

Instituto Federal de Educação, Ciência e Teconologia da Paraíba - IFPB
Coordenação da Área de Informática (COAIN)
Bacharelado em Engenharia da Computação

Heitor Brunini Araújo Barbosa

ILANA: CHATBOT INTELIGENTE PARA ATENDIMENTO E GESTÃO DE
PEDIDOS VIA WHATSAPP

Campina Grande
2026

Heitor Brunini Araújo Barbosa

ILANA: CHATBOT INTELIGENTE PARA ATENDIMENTO E GESTÃO DE
PEDIDOS VIA WHATSAPP

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: Danyllo Wagner Albuquerque

Campina Grande
Março de 2026

Catálogo na fonte:
Ficha catalográfica elaborada por Gustavo César Nogueira da Costa – CRB 15/479

B238i Barbosa, Heitor Brunini Araújo..

Ilana: chatbot inteligente para atendimento e gestão de pedidos via WhatsApp / Heitor Brunini Araújo Barbosa. - Campina Grande, 2026.

53f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia de Computação) - Instituto Federal da Paraíba, 2026.

Orientador: Prof. Danyllo Wagner Albuquerque

1. Engenharia de computação. 2. Chatbots. 3. Inteligência artificial - processamento de linguagem natural. 4. Automação de atendimento - whatsapp. I. Albuquerque, Danyllo Wagner. II Título.

CDU 004.8

Agradecimentos

Agradeço,

A Deus, pela força, sabedoria e orientação em todos os momentos desta jornada. À minha família, pelo amor, suporte e apoio incondicional durante toda a graduação. Ao meu orientador, **Prof. Danylo Albuquerque**, pela dedicação, incentivo e contribuições fundamentais para meu crescimento profissional. E, por fim, à comunidade de código aberto, cuja colaboração e partilha de conhecimento tornaram possível o desenvolvimento e a conclusão deste projeto.

RESUMO

O uso do WhatsApp como principal canal de comunicação entre pequenos negócios e clientes tem ampliado a necessidade de soluções automatizadas que garantam atendimento rápido, organizado e de baixo custo, uma vez que o atendimento manual está sujeito a atrasos, falhas no registro de pedidos e aumento de custos operacionais. Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver e avaliar o Ilana, um chatbot inteligente para automação do atendimento ao cliente e gestão de pedidos via WhatsApp. A solução foi implementada por meio de uma abordagem iterativa, integrando automação web com Selenium, um modelo de linguagem de grande porte (LLM), backend em Spring Boot, banco de dados MySQL e interface gráfica em PyQt. A avaliação foi realizada por meio de validação offline em ambiente controlado e validação online com usuários, utilizando o Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). Os resultados indicaram elevada taxa de acerto na extração de informações, tempos de resposta adequados ao uso em tempo real e alto nível de aceitação pelos usuários. Conclui-se que o Ilana é uma solução tecnicamente viável, eficiente e com potencial de aplicação prática na automação do atendimento em pequenos negócios.

ABSTRACT

The use of WhatsApp as the main communication channel between small businesses and customers has increased the demand for automated solutions capable of providing fast, organized, and low-cost customer service, since manual service is prone to delays, order registration errors, and higher operational costs. In this context, this work aims to develop and evaluate Ilana, an intelligent chatbot designed to automate customer service and order management via WhatsApp. The solution was implemented using an iterative approach, integrating web automation with Selenium, a large language model (LLM), a Spring Boot backend, a MySQL database, and a PyQt-based graphical interface. The evaluation was carried out through offline validation in a controlled environment and online validation with users using the Technology Acceptance Model (TAM). The results indicate a high accuracy rate in information extraction, response times suitable for real-time use, and a high level of user acceptance. It is concluded that Ilana is a technically viable, efficient solution with strong potential for practical application in small business customer service automation.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1	Introdução	1
1.1	Problemática	1
1.2	Objetivo	2
1.3	Metodologia	2
1.4	Relevância e Justificativa	3
1.5	Estrutura do Trabalho	4
2	Fundamentação Teórica	5
2.1	Inteligência Artificial e Modelos de Linguagem	5
2.2	Chatbots e Automação de Atendimento	6
2.3	Serviços de Mensageria	6
2.4	Tecnologias Utilizadas no Projeto	7
2.5	Trabalhos Relacionados	8
2.6	Considerações Finais do Capítulo	10
3	Desenvolvimento da Solução	11
3.1	Breve histórico	11
3.2	Requisitos do Sistema	12
3.3	Metodologia	14
3.4	Escolha de Tecnologias e Ferramentas	23
3.5	Considerações Finais do Capítulo	24
4	Avaliação da Solução	25
4.1	Validação Offline em Ambiente Controlado	25
4.2	Validação Online por meio do Modelo TAM	29
4.3	Limitações Identificadas	31
4.4	Considerações do Capítulo	31

SUMÁRIO

5	Considerações Finais	33
5.1	Contribuições	33
5.2	Implicações	34
5.3	Trabalhos Futuros	34
	Referências Bibliográficas	36
A	Cronograma de Atividades	39
B	Instrumento de Avaliação pelo Modelo TAM	41
C	Protocolo da Validação Online	43

Lista de Figuras

3.1	Diagrama de caso de uso do sistema Ilana.	13
3.2	Etapas da metodologia adotada no desenvolvimento do sistema Ilana.	15
3.3	Visão geral da arquitetura do sistema Ilana.	16
3.4	Fluxo de comunicação entre os componentes do sistema Ilana.	19
3.5	Interface administrativa do sistema Ilana durante a execução dos testes funcionais de automação.	21
4.1	Interação entre o chatbot Ilana e o cliente durante um teste de atendimento automatizado.	28

Lista de Tabelas

4.1	Resultados da avaliação pelo modelo TAM (n = 12)	30
A.1	Cronograma de atividades do desenvolvimento do sistema Ilana . . .	40

Capítulo 1

Introdução

1.1 Problemática

O avanço das tecnologias digitais modificou de forma significativa a relação entre empresas e consumidores, intensificando a demanda por atendimentos cada vez mais rápidos, personalizados e disponíveis de forma contínua [Carmo e Siqueira 2025]. Nesse contexto, a comunicação instantânea tornou-se um fator crítico para a competitividade dos negócios, especialmente nos setores de comércio, vendas e serviços [9]. No Brasil, esse fenômeno é ainda mais evidente devido à centralidade que aplicativos de mensagens assumiram no cotidiano da população, com destaque para o *WhatsApp* como principal meio de interação entre empresas e clientes [DataReportal 2024].

Embora amplamente utilizado como canal comercial, grande parte dos pequenos empreendedores ainda realiza o atendimento de forma manual, por meio de trocas diretas de mensagens, o que impõe sérias limitações operacionais [Sousa 2025]. Entre os principais problemas observados estão a sobrecarga de atendimentos em horários de pico, a demora nas respostas, a ausência de padronização nas informações fornecidas, a dificuldade no registro de pedidos e a perda de dados relevantes para a gestão do negócio [SEBRAE 2023]. Esses fatores impactam diretamente a experiência do cliente e comprometem a eficiência dos processos internos.

Estudos indicam que a falta de automação nos canais de atendimento está diretamente associada a falhas operacionais, aumento de retrabalho, insatisfação dos clientes e redução da capacidade de crescimento dos pequenos negócios [Adamopoulou e Moussiades 2020]. Além disso, a dependência excessiva de atendimento humano torna o serviço vulnerável a indisponibilidades, erros recorrentes e limitações de escala, especialmente em contextos de alta demanda, como promoções, datas comemorativas e horários noturnos [Moreira e Mignoni 2021].

Diante desse cenário, observa-se uma lacuna significativa entre a ampla utilização das plataformas de mensageria para fins comerciais e a adoção efetiva de soluções

automatizadas que auxiliem na organização do atendimento, no controle de pedidos e na gestão das interações com os clientes. Essa lacuna evidencia um problema concreto de natureza operacional, tecnológica e gerencial, cuja superação exige soluções acessíveis, eficientes e adaptadas à realidade dos pequenos empreendedores.

1.2 Objetivo

Desenvolver um chatbot inteligente, chamado **Ilana** com ferramentas gratuitas, capaz de realizar atendimento automatizado e gerenciar pedidos via WhatsApp, utilizando inteligência artificial e automação web para proporcionar uma comunicação eficiente e personalizada com os clientes. O sistema deve integrar um backend em *Spring Boot* para o gerenciamento e armazenamento dos dados, assegurando consistência e integridade das informações trocadas entre o chatbot e o banco de dados.

Para atingir o objetivo dentro do objetivo geral, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Implementar um sistema de automação via Selenium para envio e leitura de mensagens no WhatsApp Web;
- Integrar um modelo de linguagem (LLM) para gerar respostas contextuais e humanizadas;
- Desenvolver uma interface gráfica em PyQt para monitoramento e controle do chatbot;
- Implementar funcionalidades como histórico de conversas, controle de fluxo de pedidos e agendamento de mensagens;
- Armazenar dados, como pedidos e mensagens agendadas, em um banco de dados em nuvem, utilizando uma API desenvolvida em Spring Boot;
- Proporcionar uma solução de fácil e sem custo com uso voltado a pequenos empreendedores do setor de vendas e delivery.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do é de natureza aplicada, com abordagem prática e iterativa. O projeto será desenvolvido utilizando práticas de prototipagem e integração contínua, visando obter resultados funcionais em ciclos curtos de desenvolvimento. As etapas estão organizadas da seguinte forma:

1. **Levantamento de requisitos:** identificação das necessidades de automação, atendimento e gestão de pedidos voltadas a pequenos negócios;
2. **Definição das tecnologias:** escolha das ferramentas e frameworks que comporão a solução, como Python, Selenium, PyQt5, Spring Boot e bancos de dados relacionais;
3. **Desenvolvimento do chatbot:** implementação da lógica de leitura e envio de mensagens no WhatsApp Web, integração com modelo de linguagem e estrutura de controle de fluxo;
4. **Construção da interface gráfica:** desenvolvimento de uma aplicação com PyQt5 que permita visualizar logs, pedidos e controlar o funcionamento do bot em tempo real;
5. **Implementação do backend:** criação de uma API REST em Spring Boot responsável por armazenar e recuperar dados do sistema, como pedidos, clientes e mensagens agendadas;
6. **Integração com banco de dados:** configuração de um banco de dados em MySQL para armazenamento persistente das informações, garantindo segurança, escalabilidade e disponibilidade;
7. **Testes funcionais e de integração:** validação do comportamento do sistema em diferentes cenários de uso, análise de desempenho e correção de falhas identificadas;
8. **Documentação do projeto:** registro detalhado das funcionalidades implementadas, decisões técnicas, arquitetura do sistema e resultados obtidos ao longo do desenvolvimento.

1.4 Relevância e Justificativa

A relevância deste trabalho está associada à crescente necessidade de soluções tecnológicas acessíveis que promovam a automação do atendimento e a gestão eficiente de pedidos, especialmente no contexto dos pequenos empreendedores. Muitos desses negócios ainda operam de forma predominantemente manual, utilizando anotações dispersas, aplicativos básicos de mensagens e processos pouco estruturados, o que gera dificuldades para lidar com o aumento da demanda, a padronização do atendimento, a organização das informações e o controle adequado dos pedidos.

A adoção de um *chatbot* integrado ao *WhatsApp*, com suporte de inteligência artificial, representa uma alternativa de baixo custo e alta efetividade, capaz de

melhorar significativamente a qualidade do atendimento ao cliente, reduzir o tempo de resposta, minimizar erros operacionais, evitar perdas de solicitações e aumentar a produtividade dos gestores. Além disso, a automação do atendimento possibilita a oferta de suporte contínuo, inclusive fora do horário comercial, ampliando a disponibilidade do serviço sem a necessidade de expansão da equipe humana.

