



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO TOCANTINS/CAMETÁ
FACULDADE DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

JOÃO VITOR DA COSTA SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA GESTÃO E VENDA DE
PASSAGENS FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO AJURU/PA**

Cametá-PA
2026

JOÃO VITOR DA COSTA SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA GESTÃO E VENDA DE
PASSAGENS FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO AJURU/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Sistemas de
Informação, Faculdade de Sistemas de
Informação, Campus Universitário do
Tocantins/Cametá, Universidade Federal do
Pará, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Sistemas de Informação.
Orientador: Prof. Dr. Allan Barbosa Costa

**Cametá-PA
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C837d Costa Souza, João Vitor da.
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA
GESTÃO E VENDA DE PASSAGENS FLUVIAIS NO
MUNICÍPIO DE LIMOIEIRO DO AJURU/PA / João Vitor da
Costa Souza. — 2026.
LXIX, 69 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Allan Barbosa Costa
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Cametá, Curso de Sistemas de
Informação, Cametá, 2026.
- I. transporte fluvial; sistema web; passagens fluviais;
pagamento via Pix; transformação digital.. I. Título.

CDD 004

JOÃO VITOR DA COSTA SOUZA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA GESTÃO E VENDA DE
PASSAGENS FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE LIMOEIRO DO AJURU/PA**

Data da Defesa: Cametá-PA, 17 de julho de 2026.

Membros da Banca Examinadora:

Professor e orientador Allan Barbosa Costa, Dr. (Presidente)

Universidade Federal do Pará

Prof. Fabricio de Souza Farias, Dr. (Membro externo)

Universidade Federal do Pará

Prof. Leonardo Nunes Gonçalves, Me. (Membro externo)

Universidade Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a Deus, por sempre conduzir meus passos e me dar forças para enfrentar cada desafio desta caminhada. Em todos os momentos, senti Sua presença me sustentando, renovando minha esperança e me mostrando que, com fé, dedicação e perseverança, seria possível chegar até aqui. Também agradeço a Jesus Cristo e à Virgem Maria, por intercederem por minha vida, iluminarem minhas escolhas e me acompanharem durante toda essa trajetória acadêmica.

À minha mãe, Vanilza Arcanjo da Costa, deixo minha mais profunda gratidão. Tudo o que conquistei até hoje tem muito do seu esforço, da sua dedicação e dos inúmeros sacrifícios que fez para oferecer uma vida melhor à nossa família. Mesmo diante das dificuldades, nunca deixou de acreditar na importância dos estudos e sempre me incentivou a seguir em frente. Sua força e determinação sempre serão meu maior exemplo.

À minha mãe de criação, Ercilia Arcanjo da Costa, agradeço pelo carinho, pelos conselhos e por toda atenção dedicada a mim ao longo da vida. Sua presença sempre representou apoio e acolhimento, e sou muito grato por tudo o que fez por mim.

À minha madrinha, Vanja Maria Arcanjo da Costa, agradeço pelo incentivo, pela preocupação e por todo apoio oferecido durante minha caminhada. Mesmo nos momentos em que não estava tão próxima, sua torcida sempre foi importante para mim.

Às minhas irmãs, Ana Flávia da Costa Souza, Fabiola Arcanjo da Costa e Vanessa Arcanjo da Costa, agradeço por cada palavra de incentivo, pelo companheirismo e pelo apoio em diferentes momentos desta jornada. Cada uma, à sua maneira, contribuiu para que eu permanecesse firme até alcançar este objetivo.

Ao meu irmão, Vinícius de Jesus Arcanjo da Costa, agradeço pela amizade, pelo apoio e por fazer parte desta importante etapa da minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Allan Barbosa Costa, registro meu sincero agradecimento pela orientação, pela disponibilidade, pelos ensinamentos e pela confiança durante o desenvolvimento deste trabalho. Suas orientações foram fundamentais para a construção deste projeto.

Aos meus amigos Alessandro Farias Rodrigues, Renato Cardoso, Igor Gaya e Ana Lucia dos Santos, agradeço pela amizade construída ao longo dessa caminhada, pelo incentivo e pelos momentos de apoio que contribuíram para tornar essa jornada mais leve.

Agradeço também aos professores do curso de Sistemas de Informação, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e profissional.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), expresso minha gratidão pela oportunidade de formação, pelo ambiente de aprendizado e por todos os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação, que foram essenciais para minha evolução pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada e contribuíram para que este sonho se tornasse realidade. A conclusão deste trabalho representa não apenas uma conquista acadêmica, mas também o resultado de muitos anos de dedicação, aprendizado e superação. Muito obrigado!

RESUMO

O transporte fluvial desempenha papel essencial na mobilidade da população amazônica, sendo, em muitos municípios, o principal meio de deslocamento entre comunidades e centros urbanos. Em Limoeiro do Ajuru, no estado do Pará, a venda de passagens fluviais ainda ocorre, em grande parte, por meio de procedimentos manuais, situação que pode dificultar o controle das vagas, a organização das viagens e o registro das vendas. Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver o SisPassFluvial, um sistema web voltado à gestão e comercialização de passagens fluviais. A pesquisa possui natureza aplicada, abordagem qualitativa e desenvolvimento incremental. A aplicação foi construída utilizando PHP, MySQL, HTML, CSS, JavaScript e Bootstrap e contempla cadastro e autenticação de usuários, gerenciamento de embarcações, rotas e viagens, consulta de vagas, compra de passagens, pagamento via Pix integrado ao *gateway* AbacatePay, emissão de comprovante com QR Code, área do cliente, painel administrativo e registro de logs. Os testes funcionais e de integração, realizados pelo autor em ambiente de desenvolvimento, confirmaram a execução das funcionalidades implementadas e a comunicação entre os principais módulos. Os resultados técnicos indicam que o SisPassFluvial possui potencial para apoiar a digitalização e a organização do processo de venda de passagens fluviais. Entretanto, não foram realizados testes de usabilidade com passageiros ou administradores reais, de modo que benefícios relacionados à facilidade de uso, à redução de filas e ao impacto operacional deverão ser avaliados em uma futura implantação de campo.

Palavras-chave: transporte fluvial; sistema web; passagens fluviais; pagamento via Pix; transformação digital.

ABSTRACT

Fluvial transportation plays an essential role in the mobility of the Amazonian population and, in many municipalities, represents the main means of transportation between communities and urban centers. In Limoeiro do Ajuru, Pará, Brazil, fluvial ticket sales are still largely conducted through manual procedures, which may hinder seat availability control, trip organization, and sales recording. In this context, this study aimed to develop SisPassFluvial, a web-based system for the management and commercialization of fluvial tickets. The research is applied in nature, follows a qualitative approach, and adopts incremental *software* development. The application was developed using PHP, MySQL, HTML, CSS, JavaScript, and Bootstrap. Its features include user registration and authentication, vessel, route, and trip management, seat availability search, ticket purchasing, Pix payment integration through AbacatePay, receipt issuance with QR Code, customer area, administrative dashboard, and system activity logs. Functional and integration tests conducted by the author in a development environment confirmed the execution of the implemented features and the communication between the main modules. The technical results indicate that SisPassFluvial has the potential to support the digitalization and organization of the fluvial ticket sales process. However, no usability tests were conducted with actual passengers or administrators. Therefore, benefits related to ease of use, queue reduction, and operational impact must be evaluated through future field deployment.

Keywords: fluvial transportation; web system; fluvial tickets; Pix payment; digital transformation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de casos de uso do SisPassFluvial	43
Figura 2 – Diagrama de classes do SisPassFluvial	44
Figura 3 – Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) do banco de dados	45
Figura 4 – Diagrama de sequência do SisPassFluvial	46
Figura 5 – Arquitetura geral do SisPassFluvial	47
Figura 6 – Interface inicial do SisPassFluvial	49
Figura 7 – Tela de login do SisPassFluvial	50
Figura 8 – Tela de recuperação de senha	50
Figura 9 – Tela de cadastro de usuário	51
Figura 10 – Tela de consulta de viagens.....	52
Figura 11 – Tela de detalhamento da viagem.....	53
Figura 12 – Tela de compra de passagens	54
Figura 13 – Tela de pagamento via Pix	54
Figura 14 – Comprovante de compra com QR Code de embarque	55
Figura 15 – Área do cliente do SisPassFluvial	56
Figura 16 – Painel administrativo do SisPassFluvial	57
Figura 17 – Módulo de controle de embarque e logs do SisPassFluvial	58

LISTA DE SIGLAS

API – Application Programming Interface

CPF – Cadastro de Pessoas Físicas

CSS – Cascading Style Sheets

DER – Diagrama Entidade-Relacionamento

HTML – HyperText Markup Language

HTTP – HyperText Transfer Protocol

JSON – JavaScript Object Notation

LGPD – Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais

PDF – Portable Document Format

PHP – PHP: Hypertext Preprocessor

QR Code – Quick Response Code

RF – Requisito Funcional

SQL – Structured Query Language

TXID – Transaction Identifier

UFPA – Universidade Federal do Pará

UML – Unified Modeling Language

URL – Uniform Resource Locator

VS Code – Visual Studio Code

XAMPP – Cross-Platform, Apache, MariaDB, PHP e Perl

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Motivação	13
1.2 Problema de Pesquisa	14
1.3 Justificativa	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo Geral	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
1.5 Organização do Trabalho.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TECNOLÓGICA.....	18
2.1 Considerações iniciais.....	18
2.2 Transporte Fluvial na Região Amazônica	18
2.3 Transformação Digital em Serviços de Mobilidade	20
2.4 Sistemas Web para Comercialização de Passagens	21
2.5 Tecnologias Utilizadas no Desenvolvimento	22
2.5.1 PHP	24
2.5.2 MySQL	24
2.5.3 Bootstrap.....	25
2.5.4 JavaScript.....	26
2.6 Pagamentos Instantâneos via Pix	26
2.7 Segurança da Informação em Sistemas Web	28
2.8 Conectividade Limitada e Resiliência de Sistemas Web.....	30
2.9 Considerações finais	31
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.1 Considerações iniciais.....	32
3.2 Natureza da Pesquisa	32
3.3 Levantamento de Requisitos.....	33
3.4 Processo de Desenvolvimento do Sistema	34
3.5 Ferramentas Utilizadas	35
3.6 Modelagem do Banco de Dados	37
3.7 Estratégia de Testes.....	38
3.8 Considerações finais	40
4 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISPASSFLUVIAL	41
4.1 Considerações iniciais.....	41
4.2 Modelagem do Sistema.....	41
4.2.1 Diagrama de Casos de Uso	43
4.2.2 Diagrama de Classes	43
4.2.3 Diagrama Entidade-Relacionamento (DER)	44
4.2.4 Diagrama de Sequência	45
4.3 Arquitetura Geral do Sistema	46
4.4 Implementação do SisPassFluvial.....	47
4.5 Interface Inicial	48
4.6 Autenticação e Cadastro de Usuários	49
4.7 Consulta e Detalhamento de Viagens	51
4.8 Compra de Passagens.....	53
4.9 Pagamento via Pix.....	54
4.10 Emissão de Comprovante com QR Code	54
4.11 Área do Cliente	55

4.12 Painel Administrativo	56
4.13 Controle de Embarque e Logs	57
4.14 Considerações finais	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1 Considerações iniciais.....	59
5.2 Resultados Obtidos	59
5.3 Contribuições do Trabalho	60
5.4 Limitações do Sistema	61
5.5 Trabalhos Futuros.....	61
5.6 Considerações finais	62
6 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

O transporte fluvial desempenha papel fundamental na mobilidade da população amazônica, especialmente em regiões onde rios, furos e igarapés constituem as principais vias de deslocamento entre comunidades, vilas e centros urbanos. Na região Norte do Brasil, esse modal de transporte é amplamente utilizado tanto para o deslocamento de passageiros quanto para o transporte de mercadorias, exercendo papel estratégico na integração regional e no acesso a serviços essenciais. Nesse contexto, o transporte hidroviário representa um elemento indispensável para a dinâmica social e econômica de diversos municípios amazônicos (Barreto; Quintella, 2023).

No estado do Pará, diversos municípios dependem diretamente da navegação fluvial como principal meio de locomoção. Entre esses municípios destaca-se Limoeiro do Ajuru, onde a mobilidade da população está fortemente associada ao transporte realizado por embarcações de pequeno e médio porte. A eficiência operacional desse setor torna-se essencial para garantir mobilidade, acessibilidade e segurança aos passageiros, além de contribuir para o funcionamento adequado das atividades econômicas e sociais da região.

