaticas do Ensino Superior referente às justificativas de falta.	43
4.22 Pergunta enviada no Discord sobre a maneira que funciona o trancamento de curso (Parte 1).	43
4.23 Pergunta enviada no Discord sobre a maneira que funciona o trancamento de curso (Parte 2).	44
4.24 Trecho do documento das Normas Didaticas do Ensino Superior referente ao trancamento de curso (Parte 1).	44
4.25 Trecho do documento das Normas Didaticas do Ensino Superior referente ao trancamento de curso (Parte 2).	45
4.26 Pergunta enviada no Discord sobre como solicitar atividades complementares.	46
4.27 Trecho do documento do PPC (Projeto Pedagógico do curso) referente a atividades complementares.	47

Lista de Tabelas

2.1	Comparação entre assistentes virtuais acadêmicos	11
4.1	Métricas gerais dos testes realizados com o sistema Minerva	24
4.2	Avaliação da qualidade das respostas fornecidas pela Minerva	24
4.3	Resultados do grupo piloto de avaliação da Minerva	25
4.4	Exemplo de Perguntas e Respostas da planilha	32

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização e Motivação

O avanço das tecnologias de inteligência artificial tem proporcionado novas formas de interação e acesso à informação no contexto educacional [1, 2]. Inserido nesse cenário, o projeto **Minerva: Assistente Virtual de Apoio a Coordenações de Curso** propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente voltado ao apoio de coordenações de curso, estudantes, professores e demais interessados, oferecendo respostas rápidas, precisas e contextualizadas a partir de conteúdos e documentos institucionais previamente disponibilizados.

A atuação das coordenações de curso envolve uma ampla gama de atividades que vão desde a gestão administrativa até o atendimento individualizado a alunos e professores. Entre os desafios recorrentes, destacam-se a grande quantidade de dúvidas repetitivas — como informações sobre matrículas, prazos, ementas, regulamentos e procedimentos acadêmicos — e a necessidade de manter respostas consistentes e atualizadas em diferentes canais de comunicação. Esse cenário frequentemente sobrecarrega o coordenador e sua equipe, dificultando a prestação de um atendimento ágil e eficiente, conforme apontado em estudos sobre o uso de tecnologias computacionais no apoio à gestão educacional [2, 3].

Nesse contexto, observa-se que as coordenações de curso ainda carecem de ferramentas capazes de centralizar informações acadêmicas e automatizar o atendimento às demandas recorrentes, o que resulta em dificuldades para manter a consistência das orientações e a comunicação de forma ágil. Embora existam sistemas institucionais, sites e documentos oficiais, muitos estudantes continuam sem acesso rápido às informações ou dependem diretamente da coordenação para esclarecer dúvidas simples, gerando retrabalho e consumo excessivo de tempo da equipe administrativa. Esse cenário é reforçado por pesquisas que apontam a ampla adoção de tecnologias digitais e aplicativos de mensagens como principal meio de comunicação da popu-

lação brasileira [4]. Diante dessa limitação, surge a necessidade de uma solução inteligente que seja acessível, responsiva e alinhada às rotinas comunicacionais já utilizadas pela comunidade acadêmica.

1.2 Solução Proposta e Questão de Pesquisa

Para enfrentar essas dificuldades, a Minerva é concebida como um *bot* assistente que integra técnicas de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), Processamento de Linguagem Natural (PLN) e a API *Google Gemini* para interpretar perguntas em linguagem natural e recuperar, em tempo real, informações contidas em materiais institucionais, tais como regulamentos, ementas e orientações administrativas.

Inicialmente, o sistema foi desenvolvido apenas com um *backend* em *Flask*, responsável por receber as perguntas e retornar respostas básicas. À medida que o projeto evoluiu e a quantidade de documentos, usuários e funcionalidades aumentou, tornou-se necessária a adoção do framework *LangChain*. Essa integração permitiu aprimorar a qualidade da recuperação semântica e da geração de respostas, além de oferecer uma arquitetura mais escalável e modular, alinhada às boas práticas para sistemas baseados em PLN e LLMs [1]. Com essa evolução, a Minerva passou a compreender dúvidas com maior precisão, localizar trechos relevantes em arquivos PDF e fornecer respostas claras e objetivas, reduzindo significativamente a necessidade de intervenção humana em questões rotineiras.

Além disso, o sistema inclui um fluxo de registro para perguntas que não possuem resposta na base de conhecimento. Nesses casos, a Minerva identifica a ausência de informação, registra a dúvida em uma planilha administrativa e encaminha para análise da coordenação. Esse mecanismo possibilita a atualização contínua da base informacional e está alinhado a abordagens que defendem sistemas adaptativos e evolutivos no contexto educacional [2].

Além da interface baseada em requisições HTTP, a Minerva foi integrada ao **WhatsApp** e ao **Discord**, ampliando seu alcance e facilitando o acesso dos usuários às informações acadêmicas. No caso do WhatsApp, essa integração foi realizada por meio da biblioteca *wppconnect*, responsável por estabelecer a comunicação entre o sistema e a plataforma de mensagens. Já no Discord, a integração utiliza a API oficial da plataforma, permitindo que o *bot* receba mensagens, interprete comandos e encaminhe perguntas ao serviço de IA, fornecendo respostas pré-definidas ou realizando consultas dinâmicas aos documentos cadastrados.

Dessa forma, a Minerva não se limita a funcionar como um simples *chatbot*, mas se configura como uma ferramenta de apoio estratégico para coordenações de curso. Validada inicialmente no curso de Engenharia de Computação, a aplicação busca otimizar a comunicação institucional, reduzir a sobrecarga de demandas repetitivas,

centralizar informações acadêmicas e, assim, aprimorar a experiência tanto de alunos quanto da equipe administrativa.

À luz desse cenário, este trabalho busca responder à seguinte questão norteadora: *como um assistente virtual baseado em técnicas de Retrieval-Augmented Generation (RAG) pode apoiar a coordenação de curso na gestão de dúvidas acadêmicas recorrentes e na centralização de informações institucionais?*

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e validar um assistente virtual de apoio a coordenações de curso, integrado ao **WhatsApp** e ao **Discord**, capaz de fornecer respostas rápidas, precisas e contextualizadas sobre informações acadêmicas a partir de documentos institucionais, utilizando como estudo de caso o curso de Engenharia de Computação.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Implementar um *backend* em *Flask* para processamento de consultas e geração de respostas a partir de documentos acadêmicos;
- Criar mecanismos de extração e indexação de conteúdos em PDF para permitir buscas semânticas eficientes;
- Estruturar um pipeline de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) com o uso do framework *LangChain*, integrando etapas de recuperação de contexto e geração de respostas baseadas em modelos de linguagem;
- Ampliar a arquitetura do sistema com a adoção do framework *LangChain*, visando aprimorar a qualidade da recuperação de informações, otimizar o fluxo de geração de respostas e garantir maior escalabilidade;
- Desenvolver *bots* para **WhatsApp** e **Discord** que possibilitem interação direta de alunos, professores e coordenadores com o sistema;
- Integrar o serviço com a API *Google Gemini* para geração de *embeddings* e respostas em linguagem natural;
- Avaliar o sistema quanto à efetividade das respostas, ao desempenho e à aderência às necessidades informacionais da coordenação, utilizando o curso de Engenharia de Computação como estudo de caso..

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, além dos elementos pré e pós-textuais.

O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, contendo a contextualização do problema, a descrição da solução proposta, a questão de pesquisa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 aborda a fundamentação teórica, apresentando conceitos relacionados a assistentes virtuais, técnicas de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), processamento de linguagem natural e integração com plataformas de mensagens, bem como trabalhos relacionados ao uso de assistentes virtuais em contextos acadêmicos.

No Capítulo 3, são detalhadas a metodologia adotada, as especificações do sistema, incluindo requisitos funcionais e não funcionais, a modelagem da arquitetura e a escolha das tecnologias empregadas.

O Capítulo 4 descreve o processo de desenvolvimento e a integração com o WhatsApp e o Discord, além de apresentar os testes realizados e a avaliação dos resultados obtidos com a utilização da Minerva.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais, destacando as contribuições do projeto, suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica necessária para a compreensão do trabalho, contemplando os principais conceitos, tecnologias e abordagens que embasam o desenvolvimento da Minerva. São discutidos temas como modelos de linguagem de grande porte, a técnica de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), mecanismos de indexação semântica e *embeddings*, frameworks de orquestração como o LangChain, abordagens baseadas em sistemas multiagentes e aspectos relacionados à integração com plataformas de mensagens. Por fim, são apresentados trabalhos relacionados que dialogam diretamente com a proposta deste projeto.

2.1 Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs)

Os Modelos de Linguagem de Grande Porte (*Large Language Models* – LLMs) representam um avanço significativo no Processamento de Linguagem Natural (PLN), por serem treinados em grandes volumes de dados textuais e capazes de compreender e gerar textos coerentes em diferentes contextos. Esses modelos permitem realizar tarefas como resposta a perguntas, sumarização, tradução automática e reformulação de textos, entre outras, a partir de instruções em linguagem natural.

No contexto da língua portuguesa, embora ainda existam menos modelos de larga escala disponíveis quando comparados ao inglês, estudos como o de Hartmann et al. [5] evidenciam a importância de representações vetoriais bem construídas para tarefas semânticas e sintáticas. Os autores mostram que o desempenho em português pode variar de acordo com a técnica de treinamento e o tipo de *embedding* utilizado, reforçando a necessidade de escolhas criteriosas de modelos e representações quando se deseja construir sistemas de apoio baseados em PLN.

Na Minerva, os LLMs são utilizados como núcleo de geração de respostas em linguagem natural, recebendo como contexto trechos de documentos institucionais previamente recuperados. Desta maneira, a capacidade de compreensão e geração textual dos modelos é direcionada para a produção de respostas alinhadas às normas

e procedimentos acadêmicos.

2.2 *Retrieval-Augmented Generation* (RAG)

A técnica de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) surgiu como uma solução para reduzir problemas recorrentes em modelos de linguagem, como a geração de respostas imprecisas ou não fundamentadas em fontes confiáveis. Em um pipeline de RAG, o processo ocorre geralmente em duas etapas: inicialmente, o sistema realiza uma busca em uma base de documentos previamente indexada para localizar trechos relevantes; em seguida, esses trechos são utilizados como contexto para que o modelo de linguagem gere uma resposta mais precisa e fundamentada.

No cenário internacional recente, diversos trabalhos têm aprofundado e refinado a arquitetura de *Retrieval-Augmented Generation*. Dentre eles, destaca-se o estudo de Asai et al. [6], que propõe o modelo *Self-RAG*, no qual o próprio modelo de linguagem é treinado para avaliar criticamente a necessidade de recuperação externa e a relevância dos trechos recuperados durante o processo de geração. Essa abordagem busca reduzir alucinações e aumentar a confiabilidade das respostas, introduzindo mecanismos explícitos de autoavaliação e controle de qualidade. Os resultados apresentados demonstram ganhos significativos em tarefas de perguntas e respostas baseadas em conhecimento, reforçando o papel do RAG como uma estratégia central para aplicações que exigem fundamentação factual e transparência aspectos diretamente alinhados aos objetivos do sistema Minerva.

Apesar desse avanço no cenário internacional, observa-se que ainda são escassos os trabalhos brasileiros que adotam explicitamente a arquitetura de RAG. Nesse contexto, a literatura nacional apresenta pesquisas que exploram métodos fundamentais de recuperação, classificação e organização de textos, os quais fornecem bases conceituais relevantes para esse tipo de abordagem. Ribeiro et al. [7], por exemplo, aplicaram técnicas de Processamento de Linguagem Natural à classificação de decretos administrativos brasileiros, evidenciando o potencial de algoritmos de análise textual no apoio à organização e ao acesso a informações oficiais. Embora esse trabalho não utilize diretamente a arquitetura de RAG, seus resultados reforçam a viabilidade do uso de técnicas de recuperação e processamento semântico em contextos institucionais, alinhando-se aos objetivos da Minerva de oferecer respostas fundamentadas a partir de documentos acadêmicos e administrativos.

Apesar de suas vantagens, a abordagem de *Retrieval-Augmented Generation* também apresenta limitações que devem ser consideradas. A qualidade das respostas geradas depende diretamente da cobertura, atualização e organização da base documental, de modo que informações ausentes ou desatualizadas não podem ser corretamente recuperadas. Além disso, falhas na etapa de recuperação — como a

seleção de trechos pouco relevantes ou semanticamente ambíguos — podem comprometer a resposta final, mesmo quando o modelo de linguagem é robusto. O RAG também não elimina completamente o risco de alucinações, especialmente em perguntas excessivamente amplas ou mal formuladas, exigindo cuidados adicionais na definição de critérios de avaliação e na curadoria das fontes utilizadas.

2.3 Frameworks de Orquestração para Modelos de Linguagem: o Caso do LangChain

O desenvolvimento de aplicações baseadas em LLMs tem demandado ferramentas que simplifiquem a orquestração de componentes como modelos, bancos vetoriais, fontes de dados e fluxos de recuperação de contexto. Nesse cenário, o LangChain se destaca como um dos frameworks mais utilizados para estruturar sistemas baseados em modelos de linguagem, oferecendo abstrações que facilitam a criação de *pipelines* complexos de processamento textual.

O LangChain fornece módulos especializados para divisão de textos, criação de *embeddings*, integração com repositórios vetoriais e implementação de rotinas de RAG. Em particular, sua interface de *chains* permite combinar etapas como recuperação de documentos, aplicação de *prompts* customizados e geração de respostas fundamentadas. O framework também oferece integração nativa com mecanismos vetoriais amplamente utilizados na literatura, como o FAISS, o que possibilita buscas por similaridade em grandes coleções de documentos.

A adoção do LangChain na solução Minerva visa estruturar de maneira modular o processo de ingestão dos documentos, geração de *embeddings*, indexação vetorial e execução do pipeline de RAG. Assim, sua utilização contribui para garantir escalabilidade, clareza arquitetural e facilidade de manutenção, além de permitir que o sistema explore diferentes estratégias de recuperação e geração suportadas pelo framework.