Adicionalmente, o uso de um *backend* estruturado em *Spring Boot* proporciona maior confiabilidade, organização e segurança no armazenamento dos dados, aspecto essencial para ambientes comerciais que lidam com informações sensíveis, como dados de clientes, históricos de pedidos e agendamentos. Essa arquitetura também favorece a escalabilidade do sistema, permitindo sua adaptação a cenários de maior volume de acessos e integrações futuras com outras plataformas.

Do ponto de vista acadêmico, o projeto contribui para a área de sistemas de informação e inteligência artificial aplicada ao integrar automação web, modelos de linguagem e arquitetura baseada em serviços em uma solução realista e funcional. Além de servir como estudo de caso prático para aplicações de *chatbots* em contextos comerciais, o trabalho também oferece subsídios para pesquisas futuras em automação de atendimento, interação humano-computador e engenharia de software aplicada. Dessa forma, o trabalho justifica-se tanto pelo impacto social e econômico potencial quanto pela contribuição técnica e científica no contexto da computação aplicada.

1.5 Estrutura do Trabalho

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

No **Capítulo 1**, apresenta-se a introdução ao tema, incluindo a contextualização do problema, os objetivos, a metodologia adotada e a organização geral do trabalho.

O **Capítulo 2** corresponde à fundamentação teórica, na qual são abordados os principais conceitos relacionados ao projeto, como inteligência artificial, chatbots, automação de atendimento e o uso do WhatsApp como canal de comunicação.

No **Capítulo 3**, são especificados os detalhes técnicos do sistema proposto, abrangendo o cronograma de atividades, os requisitos funcionais e não funcionais, a escolha das tecnologias e das ferramentas utilizadas, bem como um breve histórico do desenvolvimento do projeto.

O **Capítulo 4** apresenta os resultados dos testes realizados, com análises do desempenho e do funcionamento do chatbot em situações reais.

Por fim, o **Capítulo 5** apresenta as considerações finais, incluindo as conclusões do trabalho, as limitações identificadas e sugestões para pesquisas e melhorias futuras.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Este capítulo desempenha papel essencial na contextualização conceitual e tecnológica de qualquer solução computacional, pois estabelece os princípios que sustentam as decisões de projeto adotadas ao longo do desenvolvimento. Neste capítulo, são apresentados os principais conceitos, tecnologias e estudos científicos relacionados ao uso de *chatbots*, inteligência artificial, modelos de linguagem e automação de atendimento por meio de serviços de mensageria.

O objetivo é fornecer a base teórica necessária para a compreensão da proposta do sistema **Ilana**, situando-o no cenário atual da automação de serviços digitais, do uso de modelos de linguagem em aplicações práticas e da adoção massiva do WhatsApp como canal de comunicação entre empresas e clientes. Além disso, este capítulo apresenta as tecnologias empregadas no projeto e discute trabalhos correlatos, permitindo uma análise comparativa entre a solução proposta e outras abordagens da literatura.

2.1 Inteligência Artificial e Modelos de Linguagem

A Inteligência Artificial (IA) é um campo da ciência da computação voltado para o desenvolvimento de sistemas capazes de simular a capacidade cognitiva humana, incluindo aprendizado, raciocínio, reconhecimento de padrões e tomada de decisão. Nas últimas décadas, os avanços em *machine learning* e *deep learning* possibilitaram a criação de modelos cada vez mais sofisticados, capazes de processar grandes volumes de dados e gerar respostas em linguagem natural [5].

Entre essas inovações destacam-se os Grandes Modelos de Linguagem (do inglês, LLMs – *Large Language Models*), treinados com extensos conjuntos de dados textuais e baseados em arquiteturas de *Transformers*, que permitem compreender o contexto de uma interação e gerar respostas coerentes e contextualizadas [Adamopoulou e Moussiades 2020]. Exemplos notáveis incluem o GPT (Generative Pre-trained Transformer), o LLaMA (Large Language Model Meta AI) e o Gemma3,

modelo de última geração desenvolvido pelo Google DeepMind.

Com o crescimento do uso de LLMs em aplicações locais e corporativas, surgiram também soluções voltadas à execução e gerenciamento desses modelos em ambientes controlados, como o **Ollama**. Essa ferramenta fornece uma interface para executar e gerenciar modelos de linguagem diretamente em máquinas locais, sem depender de serviços em nuvem. O Ollama permite o carregamento, cache e execução de modelos em formato *GGUF*, otimizando o desempenho e garantindo privacidade dos dados durante a inferência [Ollama 2025].

Na área de atendimento automatizado, os LLMs representam um avanço significativo em relação aos chatbots baseados em regras, permitindo interações mais fluidas, personalizadas e humanizadas, adaptando-se às intenções e ao estilo de linguagem do usuário [Soares e Silva 2025].

2.2 Chatbots e Automação de Atendimento

Os **chatbots** são sistemas de software desenvolvidos para simular conversas humanas, geralmente por meio de mensagens de texto ou voz. Segundo Costa (2024), eles podem ser classificados em duas categorias principais:

1. **Baseados em regras:** funcionam a partir de fluxos pré-programados e limitados, respondendo apenas a comandos específicos.
2. **Baseados em inteligência artificial:** utilizam técnicas de *processamento de linguagem natural* (PLN) para interpretar e responder dinamicamente às solicitações dos usuários.

Nos últimos anos, os chatbots tornaram-se ferramentas essenciais para empresas que buscam otimizar o atendimento ao cliente, oferecendo vantagens como redução de custos operacionais, diminuição do tempo de resposta, atendimento contínuo e registro organizado das interações [Vieira 2024, Soares e Silva 2024].

Entretanto, desafios ainda persistem, como a necessidade de treinamento de modelos de linguagem adaptados ao contexto empresarial, à linguagem informal dos usuários e às particularidades culturais da comunicação digital no Brasil [Andrade e Tumelero 2022].

2.3 Serviços de Mensageria

O **WhatsApp** consolidou-se como a principal plataforma de comunicação no Brasil, utilizada por milhões de pessoas tanto para fins pessoais quanto profissionais. Sua popularidade levou ao surgimento do **WhatsApp Business**, uma versão voltada a

empresas que permite o uso de recursos adicionais para atendimento automatizado e envio de mensagens corporativas.

De acordo com o portal Saúde Business (2023), **89% dos usuários brasileiros já interagiram com robôs em atendimentos realizados por empresas via WhatsApp**, o que demonstra a ampla penetração dessa tecnologia no mercado nacional [Business 2023]. Essa realidade evidencia o potencial do aplicativo como um canal estratégico para a automação de serviços e a gestão de relacionamentos com clientes.

Entretanto, o uso da API oficial do WhatsApp apresenta limitações para pequenos empreendedores devido a custos e políticas de acesso restritivas. Como alternativa, abordagens de automação baseadas em navegadores, como o uso do *Selenium WebDriver*, permitem a integração programática com o WhatsApp Web, possibilitando a criação de chatbots personalizados sem dependência de APIs comerciais.

2.4 Tecnologias Utilizadas no Projeto

O desenvolvimento do **Ilana** envolveu a integração de diversas tecnologias, cada uma desempenhando um papel essencial na composição e funcionamento da arquitetura do sistema. A combinação entre ferramentas de automação, inteligência artificial e desenvolvimento web resultou em uma solução robusta, modular e escalável. A seguir, são apresentadas as principais tecnologias empregadas:

- O **Selenium** foi empregado como o núcleo da automação do sistema, responsável por interagir com o *WhatsApp Web* de forma programática. Integrado ao módulo em *Python*, ele permitiu capturar mensagens, interpretar comandos e responder automaticamente aos clientes, simulando o comportamento de um atendente humano dentro do navegador.
- O **PyQt5** foi integrado ao módulo de automação para fornecer uma interface gráfica administrativa. Essa interface possibilitou ao operador visualizar logs de conversas, acompanhar pedidos e controlar a execução do chatbot em tempo real, recebendo dados diretamente do módulo Python por meio de eventos assíncronos (*signals and slots*).
- O **Spring Boot**, desenvolvido em *Java*, foi utilizado para compor o backend do sistema, funcionando como intermediário entre o chatbot e o banco de dados. A API REST implementada com esse framework recebeu as informações processadas pelo bot, armazenando-as e atualizando-as no banco de dados de maneira segura e escalável.

- O **MySQL** foi o sistema de banco de dados adotado para garantir a persistência das informações do sistema, armazenando históricos de conversas, pedidos e status de entrega. Sua integração direta com o backend em Spring Boot, por meio do *Spring Data JPA*, permitiu realizar operações de leitura e escrita de forma eficiente e transparente.
- O **Ollama** atuou como servidor local de modelos de linguagem, responsável por hospedar e gerenciar o modelo **Gemma3**. Ele foi integrado ao módulo de automação via biblioteca oficial para linguagem Python, possibilitando o processamento local das mensagens e garantindo privacidade e controle sobre os dados.
- O **Gemma3**, executado pelo Ollama, foi a LLM encarregada de interpretar as mensagens recebidas e gerar respostas contextuais. Sua personalização por meio de um arquivo `.modelfile` permitiu definir regras e formato de saída adequados ao cenário simulado de um estabelecimento com entrega.
- O **JUnit** foi integrado ao backend em *Spring Boot* para validar a lógica de negócio da aplicação. Por meio de testes unitários automatizados, garantiu-se a integridade das operações de cadastro, atualização e recuperação de pedidos, assegurando a confiabilidade do sistema.
- O **Git** foi utilizado como ferramenta de controle de versão e integração contínua, permitindo o gerenciamento colaborativo do código-fonte. Sua adoção assegurou rastreabilidade das alterações, histórico de desenvolvimento e sincronização entre os módulos implementados em diferentes linguagens.

Essa combinação tecnológica proporciona uma solução robusta, escalável e voltada às necessidades de pequenos empreendedores, permitindo a integração eficiente entre automação, processamento de linguagem natural e gestão de dados [Souza e Silva 2021, Soares e Silva 2025].

2.5 Trabalhos Relacionados

Diversos estudos têm evidenciado o crescimento do uso de *chatbots* e soluções de automação de atendimento no Brasil, especialmente em aplicações integradas ao WhatsApp. De acordo com a pesquisa Panorama Mobile Time/Opinion Box, cerca de **89% dos usuários brasileiros já interagiram com robôs em atendimentos via aplicativo**, o que confirma a consolidação desse canal como um meio estratégico de comunicação entre empresas e clientes [Business 2023].

No contexto de serviços públicos, Queiroz e Moura (2025) apresentam o desenvolvimento de um chatbot multimodal baseado em modelos de linguagem de grande escala (LLMs) para o registro de boletins de ocorrência e atendimento de urgência. O sistema permite a interação por texto, áudio, imagem e localização, realizando classificação automática das ocorrências, validações por serviços externos e identificação de lacunas nas denúncias [Queiroz e Moura 2025]. Os autores demonstram resultados positivos em ambiente controlado, destacando o potencial do uso de LLMs para aumentar a acessibilidade, segurança e eficiência na comunicação entre cidadãos e serviços públicos.

No contexto educacional, Rozaes (2025) desenvolveu um chatbot integrado ao WhatsApp para atendimento a alunos e responsáveis em uma instituição de ensino. A solução foi projetada para responder dúvidas frequentes sobre calendário acadêmico, matrícula, boletins e histórico escolar, além de permitir o agendamento de reuniões [Rozaes 2025]. Os resultados do estudo indicaram redução significativa no tempo de resposta e aumento do nível de satisfação dos usuários, evidenciando o impacto positivo da automação no ambiente educacional.

Já Quaresma (2025) apresentou o desenvolvimento de um protótipo de chatbot inteligente voltado ao atendimento automatizado ao cliente, utilizando técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN). O sistema foi construído com ferramentas como Flask, spaCy e ngrok, sendo capaz de identificar intenções básicas, responder automaticamente e registrar interações [Quaresma 2025]. Apesar das limitações relacionadas à simplicidade das respostas, os resultados mostraram viabilidade para aplicações reais e indicaram caminhos para aprimoramentos futuros.