Apesar da relevância desse setor, em muitas localidades amazônicas a comercialização e o gerenciamento de passagens fluviais ainda ocorrem de forma manual, por meio de anotações em papel, registros informais ou processos administrativos pouco automatizados. Esse cenário pode ocasionar dificuldades relacionadas ao controle de viagens, gerenciamento de embarcações, cadastro de passageiros, emissão de comprovantes e consolidação das vendas realizadas. Além disso, processos manuais tendem a aumentar a probabilidade de erros operacionais, inconsistências de dados e falhas no atendimento aos usuários (Santoso; Kusuma, 2021).

Com o avanço das tecnologias digitais, diferentes setores vêm adotando sistemas informatizados para automatizar processos antes executados manualmente. A digitalização de serviços tem proporcionado maior agilidade operacional, melhor organização de dados e maior confiabilidade no gerenciamento de informações. No contexto da mobilidade e do transporte de passageiros, a transformação digital vem permitindo a modernização de operações administrativas, contribuindo para maior eficiência, rastreabilidade e qualidade dos serviços prestados (Ahmed, 2025).

Além disso, plataformas digitais aplicadas ao setor de mobilidade têm ampliado a integração entre usuários, serviços e operações administrativas, permitindo consultas em tempo real, gerenciamento de reservas e automatização de pagamentos. A adoção dessas soluções

contribui para tornar os serviços mais acessíveis, seguros e eficientes, beneficiando tanto administradores quanto usuários finais (Ennen et al., 2025).

Sistemas de reserva e venda de passagens baseados em plataformas web já demonstraram resultados positivos em diferentes modais de transporte, proporcionando melhorias no controle de assentos, na gestão operacional e na experiência do usuário. A implementação de sistemas informatizados para venda de passagens contribui para a redução de falhas administrativas e para a otimização do processo de atendimento ao público (Adekola; Oladele; Oyetunde, 2021).

Nesse contexto, a engenharia de *software* desempenha papel fundamental no desenvolvimento de soluções computacionais confiáveis, permitindo a modelagem, implementação e manutenção de sistemas capazes de atender às necessidades organizacionais de forma eficiente. O uso de metodologias adequadas de desenvolvimento contribui diretamente para a qualidade, segurança e escalabilidade das aplicações construídas (Pressman; Maxim, 2021).

Diante desse cenário, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe o desenvolvimento de um sistema web denominado SisPassFluvial, voltado à gestão e venda de passagens fluviais no município de Limoeiro do Ajuru/PA. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de automatizar processos relacionados ao cadastro de usuários, gerenciamento de embarcações, rotas e viagens, comercialização de passagens, processamento de pagamentos via Pix, emissão de comprovantes com QR Code e validação de embarque, buscando modernizar e otimizar a gestão do transporte fluvial local.

1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho surgiu, em grande parte, da vivência do autor com a realidade do transporte fluvial no município de Limoeiro do Ajuru, no estado do Pará. Por ser morador de uma região ribeirinha, foi possível observar de forma próxima as dificuldades enfrentadas diariamente por passageiros durante o processo de compra de passagens.

Entre as situações observadas, destacam-se momentos em que passageiros precisam acordar ainda de madrugada, muitas vezes por volta das cinco horas da manhã, para tentar garantir uma vaga em determinada embarcação. Em outras ocasiões, torna-se necessário deslocar-se até o local de venda durante a noite, enfrentando filas, superlotação e, mesmo assim, o risco de não encontrar passagens disponíveis.

A partir da vivência do autor como usuário do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru, observou-se que a venda de passagens ainda ocorre, em grande parte, de forma manual e pouco estruturada. Registros em cadernos, anotações em papel e negociações informais ainda fazem parte da rotina de comercialização. Essa ausência de digitalização dificulta o controle de vagas disponíveis, compromete a organização das viagens e aumenta a possibilidade de erros durante o processo de venda e embarque.

Diante dessa realidade, surgiu o interesse em aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Sistemas de Informação na construção de uma solução voltada a uma necessidade concreta do contexto regional. Mesmo diante dos desafios técnicos e das limitações naturais de experiência durante a graduação, o desenvolvimento do SisPassFluvial foi encarado como uma oportunidade de contribuir com a modernização do transporte fluvial local por meio da tecnologia.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar da importância do transporte fluvial para a mobilidade da população de Limoeiro do Ajuru, a comercialização de passagens ainda apresenta limitações operacionais decorrentes da ausência de processos informatizados. Em muitos casos, a venda de passagens ocorre manualmente, por meio de anotações em cadernos, listas informais ou registros sem mecanismos adequados de validação e conferência.

Esse cenário favorece o surgimento de problemas recorrentes durante a venda e o embarque de passageiros. Entre as principais situações observadas, destacam-se a venda de um número de vagas superior à capacidade suportada pela embarcação, conflitos relacionados à ocupação de assentos, ocorrência de passageiros alegando possuir a mesma vaga e casos em que usuários perdem a viagem mesmo após terem realizado o pagamento da passagem.

A ausência de digitalização também compromete o controle de informações essenciais para a operação, provocando dificuldades no gerenciamento de vagas disponíveis, atrasos no atendimento, aumento do risco de erros operacionais e menor segurança no processo de embarque. Segundo Ahmed (2025), a informatização de serviços de mobilidade contribui significativamente para a melhoria do controle operacional e da confiabilidade das informações gerenciadas.

Além disso, sistemas de bilhetagem digital e plataformas de reserva têm demonstrado impacto positivo na organização de serviços de transporte, especialmente no gerenciamento de assentos, rastreabilidade de vendas e validação de embarque (Adekola, Oladele e Oyetunde,

2021). No contexto fluvial local, a ausência dessas tecnologias limita a eficiência administrativa e dificulta a oferta de um serviço mais organizado e seguro.

Diante desse contexto, surge a seguinte questão de pesquisa: como um sistema web de gestão e venda de passagens fluviais pode contribuir para melhorar o controle de vagas, reduzir falhas operacionais e tornar mais eficiente o processo de comercialização e embarque no município de Limoeiro do Ajuru/PA?

1.3 JUSTIFICATIVA

A realização deste trabalho justifica-se pela necessidade de buscar soluções tecnológicas para problemas observados no processo de comercialização e gerenciamento de passagens fluviais no município de Limoeiro do Ajuru, Pará. Considerando que o transporte fluvial constitui um dos principais meios de deslocamento da população local, torna-se relevante desenvolver ferramentas capazes de contribuir para maior eficiência, organização e segurança nesse setor.

A escolha do tema está diretamente relacionada à vivência do autor com a realidade do transporte fluvial na região. A partir da observação cotidiana das dificuldades enfrentadas por passageiros, vendedores e proprietários de embarcações, foi possível identificar limitações associadas à ausência de sistemas informatizados, especialmente no controle de vagas, registro de vendas e organização do embarque. Problemas como superlotação, divergências na ocupação de assentos, falhas no atendimento e perda de viagens por inconsistências no processo de venda evidenciam a necessidade de modernização desse serviço.

Sob a perspectiva social, o SisPassFluvial apresenta potencial para favorecer a experiência dos usuários do transporte fluvial, ao disponibilizar recursos destinados a reduzir situações de confusão durante a compra e o embarque e a apoiar a organização operacional. Como não houve implantação em ambiente real nem avaliação de usabilidade com o público-alvo, esses benefícios constituem projeções fundamentadas nos requisitos levantados e deverão ser verificados em estudos de campo. Segundo Ennen et al. (2025), soluções digitais aplicadas à mobilidade têm potencial para aumentar a eficiência operacional e melhorar a integração entre usuários e serviços de transporte.

Do ponto de vista acadêmico, este trabalho também se mostra relevante por demonstrar, na prática, a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Sistemas de Informação na resolução de um problema real. O desenvolvimento de um sistema web envolvendo modelagem de banco de dados, engenharia de *software*, interfaces responsivas e integração com pagamentos digitais evidencia como a tecnologia pode ser empregada para

atender demandas concretas de contextos regionais específicos. Conforme Pressman e Maxim (2021), o desenvolvimento de *software* orientado à solução de problemas organizacionais permite transformar necessidades reais em sistemas confiáveis e funcionais.

Além disso, observa-se que ainda existem poucas soluções tecnológicas voltadas especificamente ao transporte fluvial amazônico, o que reforça a relevância desta pesquisa. Embora existam iniciativas isoladas no setor, a baixa disseminação de plataformas digitais especializadas demonstra uma lacuna tecnológica que merece maior atenção. Nesse sentido, o SisPassFluvial busca não apenas propor uma solução computacional, mas também evidenciar como a tecnologia pode contribuir para a modernização de serviços essenciais em comunidades ribeirinhas, promovendo inclusão digital e melhorias na prestação de serviços locais.

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção são apresentados os objetivos que orientaram o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente, apresenta-se o objetivo geral, que descreve a finalidade principal da pesquisa, e, em seguida, os objetivos específicos, que detalham as etapas necessárias para alcançar a proposta de desenvolvimento do sistema SisPassFluvial.

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema web denominado SisPassFluvial, voltado a auxiliar a população de Limoeiro do Ajuru/PA no processo de consulta, compra e gerenciamento de passagens fluviais, buscando contribuir para reduzir problemas associados ao processo manual de venda, melhorar o controle de vagas disponíveis e tornar o atendimento mais organizado, seguro e eficiente.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar e analisar as principais dificuldades existentes no processo manual de comercialização de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru;
- Modelar a estrutura funcional do sistema com base nas necessidades observadas de passageiros e administradores;
- Desenvolver funcionalidades para cadastro e autenticação de usuários no sistema;
- Implementar módulos de gerenciamento de embarcações, rotas e viagens;
- Disponibilizar consulta de viagens e vagas em tempo real para os usuários;

- Implementar o processo de compra de passagens por meio de plataforma web;
- Integrar o sistema com pagamentos instantâneos via Pix;
- Desenvolver a emissão de comprovantes digitais contendo QR Code para validação;
- Implementar área do cliente para acompanhamento de compras realizadas;
- Desenvolver painel administrativo para gerenciamento operacional do sistema;
- Registrar logs de ações para auditoria e rastreabilidade das operações;
- Avaliar o funcionamento técnico da solução desenvolvida e discutir seu potencial de contribuição para a modernização do processo de venda de passagens fluviais no município.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi organizado de forma a apresentar, de maneira progressiva, desde a contextualização do problema até os resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema SisPassFluvial. A estrutura adotada busca facilitar a compreensão de todo o processo de construção do trabalho, permitindo acompanhar tanto a fundamentação teórica quanto as etapas práticas de desenvolvimento.

No primeiro capítulo, são apresentados o contexto do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru, a motivação para a realização da pesquisa, o problema investigado, a justificativa e os objetivos que orientaram o desenvolvimento deste estudo.

O segundo capítulo reúne a fundamentação teórica e tecnológica que serviu de base para o trabalho, abordando aspectos relacionados ao transporte fluvial na região amazônica, à transformação digital em serviços de mobilidade, aos sistemas web para comercialização de passagens e às principais tecnologias empregadas no desenvolvimento do sistema.

No terceiro capítulo são descritos os procedimentos metodológicos adotados durante a pesquisa, incluindo a natureza do estudo, o levantamento de requisitos, o processo de desenvolvimento, a modelagem do banco de dados e as estratégias de testes utilizadas.

O quarto capítulo apresenta o desenvolvimento e a implementação do SisPassFluvial, contemplando a modelagem do sistema, sua arquitetura geral e as funcionalidades implementadas, como cadastro de usuários, gerenciamento de embarcações, consulta de viagens, compra de passagens, pagamento via Pix, emissão de comprovantes com QR Code e recursos administrativos.

Por fim, o quinto capítulo apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema, discutindo suas contribuições, limitações identificadas e possíveis melhorias futuras, seguidos das conclusões finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TECNOLÓGICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Antes da construção de uma solução computacional voltada ao transporte fluvial, tornou-se necessário compreender os principais conceitos teóricos e tecnológicos relacionados ao problema estudado. O desenvolvimento do SisPassFluvial não envolveu apenas a implementação de funcionalidades técnicas, mas também a análise do contexto em que o sistema está inserido, considerando as particularidades da mobilidade fluvial na região amazônica e os desafios existentes nos processos tradicionais de venda e gerenciamento de passagens.