2.4 *Embeddings* Semânticos e Indexação Vetorial

A busca semântica em grandes volumes de dados demanda representações matemáticas que consigam capturar não apenas o significado literal das palavras, mas também suas relações contextuais. Nesse cenário, os *embeddings* semânticos desempenham papel central, ao converter palavras, sentenças ou documentos inteiros em vetores numéricos de alta dimensão, capazes de representar similaridades semânticas de maneira eficiente.

No contexto da língua portuguesa, Hartmann et al. [5] conduziram avaliações

comparativas baseadas em *benchmarks* de similaridade semântica, investigando o desempenho de modelos amplamente utilizados, como *Word2Vec*, *GloVe* e *FastText*. Os autores analisaram essas representações vetoriais a partir de métricas estatísticas de correlação, empregadas para mensurar o grau de alinhamento entre similaridades calculadas pelos modelos e julgamentos humanos, evidenciando diferenças significativas de desempenho entre as abordagens avaliadas.

Em trabalhos mais recentes, Carmo [8] explorou a aplicação de *embeddings* semânticos no domínio jurídico, utilizando avaliações empíricas em bases documentais especializadas para demonstrar a adequação dessas representações em cenários institucionais de alta complexidade, nos quais a precisão semântica e a recuperação contextualizada da informação são requisitos críticos.

Para viabilizar a utilização de *embeddings* em cenários com grandes bases textuais, tornam-se necessárias técnicas de indexação vetorial. Bibliotecas como o FAISS (*Facebook AI Similarity Search*) oferecem mecanismos de busca aproximada por similaridade, permitindo identificar rapidamente os vetores mais próximos em um espaço de alta dimensão. Esse recurso é fundamental para sistemas como a Minerva, cuja finalidade consiste em localizar trechos relevantes em coleções extensas de documentos acadêmicos, garantindo respostas contextualizadas e obtidas em tempo hábil.

2.5 Sistemas Multiagentes

Os sistemas multiagentes têm sido explorados em diversos contextos educacionais brasileiros. Wilges et al. [2] desenvolveram uma arquitetura de sistemas multiagentes voltada para mapear a evasão em cursos de Educação a Distância (EAD), mostrando como múltiplos agentes podem cooperar para a análise de fenômenos educacionais. Adamatti [3] também destaca a utilidade de simulações baseadas em multiagentes em estudos interdisciplinares, evidenciando que essa abordagem pode ser adaptada para diferentes domínios.

Embora a Minerva não seja construída diretamente sobre o paradigma de sistemas multiagentes, tais pesquisas fornecem subsídios conceituais para futuras evoluções, como a criação de agentes especializados em áreas distintas do atendimento acadêmico (por exemplo, agentes focados em estágio, atividades complementares ou matrícula), capazes de cooperar na resolução de demandas mais complexas da coordenação de curso.

2.6 Integração com Plataformas de Mensagens

A popularização de aplicativos de mensagens como WhatsApp e Discord transformou-os em canais preferenciais de comunicação entre estudantes, professores e instituições. No Brasil, a pesquisa TIC Domicílios [4] indica que o WhatsApp é utilizado por mais de 95% dos usuários de internet, reforçando sua relevância como meio de comunicação acadêmica.

A integração de *chatbots* nesses ambientes já tem sido discutida no âmbito da educação digital. Barbosa e Campelo [1] realizaram um mapeamento sistemático sobre o uso de PLN em artefatos textuais educacionais no Brasil, apontando a relevância de interfaces baseadas em texto para o apoio ao ensino e à aprendizagem. Esses resultados corroboram a proposta da Minerva, que se apoia em canais já utilizados pelos estudantes para facilitar a disseminação de informações acadêmicas e reduzir barreiras de acesso ao suporte institucional.

2.7 Trabalhos Relacionados

Entre os trabalhos mais recentes e semelhantes à proposta deste projeto, destaca-se a iniciativa denominada **klebIA** [9], um assistente virtual desenvolvido para apoiar coordenações de curso por meio de técnicas de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG). Assim como a Minerva, o klebIA também utiliza documentos oficiais como base de conhecimento e emprega modelos de linguagem para responder dúvidas a respeito de diretrizes acadêmicas. No entanto, sua interação ocorre por meio de um *frontend* próprio, exigindo que o usuário acesse uma interface específica para realizar as consultas. Em contraste, o sistema Minerva adota uma abordagem centrada em plataformas de comunicação já amplamente utilizadas pelos estudantes como WhatsApp e Discord reduzindo barreiras de acesso e aumentando a probabilidade de uso espontâneo por parte da comunidade acadêmica.

Outra diferença relevante diz respeito ao uso de informações complementares. Enquanto o klebIA se baseia estritamente nos documentos oficiais, a Minerva incorpora também **planilhas administrativas** como fonte adicional confiável. Nessas planilhas são registradas informações não documentadas formalmente, como respostas a dúvidas recorrentes, orientações práticas do curso e dados sobre projetos em andamento. Essa decisão torna o sistema mais flexível e abrangente, permitindo que informações relevantes, mas não presentes nos regulamentos ou ementas, também sejam recuperadas pela IA. Essa integração híbrida possibilita que o assistente ofereça respostas mais completas e alinhadas à rotina da coordenação.

Outro trabalho relevante na área é o projeto intitulado “*Assistente Virtual para Coordenador de Curso: Aplicação de LLMs à Gestão de Perguntas Frequentes em*

um Curso de Graduação” [10], desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Nessa solução, os autores utilizam modelos de linguagem executados localmente por meio da plataforma Ollama, combinados com a técnica de RAG para responder perguntas frequentes de estudantes com base em documentos acadêmicos. Embora apresente uma abordagem tecnicamente robusta e alinhada ao estado da arte, o sistema permanece restrito ao uso de LLMs locais e ao processamento exclusivamente de documentos institucionais, sem incorporar fontes complementares de informação, assim como ocorre no klebIA.

Diante dessa análise, observa-se que, embora haja avanços significativos no uso de modelos de linguagem e técnicas de RAG para apoiar coordenações de curso, ainda permanecem lacunas importantes que limitam a efetividade dessas soluções no cotidiano acadêmico. Sistemas como o klebIA [9] e o assistente virtual desenvolvido na UFSC [10] concentram-se predominantemente na recuperação de informações a partir de documentos institucionais, sem incorporar canais de comunicação amplamente utilizados pelos estudantes ou fontes complementares que reflitam a dinâmica real das rotinas administrativas. Nesse cenário, a Minerva se destaca ao combinar múltiplas camadas de acesso e contextualização: integra-se diretamente a plataformas populares como WhatsApp e Discord, utiliza RAG para fundamentar respostas em documentos oficiais e amplia sua base de conhecimento por meio de planilhas administrativas atualizadas pela coordenação. Essa abordagem híbrida e multiplataforma permite responder não apenas a dúvidas formais, mas também a informações práticas que não estão documentadas, preenchendo uma lacuna ainda não explorada pelos trabalhos anteriores e oferecendo uma solução mais completa, acessível e alinhada às necessidades reais de comunicação acadêmica.

Tabela 2.1: Comparação entre assistentes virtuais acadêmicos

Critério	klebIA	Assistente UFSC	Minerva
Uso de RAG	Sim	Sim	Sim
Modelos de Linguagem	LLM externo	LLM local (Ollama)	Google Gemini
Base em documentos oficiais	Sim	Sim	Sim
Uso de planilhas administrativas	Não	Não	Sim
Tratamento de perguntas fora da base	Limitado	Limitado	Registro em planilha
Interface de interação	Frontend próprio	Interface dedicada	WhatsApp e Discord
Integração com plataformas populares	Não	Não	Sim
Foco principal	Coordenação de curso	Coordenação de curso	Coordenação de curso
Validação com usuários	Não descrita	Parcial	Testes internos e externos
Atualização dinâmica da base	Não	Não	Sim (planilhas)

Capítulo 3

Metodologia

Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento da Minerva, detalhando a metodologia adotada, os requisitos do sistema, as tecnologias e ferramentas selecionadas, a arquitetura proposta, bem como os testes de validação e exemplos de utilização do assistente virtual.

O desenvolvimento foi conduzido de forma iterativa e incremental, adotando a metodologia Kanban, que possibilitou um fluxo contínuo e flexível de atividades. A equipe definiu e priorizou tarefas à medida que novas necessidades surgiam, o que permitiu ajustar o escopo e refinar funcionalidades conforme o sistema era testado. Essa abordagem favoreceu um desenvolvimento orgânico e colaborativo, com ciclos curtos de implementação, teste e melhoria.

A escolha pelo Kanban, em detrimento do Scrum, deve-se principalmente à natureza exploratória do projeto e à inexistência de requisitos completamente definidos desde o início, o que tornaria a adoção de sprints fixos menos adequada. O Kanban permitiu maior adaptabilidade às mudanças frequentes e à evolução gradual do sistema ao longo do desenvolvimento.

A metodologia adotada neste trabalho compreende um conjunto de etapas sistêmicas que orientaram tanto o desenvolvimento técnico quanto a avaliação do sistema Minerva. A pesquisa caracteriza-se como **aplicada**, pois busca solucionar um problema concreto do contexto acadêmico; possui natureza **desenvolvimentista**, uma vez que envolve a criação de um artefato tecnológico; e assume caráter **exploratório-descritivo**, especialmente no que se refere à análise das necessidades informacionais da coordenação de curso e ao comportamento do sistema durante os testes.

A avaliação do protótipo foi conduzida de forma **empírica**, em ambiente controlado, por meio de interações reais via WhatsApp e Discord. O desenvolvimento foi organizado em etapas incrementais, seguindo um fluxo contínuo baseado na metodologia Kanban, com ciclos reiterados de teste e refinamento:

1. **Levantamento de requisitos:** identificação das principais demandas informacionais da coordenação do curso, bem como das dúvidas mais frequentes relatadas por alunos e professores.
2. **Pesquisa de tecnologias:** seleção das bibliotecas, APIs e ferramentas necessárias para a construção do sistema, incluindo soluções para processamento de linguagem natural, busca semântica, indexação vetorial e integração com plataformas de mensagens.
3. **Implementação do backend:** desenvolvimento do serviço principal em Python utilizando **Flask**, com estruturação do *pipeline* de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) via **LangChain**. Foram implementados os processos de leitura de documentos, fragmentação do conteúdo (*chunking*), geração de *embeddings* (modelo `models/embedding-001`) e integração com o LLM `gemini-2.5-flash` para geração de respostas contextuais.
4. **Desenvolvimento dos bots:** criação e configuração dos bots para **WhatsApp** (utilizando a biblioteca *wppconnect*) e para o **Discord** (via API oficial da plataforma), possibilitando o envio e recebimento de mensagens em tempo real, com comunicação direta com o backend.
5. **Integração com planilhas administrativas:** implementação do acesso à **Google Sheets API** para consulta e atualização de informações complementares não documentadas oficialmente, tais como orientações específicas repassadas pela coordenação e dados sobre projetos ativos no curso.
6. **Testes incrementais:** conexão dos módulos do sistema e realização de testes funcionais e exploratórios à medida que novas funcionalidades eram adicionadas. As avaliações foram feitas com base em um conjunto de perguntas reais encaminhadas à coordenação ao longo dos semestres, complementadas por consultas adicionais criadas para cobrir os principais tópicos dos documentos oficiais. Os critérios de sucesso incluíram: (i) precisão da resposta, (ii) coerência semântica, (iii) correta identificação da fonte (documento ou planilha) e (iv) estabilidade da comunicação entre bots e backend.
7. **Definição dos cenários de teste:** os cenários de teste foram elaborados a partir de aproximadamente 100 perguntas, abrangendo temas como estágio, atividades complementares, grade curricular, laboratórios, TCC, objetivos do curso e informações gerais. As perguntas incluíram tanto conteúdos presentes nos documentos oficiais para validar a recuperação via RAG quanto questões cuja resposta não constava nesses materiais, permitindo avaliar o

encaminhamento correto para a planilha administrativa. Considerou-se adequada a resposta que fosse clara, completa, coerente com o conteúdo oficial ou administrativo e livre de alucinações.

8. **Documentação:** elaboração dos registros técnicos, incluindo diagramas de arquitetura, fluxos de processamento, instruções de uso, descrição dos testes, além da composição deste relatório final.

3.1 Base Documental do RAG

A base de conhecimento utilizada pelo mecanismo de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) foi composta por documentos institucionais oficiais do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), disponibilizados em formato PDF e selecionados por sua relevância às principais dúvidas acadêmicas recorrentes.

Os documentos utilizados para a indexação e recuperação semântica das informações foram: *Critérios para Aproveitamento de Estudos*, *Estatuto do IFPB (2018)*, *Manual do Estudante do Campus Campina Grande*, *Normas Didáticas do Ensino Superior* (fevereiro de 2009), o *Projeto Pedagógico do Curso (PPC)* e o *Regimento dos Cursos Superiores*. Esses materiais concentram normas acadêmicas, diretrizes institucionais e orientações fundamentais para estudantes, docentes e coordenação.

Todos os documentos passaram por um processo de curadoria manual, visando garantir consistência, atualidade e alinhamento com as práticas institucionais vigentes. Após essa etapa, os arquivos foram submetidos ao processo de extração textual, fragmentação do conteúdo em *chunks*, geração de *embeddings* semânticos por meio do modelo `models/embedding-001` e indexação vetorial utilizando a biblioteca FAISS, integrando a base documental do sistema Minerva.

3.2 Requisitos do Sistema

3.2.1 Requisitos Funcionais

- **RF01** – Permitir a leitura de documentos em formato PDF para extração de conteúdo acadêmico;
- **RF02** – Dividir o conteúdo dos documentos em partes menores (*chunks*) para indexação e recuperação eficiente;
- **RF03** – Gerar *embeddings* semânticos utilizando o modelo `models/embedding-001`;
- **RF04** – Receber perguntas enviadas pelos usuários através do **WhatsApp** e do **Discord**;

- **RF05** – Processar perguntas por meio de técnicas de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) orquestradas pelo **LangChain**;
- **RF06** – Integrar-se às **planilhas administrativas do Google**, via Google Sheets API, para complementar informações não presentes na base documental;
- **RF07** – Retornar respostas em linguagem natural, claras e objetivas, baseadas nos documentos indexados e nas planilhas administrativas.