No setor socioassistencial, Santos (2024) investigou o uso de modelos de linguagem para aprimorar o atendimento em sistemas de assistência social. O estudo utilizou o modelo Llama 3.1-7B ajustado com técnicas modernas como QLoRA e RAG, demonstrando respostas contextuais e coerentes, com médias de avaliação superiores a 7,7 por especialistas [Santos 2024]. Apesar do bom desempenho em precisão e tempo de resposta, foram identificadas limitações relacionadas à confiabilidade das informações em cenários mais complexos.

Além disso, estudos como os de Andrade e Tumelero (2022) evidenciam que a adoção de *chatbots* contribui significativamente para a modernização dos processos de relacionamento com o cliente, promovendo ganhos em eficiência, agilidade e redução de custos [Andrade e Tumelero 2022]. De forma complementar, Souza e Silva (2021) destacam o potencial dessas tecnologias para micro e pequenas empresas, enfatizando a viabilidade de soluções de baixo custo com alto impacto operacional [Souza e Silva 2021].

De modo geral, os trabalhos analisados demonstram avanços expressivos no uso de *chatbots* em diferentes domínios — como segurança pública, educação, atendi-

mento ao cliente e assistência social — utilizando desde modelos de PLN tradicionais até LLMs mais recentes. Contudo, observa-se que muitos desses sistemas apresentam alto grau de especialização em um único domínio, dependência de plataformas proprietárias ou complexidade de configuração, o que limita sua adoção por pequenos empreendedores com restrições técnicas e financeiras.

Diferentemente dos trabalhos apresentados, o sistema **Ilana** tem como foco específico o atendimento automatizado e a gestão de pedidos para pequenos negócios comerciais, integrando automação de mensagens no WhatsApp, inteligência artificial e uma arquitetura própria de backend para armazenamento persistente dos dados. Além de responder de forma automatizada, o Ilana concentra-se no controle do fluxo de pedidos, histórico de atendimentos e agendamentos, aspectos pouco explorados de forma integrada nas soluções analisadas. Dessa forma, o presente trabalho avança ao propor uma solução voltada à realidade operacional de micro e pequenos empreendedores brasileiros, combinando acessibilidade, autonomia de uso e foco na gestão do negócio, e não apenas na comunicação isolada.

2.6 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou os principais fundamentos teóricos que sustentam o desenvolvimento do sistema **Ilana**. Foram abordados os conceitos de inteligência artificial e modelos de linguagem, destacando a evolução dos LLMs e sua aplicação em sistemas de atendimento automatizado. Também foram discutidos os *chatbots*, suas classificações, benefícios e desafios, além da relevância dos serviços de mensageria, em especial o WhatsApp, no contexto da automação de atendimento no Brasil.

Adicionalmente, foram apresentadas as tecnologias utilizadas no projeto, bem como um conjunto de trabalhos relacionados que evidenciam o estado da arte e a diversidade de aplicações dos *chatbots* em diferentes domínios. A análise desses trabalhos permitiu identificar lacunas importantes, especialmente no que diz respeito à integração entre atendimento automatizado e gestão de pedidos voltada a pequenos negócios.

Com base nos conceitos, tecnologias e estudos apresentados, estabelece-se o embasamento necessário à compreensão das decisões técnicas adotadas no sistema proposto. Dessa forma, o próximo capítulo aborda o **Desenvolvimento da Solução**, no qual são detalhados a arquitetura do sistema Ilana, seus módulos, o processo de implementação e as funcionalidades desenvolvidas ao longo do projeto.

Capítulo 3

Desenvolvimento da Solução

Este capítulo descreve o processo de concepção e construção do sistema Ilana, detalhando desde a caracterização inicial do problema até a implementação final do protótipo. São apresentados o histórico de motivação da solução, os requisitos funcionais e não funcionais que orientaram o projeto, a arquitetura proposta, as tecnologias selecionadas e a forma como essas decisões se integraram ao ciclo de desenvolvimento.

Além disso, o capítulo explicita a metodologia adotada que guiou a evolução do sistema ao longo do tempo. Dessa forma, busca-se oferecer uma visão estruturada e transparente do desenvolvimento do Ilana, permitindo compreender como as escolhas técnicas e de processo se articularam para materializar a solução proposta.

3.1 Breve histórico

A concepção do projeto Ilana teve origem na observação de dificuldades recorrentes enfrentadas por micro e pequenos empreendedores no uso do WhatsApp como principal canal de atendimento ao cliente. Em muitos desses negócios, o aplicativo é utilizado de forma informal para comunicação, registro de pedidos e acompanhamento de solicitações, sem o apoio de ferramentas específicas de organização e controle.

Essa prática tem resultado em problemas como atrasos no atendimento, falhas no registro de pedidos, perda de informações, dificuldade de consulta ao histórico de conversas e ausência de padronização na comunicação com os clientes. Tais limitações comprometem a eficiência operacional e a qualidade do serviço prestado, especialmente em períodos de maior demanda.

Diante desse contexto, surgiu a proposta de desenvolver uma solução que auxiliasse no atendimento automatizado via WhatsApp, buscando mitigar essas dificuldades e oferecer maior organização ao processo de interação com os clientes. O projeto foi então estruturado de forma progressiva, a partir da definição do problema e da

delimitação de seus objetivos, considerando-se as restrições técnicas e operacionais típicas do público-alvo.

3.2 Requisitos do Sistema

A definição dos requisitos do sistema teve como objetivo delimitar, de forma clara e estruturada, as funcionalidades essenciais e as condições de operação do sistema Ilana. Esses requisitos foram estabelecidos com base no levantamento das necessidades do público-alvo, na análise do problema apresentado no histórico do projeto e nas funcionalidades comumente observadas em sistemas de atendimento automatizado. Os requisitos foram organizados em dois grupos: requisitos funcionais e requisitos não funcionais.

Os **requisitos funcionais** especificam as funcionalidades que o sistema deve oferecer ao usuário e aos operadores, descrevendo os principais serviços providos pela aplicação no contexto do atendimento automatizado via WhatsApp. A seguir, são apresentados os requisitos funcionais identificados para o sistema Ilana:

- RF01 – O sistema deve permitir o envio e a leitura de mensagens via WhatsApp Web de forma automatizada.
- RF02 – O chatbot deve ser capaz de gerar respostas com base em um modelo de linguagem treinado (LLM).
- RF03 – O sistema deve armazenar mensagens, pedidos e interações em um banco de dados.
- RF04 – A interface gráfica deve exibir logs em tempo real, histórico de mensagens e pedidos ativos.
- RF05 – O sistema deve permitir o agendamento de mensagens para envio automático em horários definidos.
- RF06 – O sistema deve permitir o controle manual do bot (iniciar, parar e reiniciar).

A Figura 3.1 apresenta o diagrama de caso de uso do sistema Ilana, que ilustra a relação entre os atores envolvidos e os principais requisitos funcionais definidos. Esse diagrama permite visualizar como as funcionalidades do sistema se distribuem entre os diferentes perfis de interação.

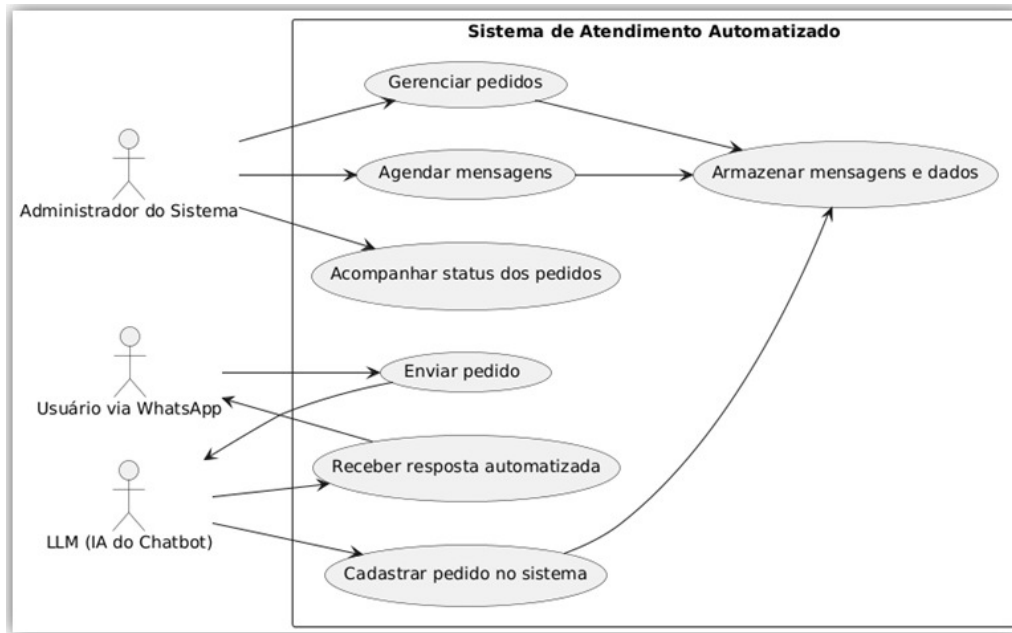


Figura 3.1: Diagrama de caso de uso do sistema Ilana.

No diagrama, o ator *Administrador do Sistema* representa o responsável pela supervisão do funcionamento da aplicação, sendo encarregado de atividades como gerenciamento de pedidos, agendamento de mensagens e acompanhamento do status das solicitações. Já o ator *Usuário via WhatsApp* representa o cliente final, que interage com o sistema por meio do envio de mensagens e da realização de pedidos por meio do WhatsApp Web. Suas solicitações são capturadas pelo módulo de automação em Python, processadas e posteriormente encaminhadas ao backend para o devido registro.

O ator representado como *LLM (IA do Chatbot)* corresponde ao componente responsável pela interpretação das mensagens e geração de respostas automatizadas. Esse módulo atua de forma integrada ao fluxo principal do sistema, auxiliando tanto no entendimento das mensagens quanto na atualização das informações associadas aos pedidos.

Requisitos Não Funcionais. Além das funcionalidades oferecidas, é fundamental que o sistema atenda a requisitos de qualidade relacionados ao seu desempenho, usabilidade, portabilidade e manutenibilidade. Esses aspectos são tratados pelos requisitos não funcionais, que definem as condições sob as quais o sistema deve operar de forma satisfatória.

Os requisitos não funcionais estabelecidos para o sistema Ilana são apresentados a seguir:

- RNF01 – Compatibilidade multiplataforma: o sistema deve ser executável em ambiente *desktop*, com suporte aos sistemas operacionais Windows, Linux

e macOS, desde que possuam um navegador compatível com o *WebDriver* utilizado.

- RNF02 – Desempenho da resposta: o modelo de linguagem deve fornecer respostas em tempo médio inferior a 7 segundos, de modo a garantir fluidez e naturalidade na interação com o usuário.
- RNF03 – Usabilidade da interface: a interface gráfica deve ser intuitiva, responsiva e facilitar o acompanhamento das conversas, o controle do chatbot e a visualização dos pedidos em tempo real.
- RNF04 – Persistência e disponibilidade dos dados: o banco de dados deve assegurar a integridade, a persistência e a disponibilidade das informações armazenadas, podendo ser hospedado em ambiente local ou em nuvem, conforme a infraestrutura disponível.
- RNF05 – Modularidade e manutenibilidade: o sistema deve ser estruturado de forma modular, permitindo fácil manutenção, substituição de componentes e expansão futura das funcionalidades.

Em conjunto, os requisitos funcionais e não funcionais estabelecem a base para o projeto e a implementação do sistema Ilana, servindo de referência para as etapas de desenvolvimento, testes e validação apresentadas nas seções seguintes deste capítulo.