Na área de Sistemas de Informação, o desenvolvimento de soluções tecnológicas eficazes depende da integração entre conhecimento teórico, análise de requisitos e escolha adequada de tecnologias. Segundo Pressman e Maxim (2021), a engenharia de *software* fornece métodos e práticas que auxiliam na construção de sistemas confiáveis, manuteníveis e alinhados às necessidades reais dos usuários. Nesse contexto, compreender os fundamentos que sustentam o sistema torna-se uma etapa importante para justificar as decisões adotadas durante seu desenvolvimento.

Além dos aspectos técnicos, a crescente digitalização dos serviços tem provocado mudanças significativas em diferentes setores da sociedade, incluindo o setor de mobilidade. Soluções digitais aplicadas ao transporte vêm permitindo maior automação de processos, melhor controle operacional e ampliação do acesso dos usuários a serviços antes dependentes de procedimentos exclusivamente manuais. Estudos recentes também mostram que plataformas digitais têm contribuído para tornar serviços de mobilidade mais integrados, acessíveis e eficientes (Ennen et al., 2025).

Dessa forma, este capítulo reúne os principais fundamentos que serviram de base para o desenvolvimento do SisPassFluvial, abordando desde aspectos relacionados ao transporte fluvial amazônico até tecnologias utilizadas na implementação do sistema, incluindo desenvolvimento web, banco de dados, pagamentos instantâneos e segurança da informação.

2.2 TRANSPORTE FLUVIAL NA REGIÃO AMAZÔNICA

O transporte fluvial exerce papel fundamental na dinâmica social, econômica e territorial da região amazônica. Diferentemente de outras regiões do Brasil, onde rodovias concentram grande parte da circulação de pessoas e mercadorias, na Amazônia os rios assumem função equivalente à das estradas, conectando municípios, comunidades ribeirinhas, áreas

urbanas e zonas rurais. Essa característica faz com que a navegação fluvial seja um elemento indispensável para a mobilidade regional e para o acesso da população a serviços essenciais, como saúde, educação, comércio e atividades administrativas (Barreto; Quintella, 2023).

A vasta rede hidrográfica amazônica influencia diretamente a forma como a população se desloca e organiza suas atividades cotidianas. Segundo estudos sobre mobilidade na Amazônia, em diversos municípios da região Norte o deslocamento por via fluvial não representa apenas uma alternativa logística, mas a principal forma de circulação de pessoas, alimentos e mercadorias, especialmente em localidades onde a infraestrutura rodoviária é limitada ou inexistente (Pereira; Alencar, 2022).

Além do transporte de passageiros, as embarcações desempenham papel essencial no abastecimento econômico regional. Desde grandes navios cargueiros, responsáveis pela movimentação de mercadorias em larga escala, até embarcações de pequeno e médio porte utilizadas por comunidades locais, o modal fluvial sustenta cadeias de distribuição e relações comerciais que impactam diretamente a vida da população amazônica. Nesse contexto, o transporte fluvial vai além da locomoção, tornando-se parte integrante da rotina e da própria realidade social amazônica.

No estado do Pará, essa dependência do transporte hidroviário também se faz presente em municípios do Baixo Tocantins, como Limoeiro do Ajuru. Nesse município, o transporte fluvial constitui o principal meio de deslocamento da população, sendo amplamente utilizado para viagens a Belém, deslocamentos entre municípios vizinhos, atividades de trabalho, estudos, consultas médicas, transporte de mercadorias e visitas familiares. Em muitos casos, o acesso terrestre torna-se limitado devido às condições sazonais das estradas, períodos de chuva intensa ou variações de maré, reforçando ainda mais a importância das embarcações como principal meio de mobilidade.

Na realidade observada em Limoeiro do Ajuru, a ausência do transporte fluvial pode gerar impactos significativos para a população. Em determinados períodos do ano, especialmente durante épocas de chuva ou maré alta, algumas rotas terrestres tornam-se de difícil acesso ou temporariamente intransitáveis, aumentando a dependência da navegação. Como consequência, muitas pessoas podem enfrentar dificuldades para acessar serviços básicos, deslocar-se para tratamento médico ou manter atividades econômicas regulares.

Apesar de sua relevância, o setor ainda enfrenta desafios operacionais importantes. Entre os problemas observados destacam-se a superlotação de embarcações, atrasos em viagens, venda manual de passagens, falta de organização durante o embarque, dificuldade na consulta de horários e ausência de controle preciso sobre vagas disponíveis. Em alguns casos,

falhas no processo manual podem resultar na venda duplicada de assentos ou na comercialização de mais vagas do que a capacidade real da embarcação suporta, comprometendo tanto a organização quanto a segurança dos passageiros. Segundo estudos sobre digitalização de serviços de mobilidade, processos manuais tendem a elevar a ocorrência de erros operacionais e reduzir a eficiência do gerenciamento de recursos (Ennen et al., 2025).

Diante desse cenário, observa-se que a modernização dos processos de gestão no transporte fluvial pode contribuir significativamente para melhorar a organização operacional, aumentar a segurança dos passageiros e reduzir falhas administrativas. Nesse contexto, soluções computacionais voltadas ao gerenciamento de viagens e comercialização de passagens tornam-se alternativas relevantes para atender às necessidades específicas da realidade amazônica.

2.3 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL EM SERVIÇOS DE MOBILIDADE

A transformação digital tem promovido mudanças significativas em diferentes setores da sociedade, alterando a forma como serviços são oferecidos, gerenciados e consumidos. De modo geral, esse processo envolve a adoção de tecnologias digitais para substituir procedimentos manuais, automatizar operações e melhorar o fluxo de informações dentro de organizações e serviços. Segundo Pressman e Maxim (2021), a aplicação de soluções computacionais em processos operacionais contribui diretamente para maior eficiência, confiabilidade e melhor capacidade de gerenciamento de dados em sistemas modernos.

No setor de mobilidade, a transformação digital tem desempenhado papel cada vez mais importante na modernização de serviços de transporte. Aplicativos, plataformas web, sistemas de reservas online e soluções de pagamento digital vêm alterando a experiência dos usuários, tornando o acesso aos serviços mais rápido, organizado e acessível. De acordo com estudos sobre Mobility as a Service (MaaS), a integração entre tecnologias digitais e serviços de transporte possibilita maior conectividade entre operadores, usuários e sistemas administrativos, favorecendo uma mobilidade mais eficiente e centrada nas necessidades do passageiro (Stopka; Pessier; Günther, 2018; Narayanan; Antoniou, 2023).

Essa transformação não se limita apenas à digitalização da compra de passagens, mas também envolve melhorias no controle operacional, no gerenciamento de vagas, na organização de viagens e no acompanhamento de informações em tempo real. Plataformas digitais aplicadas à mobilidade permitem reduzir falhas humanas, minimizar retrabalho e aumentar a confiabilidade das operações. Conforme discutido por Ennen et al. (2025), sistemas digitais voltados à mobilidade contribuem para maior integração entre serviços, melhorando a experiência do usuário e otimizando processos administrativos.

No contexto do transporte fluvial, a transformação digital torna-se ainda mais relevante em regiões onde muitos processos ainda ocorrem manualmente. Em municípios amazônicos, como Limoeiro do Ajuru, a venda presencial de passagens, o controle manual de vagas e a ausência de informações atualizadas podem gerar atrasos, desorganização e insegurança tanto para passageiros quanto para administradores. A dependência de anotações em papel ou registros informais aumenta a probabilidade de erros, como superlotação, venda duplicada de vagas ou falhas no embarque.

Nesse cenário, a adoção de sistemas digitais representa uma alternativa para modernizar a gestão do transporte fluvial. Recursos como sistemas web, banco de dados, autenticação de usuários, pagamentos instantâneos via Pix, emissão de comprovantes digitais com QR Code, painéis administrativos e registros de auditoria possibilitam maior controle das operações e melhor rastreabilidade das informações. Além disso, a digitalização permite que passageiros consultem vagas disponíveis antes mesmo de sair de casa, realizem pagamentos de forma remota e recebam confirmação digital de sua compra, reduzindo constrangimentos e aumentando a confiança no serviço.

Dentro dessa perspectiva, o SisPassFluvial insere-se como uma solução voltada à aplicação prática da transformação digital no transporte fluvial de Limoeiro do Ajuru. O sistema foi projetado para apoiar um processo de venda de passagens mais organizado e seguro, sem substituir o trabalho humano, mas oferecendo ferramentas destinadas a auxiliar o controle operacional. Assim, a solução apresenta potencial para reduzir erros, favorecer a experiência do passageiro e fornecer aos administradores informações mais precisas para a tomada de decisão, benefícios que ainda dependem de validação com usuários reais.

2.4 SISTEMAS WEB PARA COMERCIALIZAÇÃO DE PASSAGENS

Os sistemas web voltados à comercialização de passagens têm se tornado cada vez mais importantes na modernização de serviços de transporte, permitindo que processos tradicionalmente realizados de forma presencial sejam executados de maneira digital, com maior rapidez, organização e segurança. De modo geral, esses sistemas são acessados por navegadores e possibilitam ao usuário consultar informações, realizar reservas, efetuar pagamentos e acompanhar o histórico de suas transações em ambiente online (Pressman; Maxim, 2021).

No setor de transportes, plataformas digitais de venda de passagens vêm contribuindo significativamente para a melhoria da experiência dos usuários e para a otimização da gestão operacional. Funcionalidades como consulta de horários, verificação de vagas disponíveis,

compra online e emissão automática de comprovantes reduzem etapas manuais e tornam o atendimento mais eficiente. Segundo Adekola, Oladele e Oyetunde (2021), sistemas informatizados de reservas e bilhetagem reduzem falhas administrativas e melhoram o controle operacional em serviços de transporte.

Na realidade observada em Limoeiro do Ajuru, a ausência de um sistema web para comercialização de passagens fluviais ainda contribui para diversos problemas operacionais. Entre eles, destacam-se a dificuldade de consultar horários e vagas disponíveis, a necessidade de deslocamento presencial para compra de bilhetes, filas, demora no atendimento e erros humanos no registro das vendas. Em alguns casos, podem ocorrer situações como venda duplicada de passagens, perda de registros ou até superlotação de embarcações, especialmente quando o controle é feito manualmente.

Nesse contexto, um sistema web representa uma solução relevante, pois centraliza informações e automatiza processos críticos da operação. Para o passageiro, isso significa maior praticidade, economia de tempo e acesso mais rápido às informações necessárias para a viagem. A possibilidade de consultar vagas e adquirir passagens sem sair de casa reduz constrangimentos e evita deslocamentos desnecessários. Além disso, o acesso digital aos comprovantes aumenta a segurança e a confiança durante o processo de embarque.

Para administradores e proprietários de embarcações, os benefícios também são expressivos. Sistemas web oferecem melhor controle de vendas, acompanhamento de receitas, gestão de vagas e geração de relatórios administrativos. De acordo com Laudon e Laudon (2023), sistemas de informação bem estruturados auxiliam diretamente no processo de tomada de decisão ao fornecer dados organizados, consistentes e acessíveis em tempo real.

No desenvolvimento do SisPassFluvial, esses princípios foram considerados como base para a construção da solução proposta. O sistema foi projetado para disponibilizar funcionalidades essenciais como consulta de viagens, controle de vagas, compra de passagens online, pagamentos digitais, emissão de comprovantes com QR Code e gerenciamento administrativo. Dessa forma, o uso de uma plataforma web busca não apenas digitalizar a venda de passagens, mas também oferecer maior organização operacional e reduzir problemas recorrentes do processo manual no transporte fluvial de Limoeiro do Ajuru.

2.5 TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do SisPassFluvial exigiu a utilização de um conjunto de tecnologias capazes de atender tanto às necessidades funcionais do sistema quanto aos requisitos de desempenho, organização e usabilidade da aplicação. A escolha dessas tecnologias levou em

consideração fatores como familiaridade do desenvolvedor com as ferramentas, facilidade de integração entre componentes, disponibilidade de documentação e adequação ao desenvolvimento de aplicações web completas.

Para a implementação do sistema, foram utilizadas quatro tecnologias principais: PHP, MySQL, Bootstrap e JavaScript. Em conjunto, essas tecnologias permitiram a construção de uma aplicação web capaz de integrar processamento no servidor, armazenamento persistente de dados, interface responsiva e interatividade em tempo real. Segundo Roger Pressman e Bruce Maxim (2021), a seleção adequada de tecnologias impacta diretamente a qualidade, manutenção e escalabilidade de sistemas computacionais modernos.