3.2.2 Requisitos Não Funcionais

- **RNF01** – O sistema deve apresentar tempo médio de resposta inferior a 5 segundos para consultas comuns;
- **RNF02** – A comunicação entre bots e backend deve ser criptografada, garantindo privacidade e segurança;
- **RNF03** – O backend deve ser modular e escalável, permitindo substituição de modelos e evolução da arquitetura sem reestruturações profundas;
- **RNF04** – O serviço de mensagens no **WhatsApp** e **Discord** deve operar 24 horas por dia, com alta disponibilidade;
- **RNF05** – O sistema deve ser compatível com múltiplos arquivos PDF e **planilhas administrativas**, suportando atualizações sem necessidade de reprocessar toda a base;
- **RNF06** – O código-fonte deve seguir boas práticas de programação, com versionamento e documentação adequada;
- **RNF07** – As mensagens de erro devem ser informativas, sem divulgar dados sensíveis ou detalhes internos do sistema.

3.3 Escolha de Tecnologias e Ferramentas

Para o desenvolvimento da **Minerva**, foram adotadas tecnologias contemporâneas, priorizando eficiência, escalabilidade e integração fluida entre os módulos do sistema. A seguir, são apresentadas as principais ferramentas utilizadas:

- **Back-end:** implementado em **Python**, utilizando o framework **Flask** como camada de API responsável por gerenciar rotas, receber as requisições enviadas pelas plataformas de mensagem e acionar o *pipeline* de processamento.

O framework **LangChain** foi adotado como núcleo de orquestração da arquitetura RAG, incluindo leitura de documentos, divisão em *chunks*, criação de *embeddings* e recuperação semântica de informações.

- **Processamento de Linguagem Natural:** foram utilizados dois modelos da Google AI: o modelo generativo **Gemini 2.5 Flash**, responsável pela construção das respostas, e o modelo de *embeddings* **models/embedding-001**, responsável por converter trechos textuais em vetores semânticos. Ambos integram o *pipeline* RAG por meio do LangChain.
- **Banco de dados e indexação:** a indexação vetorial foi implementada com **FAISS (Facebook AI Similarity Search)**, permitindo buscas semânticas rápidas e escaláveis sobre grandes coleções de documentos.
- **Integração com planilhas administrativas:** a **Google Sheets API** foi integrada ao backend, possibilitando o uso de uma camada extra de dados administrativos atualizados manualmente pelos responsáveis pelo sistema.
- **Plataformas de mensagens:** a comunicação com os usuários é realizada por meio de bots desenvolvidos para **WhatsApp**, via **wppconnect**, e **Discord**, utilizando APIs nativas.
- **Controle de versão:** o código-fonte foi versionado com **Git** e hospedado no **GitHub**, garantindo rastreabilidade e organização.
- **Testes e validação:** o **Postman** foi utilizado para validar rotas internas, enquanto testes funcionais adicionais foram realizados diretamente nas plataformas oficiais de comunicação, de forma a balancear precisão, tempo de resposta e estabilidade.

3.4 Modelagem e Arquitetura do Sistema

3.4.1 Diagramas de Casos de Uso (Separados por atores)

Os diagramas de casos de uso ilustram as principais interações dos atores (estudantes, coordenação e administradores do sistema) e as funcionalidades providas pela Minerva. Entre os casos de uso, destacam-se: enviar pergunta, receber resposta, atualizar planilha administrativa e gerenciar documentos institucionais.

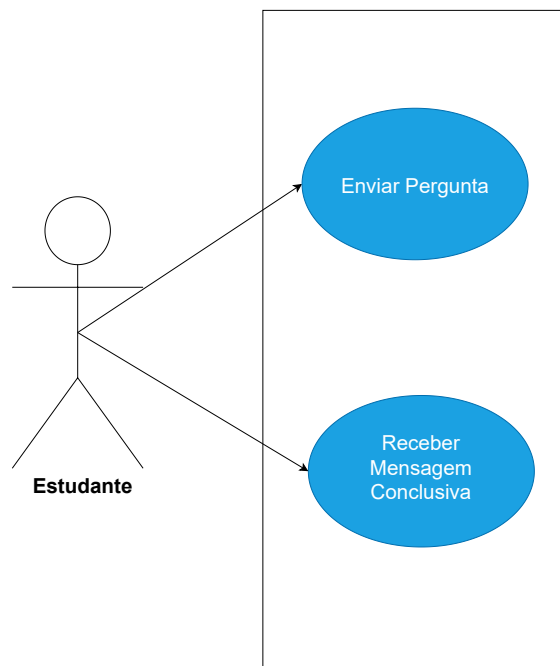


Figura 3.1: Diagrama de caso de uso do Estudante.

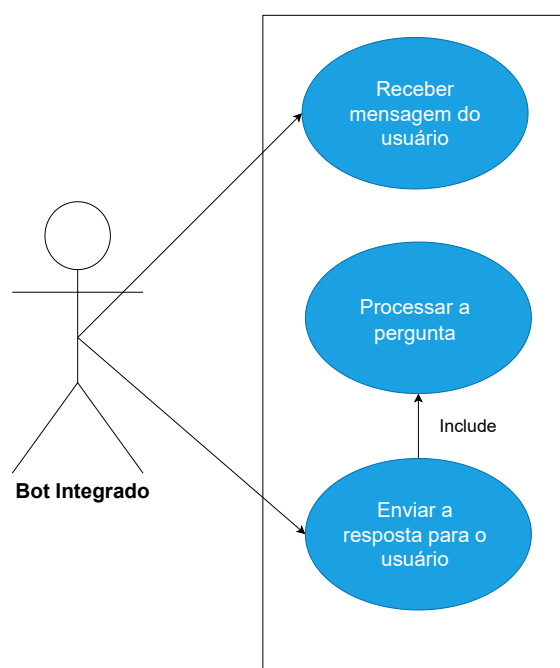


Figura 3.2: Diagrama de caso de uso do Bot Integrado.

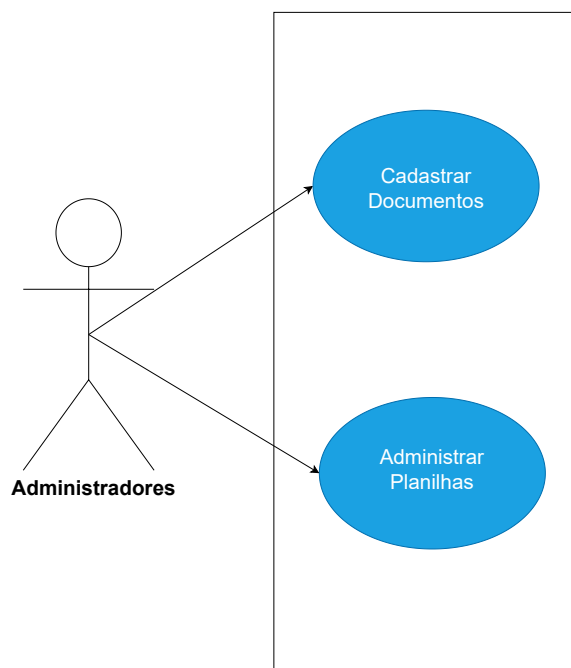


Figura 3.3: Diagrama de caso de uso dos Administradores.

3.4.2 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema **Minerva** foi projetada de forma modular e escalável, permitindo a integração entre diferentes componentes de software e garantindo desempenho, segurança e facilidade de manutenção. A estrutura geral é composta por três camadas principais: *interface de comunicação*, *backend de processamento* e *camada de dados e indexação*, conforme ilustrado na Figura 3.4.

Na **camada de interface de comunicação**, o sistema interage diretamente com os usuários por meio de bots integrados às plataformas **WhatsApp** e **Discord**. A integração com o WhatsApp foi realizada utilizando a biblioteca **wppconnect**, enquanto no Discord foi empregada a **API oficial da plataforma**. Essa camada é responsável por receber as mensagens de estudantes, professores e coordenadores, encaminhá-las ao backend e exibir as respostas geradas pela inteligência artificial. O uso de múltiplos canais busca oferecer uma experiência acessível e alinhada às ferramentas de comunicação mais utilizadas no ambiente acadêmico.

A **camada de backend de processamento** foi desenvolvida em **Python**, utilizando o framework **LangChain** como núcleo para a orquestração dos módulos internos e do fluxo de processamento. Nessa camada ocorre a aplicação da técnica de **Retrieval-Augmented Generation (RAG)**, responsável por combinar a busca em documentos institucionais com a geração de linguagem natural. O módulo de RAG emprega *embeddings* semânticos gerados pelo modelo

`models/embedding-001`, permitindo interpretar a intenção das perguntas dos usuários e recuperar trechos relevantes da base documental. Em seguida, o componente gerativo sintetiza respostas coerentes, claras e embasadas nas evidências encontradas. Além disso, o backend integra o módulo de **planilhas administrativas**, que possibilita consultar informações complementares mantidas manualmente pelos administradores, garantindo uma fonte adicional de dados quando a resposta não está presente nos documentos oficiais.

Por fim, a **camada de dados e indexação** é responsável pelo armazenamento e pela busca semântica das informações. Para isso, o sistema utiliza a biblioteca **FAISS (Facebook AI Similarity Search)**, que permite executar buscas vetoriais de alta performance sobre os *embeddings* extraídos dos documentos acadêmicos em formato PDF. Os índices vetoriais construídos nessa camada viabilizam a recuperação eficiente de trechos relevantes durante o processo de RAG.

Além da base documental oficial, o sistema conta com uma integração direta com **planilhas administrativas do Google**, acessadas por meio da **Google Sheets API**. Essas planilhas armazenam informações complementares e atualizadas manualmente, servindo como um segundo repositório de conhecimento quando determinada resposta não está presente nos documentos. Essa abordagem híbrida aumenta a abrangência do sistema e permite atualizar informações administrativas sem a necessidade de reprocessar toda a base documental.

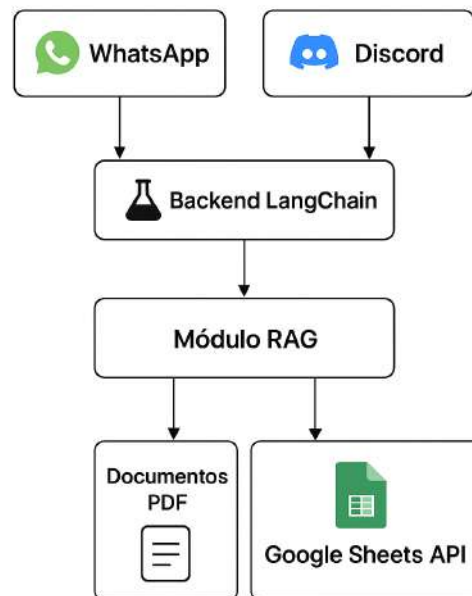


Figura 3.4: Arquitetura geral do sistema Minerva.

3.5 Planejamento e Procedimento de Testes

A etapa de testes do sistema **Minerva** foi organizada para verificar o funcionamento integrado dos módulos, a precisão das respostas e a experiência de uso do assistente virtual. O planejamento levou em conta três pontos principais: a estrutura dos testes, o ambiente utilizado e os participantes envolvidos no processo.

3.5.1 Planejamento dos Testes

O planejamento foi pensado para contemplar as dúvidas mais frequentes dos estudantes e avaliar a eficiência dos canais de comunicação.

Estrutura e Abrangência das Perguntas:

- **Quantidade:** Foram criadas 100 perguntas com base em relatórios institucionais e em dúvidas recorrentes registradas ao longo dos períodos letivos.
- **Categorias:** As perguntas foram divididas em áreas estratégicas para garantir que o sistema cobrisse temas essenciais:
 - **Estágio:** Requisitos, documentação, prazos e convênios.
 - **Disciplinas Optativas:** Créditos, critérios de escolha e oferta.
 - **TCC:** Normas, prazos, orientações e estrutura do trabalho.
 - **Atividades Complementares:** Tipos aceitos, carga horária e validação.
 - **Matrícula:** Procedimentos, ajustes e trancamentos.
 - **Grade Curricular:** Fluxo, pré-requisitos e organização.
 - **Laboratórios:** Regras de uso e acesso.

Canais de Comunicação:

- **WhatsApp:** A integração, feita com a biblioteca *wppconnect*, foi testada para garantir o envio e o recebimento das mensagens sem interrupções.
- **Discord:** A conexão via API oficial foi validada verificando não apenas o envio das respostas, mas também a correta formatação.

Critérios de Adequação da Resposta:

- **Clareza:** Conferência da objetividade e compreensão das respostas.
- **Consistência:** Comparação com documentos oficiais para garantir precisão.

- **Contextualização:** Verificação das referências institucionais utilizadas.
- **Completeness:** Análise de se a resposta cobre todos os pontos da pergunta.
- **Formatação:** Checagem da estrutura visual nos diferentes canais.

3.5.2 Ambiente e Cenário de Testes

Os testes foram realizados em um ambiente controlado, garantindo segurança dos dados e confiabilidade durante as validações.

Configuração do Ambiente:

- **Infraestrutura:** A execução ocorreu em um servidor local isolado, com uma base de dados dedicada e cópias dos documentos institucionais, simulando situações reais sem risco ao ambiente oficial.
- **Ferramentas:**
 - **VSCode:** Utilizado para desenvolvimento, testes e análise de logs.
 - **Postman:** Empregado para testar rotas, inspecionar *payloads* e medir tempos de resposta.