3.3 Metodologia

O desenvolvimento do sistema Ilana foi conduzido com base em uma abordagem **iterativa e incremental**, fundamentada nos princípios da metodologia ágil **Scrum**. Essa escolha se deu pela necessidade de desenvolver e validar o sistema de forma contínua, permitindo ajustes rápidos e entregas frequentes de partes funcionais do software. O projeto foi dividido em **sprints quinzenais**, cada uma com metas específicas, revisões de progresso e integração de novas funcionalidades ao sistema.

A adoção das sprints possibilitou o acompanhamento próximo da evolução do projeto e a priorização de tarefas conforme a complexidade técnica e o impacto funcional. Ao final de cada ciclo, eram realizadas revisões e testes parciais, permitindo a detecção antecipada de falhas e o refinamento do código antes da integração completa. Essa abordagem também favoreceu a comunicação constante com o orientador e a adaptação do escopo conforme as necessidades identificadas durante o desenvolvimento.

A metodologia aplicada foi organizada em cinco etapas principais, representadas na Figura 3.2.

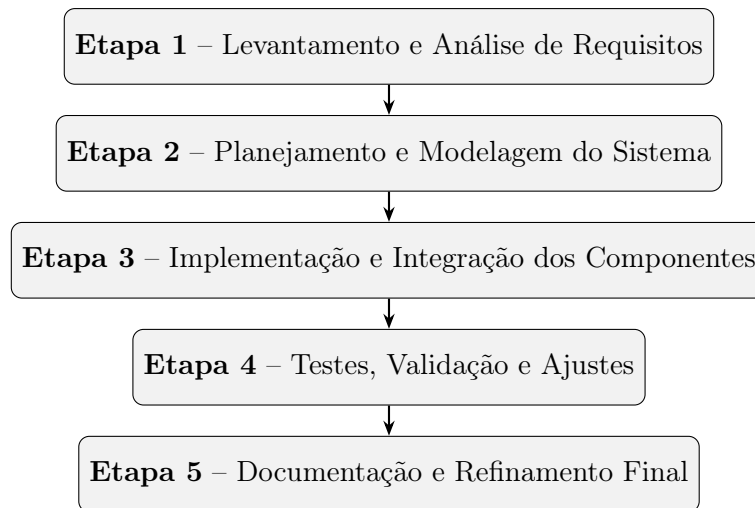


Figura 3.2: Etapas da metodologia adotada no desenvolvimento do sistema Ilana.

Nas subseções seguintes, cada uma dessas etapas é detalhada, apresentando-se os procedimentos adotados, as decisões técnicas envolvidas e os resultados obtidos em cada fase do desenvolvimento.

Etapa 1 – Levantamento e Análise de Requisitos

Nesta fase inicial, foram realizadas análises do problema central e do público-alvo do sistema, com o objetivo de compreender as demandas de pequenas empresas que utilizam o *WhatsApp* como principal canal de atendimento e venda, e que necessitam de uma solução acessível para automatizar o processo de pedidos e interação com clientes. O levantamento de requisitos foi conduzido a partir de três fontes principais: (i) observação direta de rotinas de atendimento em pequenos negócios locais do setor de vendas e delivery, (ii) análise de relatos informais de empreendedores acerca de dificuldades operacionais no uso do WhatsApp como ferramenta comercial, e (iii) estudo de soluções similares descritas na literatura e em trabalhos relacionados.

A observação direta permitiu identificar problemas recorrentes, como demora no atendimento em horários de pico, extravio de pedidos, ausência de padronização nas respostas, dificuldade no controle de status das solicitações e falta de histórico organizado de conversas. Já a análise dos relatos dos empreendedores evidenciou a necessidade de uma solução de baixo custo, de fácil utilização e que não exigisse conhecimentos técnicos avançados para sua operação. Por sua vez, a análise da literatura possibilitou identificar funcionalidades comumente adotadas em sistemas de atendimento automatizado, bem como suas limitações no contexto de pequenos negócios.

Com base nessas fontes, foram definidos os requisitos funcionais do sistema, tais como a automação de mensagens via WhatsApp Web, o registro automático de pe-

dados, o acompanhamento de status, o armazenamento do histórico de interações e a integração com modelos de linguagem natural para geração de respostas. Também foram estabelecidos os requisitos não funcionais, incluindo desempenho, segurança, usabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e escalabilidade. Essa etapa foi fundamental para orientar as decisões de projeto e serviu como base para a definição da arquitetura geral do sistema.

Etapa 2 – Planejamento e Modelagem do Sistema

Com os requisitos definidos, iniciou-se o processo de modelagem e planejamento técnico. Nesta etapa, foi elaborado o **diagrama de arquitetura** que representa a comunicação entre os módulos: *interface gráfica*, *chatbot de atendimento*, *backend de dados* e *modelo de linguagem*.

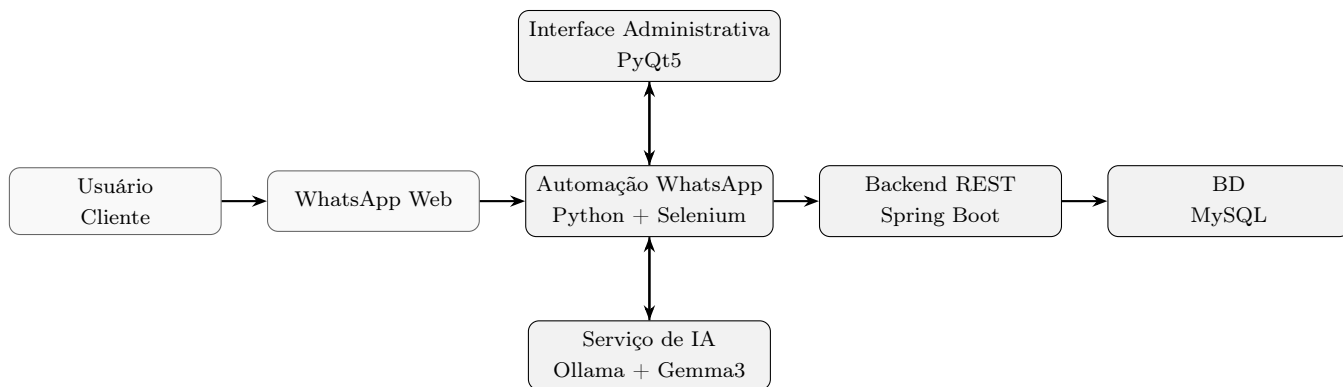


Figura 3.3: Visão geral da arquitetura do sistema Ilana.

A arquitetura adotada seguiu um **padrão modular em camadas**, conforme ilustrado na Figura 3.3, com separação clara entre os principais componentes do sistema e seus fluxos de comunicação. Essa organização visa reduzir o acoplamento entre os módulos, facilitar a manutenção do código e permitir a evolução independente de cada parte da solução. A arquitetura é composta pelas seguintes camadas e componentes:

- **Usuário e canal de mensageria:** o ponto inicial do fluxo corresponde ao cliente, que interage exclusivamente por meio do *WhatsApp Web*. Todas as mensagens enviadas pelo usuário são capturadas a partir desse canal, que atua como interface externa de comunicação do sistema.
- **Camada de automação do WhatsApp (Python + Selenium):** implementada dentro de uma arquitetura **monolítica modular**, esta camada concentra a lógica de automação responsável por intermediar toda a comunicação entre o cliente e o sistema. Por meio do *Selenium WebDriver*, o módulo automatiza o navegador, realizando a leitura das mensagens recebidas

no WhatsApp Web, identificando novos eventos de interação e executando o envio das respostas geradas automaticamente. Além disso, o módulo atua de forma integrada com o backend e com o serviço de inteligência artificial, encaminhando as informações processadas para as demais camadas do sistema, garantindo sincronização e consistência dos dados.

- **Interface administrativa (PyQt5):** posicionada como um módulo auxiliar conectado diretamente ao bot de automação, essa camada fornece ao operador humano uma visão em tempo real do funcionamento do sistema. Por meio dela, é possível acompanhar logs de execução, visualizar pedidos registrados, monitorar conversas ativas e realizar ações administrativas sobre o funcionamento do chatbot. A comunicação entre a interface e o bot ocorre de forma bidirecional, permitindo tanto a visualização quanto o controle das operações.
- **Camada de backend (Spring Boot):** o backend atua como núcleo de processamento e gerenciamento de dados do sistema. Implementado em *Spring Boot*, ele disponibiliza uma *API REST* que recebe as informações capturadas pelo bot, processa a lógica de negócio e coordena as operações relacionadas a clientes, pedidos, mensagens e agendamentos. foi desenvolvido seguindo princípios de **arquitetura de microserviços**, com módulos independentes organizados em pacotes como **controllers**, **services**, **repositories** e **entities**.
- **Camada de persistência (MySQL):** integrada diretamente ao backend, essa camada é responsável pelo armazenamento persistente dos dados do sistema. Todas as informações referentes a pedidos, históricos de atendimento e cadastros de clientes são registradas no banco relacional *MySQL*, assegurando consistência e recuperação das informações sempre que necessário.
- **Camada de inteligência artificial (Ollama + Gemma3):** este módulo, também conectado diretamente ao bot de automação, é responsável pelo processamento semântico das mensagens. O *Ollama* hospeda localmente o modelo *Gemma3*, que interpreta o contexto das mensagens recebidas, identifica intenções, estrutura os dados dos pedidos e gera respostas automáticas coerentes. As respostas produzidas retornam ao bot, que as encaminha ao cliente via WhatsApp Web.

Essa organização arquitetural, conforme apresentada no diagrama, evidencia um fluxo principal de comunicação que parte do usuário, percorre o canal de mensagem, passa pela camada de automação e se distribui para os serviços de backend, persistência e inteligência artificial, retornando posteriormente ao cliente. Essa modelagem orientou todo o desenvolvimento incremental do sistema, permitindo que

cada módulo fosse implementado, testado e validado de forma independente antes de sua integração ao funcionamento completo do Ilana. Como resultado, obteve-se uma arquitetura coesa, flexível e alinhada às necessidades operacionais do sistema.

Etapa 3 – Implementação e Integração dos Componentes

A fase de implementação seguiu o princípio de desenvolvimento incremental, em que cada módulo do sistema foi criado, testado e integrado progressivamente. Essa abordagem permitiu que o projeto evoluísse de forma contínua e controlada, reduzindo o risco de falhas e facilitando o acompanhamento das funcionalidades ao longo do desenvolvimento.

O processo teve início pela construção do núcleo do chatbot, responsável por automatizar interações via *WhatsApp Web*. Nessa etapa, utilizou-se o *Selenium WebDriver* para simular ações humanas no navegador, como leitura e envio de mensagens. Foram desenvolvidos scripts para identificar novas conversas, interpretar o conteúdo das mensagens e enviar respostas automáticas conforme o contexto.

Em seguida, iniciou-se o desenvolvimento do backend, implementado em *Spring Boot*, com o objetivo de fornecer uma camada robusta de persistência e gerenciamento de dados. O backend foi projetado para centralizar o armazenamento de informações de pedidos, contatos e histórico de mensagens, utilizando o *MySQL* como banco de dados relacional. Foram criadas entidades, repositórios e definição de endpoints REST para comunicação com o frontend e com o módulo de automação.

Durante essa fase, também foram utilizados recursos do *Spring Data JPA* para facilitar o acesso ao banco e reduzir a complexidade das operações CRUD. O backend foi desenvolvido de forma estruturada, com classes organizadas em pacotes distintos, o que permite melhor manutenção e escalabilidade futura do sistema.

Paralelamente, ocorreu a implementação da interface administrativa utilizando o *PyQt5*. Essa interface foi concebida para permitir que o operador acompanhasse, em tempo real, o funcionamento do chatbot e o status dos pedidos. Foram criadas abas específicas para o controle do bot (*Chatbot Tab*) e para o acompanhamento de pedidos (*Orders Tab*), com layouts dinâmicos e componentes visuais responsivos.