O PHP foi adotado como principal linguagem de programação do backend, sendo responsável pela lógica de negócio, processamento de requisições, comunicação com APIs e integração com o banco de dados. Já o MySQL foi utilizado para armazenamento e gerenciamento das informações persistentes do sistema, como usuários, embarcações, rotas, viagens, vendas e registros de auditoria. No frontend, o Bootstrap auxiliou na construção de interfaces visuais padronizadas e responsivas, enquanto o JavaScript adicionou dinamismo e interatividade às páginas, com a finalidade de favorecer a experiência de navegação dos usuários.

Além das tecnologias centrais, ferramentas auxiliares também desempenharam papel importante durante o desenvolvimento. O ambiente local de execução foi configurado com o XAMPP, uma distribuição que reúne servidor Apache, interpretador PHP e banco MySQL/MariaDB em uma única solução integrada, facilitando testes e desenvolvimento local. Conforme a documentação oficial do XAMPP, seu uso simplifica a configuração de ambientes de desenvolvimento web ao fornecer componentes pré-configurados para aplicações baseadas em PHP.

Outra ferramenta de apoio utilizada foi o phpMyAdmin, empregado para administração visual do banco de dados. Essa ferramenta permitiu criar tabelas, executar consultas SQL, gerenciar registros e monitorar a estrutura do banco de forma mais prática. Seu uso foi especialmente útil durante etapas de modelagem, testes e validação dos dados persistidos no sistema.

A combinação dessas tecnologias foi escolhida por oferecer um equilíbrio entre robustez, acessibilidade e eficiência no desenvolvimento. Em conjunto, elas possibilitaram a construção de uma solução web completa, capaz de atender às necessidades do SisPassFluvial e contribuir para a digitalização da gestão de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru.

2.5.1 PHP

O PHP (Hypertext Preprocessor) foi a principal linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do *backend* do SisPassFluvial. Sua escolha ocorreu principalmente por ser uma tecnologia já conhecida pelo autor, amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicações web e por apresentar boa integração com sistemas gerenciadores de banco de dados, especialmente o MySQL. Segundo a documentação oficial do PHP (PHP, 2025), a linguagem foi projetada para o desenvolvimento web e é amplamente empregada na construção de aplicações dinâmicas executadas no lado do servidor.

No SisPassFluvial, o PHP desempenha papel central no funcionamento do sistema, sendo responsável por processar requisições, executar regras de negócio e intermediar a comunicação entre a interface e o banco de dados. Diversas funcionalidades dependem diretamente dessa tecnologia, incluindo autenticação de usuários, cadastro de passageiros, gerenciamento de embarcações, rotas e viagens, processamento da compra de passagens e recuperação de senha.

Além disso, o PHP também foi utilizado na comunicação com APIs externas, no processamento de *webhooks* relacionados ao pagamento via Pix e na integração entre diferentes módulos da aplicação, como o painel administrativo e a área do cliente. Conforme Pressman e Maxim (2021), linguagens voltadas ao desenvolvimento web desempenham papel fundamental na implementação de sistemas robustos, pois permitem estruturar regras de negócio de forma organizada e escalável.

No contexto do SisPassFluvial, o PHP permitiu integrar diferentes funcionalidades em uma única aplicação web, contribuindo para a construção de um sistema funcional, organizado e adequado às necessidades do transporte fluvial local.

2.5.2 MySQL

O MySQL foi utilizado como sistema gerenciador de banco de dados do SisPassFluvial, sendo responsável pelo armazenamento, organização e recuperação das informações persistentes do sistema. Sua escolha ocorreu por se tratar de uma tecnologia gratuita, confiável, amplamente utilizada em aplicações web e adequada para sistemas acadêmicos e de pequeno a médio porte. Segundo Silberschatz, Korth e Sudarshan (2020), sistemas gerenciadores de banco de dados são essenciais para garantir integridade, consistência e disponibilidade das informações armazenadas.

No SisPassFluvial, o banco de dados armazena informações fundamentais para o funcionamento da aplicação, incluindo registros de usuários, embarcações, rotas, viagens,

vendas, avisos, acessos e logs do sistema. A centralização dessas informações em um banco relacional permite melhor controle operacional e maior segurança no gerenciamento dos dados.

Sem a utilização de um banco de dados, o sistema perderia completamente sua capacidade de retenção de informações. Nesse cenário, cada operação executada seria temporária, impossibilitando o armazenamento de históricos de vendas, consultas de viagens, controle de vagas e registros administrativos. Em outras palavras, o sistema funcionaria apenas em tempo real, sem memória persistente das ações realizadas.

De acordo com Elmasri e Navathe (2017), bancos de dados relacionais possibilitam que aplicações gerenciem grandes volumes de informações com maior confiabilidade e eficiência. Dessa forma, o MySQL tornou-se uma tecnologia indispensável para a estrutura de dados do SisPassFluvial.

2.5.3 Bootstrap

O Bootstrap foi utilizado no desenvolvimento do *frontend* do SisPassFluvial com o objetivo de agilizar a construção da interface gráfica e garantir maior padronização visual entre as páginas do sistema. Sua adoção ocorreu principalmente por oferecer componentes prontos, recursos de responsividade e uma estrutura organizada para construção de layouts modernos. Segundo a documentação oficial do Bootstrap (BOOTSTRAP, 2025), o *framework* fornece ferramentas para desenvolvimento rápido de interfaces responsivas voltadas a aplicações web.

No SisPassFluvial, o Bootstrap foi utilizado para padronizar a aparência visual e organizar a disposição dos elementos da interface. Componentes como formulários, botões, tabelas, menus de navegação e cards foram empregados para estruturar as telas da aplicação. A percepção dos usuários sobre clareza, modernidade e facilidade de navegação, entretanto, ainda deverá ser verificada por meio de testes de usabilidade.

Outro aspecto importante foi a responsividade. O Bootstrap permitiu que o sistema se adaptasse a diferentes tamanhos de tela, característica implementada com a finalidade de favorecer o uso tanto em computadores quanto em dispositivos móveis. Esse recurso é especialmente relevante porque muitos usuários podem acessar o sistema por smartphones para consultar viagens ou adquirir passagens, embora sua adequação ao público-alvo ainda necessite de testes de usabilidade.

Segundo Nielsen (2012), interfaces bem estruturadas podem reduzir dificuldades de navegação e favorecer a interação entre usuário e sistema. Nesse sentido, o Bootstrap acelerou o desenvolvimento visual do SisPassFluvial, contribuiu para a padronização da interface e foi

adotado com o propósito de oferecer uma navegação mais amigável, aspecto que deverá ser avaliado com usuários reais.

2.5.4 JavaScript

O JavaScript foi utilizado no SisPassFluvial para adicionar interatividade e dinamismo à interface do sistema, com a finalidade de favorecer uma navegação mais fluida. Conforme Flanagan (2020), o JavaScript é uma das principais linguagens para o desenvolvimento de aplicações web interativas, permitindo a manipulação dinâmica de elementos da página sem necessidade de recarregamento completo.

No SisPassFluvial, o JavaScript atua principalmente na camada de interface com o usuário. Sua utilização permitiu implementar funcionalidades como validação de formulários em tempo real, exibição de mensagens de alerta, confirmação de ações críticas, manipulação de modais e atualização dinâmica de elementos da página.

Além disso, o JavaScript foi empregado em máscaras de campos de entrada, verificação de dados antes do envio ao servidor e apresentação de mensagens na interface. Esses recursos foram implementados com a finalidade de reduzir erros de preenchimento e tornar a interação mais prática, mas sua influência sobre a usabilidade ainda necessita de avaliação com usuários reais.

Segundo Duckett (2014), aplicações web modernas dependem cada vez mais de interatividade no lado cliente para oferecer melhor experiência de uso. No contexto do SisPassFluvial, o JavaScript complementou as demais tecnologias, tornando as páginas mais responsivas e dinâmicas. A influência desses recursos sobre a experiência dos usuários, entretanto, deverá ser verificada por meio de testes de usabilidade.

2.6 PAGAMENTOS INSTANTÂNEOS VIA PIX

O PIX é um sistema de pagamentos instantâneos criado pelo Banco Central do Brasil e lançado oficialmente em 2020, com o objetivo de permitir transferências e pagamentos em tempo real, disponíveis 24 horas por dia, todos os dias da semana. Diferentemente de métodos tradicionais, como transferências bancárias convencionais ou boletos, o PIX proporciona liquidação quase imediata das transações, reduzindo tempo de espera e ampliando a praticidade para usuários e empresas. Segundo o Banco Central do Brasil (2024), o PIX consolidou-se como um dos meios de pagamento mais utilizados no país, impulsionando a digitalização financeira e a inclusão de novos usuários no sistema bancário.

No contexto de sistemas web voltados à comercialização de serviços, pagamentos instantâneos representam uma evolução importante por permitirem confirmação automática das transações, maior agilidade operacional e redução de processos manuais. Conforme Vial (2021), a transformação digital também envolve a modernização dos fluxos financeiros, permitindo integração entre plataformas digitais e serviços de pagamento em tempo real.

Antes da proposta do SisPassFluvial, a compra de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru ocorria principalmente por pagamento presencial no porto ou, em alguns casos, por transferências PIX realizadas manualmente via aplicativos de mensagens, como WhatsApp. Esse modelo frequentemente dependia de conferência manual do pagamento, podendo gerar atrasos, dificuldades de validação e maior risco de erros no processo de venda.

No SisPassFluvial, o PIX foi integrado como principal forma de pagamento digital, buscando tornar a compra de passagens mais rápida, segura e acessível. O fluxo inicia quando o passageiro acessa a plataforma, consulta as viagens disponíveis e seleciona a opção desejada. Após informar a quantidade de passagens, o sistema calcula automaticamente o valor total da compra e inicia a geração da cobrança.

Em seguida, o sistema estabelece comunicação com o *gateway* de pagamento AbacatePay, responsável pelo processamento financeiro da transação via Pix. Nessa etapa, são enviados dados como valor total da compra, identificador da transação (*external_id*) e demais informações necessárias para criação do checkout de pagamento. Após o processamento da solicitação, o *gateway* retorna dados como TXID, QR Code dinâmico, código PIX copia-e-cola e URL de checkout.

Após o pagamento ser realizado pelo passageiro, um mecanismo de *webhook* é utilizado para confirmar automaticamente a transação. Segundo Richardson e Ruby (2020), *webhooks* permitem comunicação assíncrona entre sistemas, possibilitando notificações automáticas quando determinados eventos ocorrem. No SisPassFluvial, essa abordagem permite que, após a confirmação do pagamento, a passagem seja liberada automaticamente para emissão do comprovante digital com QR Code de validação.

Entre as funcionalidades associadas ao Pix no SisPassFluvial estão a geração da cobrança, a possibilidade de confirmação automática do pagamento e a aquisição da passagem sem necessidade de deslocamento presencial. Esses recursos apresentam potencial para reduzir etapas manuais, diminuir erros de conferência e tornar o processo mais ágil para passageiros e administradores, mas seus efeitos operacionais ainda não foram medidos em uma implantação real.

Além disso, o PIX apresenta forte compatibilidade com a realidade amazônica e, especificamente, com o município de Limoeiro do Ajuru. Em regiões onde o acesso físico a agências bancárias nem sempre é simples, soluções digitais de pagamento tornam-se especialmente relevantes. Com o aumento do acesso à internet, inclusive por meio de tecnologias de conectividade via satélite como a Starlink, serviços digitais vêm se tornando cada vez mais viáveis também em localidades ribeirinhas.

Dessa forma, a implementação do Pix no SisPassFluvial representa uma melhoria técnica no fluxo de venda de passagens e uma iniciativa de modernização do transporte fluvial local. Sua adoção foi planejada para favorecer maior agilidade operacional, inclusão digital e praticidade na compra. Entretanto, possíveis efeitos sobre a experiência dos usuários e a eficiência do atendimento permanecem como benefícios esperados, sujeitos à validação em campo.

2.7 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO EM SISTEMAS WEB

A segurança da informação tornou-se um dos pilares fundamentais no desenvolvimento de sistemas web, especialmente em aplicações que realizam autenticação de usuários, armazenam dados sensíveis e processam transações financeiras. Em ambientes digitais, a proteção contra acessos não autorizados, vazamento de informações, fraudes e manipulação indevida de dados é essencial para garantir a confiabilidade dos serviços oferecidos. Segundo William Stallings (2021), a segurança da informação busca preservar principalmente três princípios fundamentais: confidencialidade, integridade e disponibilidade, assegurando que os dados permaneçam protegidos e acessíveis apenas a usuários autorizados.