Cenário de Uso: A validação do sistema envolveu uma colaboração entre a equipe técnica, a coordenação e um grupo de estudantes:

- **Autores (Equipe Técnica):** Responsáveis pela configuração do ambiente, execução dos testes, correção de falhas, ajustes nos *prompts* e no código.
- **Coordenação do Curso:** Contribuiu com a definição de perguntas chave consideradas essenciais para o funcionamento adequado do sistema, garantindo que as respostas fossem úteis e alinhadas às necessidades do curso.
- **Estudantes:** Um grupo de 10 discentes testou o sistema com dúvidas reais do dia a dia, permitindo avaliar a clareza das respostas, a facilidade de interação e a experiência geral nos canais disponíveis.

De modo geral, os testes comprovaram a estabilidade e a eficiência da Minerva. O sistema apresentou bom desempenho tanto nas consultas baseadas em documentos quanto nas respostas derivadas das planilhas administrativas, com tempo de resposta adequado e comunicação fluida com as plataformas de mensagens. Os resultados indicam o atendimento dos requisitos funcionais e não funcionais definidos na Seção 3.2, ao mesmo tempo em que evidenciam oportunidades de aprimoramento que são discutidas em maior detalhe no Capítulo 4.

Capítulo 4

Avaliação dos Resultados

Este capítulo apresenta a avaliação dos resultados obtidos com o desenvolvimento da Minerva, considerando testes técnicos, validação funcional e análises qualitativas realizadas tanto pelos autores quanto por usuários externos. A avaliação foi conduzida em ambiente controlado e em cenários reais de uso, com o objetivo de mensurar a precisão das respostas, o desempenho do sistema, a efetividade do mecanismo de recuperação de informações e a estabilidade das integrações com WhatsApp e Discord. Ao todo, foram realizadas aproximadamente 100 consultas experimentais, complementadas por um teste de usabilidade com participantes voluntários, permitindo uma análise consistente do comportamento geral do protótipo.

4.1 Protocolo Geral de Avaliação

A avaliação do sistema foi estruturada em dois eixos complementares:

- **Testes internos**, realizados pelos autores, abrangendo cerca de 100 perguntas distribuídas entre diferentes categorias (estágio, atividades complementares, TCC, grade curricular, laboratórios, objetivos do curso, entre outras). Nesses testes, buscou-se validar cenários positivos (informações presentes nos documentos) e negativos (informações ausentes), bem como a atuação da planilha administrativa.
- **Testes externos**, realizados com a participação de **10 usuários convidados**, em um servidor específico do Discord criado para fins de validação do sistema. Os participantes foram estudantes do curso, selecionados por conveniência, e não possuíam envolvimento direto com o desenvolvimento da Minerva.

O teste externo teve caráter **exploratório e avaliativo**, sendo conduzido em **uma única rodada** após a consolidação das principais funcionalidades do sistema. Os usuários interagiram livremente com o assistente virtual, enviando perguntas reais relacionadas ao contexto acadêmico, sem roteiros pré-definidos.

Ao final da interação, os participantes responderam a um formulário composto por três questões: (i) número aproximado de perguntas enviadas ao sistema, (ii) atribuição de uma nota de 0 a 10 para a qualidade geral das respostas e (iii) uma questão aberta destinada a comentários, sugestões e percepções gerais sobre a experiência de uso.

4.1.1 Base de Perguntas Utilizadas na Avaliação

A avaliação da Minerva foi conduzida a partir de aproximadamente 100 perguntas distintas, elaboradas com base em dúvidas reais e recorrentes do contexto acadêmico do curso. No entanto, a inclusão integral desse conjunto de perguntas em formato de anexo mostrou-se inviável, devido ao volume elevado das consultas e à recorrência temática entre elas, o que comprometeria a concisão e a legibilidade do documento.

Dessa forma, optou-se por descrever de maneira detalhada o protocolo de avaliação, as categorias de perguntas consideradas e os critérios objetivos adotados para a análise das respostas, além de apresentar exemplos representativos de interações reais ao longo deste capítulo. Essa abordagem permite compreender com clareza a base de avaliação empregada, assegurando transparência metodológica sem a necessidade de listagem exaustiva de todas as perguntas testadas.

Para todas as avaliações, uma resposta foi considerada correta quando atendia aos seguintes critérios:

- (i) Coerência semântica com a pergunta;
- (ii) Alinhamento fiel ao conteúdo dos documentos oficiais ou da planilha administrativa;
- (iii) Ausência de alucinações;
- (iv) Clareza e completude na explicação oferecida.

As métricas detalhadas encontram-se nas Tabelas 4.1 e 4.2 apresentadas na seção anterior.

4.2 Efetividade da Recuperação de Informações

A recuperação de informações — núcleo do pipeline RAG — foi avaliada a partir das perguntas categorizadas e dos critérios objetivos de correção. Dos aproximadamente 100 testes realizados internamente, os resultados mostraram que:

- 62% das respostas corretas foram produzidas com base exclusivamente nos documentos oficiais do curso (RAG);

- 18% das respostas vieram da planilha administrativa, acionada corretamente quando os documentos não continham trechos relevantes;
- 20% das perguntas resultaram em ausência de resposta.

Durante todo o processo, os testes foram realizados de forma contínua e reiterativa, acompanhando o avanço do desenvolvimento. Cada nova funcionalidade adicionada era imediatamente validada, e os ajustes necessários eram aplicados com base nos resultados obtidos. Essa abordagem permitiu identificar e corrigir problemas de forma ágil, como falhas de comunicação entre módulos, inconsistências nas respostas e lentidão nas consultas.

As Tabelas 4.1 e 4.2 sintetizam as principais métricas obtidas nos testes realizados, com base em um conjunto de 100 perguntas elaboradas conforme descrito na Seção 3.1.

Tabela 4.1: Métricas gerais dos testes realizados com o sistema Minerva

Métrica avaliada	Valor
Número total de perguntas testadas	100
% de respostas corretas baseadas em documentos (RAG)	62%
% de respostas corretas via planilha administrativa	18%
% de perguntas sem resposta na base	20%
Tempo médio de resposta	5,5 s
Tempo mínimo de resposta	3,0 s
Tempo máximo de resposta	8,0 s

Tabela 4.2: Avaliação da qualidade das respostas fornecidas pela Minerva

Categoria de avaliação	Percentual
Respostas totalmente corretas	80%
Respostas parcialmente corretas	20%

Esses valores indicam que o mecanismo RAG se comporta de maneira consistente, especialmente em perguntas diretas relacionadas a regulamentos, ementas e orientações formais. Perguntas mais complexas ou amplas requereram maior síntese por parte do modelo generativo, mas ainda assim apresentaram elevada precisão, conforme evidenciado na Tabela 4.2, que mostra 80% de respostas totalmente corretas e 20% parcialmente corretas.

4.3 Uso Complementar da Planilha Administrativa

A planilha administrativa foi introduzida como mecanismo de suporte para perguntas cujas respostas não estavam documentadas formalmente. Durante os testes internos, verificou-se que:

- a planilha foi acionada corretamente para todas as perguntas fora da base documental;
- as respostas nela presentes foram recuperadas de forma completa e precisa;
- o sistema evitou alucinações, retornando somente o que estava presente nos dados estruturados;
- atualizações na planilha foram refletidas instantaneamente, sem necessidade de processamento adicional.

Essa funcionalidade ampliou a cobertura temática da Minerva e reforçou sua utilidade prática no contexto da coordenação de curso, onde informações não documentadas formalmente são comuns.

4.4 Avaliação Externa com Usuários

A avaliação externa contou com a participação de três usuários convidados, que realizaram perguntas livremente no servidor do Discord e responderam a um formulário de percepção. As respostas indicaram que:

Tabela 4.3: Resultados do grupo piloto de avaliação da Minerva

Categoria Avaliada	Percentual
Número de perguntas enviadas	
1 a 10 perguntas	50%
11 a 20 perguntas	40%
Mais de 20 perguntas	10%
Avaliação da qualidade das respostas (0 a 10)	
Nota 5	10%
Nota 8	50%
Nota 9	30%
Nota 10	10%

Ainda que o número de participantes tenha sido pequeno, os resultados sugerem boa aceitação da Minerva em um cenário real de uso, com avaliações positivas e feedbacks construtivos alinhados às melhorias previstas para versões futuras.

4.5 Análise da Usabilidade

A análise de usabilidade da Minerva foi conduzida por meio de um estudo **exploratório e descritivo**, envolvendo **dois métodos complementares** e a participação de **10 usuários** em um grupo piloto. O objetivo foi avaliar a facilidade de uso, a clareza das respostas e a experiência geral de interação com o sistema em um contexto próximo ao real.

A avaliação foi estruturada da seguinte forma:

- (i) **Observação direta** das interações realizadas pelos autores durante os testes internos, com foco na identificação de falhas de usabilidade, ambiguidades nas respostas e problemas de fluxo de interação;
- (ii) **Avaliação externa**, realizada com um grupo piloto de usuários convidados a interagir com a Minerva em um servidor específico do Discord, seguida do preenchimento de um questionário estruturado para coleta de dados quantitativos e qualitativos.

No grupo piloto, cada participante foi incentivado a fazer perguntas livremente ao assistente, simulando situações reais vivenciadas por estudantes. Em seguida, responderam a um questionário composto por três perguntas: número de interações realizadas, uma nota de 0 a 10 avaliando a eficácia das respostas recebidas e um campo aberto para comentários gerais. Os resultados mostraram que 50% dos usuários fizeram entre 1 e 10 perguntas, enquanto 10% enviaram mais de 20 consultas e 40% enviaram De 11 a 20 perguntas, indicando engajamento significativo. Quanto à percepção de qualidade, 50% atribuíram nota 8, 30% nota 9, 10% nota 10 e 10% nota 5. O que evidencia, em sua maior parte, um nível satisfatório de clareza nas respostas e de fluidez na interação.

Do ponto de vista qualitativo, os comentários incluíram elogios à objetividade das respostas, à facilidade de uso e à conveniência de acessar o assistente diretamente pelo Discord. Usuários também sugeriram a inclusão de novos documentos, reforçando a importância de ampliar a base de conhecimento para cobrir necessidades informacionais específicas.

Com base nesses dados, foi possível identificar alguns elementos positivos de usabilidade:

- a comunicação em linguagem natural reduziu barreiras de acesso e permitiu que usuários com diferentes níveis de familiaridade tecnológica interagissem sem dificuldades;
- a interface integrada a plataformas já utilizadas pelos estudantes (WhatsApp e Discord) eliminou a necessidade de treinamento prévio ou instruções adicionais;

- o sistema demonstrou capacidade de lidar com variações informais de escrita, erros tipográficos e abreviações, mantendo a coerência na interpretação das perguntas;
- o tempo de resposta, conforme apresentado na Tabela 4.1, contribuiu para uma experiência fluida e contínua.

Embora o grupo piloto tenha sido reduzido, o conjunto das interações e das avaliações forneceu evidências iniciais de que a Minerva apresenta boa usabilidade e potencial de adoção no contexto acadêmico, especialmente se acompanhada de um processo de expansão gradual da base de conhecimento.

4.6 Limitações e Ameaças à Validade

A análise dos testes permitiu identificar algumas limitações que devem ser consideradas em futuras versões do sistema, bem como ameaças à validade externa dos resultados apresentados:

- **Amplitude e contextualização das perguntas:** perguntas excessivamente amplas, vagas ou sem contexto podem resultar em respostas incompletas ou genéricas, especialmente quando não há um trecho claramente associado nos documentos oficiais indexados. Nesses casos, a qualidade da resposta depende fortemente da capacidade do usuário em formular a pergunta de maneira precisa.
- **Dependência da planilha administrativa como fonte não oficial:** embora a planilha administrativa amplie significativamente a cobertura informacional do sistema, ela não possui o mesmo caráter formal dos documentos institucionais. Assim, a confiabilidade das respostas oriundas dessa fonte depende diretamente da atualização e validação contínua por parte da coordenação, o que introduz um fator organizacional e humano ao processo.
- **Riscos de alucinação em modelos de linguagem:** apesar do uso de técnicas de *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) reduzir significativamente a ocorrência de respostas não fundamentadas, ainda existe a possibilidade de o modelo gerar interpretações imprecisas ou extrapolações indevidas, especialmente em cenários onde os documentos recuperados são escassos ou ambíguos.
- **Escalabilidade em ambientes de alta demanda:** a escalabilidade do sistema ainda não foi avaliada em cenários de produção com grande volume de

usuários simultâneos. Testes adicionais são necessários para verificar o comportamento do backend, do mecanismo de busca semântica e das integrações com plataformas externas sob carga elevada.

- **Questões éticas e de privacidade:** a integração com plataformas de mensagens como o WhatsApp levanta preocupações relacionadas à privacidade dos usuários e ao tratamento de dados pessoais. Embora o sistema não armazene o conteúdo das conversas de forma permanente, uma implantação institucional exigiria políticas claras de uso, consentimento e conformidade com legislações de proteção de dados, como a LGPD.
- **Validade externa dos resultados:** por se tratar de testes conduzidos em ambiente controlado e com número limitado de usuários externos, os resultados apresentados devem ser interpretados como evidências iniciais de viabilidade, não substituindo avaliações de longo prazo em contextos reais de uso institucional.

Essas limitações não comprometem o funcionamento atual do sistema, mas apontam caminhos concretos para aprimoramentos técnicos e operacionais nas próximas iterações do projeto.

4.7 Atendimento aos Objetivos e Requisitos

Os resultados obtidos permitem analisar em que medida a Minerva atende aos objetivos definidos no Capítulo 1 e aos requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos na Seção 3.2.

Do ponto de vista dos **objetivos específicos**:

- o backend em Flask com pipeline RAG baseado em LangChain foi implementado com sucesso, processando consultas a partir de documentos acadêmicos (RF01–RF03, RF05);
- os bots para WhatsApp e Discord foram desenvolvidos e integrados, permitindo interação direta de alunos, professores e coordenadores com o sistema (RF04);
- a integração com a API Google Gemini para geração de *embeddings* e respostas em linguagem natural mostrou-se funcional e estável;
- a integração com planilhas administrativas via Google Sheets API ampliou a cobertura das respostas e atendeu ao objetivo de incorporar informações complementares (RF06);

- a avaliação empírica demonstrou efetividade na recuperação de informações, com 80% das perguntas recebendo respostas consideradas corretas e 20% parcialmente corretas (Tabelas 4.1 e 4.2), o que evidencia aderência ao objetivo de apoiar a coordenação na gestão de dúvidas recorrentes.