O código Python foi organizado em pacotes, como `bot.scripts`, `bot.resources` e `ui`, seguindo boas práticas de **programação orientada a objetos** e **modularização**. Essa estrutura favoreceu a clareza, o reuso e a manutenção do sistema.

A arquitetura adotada foi estruturada em camadas lógicas que separam as responsabilidades de automação, interface gráfica e integração com serviços externos. Essa organização permite que o sistema funcione como uma aplicação única, mas com módulos bem definidos e de fácil expansão. A camada de automação, implementada com o *Selenium*, é responsável pela interação com o *WhatsApp Web*; a

camada de apresentação, desenvolvida em *PyQt5*, fornece o painel de controle administrativo; e a camada de integração realiza a comunicação com o *backend Java* e com a *LLM*. Tal estrutura proporciona simplicidade na execução e ao mesmo tempo mantém a flexibilidade necessária para evoluções futuras do projeto.

A comunicação entre o chatbot e a interface gráfica foi implementada por meio do mecanismo de sinais e slots do *PyQt5*, que permite o envio de eventos assíncronos entre componentes. Dessa forma, as mensagens capturadas pelo bot eram exibidas instantaneamente na área de logs da interface, e os novos pedidos detectados eram adicionados automaticamente na aba de acompanhamento.

A integração com a inteligência artificial foi realizada por meio de requisições ao servidor local do *Ollama*, que hospedava o modelo *Gemma3*. Para adequar o modelo ao contexto da aplicação, foi criado um arquivo de configuração denominado “.modelfile”, o qual define a persona do atendente virtual, suas regras de diálogo, o cardápio do estabelecimento de delivery e o formato de resposta em *JSON*. Esse arquivo atua como uma camada de personalização sobre o modelo base, permitindo ajustar o comportamento da LLM às necessidades do sistema sem modificar o código-fonte do *Gemma3*. O uso dessa abordagem possibilitou a criação de uma identidade consistente para o assistente virtual, além de facilitar adaptações futuras para outros contextos de atendimento.

A integração de todos esses componentes: automação com Selenium, backend com Spring Boot, interface *PyQt5* e modelo de IA consolidou a arquitetura modular do *Ilana*, proporcionando um sistema funcional, escalável e de fácil manutenção.

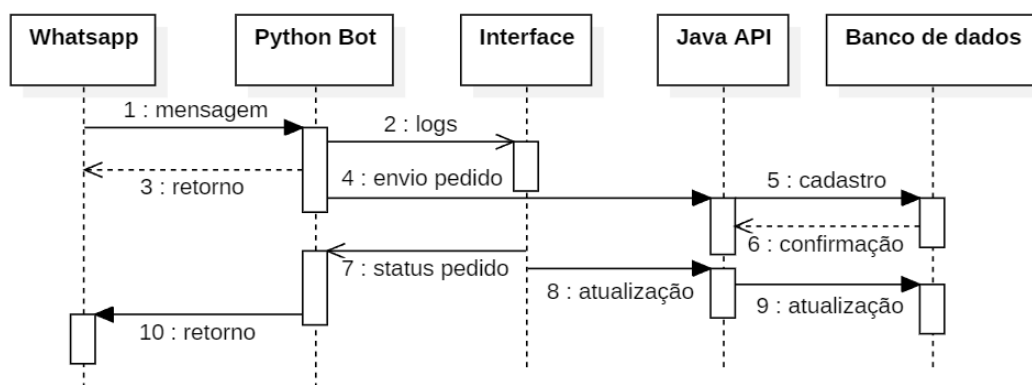


Figura 3.4: Fluxo de comunicação entre os componentes do sistema *Ilana*.

A Figura 3.4 apresenta o fluxo de comunicação entre os principais componentes do sistema *Ilana* durante o processamento de um pedido. O processo tem início quando o usuário envia uma **mensagem** através do *WhatsApp Web*, que é capturada pelo módulo de automação desenvolvido em *Python* (**Python Bot**).

O *bot* registra o evento na **interface administrativa**, enviando **logs** em tempo

real para acompanhamento do operador, e em seguida realiza o **envio do pedido** para a **API Java**, responsável por gerenciar a lógica de negócio e a persistência dos dados. Durante esse fluxo, ocorre também o **processamento semântico** da mensagem pela *LLM* executada via *Ollama*, que interpreta o contexto e estrutura as informações do pedido antes de seu envio à API.

A **API Java**, desenvolvida em *Spring Boot*, realiza o **cadastro do pedido** no banco de dados *MySQL*, retornando uma **confirmação** da operação ao *bot*. Esse retorno é utilizado para assegurar a consistência das informações e confirmar ao cliente que o pedido foi devidamente registrado.

Posteriormente, uma **atualização de status do pedido**, realizada na **interface administrativa**, é transmitida ao *Python Bot*, que processa a alteração e comunica automaticamente a mudança ao cliente via *WhatsApp*. Em paralelo, a atualização também é encaminhada à **API Java**, que sincroniza o novo estado do pedido no banco de dados, garantindo a integridade das informações persistidas.

Esse fluxo evidencia a integração entre as camadas do sistema — automação, backend e persistência — demonstrando como o Ilana coordena o atendimento automatizado, o registro de informações e o acompanhamento de pedidos de forma coesa, eficiente e em tempo real.

Etapa 4 – Testes, Validação e Ajustes

Após a implementação e integração dos módulos do sistema, foi conduzida uma etapa sistemática de testes e validação com o objetivo de verificar a conformidade funcional do sistema Ilana, a integração entre seus componentes e a estabilidade de sua execução em ambiente controlado. O processo de validação foi estruturado em dois eixos principais: testes funcionais de interface e automação e testes automatizados do backend.

Testes funcionais de interface e automação

Os testes funcionais do módulo de automação foram realizados por meio de execuções controladas do sistema utilizando o Selenium WebDriver, caracterizando um processo de validação do tipo *End-to-End* (E2E). O objetivo foi verificar o comportamento do sistema em cenários completos de uso, desde a recepção da mensagem do usuário no WhatsApp Web até o registro e retorno das respostas.

Os testes foram conduzidos em um ambiente controlado, no qual foram simuladas interações com usuários por meio de contas de teste, contemplando os seguintes critérios de validação:

- captura correta das mensagens enviadas pelo usuário no WhatsApp Web;

- envio automatizado das respostas geradas pelo sistema;
- atualização do status dos pedidos na interface administrativa;
- manutenção da sessão ativa do navegador ao longo das execuções;
- funcionamento contínuo do bot em ciclos prolongados de teste.

Durante a execução dos testes, foram identificadas falhas relacionadas à sincronização dos elementos da interface web automatizada, tais como duplicação de respostas e exceções do tipo *stale element reference*, comuns em ambientes baseados na manipulação dinâmica do DOM. Essas falhas foram tratadas por meio do refinamento das rotinas de espera explícita do Selenium, reestruturação dos seletores dos elementos e reorganização dos fluxos de leitura e envio de mensagens.

A Figura 3.5 apresenta a interface administrativa durante a execução dos testes funcionais, evidenciando o registro em tempo real dos eventos processados pelo sistema.

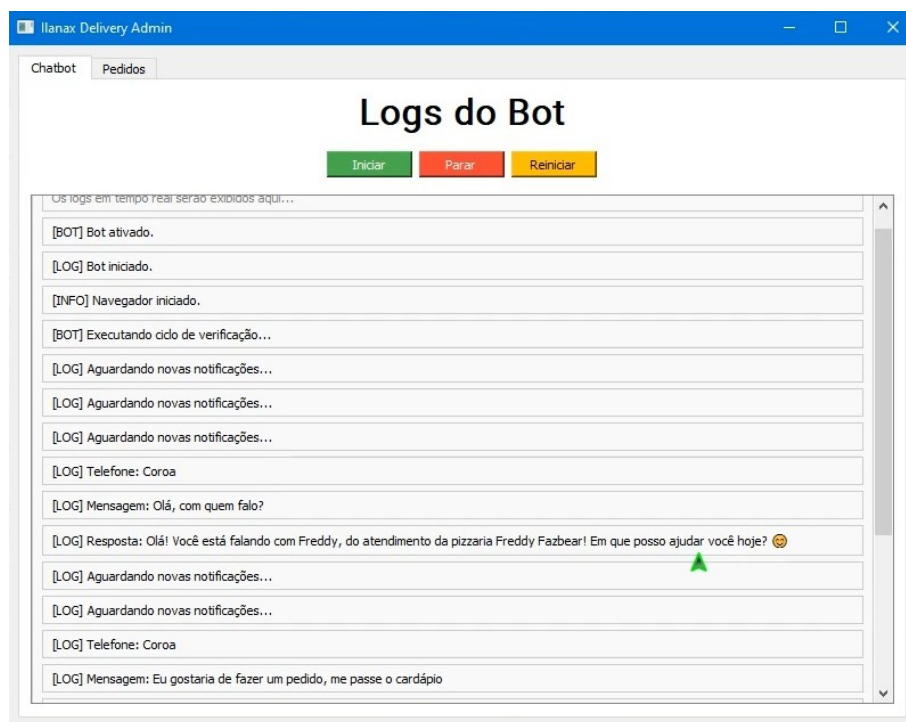


Figura 3.5: Interface administrativa do sistema Ilana durante a execução dos testes funcionais de automação.

Testes automatizados do backend

Em paralelo à validação funcional do módulo de automação, o backend desenvolvido em Spring Boot foi submetido a testes automatizados utilizando os frameworks JUnit e Mockito. Essa etapa teve como finalidade validar a lógica de negócio, a integridade

das operações de persistência e o comportamento das camadas de serviço do sistema de forma isolada.

Foram implementados testes unitários para verificar:

- o comportamento dos métodos responsáveis pelo gerenciamento de pedidos e contatos;
- a consistência das operações de inserção, consulta e atualização realizadas pelos repositórios JPA;
- o tratamento de exceções e os códigos de resposta retornados pelos endpoints REST.

O uso de Mockito possibilitou a simulação das dependências entre as camadas da aplicação, permitindo a execução dos testes de forma isolada, sem a necessidade de acesso direto ao banco de dados ou aos módulos externos. Essa abordagem proporcionou maior precisão na identificação de falhas lógicas e contribuiu para o aumento da confiabilidade do backend.

Resultados da validação

Os resultados obtidos ao final da etapa de testes indicaram que o sistema apresentou comportamento funcional conforme o esperado nos cenários avaliados. As correções aplicadas nos fluxos de automação e nas rotinas de comunicação com o backend resultaram em maior estabilidade da aplicação, melhoria na consistência das respostas e na sincronização entre os módulos.

A validação confirmou que o sistema Ilana encontra-se apto para operação em ambiente controlado, consolidando-se como uma solução funcional de atendimento automatizado e gestão de pedidos via WhatsApp. As limitações observadas concentram-se principalmente em aspectos inerentes à automação via navegador, que dependem diretamente de mudanças estruturais na plataforma web do WhatsApp.

Etapa 5 – Documentação e Refinamento Final

Na etapa final do desenvolvimento, foram elaborados os documentos técnicos e acadêmicos que descrevem de forma sistemática o funcionamento interno do sistema Ilana, sua arquitetura, os módulos que o compõem e as principais decisões de projeto adotadas ao longo do processo. Essa documentação teve como finalidade registrar de maneira estruturada o artefato desenvolvido, assegurando sua compreensibilidade, reprodutibilidade e facilidade de manutenção.

Paralelamente, foram realizados ajustes finais na interface do sistema, visando à melhoria da experiência do usuário, por meio da padronização visual, reorganização

dos elementos gráficos e refinamento da disposição das funcionalidades em abas. Esses ajustes buscaram tornar a interação mais intuitiva e coerente com o fluxo operacional do sistema.

Além disso, foi efetuado o registro do histórico de desenvolvimento do projeto, contemplando versões intermediárias, correções de falhas identificadas nas etapas de testes e as principais melhorias incrementais implementadas. Essa etapa consolidou a base documental necessária tanto para a redação do presente trabalho quanto para futuras manutenções, evoluções e possíveis adaptações do sistema Ilana a novos contextos de uso.