No contexto de sistemas web, ameaças como ataques de SQL Injection, roubo de credenciais, sequestro de sessão, adulteração de registros e exposição de dados pessoais representam riscos significativos para aplicações conectadas à internet. De acordo com a OWASP Foundation (2021), vulnerabilidades relacionadas a falhas de autenticação, controle de acesso inadequado e injeção de comandos continuam entre os principais problemas de segurança em aplicações web modernas, exigindo boas práticas de desenvolvimento e mecanismos robustos de proteção.

No SisPassFluvial, a segurança da informação possui papel estratégico, uma vez que o sistema manipula dados pessoais dos usuários, registros de compras, transações financeiras via Pix, QR Codes de embarque e informações administrativas sensíveis. Por esse motivo, foram implementados diversos mecanismos de proteção para reduzir riscos de fraude, acessos indevidos e inconsistências operacionais durante a comercialização das passagens fluviais.

Entre os mecanismos implementados no sistema, destaca-se inicialmente a autenticação por login e senha, garantindo que apenas usuários cadastrados tenham acesso às áreas restritas da plataforma. Além disso, o SisPassFluvial adota controle de acesso por perfil de usuário, diferenciando permissões entre clientes e administradores, de modo que cada perfil possa acessar apenas funcionalidades autorizadas. Segundo Roger Pressman e Bruce Maxim (2021), mecanismos de autenticação e autorização são componentes essenciais para garantir segurança e confiabilidade em sistemas computacionais.

Outro recurso importante é o armazenamento seguro de senhas por meio de criptografia utilizando algoritmo hash bcrypt, impedindo que senhas reais sejam armazenadas em texto puro no banco de dados. Complementando essa proteção, o sistema utiliza consultas parametrizadas com PDO (PHP Data Objects), reduzindo significativamente riscos de ataques de SQL Injection, prática amplamente recomendada para aplicações que manipulam entradas fornecidas por usuários.

O SisPassFluvial também implementa registros de auditoria e monitoramento de acessos. Por meio das tabelas de logs e registros de acesso, o sistema armazena informações como ações executadas, usuário responsável, endereço IP, navegador utilizado e horários de login e logout. Esses registros aumentam a rastreabilidade do sistema e auxiliam na identificação de comportamentos suspeitos, fraudes ou uso indevido da plataforma.

Em relação ao processo de pagamento, a integração com PIX via *gateway* de pagamento adiciona uma camada adicional de segurança. A confirmação da transação ocorre por meio de *webhook*, permitindo que a compra seja validada somente após confirmação oficial do provedor de pagamento. Esse mecanismo reduz riscos de fraude envolvendo comprovantes falsos e garante maior confiabilidade no processamento financeiro das passagens.

Além disso, cada passagem emitida pelo sistema recebe um QR Code e um código único de embarque, utilizados na validação durante o processo de embarque. Após a utilização da passagem, seu status é atualizado no sistema, impedindo reutilização indevida e reduzindo tentativas de fraude relacionadas ao embarque duplicado.

A segurança da informação é indispensável no SisPassFluvial porque o sistema lida diretamente com dados pessoais, compras de passagens e pagamentos via Pix, que precisam ser protegidos contra fraudes e acessos indevidos. Sem segurança, informações poderiam ser alteradas ou roubadas, comprometendo a confiança dos usuários. Dessa forma, mecanismos de proteção tornam-se essenciais para garantir integridade, confiabilidade e segurança em todo o processo de venda, validação e embarque.

2.8 CONECTIVIDADE LIMITADA E RESILIÊNCIA DE SISTEMAS WEB

A adoção de sistemas digitais em regiões amazônicas precisa considerar que o acesso à internet nem sempre ocorre de maneira contínua e estável. Embora a conectividade tenha avançado nos últimos anos, ainda existem diferenças entre áreas urbanas e rurais. A pesquisa TIC Domicílios 2024 indicou acesso à internet em 85% dos domicílios urbanos e em 74% dos domicílios rurais; na região Norte, o percentual geral registrado foi de 81%. Esses dados não representam especificamente Limoeiro do Ajuru, mas evidenciam desigualdades que devem ser consideradas no planejamento de soluções para localidades ribeirinhas (Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, 2024). No contexto observado pelo autor, passageiros e operadores contornam períodos de conectividade limitada combinando atendimento presencial, registros em papel e comunicação por WhatsApp quando há disponibilidade de sinal. Essas práticas mantêm a operação em funcionamento, mas dificultam a atualização centralizada das informações e reforçam a necessidade de soluções capazes de tolerar períodos de desconexão.

Uma alternativa para aumentar a resiliência de sistemas web nesse contexto é a adoção de uma arquitetura *offline-first*. Nessa abordagem, determinadas funções são planejadas para continuar disponíveis temporariamente mesmo durante interrupções da rede. Os *Service Workers* podem controlar requisições e armazenar recursos essenciais da aplicação em cache, enquanto o *IndexedDB* permite conservar dados estruturados localmente no navegador (World Wide Web Consortium, 2018; 2022).

Em uma evolução do SisPassFluvial, essa arquitetura poderia permitir que informações previamente consultadas permanecessem disponíveis, que operações fossem registradas em uma fila local e que dados pendentes fossem sincronizados após o restabelecimento da conexão. A sincronização assíncrona permitiria enviar posteriormente ao servidor ações realizadas enquanto o dispositivo estava sem acesso à rede.

Entretanto, nem todas as operações poderiam ser executadas de forma completamente offline. A confirmação do pagamento via Pix, a atualização definitiva das vagas e a prevenção de vendas simultâneas exigem validação centralizada. Por isso, seria necessário definir mecanismos de resolução de conflitos, idempotência, controle de versões e reconciliação dos dados, evitando duplicidade de vendas ou divergências entre registros locais e o banco de dados principal.

Dessa maneira, uma estratégia *offline-first* não significa eliminar totalmente a dependência da internet, mas estabelecer quais funcionalidades podem continuar disponíveis localmente, quais operações devem aguardar conexão e como os dados serão sincronizados com

segurança. Essa discussão aproxima a arquitetura do SisPassFluvial das condições reais de utilização encontradas em parte da região amazônica.

2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou os principais fundamentos teóricos e tecnológicos que sustentam o desenvolvimento do SisPassFluvial, abordando desde a importância do transporte fluvial na região amazônica até os recursos tecnológicos utilizados na construção do sistema. A discussão permitiu compreender que, em municípios como Limoeiro do Ajuru, o transporte fluvial exerce papel essencial na mobilidade da população, tornando evidente a necessidade de soluções que contribuam para maior organização, eficiência e segurança nesse setor.

Também foi possível observar como a transformação digital vem impactando diferentes serviços de mobilidade, permitindo a substituição de processos manuais por soluções informatizadas capazes de otimizar operações, reduzir falhas humanas e ampliar o acesso às informações. Nesse contexto, sistemas web voltados à comercialização de passagens demonstram potencial para melhorar tanto a experiência do passageiro quanto a gestão administrativa das operações.

Além disso, foram apresentadas as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento do SisPassFluvial, destacando-se PHP, MySQL, Bootstrap e JavaScript, bem como recursos complementares relacionados a pagamentos instantâneos via Pix e mecanismos de segurança da informação. A integração dessas tecnologias permitiu a construção de uma solução web capaz de atender às necessidades funcionais e operacionais identificadas ao longo deste trabalho.

Dessa forma, os fundamentos apresentados neste capítulo fornecem a base conceitual necessária para compreender as escolhas adotadas no desenvolvimento do sistema. A partir desse embasamento teórico e tecnológico, o próximo capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do SisPassFluvial, incluindo a natureza da pesquisa, o levantamento de requisitos e o processo de implementação do sistema.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do SisPassFluvial, descrevendo as etapas que orientaram tanto a condução da pesquisa quanto a implementação do sistema proposto. A metodologia desempenha papel fundamental em trabalhos acadêmicos, pois estabelece de forma estruturada os métodos, técnicas e estratégias utilizados para alcançar os objetivos definidos na pesquisa.

Segundo Antonio Carlos Gil (2022), a metodologia científica corresponde ao conjunto de procedimentos sistemáticos empregados para produzir conhecimento de maneira organizada, confiável e fundamentada. Nesse sentido, a definição adequada dos métodos de pesquisa contribui para garantir maior consistência e validade aos resultados obtidos.

No contexto deste trabalho, a metodologia foi estruturada considerando a necessidade de compreender a realidade do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru e, a partir disso, desenvolver uma solução tecnológica capaz de atender às demandas identificadas. Para isso, foram adotados procedimentos relacionados ao levantamento de requisitos, modelagem do sistema, definição das tecnologias utilizadas, desenvolvimento do banco de dados e realização de testes funcionais.

Assim, este capítulo detalha a natureza da pesquisa, o processo de levantamento de requisitos, as ferramentas empregadas no desenvolvimento do SisPassFluvial, a modelagem do banco de dados e as estratégias de testes aplicadas durante a implementação do sistema.

3.2 NATUREZA DA PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois teve como finalidade produzir conhecimento teórico e prático voltado à solução de um problema real identificado no contexto do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru, no estado do Pará. Segundo Antonio Carlos Gil (2022), pesquisas aplicadas são desenvolvidas com o objetivo de gerar conhecimentos direcionados à resolução de problemas específicos da realidade, buscando aplicação prática dos resultados obtidos.

Quanto à abordagem, esta pesquisa possui caráter qualitativo, uma vez que seu desenvolvimento esteve fundamentado principalmente na observação da realidade local, na análise descritiva dos problemas existentes e na compreensão das necessidades dos usuários envolvidos no processo de comercialização de passagens fluviais. De acordo com John W. Creswell e J. David Creswell (2023), a abordagem qualitativa permite compreender fenômenos

a partir da interpretação de contextos reais, priorizando significados, experiências e percepções em vez de análises puramente numéricas.

Em relação aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória e descritiva. Exploratória porque buscou aprofundar a compreensão de um problema ainda pouco estudado no contexto regional, relacionado à venda manual de passagens fluviais e à ausência de soluções digitais específicas para esse setor. Descritiva porque também procurou retratar as características do cenário observado, identificando dificuldades operacionais, limitações do processo manual e necessidades dos usuários. Conforme Gil (2022), pesquisas exploratórias contribuem para ampliar o entendimento de problemas pouco investigados, enquanto pesquisas descritivas permitem detalhar características de determinada realidade.

Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho combinou pesquisa bibliográfica, observação de campo e desenvolvimento de *software*. A pesquisa bibliográfica forneceu embasamento teórico por meio de livros, artigos científicos e materiais técnicos relacionados ao transporte fluvial, transformação digital, sistemas web e segurança da informação. Paralelamente, a observação da realidade local em Limoeiro do Ajuru possibilitou identificar problemas concretos enfrentados por passageiros e operadores. A partir dessas informações, foi desenvolvido o sistema funcional do SisPassFluvial como proposta de solução tecnológica.

Dessa forma, o desenvolvimento do SisPassFluvial foi baseado em uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e caráter exploratório-descritivo. Essa estrutura metodológica permitiu analisar a realidade do transporte fluvial local, compreender suas principais dificuldades e desenvolver uma solução computacional alinhada às necessidades observadas no município de Limoeiro do Ajuru.

3.3 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O levantamento de requisitos constituiu uma etapa fundamental no desenvolvimento do SisPassFluvial, pois permitiu identificar as necessidades funcionais e operacionais que deveriam ser atendidas pelo sistema. Segundo Pressman e Maxim (2021), a elicitação de requisitos representa um dos processos mais importantes da engenharia de *software*, uma vez que possibilita compreender as necessidades dos usuários e traduzí-las em funcionalidades que orientam o desenvolvimento do sistema.

No contexto deste trabalho, o levantamento de requisitos foi realizado principalmente por meio da observação da rotina de comercialização de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru, da experiência pessoal do autor como usuário desse modal de transporte, da análise de sistemas semelhantes e da pesquisa bibliográfica relacionada ao tema. Essa abordagem permitiu

compreender de forma mais próxima os desafios enfrentados tanto pelos passageiros quanto pelos responsáveis pela venda de passagens.