Quanto aos **requisitos não funcionais**, destaca-se que:

- o RNF01 (tempo médio de resposta inferior a 5 segundos) foi atendido no conjunto de testes realizados;
- a modularidade e a escalabilidade do backend (RNF03) foram contempladas pela adoção do LangChain e pela separação clara entre camadas de interface, processamento e dados;
- o RNF04 foi parcialmente atendido nos cenários de teste, que demonstraram estabilidade e disponibilidade durante o período avaliado. No entanto, ainda é necessária uma avaliação em ambiente de produção com maior volume de requisições para validar a disponibilidade 24/7.
- os requisitos relacionados à segurança, boas práticas de programação e mensagens de erro (RNF02, RNF06 e RNF07) foram observados por inspeção da implementação e podem ser aprofundados em futuras auditorias técnicas.

De forma geral, os resultados apontam que a Minerva atende aos principais objetivos do projeto e às necessidades identificadas junto à coordenação do curso, ao mesmo tempo em que evidencia oportunidades de evolução tecnológica e de validação com usuários finais.

4.8 Exemplos de Utilização do Sistema

Com o intuito de demonstrar o funcionamento prático da aplicação, esta seção apresenta exemplos reais de interação entre usuários e o assistente virtual **Minerva**. Para cada pergunta enviada pelo estudante, é exibida a imagem da mensagem recebida pela plataforma integrada (WhatsApp ou Discord) e, em seguida, a imagem contendo o trecho exato de onde o sistema recuperou as informações — seja a partir dos documentos oficiais indexados ou da planilha administrativa utilizada como fonte complementar.

Essa abordagem evidencia de forma clara o fluxo completo de funcionamento: interpretação da pergunta, busca da informação relevante e geração da resposta contextualizada.

4.8.1 Exemplo 1 — Consulta sobre Disciplinas Optativas (Documento Oficial)

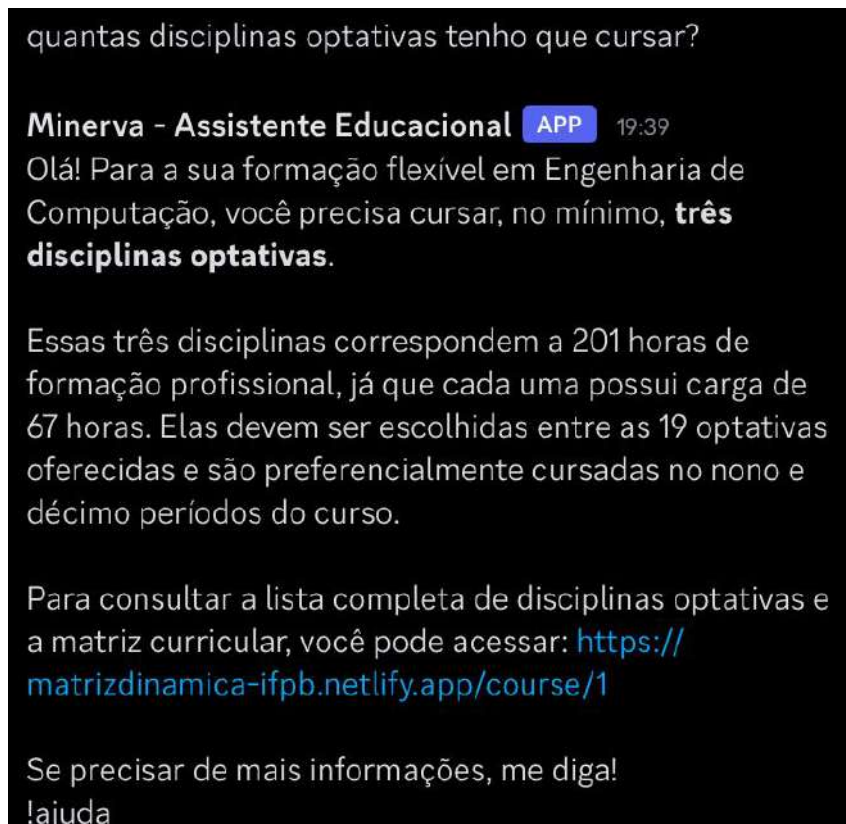


Figura 4.1: Pergunta enviada no Discord sobre a quantidade de disciplinas optativas necessárias.

A Figura 4.1 apresenta uma pergunta enviada via Discord sobre a quantidade de disciplinas optativas exigidas no curso. A resposta foi gerada a partir de um trecho presente no PPC, recuperado automaticamente pela busca semântica. A Figura 4.2 exibe o trecho exato utilizado como base pelo sistema.

Com objetivo de garantir que o aluno tenha a maior liberdade possível na escolha das disciplinas optativas que atendem aos seus interesses, lhe é concedida a possibilidade de integralizar, no mínimo, 201 horas da formação profissional dentre essas disciplinas. Essas horas correspondem a três disciplinas, escolhidas entre as 19 optativas oferecidas, uma vez que todas elas possuem carga de 67 horas, e devem ser cursadas, preferencialmente, no nono e décimo períodos do curso,

Figura 4.2: Trecho do PPC recuperado pelo sistema ao responder sobre disciplinas optativas.

4.8.2 Exemplo 2 — Resposta obtida via Planilha Administrativa

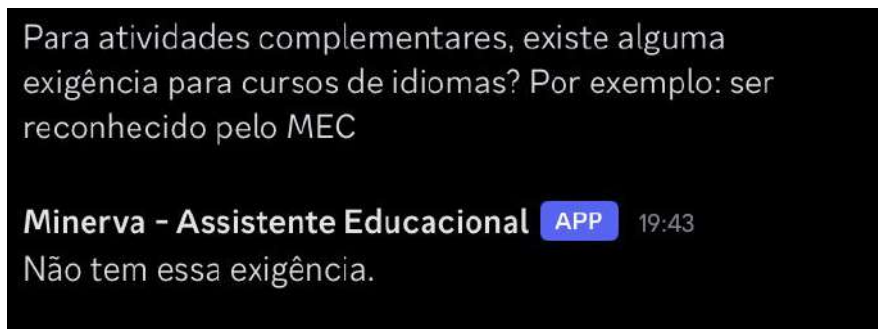


Figura 4.3: Pergunta encaminhada ao sistema cuja resposta foi extraída da planilha administrativa.

Quando a informação solicitada não está presente nos documentos oficiais, a Minerva consulta automaticamente a planilha administrativa. A Figura 4.3 mostra um desses casos. A Figura 4.4 contém o trecho exato retornado pela planilha.

pergunta	resposta	status	importancia
Para atividades complementares, existe alguma exigência para cursos de idiomas? Por exemplo: ser reconhecido pelo MEC	Não tem essa exigência	respondida	não
Existe algum estágio obrigatório que impeça a graduação?	Nosso curso não exige estágio.	respondida	não
Oficinas/workshops ministrados pelo aluno em instituições privadas sem vínculo com o IFPB são aceitas como hora complementar?	Acredito que seria em curso/minicurso (ministrante).	respondida	não
tá com uma declaração de trabalho que fiz, conta como complementar?	Abra o processo que vou analisar. Só tenho como saber com o documento em mãos	respondida	sim
Quem é o coordenador do curso?	Henrique Cunha	respondida	não
Em que ano surgiu o curso na instituição?	2016	respondida	não
Como funciona o processo de trancamento de cadeiras?	1 CRIE O REQUERIMENTO: Na barra de pesquisa do suap procure por Requerimentos e clique n	respondida	sim
Em qual ano surgiu esse curso?	2016	respondida	não
Qual o máximo de disciplina para cursar em um período?	15 períodos	respondida	não
Qual mínimo de tempo para se formar?	18 períodos	respondida	não

Figura 4.4: Trecho da planilha administrativa utilizado como fonte da resposta.

4.8.3 Exemplo 3 — Consulta sobre Oficinas (Planilha)

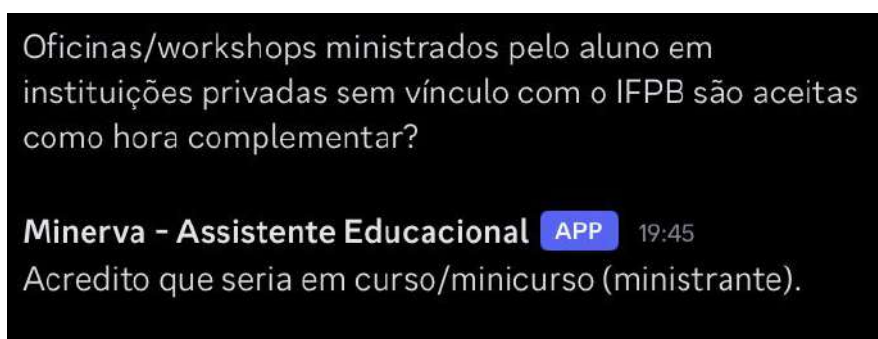


Figura 4.5: Pergunta sobre oficinas acadêmicas encaminhada ao sistema.

Na Figura 4.5 é possível observar uma pergunta sobre a realização de oficinas acadêmicas. Como se trata de uma informação administrativa, a resposta foi gerada a

partir da planilha, cujo trecho aparece na Figura 4.6.

Tabela 4.4: Exemplo de Perguntas e Respostas da planilha

Pergunta	Resposta	Status	Importância
Oficinas/workshops ministrados pelo aluno em instituições privadas sem vínculo com o IFPB são aceitas como hora complementar?	Acredito que seria em curso/minicurso (ministrante).	Respondida	Não

pergunta	resposta	status	importancia
Para atividades complementares, existe alguma exigência para cursos de idiomas? Por exemplo: ser reconhecido pelo MEC	Não tem essa exigência	respondida	não
Existe algum estágio obrigatório que impeça a graduação?	Nosso curso não exige estágio.	respondida	não
Oficinas/workshops ministrados pelo aluno em instituições privadas sem vínculo com o IFPB são aceitas como hora complementar?	Acredito que seria em curso/minicurso (ministrante).	respondida	não
tá com uma declaração de trabalho que fiz, conta como complementar?	Abra o processo que vou analisar. Só tenho como saber com o documento em mãos	respondida	sim
Quem é o coordenador do curso?	Honrique Cunha	respondida	não
Em que ano surgiu o curso na instituição?	2016	respondida	não
Como funciona o processo de trancamento de cadeiras?	1 CRIE O REQUERIMENTO: Na barra de pesquisa do suap procure por Requerimentos a clique n	respondida	sim
Em qual ano surgiu esse curso?	2016	respondida	não
Qual o máximo de disciplina para cursar em um período?	15 períodos	respondida	não
Qual mínimo de tempo para se formar?	18 períodos	respondida	não

Figura 4.6: Trecho da planilha administrativa utilizado para gerar a resposta.

4.8.4 Exemplo 4 — Carga Horária de Atividades Complementares (Documento Oficial)

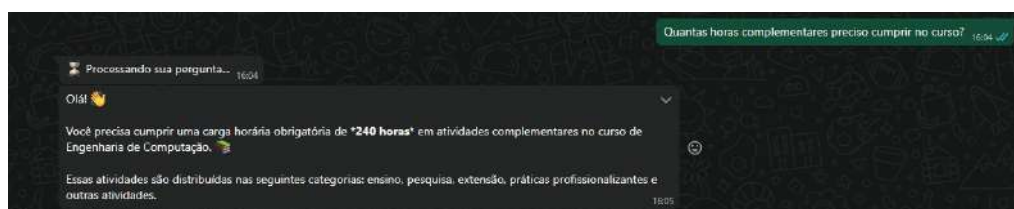


Figura 4.7: Pergunta enviada no WhatsApp sobre a carga horária de atividades complementares.

A Figura 4.7 apresenta uma pergunta enviada via WhatsApp sobre a quantidade de horas complementares exigidas no curso. Como se trata de uma informação presente no PPC, a Minerva recuperou automaticamente o trecho correspondente no documento oficial, exibido na Figura 4.8.

também são contempladas nas atividades complementares que integram, em caráter obrigatório, uma carga horária de 240 horas, distribuídas nas seguintes categorias: ensino, pesquisa, extensão, práticas profissionalizantes e outras atividades oferecidas pela coordenação do Curso, que visem a formação complementar. As atividades complementares específicas serão descritas no regimento interno estabelecido e aprovado pelo Colegiado do Curso.

Consideram-se atividades complementares as seguintes:

- Atividades de pesquisa: participação em núcleos e/ou grupos de pesquisa, projetos científicos, apresentação ou publicação de trabalhos em eventos técnico-científicos.
- Participação na organização de eventos técnico-científicos de interesse da instituição em atividades afins ao curso.
- Atividades de extensão: participação em projetos de extensão com a comunidade ou em eventos técnico-científicos.
- Atividades de ensino: monitoria de disciplinas do Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação ou afins.
- Atividades de práticas profissionalizantes: participação em projetos realizados por empresas juniores em atividades afins ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação, em estágios extracurriculares na área técnica ou em projetos de desenvolvimento tecnológico junto a empresas privadas e/ou instituições públicas.
- Outras atividades oferecidas pela Coordenação do Curso que visem sua formação complementar.

Figura 4.8: Trecho do PPC utilizado pela Minerva para responder sobre as horas complementares.