3.4 Escolha de Tecnologias e Ferramentas

As tecnologias apresentadas na fundamentação teórica foram aplicadas de forma integrada no desenvolvimento do sistema **Ilana**, cada uma desempenhando um papel específico na arquitetura geral do projeto. A seguir, são descritas suas aplicações práticas.

- **Automação de Mensagens:** o **Selenium** foi utilizado para automatizar a interface do WhatsApp Web, permitindo que o chatbot lesse e enviasse mensagens de forma autônoma. Essa automação garante comunicação em tempo real e controle sobre os fluxos de conversa.
- **Interface Gráfica:** o **PyQt5** foi empregado na construção da interface desktop administrativa, que possibilita monitorar conversas, visualizar pedidos e gerenciar o funcionamento do chatbot em tempo real.
- **Inteligência Artificial:** o **Ollama** foi utilizado como servidor local para execução de modelos de linguagem, e o **Gemma3** foi o modelo escolhido para interpretação das mensagens e geração de respostas. Essa combinação permite que o sistema opere de forma autônoma e contextualizada, sem depender de APIs externas.
- **Backend e API REST:** o **Spring Boot (Java)** foi empregado na implementação da camada de backend, responsável por gerenciar e persistir os dados do sistema. Por meio de endpoints REST, a aplicação realiza o registro e a recuperação de informações de contatos, pedidos e agendamentos.
- **Banco de Dados:** o **MySQL**, hospedado em ambiente local, foi utilizado para armazenar informações estruturadas, garantindo persistência, integridade e disponibilidade dos dados.

- **Testes Automatizados:** o **JUnit** foi empregado na verificação do comportamento dos serviços do backend, validando operações de persistência, remoção e atualização de registros. Esses testes garantiram a confiabilidade das funcionalidades principais da API.
- **Controle de Versão:** o **Git** foi utilizado para versionar o código-fonte dos módulos em Python e Java, assegurando rastreabilidade e integração entre as partes do sistema. O repositório foi estruturado para facilitar a colaboração e a manutenção do projeto.
- **Ambientes de Desenvolvimento:** o **Visual Studio Code** foi utilizado para o desenvolvimento dos módulos em Python, incluindo automação e integração com o Ollama, enquanto o **Eclipse IDE** foi adotado para o desenvolvimento do backend em Java. O **Maven** foi empregado para o gerenciamento das dependências e automação do processo de build do projeto Spring Boot.

3.5 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foram detalhados os principais aspectos do desenvolvimento do sistema Ilana, desde a motivação inicial e o contexto de uso até as decisões técnicas que orientaram sua implementação. Apresentaram-se o histórico do projeto, os requisitos funcionais e não funcionais, o diagrama de casos de uso e a arquitetura em camadas que organiza os módulos de automação, backend, interface administrativa e inteligência artificial.

Foram descritas ainda as etapas da metodologia de desenvolvimento, o processo de implementação e integração dos componentes, os testes realizados e as tecnologias selecionadas para compor a solução. O cronograma de atividades (Vide Apêndice A) evidenciou a evolução incremental do sistema, destacando o encadeamento entre levantamento de requisitos, modelagem, construção, validação e documentação.

Esses elementos em conjunto estabelecem a base técnica do Ilana como um protótipo funcional de atendimento automatizado e gestão de pedidos via WhatsApp, voltado às demandas de pequenos negócios. No capítulo seguinte, são apresentados os resultados da aplicação do sistema em ambiente controlado, bem como a análise crítica de seu funcionamento, limitações e possíveis melhorias futuras.

Capítulo 4

Avaliação da Solução

Neste capítulo são apresentados os resultados da avaliação do sistema Ilana a partir de dois procedimentos complementares de validação: (i) uma validação *offline*, conduzida pelo próprio autor em ambiente controlado, com foco no comportamento técnico e funcional do sistema; e (ii) uma validação *online*, conduzida com usuários finais por meio da aplicação do modelo de aceitação de tecnologia (*Technology Acceptance Model* – TAM). Essa estratégia permitiu avaliar tanto o desempenho técnico quanto a aceitação percebida da solução.

4.1 Validação Offline em Ambiente Controlado

A validação offline do sistema Ilana foi conduzida em ambiente controlado pelo próprio autor deste trabalho, com o objetivo de verificar o correto funcionamento dos módulos desenvolvidos, a integração entre os componentes da arquitetura, o desempenho temporal das respostas, a estabilidade da automação via navegador e a coerência das respostas geradas pelo modelo de linguagem. Essa etapa caracteriza-se como uma validação funcional e técnica, anterior à avaliação com usuários finais.

Os testes foram executados em um computador desktop com as seguintes configurações: sistema operacional **Windows 10** (64 bits), processador **Intel Xeon E5-2620 v3** com frequência de 2,40 GHz, **24 GB de memória RAM** e placa de vídeo **NVIDIA GeForce RTX 3050** com 6 GB de memória dedicada. O ambiente de automação foi configurado no navegador **Microsoft Edge** (versão 142.0.3595.94 – compilação oficial, 64 bits), utilizando o *WebDriver* correspondente. O **backend em Spring Boot** e o **banco de dados MySQL** foram executados localmente em ambiente de desenvolvimento, enquanto o serviço de **LLM via Ollama** permaneceu ativo durante toda a execução dos testes.

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas duas contas de teste no WhatsApp Web: uma representando o cliente e outra associada ao sistema de automação. A validação foi conduzida por meio de cenários simulados de atendimento,

cada um representando uma situação típica de um serviço de delivery. Foram definidos quatro cenários principais:

- consulta ao cardápio;
- realização de pedido completo;
- confirmação de dados do pedido;
- solicitação de acompanhamento do status.

Cada cenário foi executado cinco vezes, totalizando vinte execuções, com variações linguísticas intencionais nas mensagens enviadas, incluindo uso de gírias, abreviações, erros ortográficos e mudanças na ordem das informações fornecidas. Em todas as execuções foram observados e registrados: tempo de resposta, comportamento do fluxo de diálogo, preenchimento correto dos dados do pedido e registro no banco de dados.

Efetividade da Recuperação de Informações

A efetividade da recuperação de informações foi avaliada com base na capacidade do sistema em identificar corretamente as intenções dos usuários e extrair os dados necessários para a construção do objeto de pedido (`OrderDTO`). Como critério de avaliação, considerou-se como sucesso a correta identificação dos seguintes campos: nome do cliente, endereço de entrega, itens solicitados, quantidade e forma de pagamento.

Nas execuções realizadas, o sistema apresentou taxa de acerto superior a 95% na extração correta dos dados essenciais para a formalização de um pedido. Entre as informações capturadas automaticamente a partir das mensagens do cliente estão: o **nome do cliente**, o **endereço de entrega**, a **lista de itens solicitados** (com *produto*, *tamanho*, *quantidade* e *preço unitário*), a **forma de pagamento** e as **observações adicionais**, como preferências ou restrições alimentares.

Observou-se também que o sistema foi capaz de lidar com entradas fora da ordem esperada, como fornecimento de endereço antes da escolha dos itens, mantendo a consistência do fluxo de diálogo até a finalização do pedido.

Desempenho da LLM

O desempenho da LLM foi avaliado a partir de duas dimensões: coerência das respostas e tempo médio de geração. O tempo de resposta da LLM foi medido considerando o intervalo entre o envio da requisição ao Ollama e o recebimento da resposta completa pelo módulo de automação.

Os tempos observados variaram entre 1,8 s e 2,5 s, com média aproximada de 2,1 s, mostrando-se adequados para um contexto de atendimento automatizado. Em relação à qualidade semântica, o modelo apresentou respostas coerentes com o contexto da conversa, mantendo consistência no tom de atendimento e aderência às informações fornecidas no arquivo de configuração do sistema.

Foram observadas limitações apenas em situações de ambiguidade excessiva, nas quais a LLM solicitou reformulação da pergunta para prosseguir com o atendimento, o que é considerado comportamento aceitável dentro do escopo do sistema.

Desempenho e Tempo de Resposta do Sistema

O tempo total de resposta do sistema foi calculado considerando o intervalo entre o envio da mensagem pelo cliente no WhatsApp Web e o recebimento da resposta automatizada pelo mesmo canal. Esse tempo inclui: captura da mensagem pelo Selenium, processamento pela LLM, envio à API do backend e retorno da resposta ao usuário.

Durante as execuções, o tempo total de resposta variou entre 3 s e 5 s, com média aproximada de 4 s. O backend em Spring Boot apresentou tempos médios inferiores a 200 ms nas operações de inserção e consulta no banco de dados, não representando gargalo significativo no fluxo de atendimento.

Mesmo em sequências contínuas de mensagens, o sistema manteve estabilidade no tempo de resposta, sem degradações perceptíveis de desempenho.

Estabilidade da Integração com o WhatsApp

A estabilidade da automação via WhatsApp Web foi avaliada por meio da execução contínua do sistema por períodos de até duas horas sem interrupções. Durante esse intervalo, o sistema foi capaz de manter a sessão ativa, processar múltiplas interações sequenciais e registrar corretamente os pedidos no banco de dados.

Foram identificadas falhas pontuais relacionadas à estrutura dinâmica do DOM do WhatsApp Web, especialmente erros do tipo *stale element reference*. Essas falhas foram mitigadas por meio do uso de esperas explícitas, revalidação de seletores e reorganização das rotinas de leitura de mensagens.

Também se observou que atualizações automáticas do navegador ou do WebDriver podem comprometer temporariamente a automação, exigindo ajustes manuais no ambiente de execução.

Análise da Usabilidade em Ambiente Controlado

A análise de usabilidade na validação offline foi realizada de forma observacional, considerando a clareza das mensagens, a fluidez do diálogo e a facilidade de condução do atendimento. Em todas as execuções, o fluxo de conversa foi considerado coerente, com perguntas objetivas e respostas progressivas, facilitando a conclusão do pedido.

A Figura 4.1 apresenta um exemplo de interação registrada durante os testes, evidenciando o processo de confirmação de dados do pedido. Observou-se ainda a correta integração entre o módulo de automação e a interface administrativa, que exibiu em tempo real o histórico das mensagens e o status das interações.

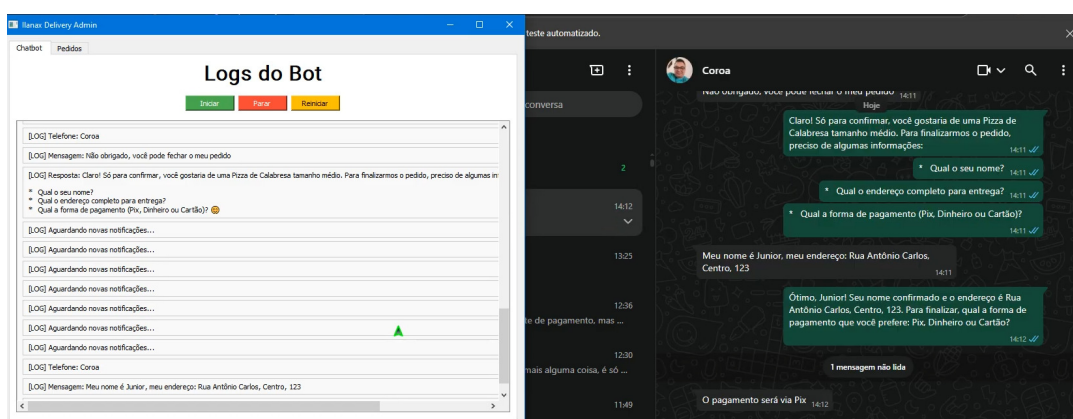


Figura 4.1: Interação entre o chatbot Ilana e o cliente durante um teste de atendimento automatizado.