Durante essa etapa, foram identificados diversos problemas no processo manual de comercialização, entre eles a superlotação de embarcações, venda duplicada de passagens, dificuldade no controle de vagas disponíveis, filas durante o atendimento, falta de informações claras sobre horários de viagens, desorganização no embarque e ausência de comprovantes digitais. Além disso, observou-se que a necessidade de deslocamento presencial até o porto para adquirir passagens gerava transtornos e limitações para muitos passageiros.

A partir da análise dessas dificuldades, foram definidos os principais requisitos funcionais do SisPassFluvial. Entre eles destacam-se o cadastro e autenticação de usuários, controle de níveis de acesso, gerenciamento de embarcações, cadastro de rotas e viagens, consulta de vagas disponíveis, compra de passagens, processamento de pagamentos via Pix, emissão de comprovantes, geração de QR Code para embarque, validação de passagens, geração de relatórios administrativos e registro de logs do sistema. Esses requisitos foram estabelecidos com o objetivo de atender às demandas operacionais observadas no cenário real.

Além dos requisitos funcionais, também foram considerados requisitos não funcionais, relacionados à qualidade do sistema. Entre os principais destacam-se segurança da informação, confiabilidade, desempenho, responsividade e facilidade de uso. Conforme Sommerville (2019), requisitos não funcionais influenciam diretamente a qualidade global do *software*, impactando sua usabilidade, segurança e eficiência operacional.

Dessa forma, os requisitos do SisPassFluvial foram definidos a partir da observação prática da realidade local e da análise das necessidades dos usuários. Esse processo permitiu estruturar funcionalidades alinhadas aos problemas identificados, garantindo que o sistema fosse desenvolvido com foco em oferecer maior organização, segurança e eficiência à comercialização de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru.

3.4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

O processo de desenvolvimento do SisPassFluvial ocorreu de forma incremental e iterativa, permitindo que o sistema fosse construído por módulos enquanto melhorias e correções eram realizadas continuamente ao longo da implementação. Segundo Sommerville (2019), abordagens incrementais possibilitam a entrega gradual de funcionalidades, favorecendo validações constantes e adaptações durante o desenvolvimento. Esse modelo mostrou-se adequado para o contexto deste trabalho, pois permitiu evolução progressiva do sistema conforme novas necessidades eram identificadas.

Inicialmente, foi realizado o levantamento do problema com base na observação da realidade do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru, identificando dificuldades presentes no processo manual de venda de passagens, como falta de controle de vagas, superlotação, demora no atendimento e falhas organizacionais no embarque. A partir dessa análise, foram definidos os requisitos funcionais e não funcionais necessários para atender às demandas do sistema.

Após essa etapa, iniciou-se simultaneamente a modelagem do banco de dados e o desenvolvimento da interface do sistema. Essa estratégia permitiu alinhar desde o início a estrutura de armazenamento das informações com as necessidades visuais e funcionais da aplicação. Em seguida, foi realizada a implementação da lógica de negócio no *backend*, abrangendo funcionalidades como autenticação de usuários, gerenciamento de embarcações, rotas, viagens, venda de passagens e área administrativa.

Durante o desenvolvimento, também foi implementada a integração com o sistema de pagamentos via Pix, utilizando comunicação com *gateway* de pagamento, APIs e *webhooks* para confirmação automática das transações. De acordo com Pressman e Maxim (2021), a integração entre módulos e serviços externos exige testes contínuos para garantir confiabilidade, consistência e segurança das operações, especialmente em sistemas que processam transações financeiras.

Ao longo da implementação, diversas partes do sistema precisaram ser ajustadas ou reestruturadas, incluindo alterações na modelagem do banco de dados, melhorias na interface, reescrita de trechos de código e adaptações no fluxo de compra e confirmação de pagamento. Esses refinamentos foram importantes para melhorar a estabilidade e a usabilidade da aplicação.

Um dos principais desafios técnicos identificados durante o desenvolvimento esteve relacionado ao processo de validação de embarque por QR Code. Embora essa funcionalidade já esteja implementada no sistema para uso em computadores, futuramente pretende-se desenvolver uma solução específica para dispositivos móveis, permitindo validação mais prática no embarque e desembarque dos passageiros.

Dessa forma, o desenvolvimento do SisPassFluvial ocorreu por etapas bem definidas, mas sempre com ajustes contínuos, permitindo a construção de um sistema funcional alinhado às necessidades reais do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru.

3.5 FERRAMENTAS UTILIZADAS

O desenvolvimento do SisPassFluvial exigiu a utilização de diferentes ferramentas e tecnologias, cada uma desempenhando funções específicas durante as etapas de implementação, testes e validação do sistema. Segundo Pressman e Maxim (2021), a escolha

adequada das ferramentas de desenvolvimento influencia diretamente a produtividade do desenvolvedor, a qualidade do *software* e a facilidade de manutenção da aplicação.

O ambiente de desenvolvimento local foi configurado utilizando o XAMPP, que forneceu os serviços do servidor Apache e do banco de dados MySQL, permitindo executar e testar o sistema em ambiente local durante todo o desenvolvimento. Para a administração do banco de dados foi utilizado o phpMyAdmin, ferramenta que possibilitou criar, modificar e gerenciar tabelas, consultas e registros de forma gráfica, facilitando o desenvolvimento da estrutura de armazenamento das informações.

Como editor principal de código foi utilizado o Visual Studio Code (VS Code), devido à sua praticidade, suporte a diversas extensões e integração com diferentes linguagens de programação. Segundo Microsoft (2024), o Visual Studio Code oferece um ambiente leve e altamente extensível, amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicações web.

A implementação da aplicação foi realizada utilizando PHP como linguagem de programação do lado do servidor, responsável pela lógica de negócio, autenticação de usuários, processamento das compras, integração com APIs, comunicação com o banco de dados e gerenciamento das principais funcionalidades do sistema. Para o armazenamento das informações foi utilizado o MySQL, responsável por manter registros de usuários, embarcações, rotas, viagens, vendas, acessos, avisos e logs do sistema.

Na camada de apresentação foram utilizadas as tecnologias HTML5, CSS3, Bootstrap e JavaScript. O HTML5 foi empregado para estruturar as páginas da aplicação, enquanto o CSS3 foi responsável pela estilização visual. O Bootstrap contribuiu para o desenvolvimento de uma interface responsiva e organizada, permitindo adaptação a diferentes tamanhos de tela. Já o JavaScript foi utilizado para implementar validações e interações dinâmicas, recursos adotados com a finalidade de favorecer a experiência de uso, cuja efetividade ainda deverá ser avaliada com usuários reais.

Para aumentar a segurança da comunicação entre a aplicação e o banco de dados, foi utilizado o PDO (PHP Data Objects), permitindo a execução de consultas parametrizadas e reduzindo riscos relacionados a ataques de SQL Injection. Conforme Pressman e Maxim (2021), o uso de boas práticas de programação e mecanismos seguros de acesso aos dados constitui um dos pilares para o desenvolvimento de aplicações web confiáveis.

Durante o desenvolvimento também foram empregadas ferramentas auxiliares importantes. O Composer foi utilizado para o gerenciamento das dependências do projeto, permitindo a instalação de bibliotecas necessárias ao funcionamento da aplicação. Entre elas

destaca-se o Dompdf, empregado para a geração automática dos comprovantes de compra em formato PDF.

A integração dos pagamentos instantâneos foi realizada por meio da plataforma AbacatePay, responsável pela geração das cobranças PIX, QR Codes de pagamento e comunicação via *Webhooks*, possibilitando a confirmação automática das transações financeiras. Durante a fase de testes dessa integração foi utilizado o ngrok, ferramenta que permitiu disponibilizar temporariamente o ambiente local na internet para o recebimento das notificações enviadas pelo *gateway* de pagamento.

Por fim, a documentação da modelagem do sistema foi desenvolvida utilizando as ferramentas StarUML e Draw.io, empregadas na construção dos diagramas UML e demais representações gráficas presentes neste trabalho. Além disso, foi implementado um sistema de logs de auditoria, responsável pelo registro das principais ações realizadas pelos usuários e administradores, contribuindo para aumentar a rastreabilidade, a segurança e o controle das operações executadas no SisPassFluvial.

Dessa forma, a combinação dessas ferramentas proporcionou um ambiente de desenvolvimento completo, permitindo implementar, testar e validar todas as funcionalidades do SisPassFluvial de maneira organizada, segura e compatível com os objetivos propostos neste trabalho.

3.6 MODELAGEM DO BANCO DE DADOS

A modelagem do banco de dados constitui uma das etapas mais importantes no desenvolvimento de um sistema de informação, pois é responsável por definir a estrutura utilizada para armazenar, organizar e relacionar os dados necessários ao funcionamento da aplicação. Um modelo de dados bem elaborado contribui para reduzir redundâncias, manter a integridade das informações e facilitar futuras manutenções e expansões do sistema. Segundo Elmasri e Navathe (2019), a modelagem de banco de dados permite representar de forma estruturada as entidades do domínio da aplicação e seus relacionamentos, servindo como base para a implementação de bancos de dados consistentes e confiáveis.

No desenvolvimento do SisPassFluvial, a modelagem do banco de dados foi construída a partir da análise dos processos envolvidos na comercialização de passagens fluviais e foi sendo aprimorada conforme novas funcionalidades eram implementadas. Durante o desenvolvimento do sistema, algumas tabelas, relacionamentos e atributos precisaram ser ajustados para atender às necessidades identificadas ao longo da implementação, permitindo

que a estrutura acompanhasse a evolução do projeto e permanecesse adequada aos requisitos definidos.

As principais entidades modeladas foram usuarios, embarcacoes, rotas, viagens, vendas, logs_sistema, acessos e avisos. Dentre elas, destacam-se as tabelas usuarios, responsável pelo gerenciamento dos perfis de clientes e administradores; vendas, considerada o núcleo do sistema por registrar as compras realizadas, pagamentos via Pix e informações relacionadas ao embarque; viagens e rotas, que organizam os itinerários disponibilizados aos passageiros; embarcacoes, que armazena os dados das embarcações utilizadas; e logs_sistema, responsável pelo registro das ações executadas pelos usuários, contribuindo para auditoria e rastreabilidade das operações.

Os relacionamentos estabelecidos entre essas entidades permitem integrar todas as etapas do processo de venda de passagens, desde o cadastro das embarcações e definição das rotas até a realização da compra, confirmação do pagamento, emissão do comprovante e controle do embarque. Conforme destacam Coronel e Morris (2020), a utilização de relacionamentos consistentes entre as tabelas é fundamental para garantir a integridade referencial dos dados e assegurar maior confiabilidade nas operações realizadas pelo sistema.

A modelagem desenvolvida também buscou minimizar redundâncias e inconsistências por meio da utilização de chaves primárias, chaves estrangeiras e relacionamentos entre as entidades, permitindo consultas mais eficientes e maior organização das informações armazenadas. Além disso, a estrutura adotada facilita futuras atualizações do SisPassFluvial, possibilitando a inclusão de novos módulos sem comprometer o funcionamento das funcionalidades já implementadas.

Assim, a modelagem do banco de dados representou uma etapa essencial para o desenvolvimento do SisPassFluvial, pois forneceu uma estrutura organizada para armazenamento e gerenciamento das informações utilizadas pelo sistema. Sua construção possibilitou maior controle das operações, rapidez na recuperação dos dados e suporte às funcionalidades implementadas, contribuindo diretamente para a confiabilidade e o desempenho da aplicação.

3.7 ESTRATÉGIA DE TESTES

A etapa de testes desempenha papel fundamental no desenvolvimento de sistemas de informação, pois permite verificar se as funcionalidades implementadas atendem aos requisitos definidos e se o *software* apresenta comportamento adequado diante das diferentes situações de uso. Segundo Pressman e Maxim (2021), os testes constituem uma atividade essencial da

engenharia de *software*, sendo responsáveis por identificar falhas antes da disponibilização da aplicação aos usuários, contribuindo para aumentar sua qualidade, confiabilidade e estabilidade.

No desenvolvimento do SisPassFluvial, os testes foram realizados de forma contínua durante todo o processo de implementação. À medida que cada módulo era concluído, suas funcionalidades eram executadas e verificadas individualmente, permitindo identificar possíveis inconsistências ainda nas fases iniciais do desenvolvimento. Sempre que algum problema era encontrado, eram realizados os ajustes necessários e novos testes eram executados para confirmar que a correção havia sido aplicada corretamente.