4.8.5 Exemplo 5 — Como Fazer Login no Moodle Presencial (Documento Oficial)

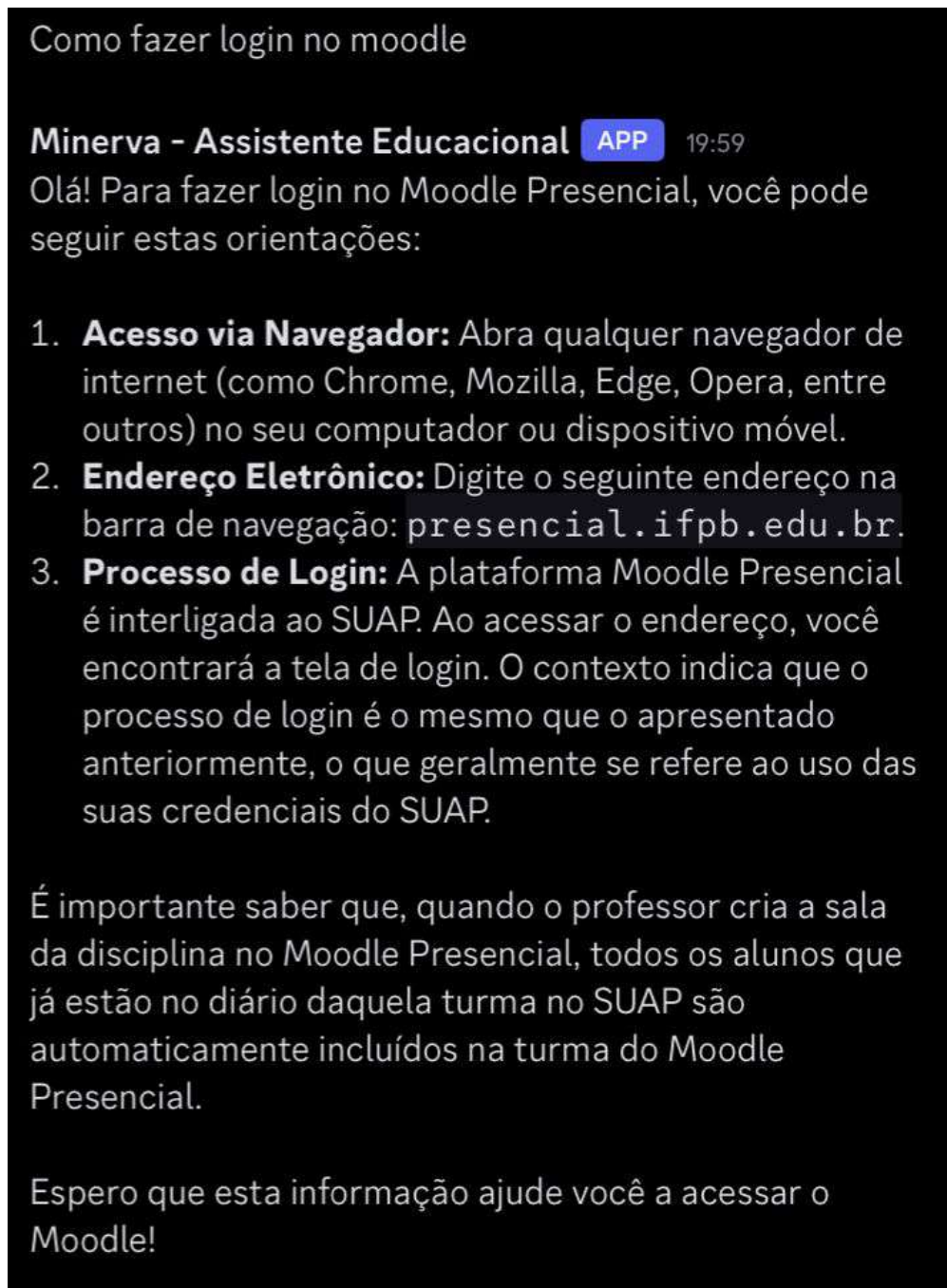


Figura 4.9: Pergunta enviada no Discord sobre como realizar login no Moodle Presencial.

A Figura 4.9 apresenta uma pergunta enviada via Discord sobre como realizar o login no Moodle Presencial. A resposta foi gerada com base no documento oficial, cujo trecho correspondente está exibido na Figura 4.10.

5. ACESSANDO O MOODLE PRESENCIAL

A seguir, um simples tutorial sobre o Moodle Presencial, mostrando suas funcionalidades e como os alunos devem utilizar a plataforma.

5.1. Fazendo Login no Moodle Presencial



Utilizando qualquer navegador de internet, acesse o endereço:

presencial.ifpb.edu.br

Para efetuar o login, utilize as mesmas credenciais do SUAP: sua matrícula e a senha que foi cadastrada por você no SUAP.

5.2. Participando de uma turma

O Moodle Presencial é interligado ao SUAP, portanto, quando o professor criar a sala do presencial, todos alunos do seu diário já estarão automaticamente participando da turma do Moodle Presencial.

Figura 4.10: Trecho do manual oficial utilizado pela Minerva para responder sobre o procedimento de login.

4.8.6 Exemplo 6 — Pergunta Sem Resposta na Base de Dados

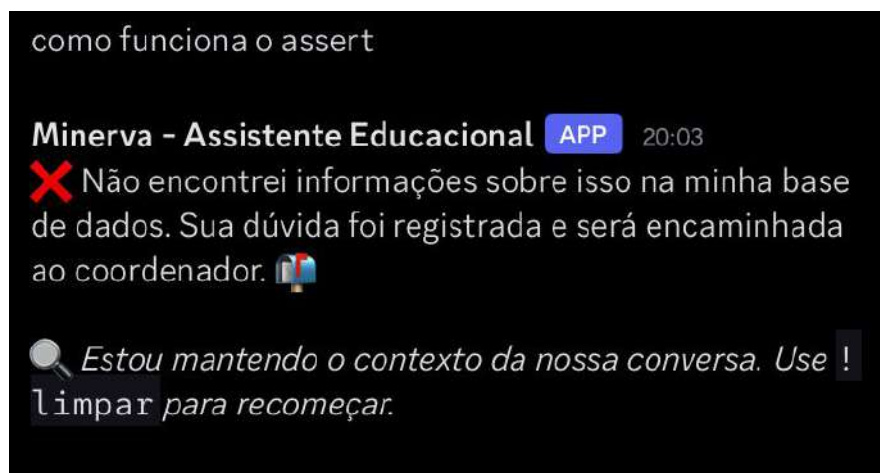


Figura 4.11: Pergunta enviada no Discord sobre um assunto não presente na base de dados.

A Figura 4.11 apresenta uma pergunta enviada pelo estudante cuja informação não está presente em nenhum dos documentos oficiais nem na planilha administrativa. Nesses casos, a Minerva informa que não encontrou a resposta e registra automaticamente a dúvida para encaminhamento ao coordenador.

4.8.7 Exemplo 7 — Detecção de Linguagem Inadequada

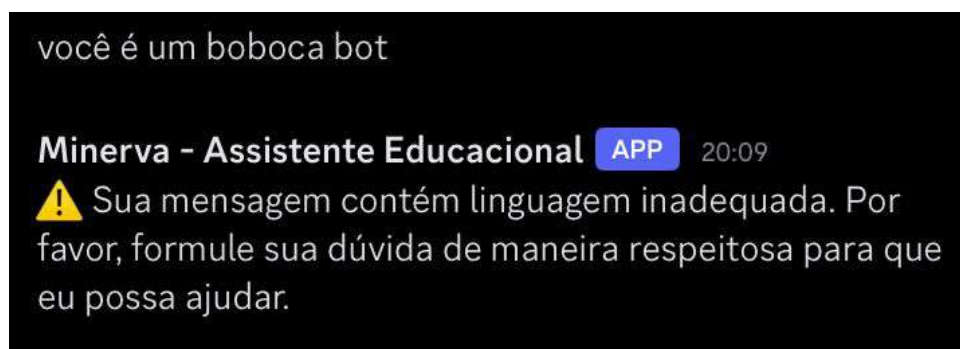


Figura 4.12: Mensagem enviada no Discord contendo linguagem inadequada.

A Figura 4.12 mostra uma interação em que o usuário enviou uma mensagem contendo linguagem inadequada. Nesses casos, a Minerva não processa a solicitação e orienta o estudante a reformular a mensagem de maneira respeitosa.

4.8.8 Exemplo 8 — Pergunta com Resposta Incompleta

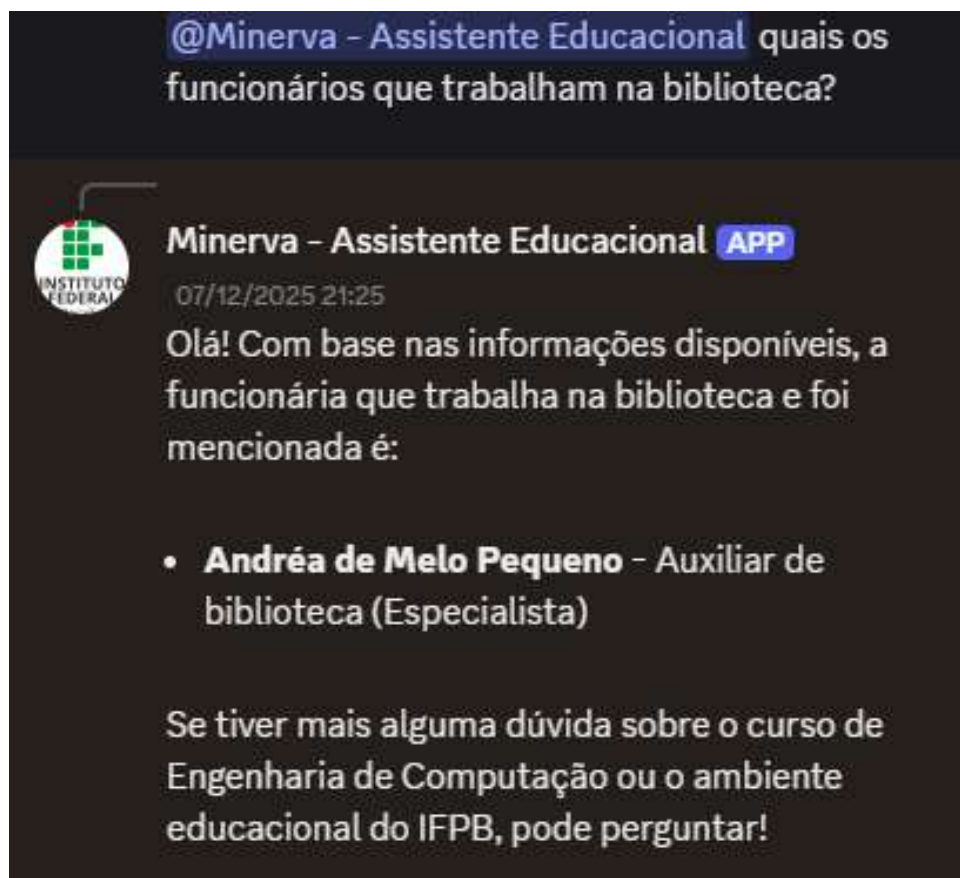


Figura 4.13: Mensagem enviada no Discord contendo resposta incompleta.

A Figura 4.13 ilustra uma interação em que o estudante realizou uma pergunta cuja resposta retornada pelo sistema apresentou informações incompletas.

4.8.9 Exemplo 9 — Certificados de Palestras como Atividade Complementar

Participei como ouvinte sobre uma palestra sobre futebol, posso usar o certificado com atividade complementar ?

Minerva - Assistente Educacional APP 20:13

Olá! Entendo sua dúvida sobre o uso do certificado de participação em uma palestra de futebol como atividade complementar.

De acordo com as normas para Atividades Complementares, a participação como ouvinte em congressos, conferências, simpósios e eventos afins de caráter científico ou tecnológico pode ser considerada. No entanto, é especificado que essas atividades devem ser **na área do curso**.

Uma palestra sobre futebol, embora possa ser interessante, geralmente não se enquadra como uma atividade de caráter científico ou tecnológico diretamente relacionada à Engenharia de Computação. Portanto, é provável que o certificado dessa palestra não seja aceito para fins de Atividades Complementares do seu curso.

Para que uma atividade seja validada, ela precisa estar alinhada com a área de conhecimento do curso, como exemplificado por um simpósio sobre inteligência artificial, por exemplo.

Para mais detalhes sobre as atividades complementares aceitas, você pode consultar o Art. 10 das Normas Didáticas para o Ensino Superior.

Figura 4.14: Pergunta enviada no Discord sobre o uso de certificado de palestra como atividade complementar.

A Figura 4.14 apresenta uma pergunta enviada pelo estudante sobre a possibilidade de utilizar o certificado de participação em uma palestra sobre futebol como atividade complementar. Para responder, a Minerva analisou as regras presentes no PPC sobre atividades complementares.