Para fins de reprodutibilidade e transparência dos experimentos realizados, o código-fonte completo do sistema Ilana — incluindo o módulo de automação em Python, o backend em *Spring Boot* e a interface administrativa desenvolvida em *PyQt5* — encontra-se disponível publicamente no repositório GitHub:

<https://github.com/heitorbrunini/whatsapp-bot>

Esse repositório contém instruções detalhadas para instalação, configuração do ambiente e execução dos módulos de automação, inteligência artificial e backend.

De forma geral, os resultados da validação offline demonstram que o sistema apresenta funcionamento estável, integração adequada entre os módulos, tempos de resposta compatíveis com o uso em tempo real e capacidade satisfatória de recuperação de informações. Esses resultados serviram como base para a realização da validação online com usuários, apresentada na seção seguinte.

4.2 Validação Online por meio do Modelo TAM

A validação online do sistema Ilana foi conduzida com base no *Technology Acceptance Model* (TAM) [Davis 1989], com o objetivo de analisar a aceitação da tecnologia sob a perspectiva dos usuários finais. O TAM é amplamente utilizado na literatura para investigar fatores que influenciam a adoção de sistemas de informação, considerando construtos como utilidade percebida, facilidade de uso percebida, atitude em relação ao uso e intenção de uso.

Participaram do estudo oito voluntários, com idades entre 22 e 45 anos, todos com experiência prévia no uso de aplicativos de mensageria instantânea e de sistemas de pedidos online, embora nenhum deles tivesse tido contato anterior com o sistema Ilana. O grupo foi composto por pessoas de diferentes perfis e áreas de atuação incluindo profissionais e estudantes das áreas de tecnologia, saúde e educação — além de amigos, parentes e conhecidos do autor. Essa diversidade permitiu observar a aceitação do sistema sob múltiplas perspectivas de uso e níveis distintos de familiaridade tecnológica, proporcionando uma análise mais abrangente sobre a usabilidade e a percepção geral da ferramenta. Essa abordagem possibilitou avaliar o Ilana em um contexto de primeiro uso, simulando uma situação próxima à adoção inicial por usuários reais.

O procedimento experimental consistiu em uma sessão de uso simulado com duração aproximada de 7 minutos por participante. Durante essa etapa, os voluntários foram orientados a executar um conjunto de tarefas previamente definidas, incluindo: iniciar uma conversa com o chatbot, consultar produtos disponíveis, realizar um pedido completo e receber a confirmação do pedido. As interações foram conduzidas por meio do WhatsApp Web, sem interferência direta do pesquisador no fluxo da conversa, de modo a preservar a naturalidade da experiência de uso.

Após a realização das tarefas, os participantes responderam a um questionário baseado no modelo TAM, estruturado em escala Likert de cinco pontos, variando de “discordo totalmente” (1) a “concordo totalmente” (5). O instrumento contemplou itens associados aos quatro principais construtos do modelo: Utilidade Percebida (PU), Facilidade de Uso Percebida (PEOU), Atitude em Relação ao Uso (ATT) e Intenção de Uso (BI). As médias e os desvios-padrão obtidos para cada construto são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Resultados da avaliação pelo modelo TAM (n = 12)

Construto	Média	Desvio Padrão
Utilidade Percebida (PU)	4,83	0,39
Facilidade de Uso Percebida (PEOU)	4,83	0,39
Atitude em Relação ao Uso (ATT)	4,75	0,45
Intenção de Uso (BI)	4,75	0,45

Os resultados obtidos por meio da aplicação do modelo TAM demonstram um **altíssimo nível de aceitação e satisfação** com o sistema Ilana por parte dos participantes.

A **Utilidade Percebida (PU)** apresentou média de 4,83, indicando que os usuários reconheceram de forma quase unânime que o chatbot **melhora significativamente a eficiência do atendimento e o gerenciamento de pedidos**. Esse resultado reforça que o sistema cumpre seu propósito central de automatizar processos e agilizar a comunicação com o cliente.

A **Facilidade de Uso Percebida (PEOU)** também obteve média elevada (4,83), evidenciando que a **interface e o fluxo de interação são considerados simples, diretos e intuitivos**, mesmo para usuários sem experiência prévia com automação. Essa percepção é essencial para a adoção do sistema por pequenos empreendedores, que valorizam ferramentas funcionais e de fácil aprendizagem.

A **Atitude em Relação ao Uso (ATT)** alcançou média de 4,75, refletindo uma **avaliação afetiva altamente positiva** em relação à experiência geral de uso. Os participantes relataram satisfação e conforto ao interagir com o Ilana, destacando o caráter natural e amigável das respostas geradas pelo chatbot.

A **Intenção de Uso (BI)** apresentou média de 4,75, demonstrando uma **forte predisposição à adoção contínua** da ferramenta em contextos reais. Esse resultado sugere que o Ilana foi percebido não apenas como útil e agradável, mas também **como uma tecnologia viável para implementação prática em negócios de pequeno porte**.

De forma geral, as médias elevadas e os baixos desvios-padrão observados em todos os construtos confirmam que o sistema Ilana foi amplamente bem recebido pelos avaliadores. A **consistência das respostas** reforça a percepção de estabilidade, clareza e confiabilidade do sistema. Mesmo considerando o caráter exploratório e o tamanho reduzido da amostra (n=12), os resultados apontam para um **forte potencial de adoção e escalabilidade**, validando a proposta do chatbot como uma solução acessível e eficaz para automação de atendimentos via WhatsApp.

4.3 Limitações Identificadas

Durante a implementação e os testes do sistema, foram identificadas algumas limitações técnicas:

- A atualização do *WebDriver* do navegador deve ser feita manualmente sempre que novas versões do navegador são lançadas, podendo ocasionar incompatibilidade temporária até a atualização.
- Alterações na estrutura da interface do WhatsApp Web podem afetar os seletores utilizados pelo Selenium, exigindo ajustes no código de automação.
- A dependência da interface gráfica do navegador impede o uso em ambientes totalmente sem interface (headless) de forma confiável.
- O sistema foi projetado para execução em **ambientes desktop**, não possuindo suporte para dispositivos móveis, o que limita sua portabilidade em contextos que demandam mobilidade.
- A LLM depende de conectividade estável para processamento de linguagem natural, o que pode aumentar o tempo de resposta em redes instáveis.

Essas limitações, embora não inviabilizem o funcionamento do sistema, indicam pontos de atenção para futuras versões, especialmente no que diz respeito à automação robusta e à manutenção autônoma das integrações.

4.4 Considerações do Capítulo

Este capítulo apresentou a avaliação sistemática do sistema Ilana por meio de dois procedimentos complementares de validação: a validação offline, conduzida em ambiente controlado pelo autor, com foco na verificação técnica e funcional da solução; e a validação online, realizada com usuários finais por meio da aplicação do modelo de aceitação de tecnologia (TAM). Essa abordagem permitiu uma análise abrangente do sistema, contemplando tanto aspectos objetivos de desempenho quanto percepções subjetivas de uso e aceitação.

A validação local evidenciou que o sistema apresenta comportamento funcional consistente, com integração adequada entre os módulos de automação, inteligência artificial e backend. Os resultados demonstraram elevada taxa de acerto na recuperação de informações, tempos de resposta compatíveis com aplicações em tempo real e bom nível de estabilidade operacional, mesmo em sequências contínuas de interação. Tais resultados confirmam a viabilidade técnica da solução no contexto proposto.

Por sua vez, a validação online, baseada no TAM, indicou elevada aceitação do sistema por parte dos usuários participantes. Os altos valores obtidos nos construtos de utilidade percebida, facilidade de uso, atitude e intenção de uso sugerem que a solução apresenta forte potencial de adoção em cenários reais de atendimento automatizado. Ainda que o número de participantes seja reduzido, os resultados obtidos são consistentes com estudos exploratórios desse tipo e fornecem evidências iniciais relevantes sobre a percepção dos usuários.

As limitações identificadas ao longo da avaliação, especialmente aquelas relacionadas à dependência da automação via navegador e à necessidade de manutenção periódica dos seletores do WhatsApp Web, não comprometem a funcionalidade geral do sistema, mas indicam desafios técnicos que devem ser considerados em futuras evoluções da solução.

De forma integrada, os resultados apresentados neste capítulo demonstram que o sistema Ilana atende aos requisitos funcionais estabelecidos, apresenta desempenho operacional adequado e é positivamente percebido por usuários em um primeiro contato. Esses achados fornecem uma base sólida para a consolidação das contribuições do trabalho.

No próximo capítulo, são apresentadas as considerações finais desta pesquisa, destacando-se as principais contribuições científicas e técnicas do estudo, as implicações práticas da solução proposta e as perspectivas de trabalhos futuros.

Capítulo 5

Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento, a implementação e a avaliação de um sistema de chatbot inteligente voltado à automatização do atendimento de pedidos em ambientes de delivery, utilizando o WhatsApp como principal canal de comunicação. A proposta integrou técnicas de automação web, processamento de linguagem natural por meio de modelos de linguagem e integração com backend para persistência de dados, buscando atender às demandas operacionais de pequenos negócios.

Os resultados obtidos ao longo das etapas de validação demonstraram a viabilidade técnica da solução, bem como sua adequação funcional ao contexto proposto. O sistema apresentou elevada capacidade de interpretação das intenções dos usuários, extração correta das informações essenciais ao processo de pedido e geração de respostas coerentes, com tempo médio de resposta compatível ao atendimento humano. Além disso, a avaliação de aceitação pelo modelo TAM evidenciou elevada percepção de utilidade, facilidade de uso e forte intenção de adoção pelos participantes do estudo.

5.1 Contribuições

Do ponto de vista técnico, este trabalho contribui com a proposição e validação de uma arquitetura modular para automação de atendimento via WhatsApp, integrando automação de navegador, modelos de linguagem executados localmente e serviços de backend para registro e gestão de pedidos. A solução implementada demonstra, de forma prática, como tecnologias de inteligência artificial podem ser aplicadas a problemas reais de micro e pequenos empreendedores, com baixo custo operacional e elevada capacidade de escalabilidade.

No campo científico, a pesquisa contribui ao apresentar um estudo aplicado de integração entre chatbots baseados em LLMs e automação de mensageria, ampliando o corpo de conhecimento sobre aplicações de inteligência artificial no contexto de

sistemas de informação voltados ao atendimento ao cliente. A adoção do modelo TAM como instrumento de avaliação também fortalece o rigor metodológico do trabalho, permitindo analisar a aceitação da tecnologia sob múltiplas dimensões.

Do ponto de vista social e econômico, o sistema desenvolvido oferece uma alternativa acessível para automatização do atendimento em pequenos negócios, possibilitando redução de custos operacionais, diminuição de falhas humanas, maior padronização das respostas e ampliação da disponibilidade do serviço ao longo do dia. Dessa forma, a solução proposta apresenta potencial impacto positivo tanto na eficiência dos processos quanto na experiência dos clientes.

5.2 Implicações

Os resultados obtidos evidenciam que o uso de chatbots inteligentes integrados a plataformas de mensageria pode representar uma alternativa viável ao atendimento humano em tarefas repetitivas e estruturadas, como a realização de pedidos, coleta de dados cadastrais e acompanhamento de status. A solução demonstrou capacidade de operar de forma contínua, com tempos de resposta compatíveis com o atendimento tradicional, além de operar simultaneamente com múltiplos usuários.

Sob a perspectiva organizacional, a adoção de sistemas desse tipo pode contribuir para a reorganização dos fluxos de trabalho, permitindo que recursos humanos sejam direcionados para atividades estratégicas, como gestão, marketing e relacionamento com o cliente. Do ponto de vista econômico, o uso do chatbot mostrou-se potencialmente capaz de reduzir custos operacionais associados ao atendimento, especialmente em negócios de pequeno porte com alta dependência do WhatsApp como canal de vendas.