Entre as funcionalidades testadas destacam-se o cadastro e autenticação de usuários, gerenciamento de embarcações, cadastro de rotas e viagens, consulta de viagens disponíveis, compra de passagens, integração com pagamentos via Pix, processamento do *webhook* de confirmação de pagamento, emissão do comprovante com QR Code, acesso à área do cliente, painel administrativo e registro de logs do sistema. A validação desses módulos permitiu verificar o correto funcionamento das principais operações oferecidas pela aplicação.

Além dos testes individuais das funcionalidades, também foram realizados testes integrados para verificar a comunicação entre os diferentes módulos do sistema. Esse procedimento foi importante para garantir que o fluxo completo de compra ocorresse corretamente, desde a consulta da viagem pelo passageiro até a confirmação automática do pagamento, emissão do comprovante e disponibilização das informações para o administrador. Conforme Sommerville (2019), a realização de testes de integração permite identificar problemas relacionados à comunicação entre componentes do sistema, contribuindo para o funcionamento consistente da aplicação como um todo.

A estratégia adotada durante o desenvolvimento do SisPassFluvial permitiu validar gradativamente cada funcionalidade implementada, reduzindo a ocorrência de falhas acumuladas ao final do projeto. A realização contínua dos testes proporcionou maior estabilidade ao sistema e aumentou a confiança no funcionamento das funcionalidades desenvolvidas, contribuindo para a obtenção de um sistema funcional capaz de atender aos objetivos propostos neste trabalho.

Os testes realizados neste trabalho foram de natureza funcional e de integração, conduzidos pelo autor em ambiente de desenvolvimento. Não foram executados testes automatizados nem avaliações de usabilidade com passageiros, proprietários de embarcações ou administradores locais. Dessa forma, os resultados obtidos permitem verificar o funcionamento técnico das funcionalidades implementadas, mas não possibilitam medir aspectos como facilidade de aprendizagem, tempo de execução das tarefas, satisfação dos

usuários, quantidade de erros de interação ou adequação da interface ao público ribeirinho. A realização dessa avaliação empírica deverá ocorrer em trabalhos futuros, mediante participação de usuários reais, definição de tarefas e utilização de instrumentos apropriados para coleta e análise dos resultados.

3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentados os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do SisPassFluvial, contemplando a natureza da pesquisa, o levantamento dos requisitos, o processo de desenvolvimento do sistema, as ferramentas utilizadas, a modelagem do banco de dados e a estratégia de testes empregada durante a implementação da aplicação.

A metodologia adotada permitiu conduzir o desenvolvimento de forma organizada, possibilitando compreender o problema existente na comercialização de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru e definir uma solução compatível com essa realidade. A utilização de uma abordagem incremental, aliada à realização contínua de testes e ajustes, contribuiu para a construção de um sistema funcional, capaz de atender aos requisitos definidos ao longo do projeto.

Além disso, o emprego de tecnologias amplamente utilizadas no desenvolvimento de sistemas web proporcionou uma base consistente para a implementação das funcionalidades do SisPassFluvial, favorecendo aspectos relacionados à organização, desempenho, segurança e manutenção da aplicação.

No capítulo seguinte, será apresentado o desenvolvimento e a implementação do SisPassFluvial, abordando a modelagem do sistema, sua arquitetura, as principais funcionalidades implementadas e as interfaces desenvolvidas para os diferentes perfis de usuários.

4 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISPASSFLUVIAL

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Após a definição da fundamentação teórica e dos procedimentos metodológicos adotados neste trabalho, este capítulo apresenta o desenvolvimento e a implementação do SisPassFluvial. Nesta etapa são descritas as principais decisões tomadas durante a construção do sistema, bem como a forma como os requisitos levantados foram transformados em funcionalidades capazes de atender às necessidades observadas no processo de comercialização de passagens fluviais no município de Limoeiro do Ajuru.

O desenvolvimento do SisPassFluvial buscou aliar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Sistemas de Informação com uma necessidade existente na realidade local. Durante a implementação, cada funcionalidade foi construída gradativamente, passando por ajustes, testes e melhorias até atingir um funcionamento estável. Essa abordagem permitiu adaptar o sistema às situações encontradas durante o desenvolvimento, tornando a aplicação mais consistente e próxima das necessidades dos futuros usuários.

Segundo Pressman e Maxim (2021), o desenvolvimento de *software* deve ser conduzido de forma organizada, considerando aspectos relacionados à qualidade, confiabilidade e atendimento aos requisitos definidos para o sistema. Nesse sentido, as tecnologias e ferramentas apresentadas no capítulo anterior foram empregadas para implementar uma aplicação web capaz de automatizar atividades que anteriormente eram realizadas de maneira manual, contribuindo para maior organização das operações relacionadas à venda de passagens fluviais.

Ao longo deste capítulo serão apresentados a modelagem do sistema, sua arquitetura, as principais interfaces desenvolvidas, o funcionamento das funcionalidades implementadas e os recursos disponibilizados para clientes e administradores, demonstrando como o SisPassFluvial foi construído para oferecer uma solução prática ao contexto do transporte fluvial em Limoeiro do Ajuru.

4.2 MODELAGEM DO SISTEMA

A modelagem do sistema representa uma das etapas mais importantes do desenvolvimento do SisPassFluvial, pois permitiu organizar as funcionalidades, definir o comportamento do sistema e estruturar os dados antes e durante a implementação. Embora a programação tenha evoluído de forma incremental, a modelagem foi constantemente atualizada conforme novas funcionalidades eram incorporadas ao sistema, contribuindo para um desenvolvimento mais organizado e reduzindo a ocorrência de erros estruturais.

Segundo Pressman e Maxim (2021), a modelagem de *software* permite representar de forma abstrata os requisitos, a arquitetura e os processos de um sistema, facilitando a comunicação entre os envolvidos no projeto e reduzindo riscos durante a implementação. Além disso, Sommerville (2019) destaca que a utilização de modelos durante o desenvolvimento auxilia na compreensão dos requisitos e no planejamento das soluções computacionais antes da construção efetiva do *software*.

No desenvolvimento do SisPassFluvial, a modelagem foi utilizada para representar tanto a estrutura quanto o comportamento da aplicação. Essa etapa possibilitou visualizar a interação entre usuários, funcionalidades e banco de dados, além de apoiar a definição das regras de negócio relacionadas à venda de passagens, gerenciamento de viagens, processamento de pagamentos via Pix e controle administrativo.

A elaboração dos diagramas também contribuiu para identificar possíveis inconsistências antes da implementação de determinadas funcionalidades. Durante o desenvolvimento, algumas estruturas precisaram ser ajustadas para atender novas necessidades identificadas ao longo do projeto, principalmente relacionadas ao banco de dados, ao fluxo de compra de passagens e à integração com o sistema de pagamentos. Dessa forma, a modelagem acompanhou a evolução do sistema, sendo atualizada sempre que necessário para refletir a versão mais consistente da aplicação.

Para representar os diferentes aspectos do SisPassFluvial, foram elaborados os principais diagramas utilizados na Engenharia de *Software*, cada um com uma finalidade específica. O Diagrama de Casos de Uso foi empregado para representar as funcionalidades disponibilizadas aos usuários do sistema. O Diagrama de Classes permitiu representar a estrutura das principais entidades e seus relacionamentos. O Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) foi utilizado para modelar o banco de dados, enquanto o Diagrama de Sequência descreveu a interação entre os componentes durante a execução das principais funcionalidades. Além disso, foi desenvolvida a Arquitetura Geral do Sistema, apresentando a organização dos seus principais módulos e a comunicação entre eles.

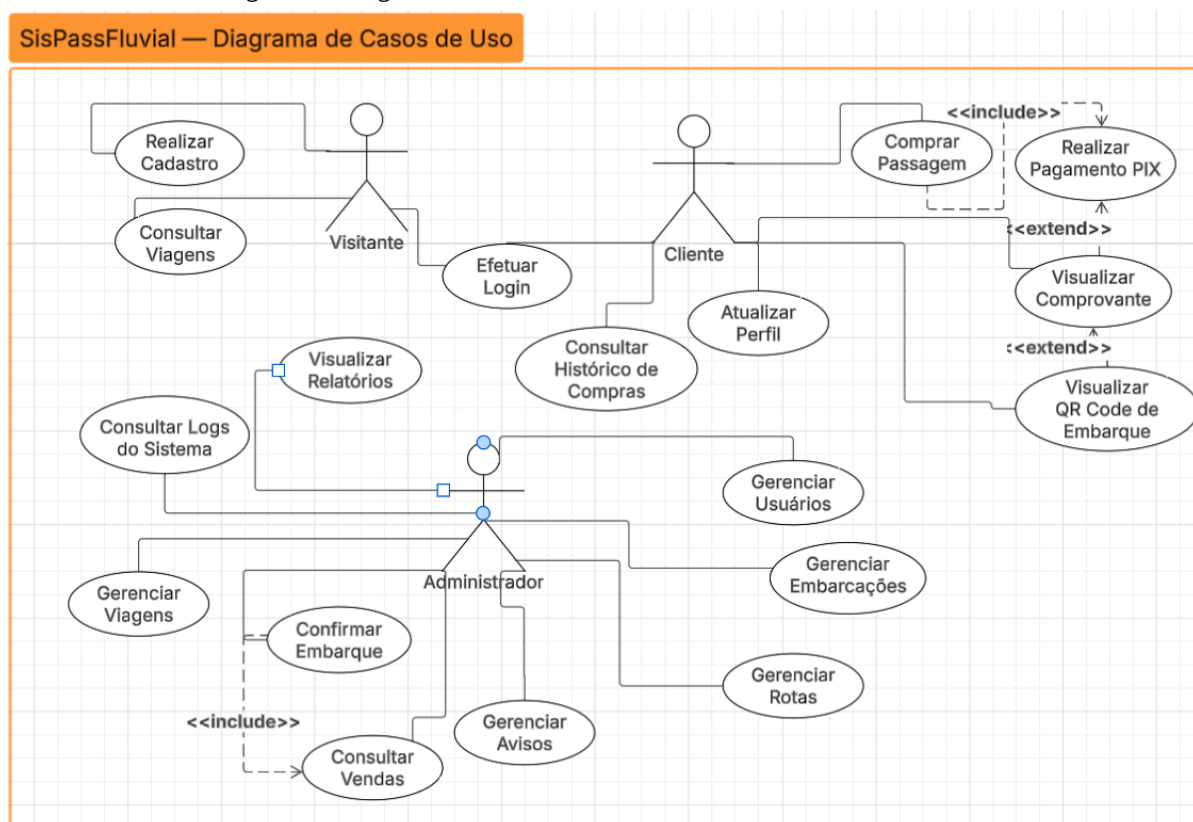
De acordo com Booch, Rumbaugh e Jacobson (2005), a utilização da UML fornece uma linguagem padronizada para especificação, visualização, construção e documentação de sistemas orientados a objetos, tornando o desenvolvimento mais compreensível e facilitando sua manutenção futura. Assim, a modelagem adotada no SisPassFluvial constituiu um importante instrumento de planejamento, organização e apoio à implementação das funcionalidades desenvolvidas ao longo deste trabalho.

Nas subseções seguintes são apresentados os diagramas utilizados na modelagem do SisPassFluvial, acompanhados de suas respectivas descrições e da forma como contribuíram para a construção do sistema.

4.2.1 Diagrama de Casos de Uso

Antes do desenvolvimento do SisPassFluvial, tornou-se necessário definir quais funcionalidades fariam parte do sistema e como cada tipo de usuário iria interagir com elas. Para isso, foi utilizado o Diagrama de Casos de Uso, uma das principais ferramentas da UML para representação dos requisitos funcionais de um *software*. Segundo Guedes (2018), esse diagrama permite representar, de forma simples e organizada, as funcionalidades oferecidas pelo sistema e os atores responsáveis por executá-las, facilitando o entendimento do comportamento da aplicação antes mesmo da implementação.