4.8.10 Exemplo 10 — Participação em Oficina de Bolo como Atividade Complementar

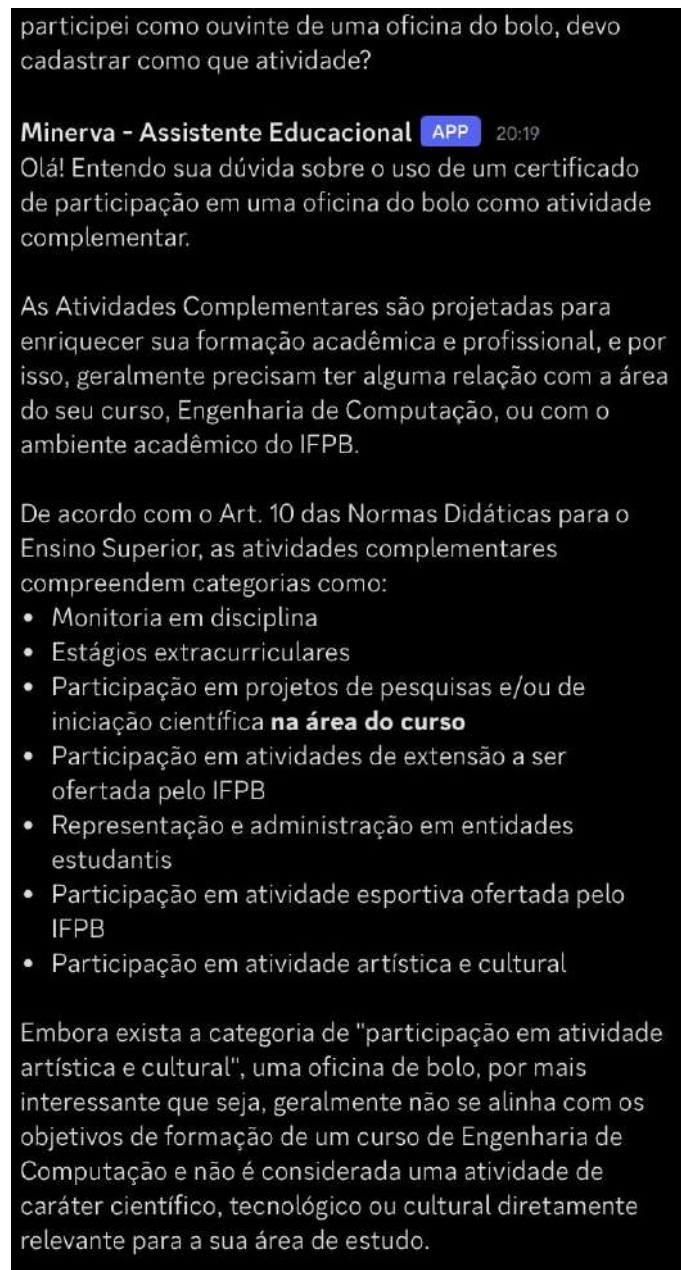


Figura 4.15: Pergunta enviada no Discord sobre a validação de uma oficina de bolo como atividade complementar.

A Figura 4.15 apresenta uma pergunta enviada pelo estudante sobre a possibilidade de utilizar a participação em uma oficina de bolo como atividade complementar. A Minerva verificou as regras do PPC e retornou a informação de que atividades desse tipo só podem ser validadas quando relacionadas à área do curso.

4.8.11 Perguntas sugeridas pelo Coordenador do Curso

A seguir, são apresentados exemplos reais de interação com a Minerva no ambiente do Discord, utilizando perguntas selecionadas pelo próprio coordenador do curso. Essas questões representam dúvidas frequentes recebidas ao longo dos semestres e foram escolhidas por refletirem situações típicas enfrentadas pela coordenação.

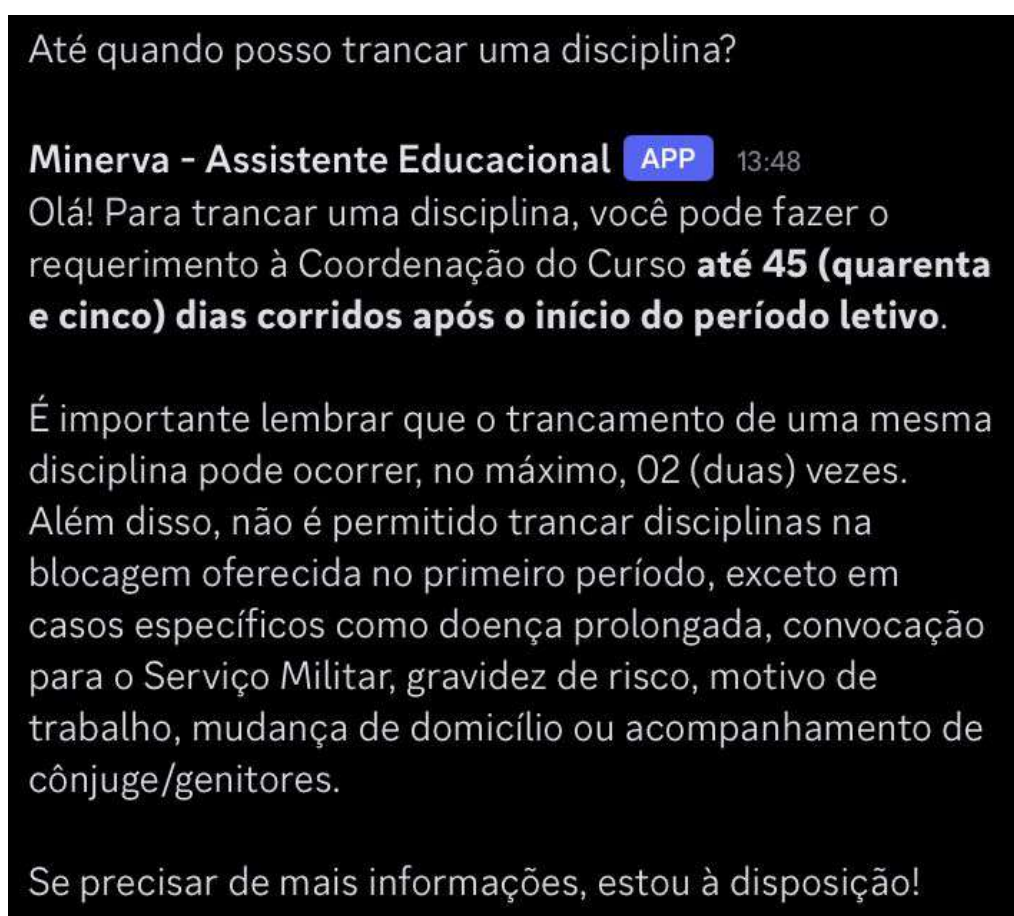


Figura 4.16: Pergunta enviada no Discord sobre o prazo para trancamento de disciplina.

Art 9º - O trancamento da matrícula em disciplinas será concedido mediante requerimento à Coordenação do Curso, até 45 (quarenta e cinco) dias corridos após o início do período letivo.

Figura 4.17: Trecho do documento das Normas Didáticas do Ensino Superior referente ao trancamento de disciplina.

Como faço para trancar uma disciplina?

Minerva - Assistente Educacional APP 13:54

Olá! Para trancar uma disciplina, você deve fazer um requerimento à Coordenação do Curso.

É importante ficar atento ao prazo: o requerimento deve ser feito **até 45 (quarenta e cinco) dias corridos após o início do período letivo**.

Além disso, lembre-se de algumas regras importantes:

- O trancamento de uma mesma disciplina pode ocorrer, no máximo, 02 (duas) vezes.
- Não é permitido trancar disciplinas na blocagem oferecida no primeiro período, exceto em casos específicos como:
 - Doença prolongada;
 - Convocação para o Serviço Militar;
 - Gravidez de risco;
 - Motivo de trabalho;
 - Mudança de domicílio para outro município ou unidade da federação;
 - Acompanhamento do(a) cônjuge ou genitores.

Se precisar de mais detalhes ou tiver outras dúvidas, estou aqui para ajudar!

!ajuda - Lista de comandos disponíveis

!projetos - Lista de projetos disponíveis no curso

!limpar - Nova conversa

!status - Info da sessão

Figura 4.18: Pergunta enviada no Discord sobre a maneira na qual o aluno pode realizar o trancamento de disciplina.

§ 1º - O trancamento de uma mesma disciplina poderá ocorrer, no máximo, 02 (duas) vezes.

§ 2º - Não será permitido o trancamento de disciplinas na blocagem oferecida no primeiro período, exceto nos seguintes casos:

- a) doença prolongada;
- b) convocação para o Serviço Militar;
- c) gravidez de risco;
- d) motivo de trabalho;
- e) mudança de domicílio para outro município ou unidade da federação;
- f) acompanhamento do(a) cônjuge ou genitores.

Figura 4.19: Trecho do documento das Normas Didáticas do Ensino Superior referente às características da realização do trancamento de disciplina.

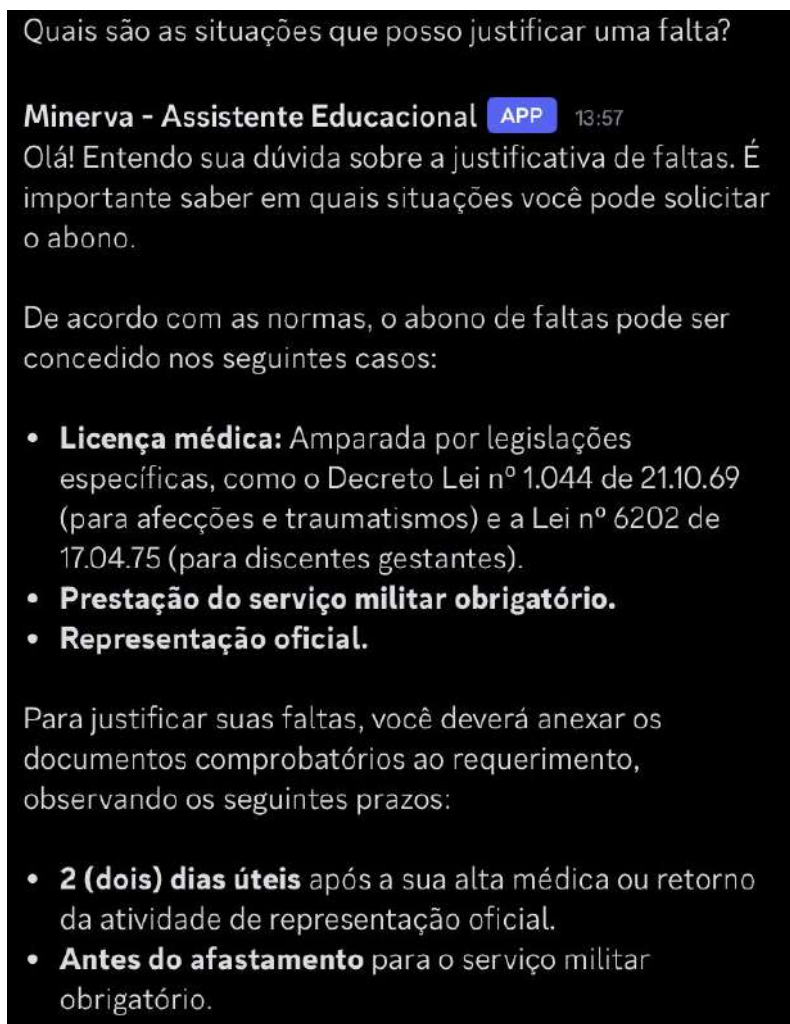


Figura 4.20: Pergunta enviada no Discord sobre as situações que se enquadram as justificativas de falta.

Art 18 - O abono de faltas, assim como as solicitações de realização de 2ª (segunda) chamada de provas, somente poderão ser concedidos nos casos de licença médica, amparados por legislações específicas, o Decreto Lei nº 1.044 de 21.10.69 (afecções e traumatismos) e Lei nº 6202 de 17.04.75 (discentes gestantes), prestação do serviço militar obrigatório e representação oficial.

Parágrafo Único - Para justificarem-se as faltas às aulas e às avaliações, o(a) discente deverá anexar ao requerimento os documentos comprobatórios, dentro do prazo máximo de 2 (dois) dias úteis:

- a) após a sua alta médica ou retorno da atividade de representação oficial;
- b) antes do afastamento para o serviço militar obrigatório.

Figura 4.21: Trecho do documento das Normas Didáticas do Ensino Superior referente às justificativas de falta.

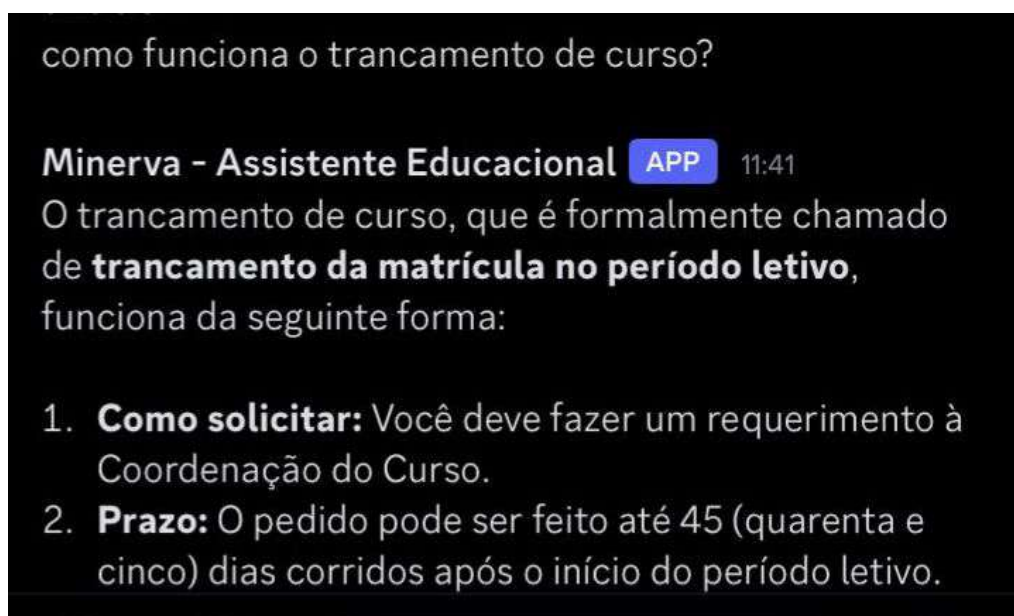


Figura 4.22: Pergunta enviada no Discord sobre a maneira que funciona o trancamento de curso (Parte 1).

3. **Limite de vezes:** Você pode trancar o período letivo no máximo 02 (duas) vezes, e essas vezes não podem ser consecutivas.
4. **Restrições:**
 - Não é permitido solicitar o trancamento do período se você foi reprovado em todas as disciplinas em que estava matriculado no período anterior.
 - Não é permitido trancar o primeiro período letivo, exceto em casos específicos como:
 - Doença prolongada
 - Convocação para o Serviço Militar
 - Gravidez de risco
 - Motivo de trabalho
 - Mudança de domicílio para outro município ou unidade da federação
 - Acompanhamento do(a) cônjuge ou genitores
5. **Impacto no prazo de conclusão:** O período em que a matrícula está trancada não é computado no prazo máximo estabelecido para a integralização do curso.
6. **Reabertura da matrícula:** Após o período de trancamento, você deverá solicitar a reabertura da matrícula. Isso é feito via requerimento encaminhado à coordenação do curso, protocolado em um período anterior à data definida pelo IFPB para o início da matrícula.
7. **Consequência da não reabertura:** Se você não solicitar a reabertura da matrícula após o trancamento, isso é caracterizado como abandono de curso e resulta na perda da sua vaga.