Contudo, este trabalho também evidenciou limitações técnicas relevantes, especialmente relacionadas à dependência da automação via navegador, que está sujeita a mudanças na estrutura da plataforma do WhatsApp Web e à necessidade de manutenção periódica do WebDriver. Tais fatores impactam diretamente a robustez da solução em longo prazo e devem ser considerados em implementações em ambiente produtivo.

5.3 Trabalhos Futuros

Como desdobramentos futuros desta pesquisa, são identificadas diversas oportunidades de aprimoramento e expansão do sistema desenvolvido. Entre as principais direções de continuidade, destacam-se:

- Containerização da API e dos serviços de inteligência artificial, utilizando tec-

nologias como Docker, com o objetivo de padronizar o ambiente de execução, aumentar a portabilidade entre diferentes infraestrutura e facilitar a escalabilidade da solução em ambientes de nuvem.

- Vetorização do cardápio e dos dados do domínio do problema, possibilitando a utilização de técnicas de recuperação de informação baseadas em embeddings, o que tende a melhorar a precisão semântica das respostas e a eficiência do processo de busca por informações.
- Personalização avançada por meio de *personas*, permitindo a adaptação do estilo de comunicação do chatbot à identidade visual e linguística de diferentes estabelecimentos comerciais.
- Aprimoramento dos mecanismos de segurança, incorporando controle de acesso, criptografia de dados sensíveis e autenticação mais robusta para o acesso ao painel administrativo.
- Ampliação da validação empírica com estudos de caso em ambientes reais, envolvendo estabelecimentos comerciais em operação, com coleta de métricas de desempenho ao longo de períodos prolongados.

Diante disso, conclui-se que o sistema Ilana atende aos objetivos propostos, demonstrando-se uma solução tecnicamente viável, funcional e com elevado potencial de aplicação prática. A integração entre automação, inteligência artificial e sistemas de informação revelou-se capaz de promover ganhos de eficiência, redução de custos e melhoria da experiência do usuário, configurando-se como uma alternativa moderna e escalável para a automatização de processos de atendimento em serviços de delivery.

Referências Bibliográficas

- [Adamopoulou e Moussiades 2020]ADAMOPOULOU, E.; MOUSSIADES, L. *Chatbots: History, Technology, and Applications*. 2020. Machine Learning with Applications. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666827020300061>>.
- [Adamopoulou e Moussiades 2020]ADAMOPOULOU, E.; MOUSSIADES, L. An overview of chatbot technology. *Artificial Intelligence Applications and Innovations*, Springer, v. 584, p. 373–383, 2020.
- [Andrade e Tumelero 2022]ANDRADE, R. M.; TUMELERO, C. Increasing customer service efficiency through artificial intelligence chatbot. *Revista de Gestão (REGE)*, 2022. Disponível em: <<https://www.journals.usp.br/rege/article/view/200197>>.
- [Business 2023]BUSINESS, S. *89% dos usuários do WhatsApp já conversaram com robôs no atendimento com empresas*. 2023. Portal Saúde Business. Disponível em: <<https://www.saudebusiness.com/tendencias/89-dos-usuarios-do-whatsapp-ja-conversaram-com-robos-no-atendimento-com-empresas>>.
- [5]CALDARINI, G.; JAF, S.; MCGARRY, K. *A Literature Survey of Recent Advances in Chatbots*. 2022. Information Journal. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2078-2489/13/1/41>>.
- [Carmo e Siqueira 2025]CARMO, R. J.; SIQUEIRA, V. S. A inteligência artificial no atendimento ao cliente: Redução de custos, otimização do tempo e melhoria da experiência do consumidor. *Revista Contemporânea*, Instituto Federal Goiano, 2025.
- [DataReportal 2024]DataReportal. *Digital 2024: Brazil*. 2024. Disponível em: <https://datareportal.com/reports/digital-2024-brazil>.
- [Davis 1989]DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, v. 13, n. 3, p. 319–340, 1989.

- [9]LUZ, M. A. de S.; DAMASCENA, E. O.; MORAES, J. C. J. de. A transformação digital em pequenas e médias empresas: Uma revisão bibliográfica. *Revista de Geopolítica*, v. 16, n. 5, p. e821–e821, 2025.
- [Moreira e Mignoni 2021]MOREIRA, D. O.; MIGNONI, M. E. Inteligência artificial: o uso de chatbots no atendimento ao cliente. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 12, p. 157–165, 2021.
- [Ollama 2025]OLLAMA. *Ollama Documentation – Run LLMs locally*. 2025. <https://ollama.com/library>. Acesso em: 4 nov. 2025.
- [Quaresma 2025]QUARESMA, J. E. B. Desenvolvimento de um chatbot inteligente para o atendimento ao cliente. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2025.
- [Queiroz e Moura 2025]QUEIROZ, L.; MOURA, R. Chatbot multimodal com llms para atendimento de ocorrências em serviços públicos de segurança. In: *Anais do XVII Encontro Unificado de Computação do Piauí*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2025. p. 59–68. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/enucompi/article/view/35660>>.
- [Rozaes 2025]ROZAES, S. B. Impacto dos chatbots no atendimento escolar: estudo de caso sobre a eficácia do chatbot no atendimento de uma instituição de ensino. Cachoeiro de Itapemirim, 2025.
- [Santos 2024]SANTOS, A. C. O uso de large language models na melhoria do atendimento em sistemas socioassistenciais. Cachoeiro de Itapemirim, 2024.
- [SEBRAE 2023]SEBRAE. *Transformação digital nos pequenos negócios*. 2023. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
- [Soares e Silva 2024]SOARES, J. R.; SILVA, P. N. *Panorama da pesquisa sobre chatbots no Brasil*. 2024. Revista Biblos. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/biblos/article/view/17837>>.
- [Soares e Silva 2025]SOARES, J. R.; SILVA, P. N. *Chatbots e Ciência da Informação: metodologias, tecnologias e aplicações*. 2025. Revista ForPed. Disponível em: <<https://forped.eci.ufmg.br/revista/forped/article/view/190>>.
- [Sousa 2025]SOUSA, J. C. de. *Gestão da Inovação: transformando pequenas empresas em grandes negócios*. [S.l.]: Editora Dialética, 2025.

[Souza e Silva 2021]SOUZA, J.; SILVA, M. *Desenvolvimento de chatbot para empresas de pequeno porte*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Paula Souza. Disponível em: <<https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/10136>>.

[Vieira 2024]VIEIRA, R. M. *Aplicabilidade dos chatbots no cenário brasileiro: eficácia na interação humano-chatbot*. 2024. PBCIB. Disponível em: <<https://www.pbcib.com/index.php/pbcib/article/view/62171>>.

Apêndice A

Cronograma de Atividades

A Tabela A.1 apresenta o cronograma planejado para a execução do projeto, com a descrição das tarefas e seus respectivos prazos.

Tabela A.1: Cronograma de atividades do desenvolvimento do sistema Ilana

Período	Tarefas
05/05 – 20/05	Levantamento de requisitos funcionais e não funcionais; definição das funcionalidades principais do chatbot e da API; reuniões com orientador.
21/05 – 05/06	Estudos e testes com bibliotecas de automação (<i>Selenium</i>), interface gráfica (<i>PyQt5</i>) e integração com WhatsApp Web. Escolha do modelo de linguagem (LLM) e definição da estrutura do banco de dados.
06/06 – 21/06	Início do desenvolvimento do bot com <i>Selenium</i> ; criação da interface administrativa com <i>PyQt5</i> ; início da implementação do backend utilizando <i>Spring Boot</i> com persistência de dados em <i>MySQL</i> .
22/06 – 07/07	Evolução do sistema: desenvolvimento das rotas REST e dos serviços no backend; armazenamento e gerenciamento de mensagens e pedidos; controle de histórico de conversas e integração com o chatbot.
08/07 – 23/07	Implementação da LLM para geração de respostas automatizadas; integração entre o backend, a interface e o módulo de automação; testes de comunicação entre os componentes.
24/07 – 08/08	Testes práticos em ambiente controlado com <i>Selenium</i> ; validação do backend com <i>JUnit</i> e <i>Mockito</i> ; refinamento da interface gráfica e correções de estabilidade.
09/08 – 23/08	Documentação técnica e acadêmica do projeto; revisão da arquitetura e validação final de todas as funcionalidades integradas.
24/08 – 08/09	Entrega final do sistema e submissão da monografia.

Apêndice B

Instrumento de Avaliação pelo Modelo TAM

Este apêndice apresenta o instrumento utilizado para avaliação da aceitação do sistema Ilana com base no *Technology Acceptance Model* (TAM). O questionário foi aplicado após a interação simulada dos participantes com o sistema e utilizou escala do tipo Likert de cinco pontos, variando de 1 (Discordo totalmente) a 5 (Concordo totalmente).

Utilidade Percebida (PU)

- PU1 — O sistema Ilana é útil para realizar pedidos via WhatsApp.
- PU2 — O sistema melhora a eficiência do processo de atendimento.
- PU3 — O sistema facilita a realização de pedidos.
- PU4 — O sistema aumenta a rapidez no atendimento ao cliente.

Facilidade de Uso Percebida (PEOU)

- PEOU1 — O sistema é fácil de usar.
- PEOU2 — A interação com o chatbot é clara e compreensível.
- PEOU3 — É fácil aprender a utilizar o sistema Ilana.
- PEOU4 — As respostas do chatbot são fáceis de entender.

Atitude em Relação ao Uso (ATT)

- ATT1 — Utilizar o sistema Ilana é uma boa ideia.
- ATT2 — Eu gosto da ideia de utilizar o sistema para fazer pedidos.
- ATT3 — Acredito que o uso do sistema é interessante para o atendimento via WhatsApp.

Intenção de Uso (BI)

- BI1 — Eu utilizaria o sistema Ilana se ele estivesse disponível.
- BI2 — Pretendo utilizar esse tipo de sistema futuramente.
- BI3 — Recomendaria o sistema a outras pessoas.

Apêndice C

Protocolo da Validação Online

Este apêndice descreve o protocolo experimental adotado para a condução da validação online do sistema Ilana, realizada por meio do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM).

Objetivo

Avaliar a aceitação do sistema Ilana sob a perspectiva dos usuários, considerando os construtos de utilidade percebida, facilidade de uso percebida, atitude em relação ao uso e intenção de uso.

Participantes

Devem possuir experiência prévia no uso de aplicativos de mensagens instantâneas e sistemas de pedidos online. A participação ocorreu de forma voluntária e anônima.

Ambiente Experimental

A validação deve ser realizada em ambiente controlado, com acesso ao sistema Ilana por meio de contas de teste no WhatsApp Web. Cada participante deve utilizar um dispositivo individual, com conexão estável com a internet.

Procedimento Experimental

O protocolo experimental deve seguir as seguintes etapas:

1. Apresentação inicial do objetivo do experimento ao participante.
2. Demonstração rápida do funcionamento do chatbot.

3.Execução de uso simulado por aproximadamente 10 minutos.

4.Realização das seguintes tarefas:

- iniciar conversa com o chatbot;
- consultar produtos disponíveis;
- realizar um pedido completo;
- confirmar os dados do pedido;
- receber a confirmação final.


5.Preenchimento do questionário TAM.

Instrumento de Coleta

O instrumento de coleta deve ser um formulário eletrônico estruturado com base no modelo TAM, utilizando escala Likert de cinco pontos.

Análise dos Dados

Os dados devem ser analisados por meio de estatística descritiva, utilizando média e desvio padrão para cada construto avaliado.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquílino 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 com ficha

Assunto:	TCC com ficha
Assinado por:	Mirna Maia
Tipo do Documento:	Tese
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Documento Original

Documento assinado eletronicamente por:

- **Mirna Carelli Oliveira Maia**, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - CCEC-CG, em 29/04/2026 06:53:47.

Este documento foi armazenado no SUAP em 29/04/2026. 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: 1847701

Código de Autenticação: 541e1daf04