Existe também a opção de **interrupção de estudos**, que mantém seu vínculo com a Instituição se você não puder ou não quiser cursar nenhuma disciplina em um determinado período letivo. No entanto, a interrupção de estudos não é permitida antes de você ter concluído o primeiro período do curso e o período correspondente

Figura 4.23: Pergunta enviada no Discord sobre a maneira que funciona o trancamento de curso (Parte 2).

Art 10 - O trancamento da matrícula no período letivo será concedido mediante requerimento à Coordenação do Curso, até 45 (quarenta e cinco) dias corridos após o início do período letivo.

Figura 4.24: Trecho do documento das Normas Didáticas do Ensino Superior referente ao trancamento de curso (Parte 1).

§ 1º - O trancamento de uma mesma disciplina poderá ocorrer, no máximo, 02 (duas) vezes.

§ 2º - Não será permitido o trancamento de disciplinas na blocagem oferecida no primeiro período, exceto nos seguintes casos:

- a) doença prolongada;
- b) convocação para o Serviço Militar;
- c) gravidez de risco;
- d) motivo de trabalho;
- e) mudança de domicílio para outro município ou unidade da federação;
- f) acompanhamento do(a) cônjuge ou genitores.

Art 10 - O trancamento da matrícula no período letivo será concedido mediante requerimento à Coordenação do Curso, até 45 (quarenta e cinco) dias corridos após o início do período letivo.

§ 1º - O trancamento em todo o conjunto de disciplinas matriculadas num período letivo é caracterizado como trancamento do período;

§ 2º - O trancamento do período letivo poderá ocorrer, no máximo, 02 (duas) vezes não consecutivas.

§ 3º - O discente não poderá requerer trancamento do período após reprovação em todas as disciplinas em que foi matriculado no período cursado anteriormente.

§ 4º - O trancamento total de matrícula no período letivo não é computado no prazo máximo, fixado para integralização do respectivo curso.

§ 5º - Não será permitido o trancamento do primeiro período letivo, exceto nos casos previsto no § 2º do Art. 9º da presente Resolução.

Art. 11 - Decorrido o prazo referente ao trancamento, o discente deverá solicitar a reabertura da matrícula, via requerimento encaminhado à coordenação do curso, protocolado em período anterior à data definida pelo IFPB para o início da matrícula.

Parágrafo Único - A não solicitação de reabertura de matrícula após trancamento caracteriza a situação de abandono de curso e a conseqüente perda da vaga.

Figura 4.25: Trecho do documento das Normas Didaticas do Ensino Superior referente ao trancamento de curso (Parte 2).

Como faço para solicitar atividades complementares?

Minerva - Assistente Educacional APP 12:53

Para solicitar a inclusão das suas Atividades Complementares no histórico escolar, siga os passos abaixo:

1. **Participe das Atividades:** Engaje-se em atividades como monitoria, estágios extracurriculares, projetos de pesquisa ou extensão, participação em eventos técnico-científicos, entre outras que se enquadrem nas categorias de atividades complementares do curso.
2. **Providencie a Documentação Comprobatória:** É fundamental que você obtenha declarações ou certificados que comprovem sua participação. Esses documentos devem informar a carga horária, o período de realização, o aproveitamento e a frequência.
3. **Apresente a Documentação ao Professor Orientador (se aplicável):** Se a atividade complementar tiver um Professor Orientador designado, você deverá entregar a ele a documentação comprobatória das atividades realizadas, respeitando a data limite fixada.
4. **Solicite a Inclusão à Coordenação do Curso:** Você deverá fazer um requerimento específico à Coordenação do Curso para solicitar a inclusão da carga horária das atividades complementares em seu histórico escolar.
5. **Acompanhe a Análise:** Seu pedido será analisado pelo Coordenador do Curso ou por uma comissão designada para esse fim, que poderá deferir ou indeferir a solicitação com base nas normas vigentes.

Lembre-se de que é sua responsabilidade se informar sobre a oferta das atividades, inscrever-se, participar

Figura 4.26: Pergunta enviada no Discord sobre como solicitar atividades complementares.

O aluno deverá solicitar à Coordenação do Curso a inclusão da carga-horária de atividades complementares em seu histórico escolar, através de requerimento específico e devidamente comprovado, mediante declaração ou certificado informando a carga-horária, período de realização, aproveitamento e frequência. O pedido será analisado pelo Coordenador do Curso ou por uma comissão designada para esse fim, que poderá deferir ou indeferir o pedido, com base nestas normas. Os casos omissos serão analisados pelo Colegiado de Curso.

Figura 4.27: Trecho do documento do PPC (Projeto Pedagógico do curso) referente a atividades complementares.

4.9 Síntese dos Resultados

Os resultados obtidos durante os testes indicam que a Minerva cumpre os requisitos funcionais definidos no projeto, entregando respostas contextualizadas, realizando consultas eficientes em documentos e planilhas e mantendo comunicação estável com as plataformas integradas. A arquitetura demonstrou ser consistente, modular e alinhada às necessidades de um assistente virtual acadêmico.

Embora a avaliação tenha sido realizada em ambiente controlado, os achados fornecem uma base sólida para o avanço do sistema em direção a um piloto institucional, no qual novas métricas poderão ser coletadas, especialmente em relação à percepção dos usuários, à redução efetiva da sobrecarga da coordenação e ao comportamento do sistema sob maior volume de consultas.

Capítulo 5

Considerações Finais

O desenvolvimento da Minerva, um assistente virtual voltado para o suporte acadêmico nas coordenações de curso, apresentou resultados expressivos em termos de utilidade, precisão e experiência de uso. Os testes realizados com usuários externos demonstraram que o sistema é capaz de responder a perguntas com boa clareza e consistência, desde que as informações estejam presentes na base documental utilizada pelo modelo.

A análise quantitativa revelou que 50% dos participantes realizaram entre 1 e 10 perguntas, enquanto 40% fizeram entre 11 a 20 interações, indicando forte interesse e curiosidade sobre o funcionamento do assistente. Em relação à qualidade das respostas, as avaliações foram predominantemente positivas: 50% atribuíram nota 8, 30% concederam nota 9, enquanto as notas 5 e 10 receberam 10% cada. Esses resultados reforçam a percepção de que o assistente cumpre bem seu propósito principal.

Os comentários qualitativos trouxeram informações essenciais sobre os pontos fortes e as limitações da Minerva. Entre os aspectos positivos, os usuários destacaram a clareza das respostas, a forma amigável de apresentação, o padrão visual organizado e a capacidade do sistema de lidar com perguntas mais extensas e contextualizadas. A postura segura do bot ao evitar assuntos fora do escopo institucional também foi amplamente reconhecida.

Entretanto, a avaliação também evidenciou limitações importantes. A mais recorrente refere-se à dependência total do sistema em relação aos documentos fornecidos. Quando a informação solicitada não aparece nos arquivos da base RAG, o bot não é capaz de respondê-la de maneira satisfatória. Um exemplo citado pelos participantes é a incapacidade da Minerva de fornecer detalhes específicos da **grade curricular**, como *qual professor ministra a disciplina de Algoritmos*, uma vez que tais dados não estavam presentes na documentação disponibilizada. Além disso, foram mencionadas dificuldades em responder perguntas mais específicas sobre o HIFPB e o uso de termos informais do ambiente universitário, como “cadeira” em vez de “disciplina”.

Os usuários também sugeriram a ampliação de documentos institucionais na base, como editais de monitoria, IVS e PAPE, de modo a tornar o sistema mais completo e atualizado. Tais sugestões reforçam que o potencial de evolução da Minerva está diretamente ligado à incorporação progressiva de novos materiais oficiais.

Assim, o principal vetor de melhoria continua sendo a expansão contínua das fontes de informação utilizadas no sistema de Recuperação de Informação (RAG). Esse processo já está em andamento e ocorre de forma progressiva, acompanhado do enriquecimento automático do *FAQ* um recurso já implementado que, ao longo do tempo, tende a agregar informações não documentadas a partir das dúvidas recorrentes dos próprios usuários.

Em síntese, os resultados indicam que a Minerva é uma ferramenta funcional e útil, demonstrando ser capaz de apoiar estudantes e reduzir a demanda por respostas manuais da coordenação. Ainda que apresente limitações relacionadas à abrangência de sua base documental, o projeto comprova a viabilidade de integrar técnicas de IA generativa ao ambiente acadêmico institucional. Com atualizações periódicas, enriquecimento lexical e incorporação de novos documentos, a Minerva tem potencial para tornar-se um canal centralizado de informações para estudantes, promovendo autonomia, agilidade e organização na comunicação acadêmica.

5.1 Trabalhos Futuros

Apesar dos resultados positivos, ainda há diversas oportunidades de evolução para o assistente. Entre os principais trabalhos futuros, destacam-se:

- **Integração com o HIFPB:** aprimorar o assistente conectando-o diretamente ao sistema acadêmico do campus, permitindo que o bot responda dúvidas específicas sobre horários, professores, componentes curriculares, matrícula e informações atualizadas da grade curricular.
- **Integração Contínua de Editais e Notícias Institucionais:** automatizar a coleta e indexação de novos editais assim que publicados, garantindo que o bot permaneça atualizado sem necessidade de intervenção manual.
- **Sistema de Notificações Automáticas utilizando o Calendário Acadêmico:** permitir que o bot envie alertas sobre matrículas abertas, prazos institucionais, lançamento de novos editais e eventos do campus, aumentando o engajamento e a utilidade prática do sistema.
- **Validação Automática de Certificados por Arquivo:** implementar um módulo capaz de receber arquivos de certificados enviados pelos usuários e validá-los automaticamente, reduzindo a carga manual da coordenação.

Em suma, o assistente virtual apresentou resultados promissores, demonstrando potencial para se tornar uma ferramenta institucional robusta e amplamente utilizada pelos estudantes. Com a implementação dos trabalhos futuros sugeridos, espera-se que o sistema alcance maior abrangência, precisão e autonomia, consolidando-se como um suporte indispensável no contexto acadêmico do IFPB.

Referências Bibliográficas

- [1] BARBOSA, I., CAMPELO, C. “Processamento de Linguagem Natural em Artefatos Textuais Educacionais: Um Mapeamento Sistemático no Contexto Brasileiro”. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pp. 981–990. SBC, 2020.
- [2] WILGES, B., RIBAS, M., CATAPAN, A., et al. “Sistemas multiagentes: mapeando a evasão na educação a distância”, *Renote – Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 10, n. 2, pp. 1–9, 2012.
- [3] ADAMATTI, D. “Simulação Baseada em Multiagentes como Ferramenta em Estudos Interdisciplinares”, *Renote – Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 9, n. 2, pp. 1–10, 2011.
- [4] CETIC.BR. “TIC Domicílios 2022: Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Domicílios Brasileiros”. 2022. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/domicilios/2022>. Acesso em: 23 set. 2025.
- [5] HARTMANN, N., FONSECA, E., SHULBY, C., et al. “Portuguese Word Embeddings: Evaluating on Word Analogies and Natural Language Tasks”. In: *Proceedings of the 11th Brazilian Symposium in Information and Human Language Technology*, pp. 122–131. SBC, 2017.
- [6] ASAI, A., WU, Z., WANG, Y., et al. “Self-RAG: Learning to Retrieve, Generate, and Critique through Self-Reflection”. In: *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*. Association for Computational Linguistics, 2023.
- [7] RIBEIRO, L., ARAÚJO, P., OLIVEIRA, L., et al. “Processamento de Linguagem Natural aplicado à Classificação de Decretos Administrativos Brasileiros”. In: *Anais do XXVI WebMedia*, pp. 257–264. SBC, 2020.
- [8] CARMO, J. “Embeddings semânticos aplicados a documentos jurídicos brasileiros”, *Revista Brasileira de Inteligência Artificial*, v. 12, n. 1, pp. 45–59, 2024.

- [9] ALMEIDA, N. “KlebIA – Assistente virtual desenvolvida para a disciplina de Processamento de Linguagem Natural da UFCG”. LinkedIn, 2025. Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/naiara-almeida-76a13b256_klebia-assistente-virtual-desenvolvida-activity-7374841805625970688-FZSz. Acesso em: 20 set. 2025.
- [10] SILVA, V. F. D. “Assistente Virtual para Coordenador de Curso: Aplicação de LLMs à Gestão de Perguntas Frequentes em um Curso de Graduação”. 2025.

Apêndice A

Questionário de Avaliação da Minerva

Este apêndice apresenta o formulário utilizado para coletar a opinião dos usuários sobre a Minerva, avaliando a experiência geral de uso, quantidade de perguntas feitas, precisão nas respostas e sugestões de melhoria.

Formulário aplicado

1. Quantas perguntas você fez para o bot?

- De 1 a 10 perguntas.
- De 11 a 20 perguntas.
- Mais de 20 perguntas.

2. Em uma escala de 0 a 10, qual sua avaliação para a Minerva, levando em consideração a relação entre perguntas feitas e respostas corretas recebidas?

Escala de 0 (Ruim) a 10 (Ótimo)

3. Considerações finais

Descreva quais considerações você teve sobre o bot (quais pontos você considera que devem ser melhorados, quais pontos achou interessantes, que melhorias você sugere, etc.).

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquilino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC corrigido de Eduardo

Assunto:	TCC corrigido de Eduardo
Assinado por:	Henrique Nascimento
Tipo do Documento:	Tese
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Documento Original

Documento assinado eletronicamente por:

- Henrique do Nascimento Cunha, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCEC-CG, em 25/02/2026 17:00:05.

Este documento foi armazenado no SUAP em 25/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1779257
Código de Autenticação: ca8d242957