Figura 1 – Diagrama de casos de uso do SisPassFluvial



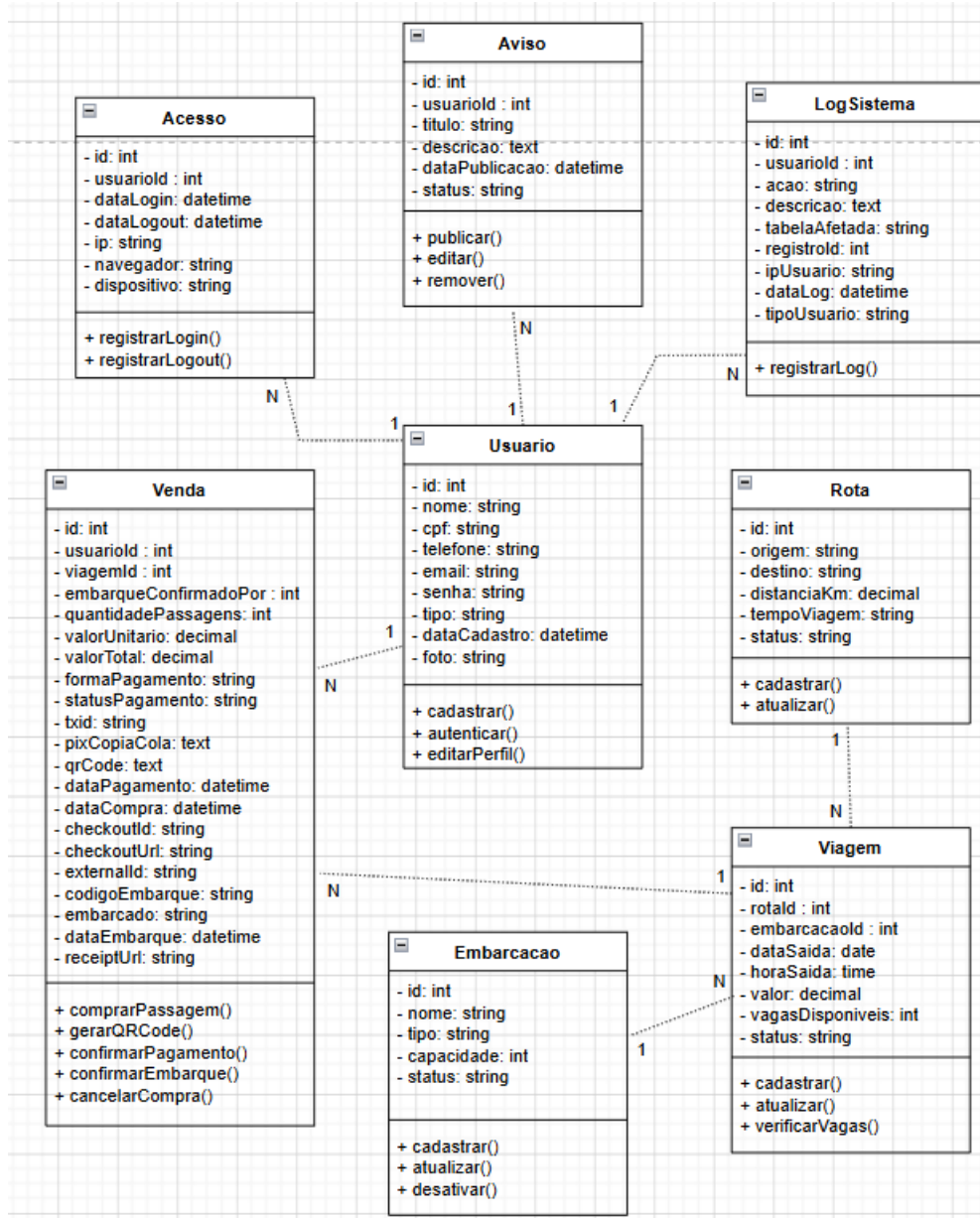
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.2.2 Diagrama de Classes

O Diagrama de Classes foi desenvolvido para representar a estrutura lógica do SisPassFluvial, permitindo visualizar como os principais elementos do sistema estão organizados e como se relacionam entre si. Segundo Guedes (2018), esse diagrama descreve a

organização estática de um sistema orientado a objetos, auxiliando na definição das entidades, atributos, operações e associações existentes. Para Sommerville (2019), a modelagem por classes contribui para reduzir inconsistências durante o desenvolvimento e facilita a implementação das regras de negócio.

Figura 2 – Diagrama de classes do SisPassFluvial



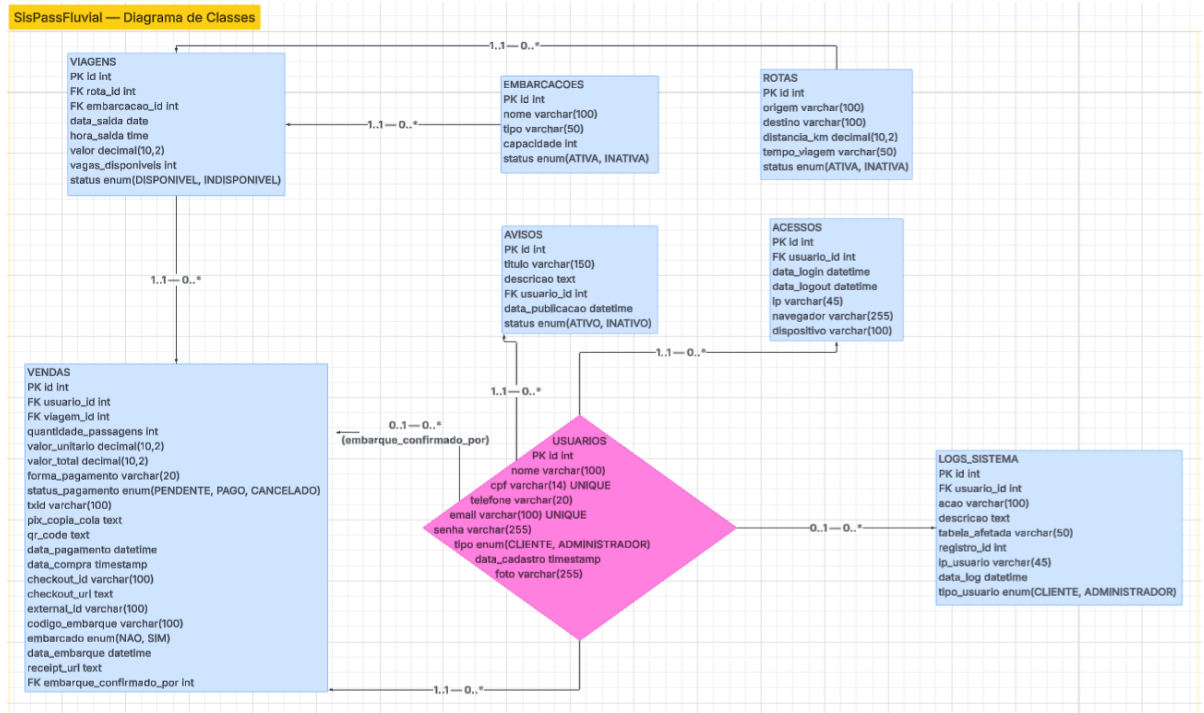
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.2.3 Diagrama Entidade-Relacionamento (DER)

O Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) foi desenvolvido para representar a estrutura do banco de dados do SisPassFluvial, demonstrando como as informações são organizadas e relacionadas dentro da aplicação. Conforme Elmasri e Navathe (2021), a

modelagem entidade-relacionamento é uma das principais etapas do projeto de banco de dados, pois permite representar de forma clara as entidades, seus atributos e os relacionamentos necessários para atender às regras de negócio. Essa modelagem serviu como base para a implementação do banco de dados utilizado no sistema.

Figura 3 – Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) do banco de dados

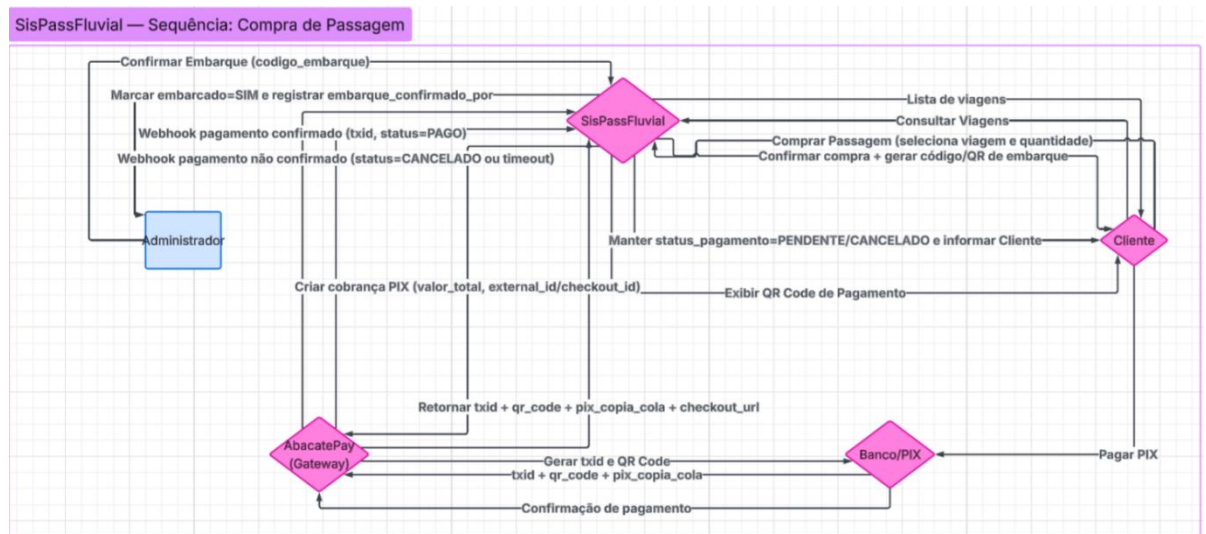


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.2.4 Diagrama de Sequência

O Diagrama de Sequência foi utilizado para representar o comportamento dinâmico do SisPassFluvial durante uma de suas principais funcionalidades: a compra de passagens com pagamento via Pix e a confirmação do embarque. Segundo Guedes (2018), esse tipo de diagrama demonstra a ordem em que as interações ocorrem entre os participantes de um sistema, facilitando a compreensão do fluxo das operações e da comunicação entre seus componentes.

Figura 4 – Diagrama de sequência do SisPassFluvial

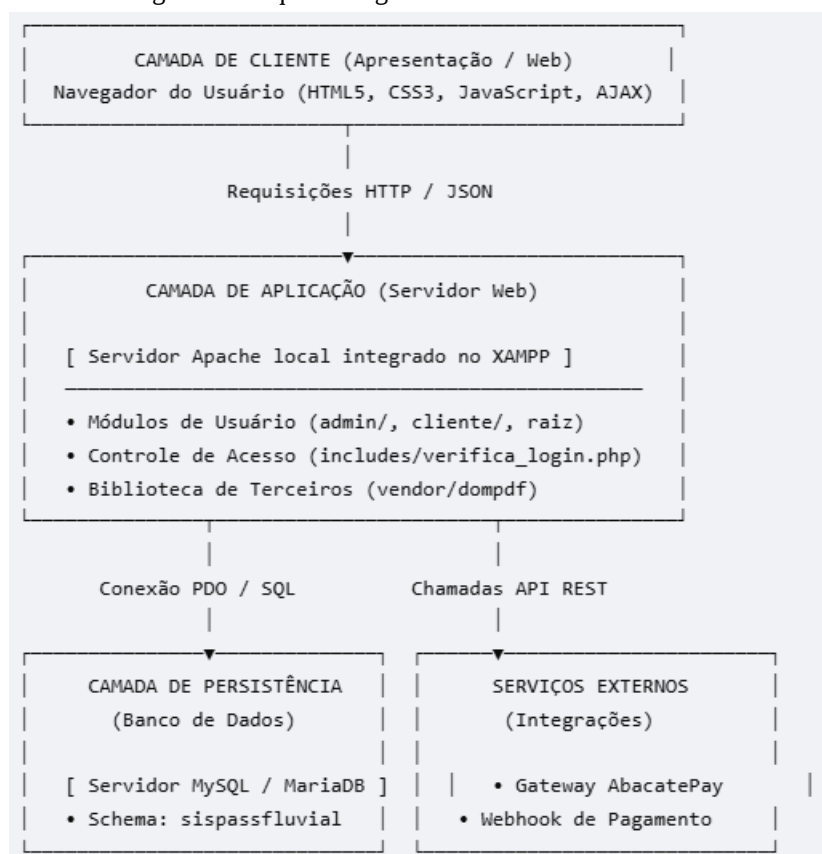


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3 ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA

A arquitetura do SisPassFluvial foi definida para organizar os diferentes componentes responsáveis pelo funcionamento da aplicação, permitindo que cada parte do sistema desempenhe uma função específica de forma integrada. Segundo Sommerville (2019), uma arquitetura bem estruturada facilita o desenvolvimento, a manutenção e a evolução do *software*, além de contribuir para a redução da complexidade durante sua implementação.

Figura 5 – Arquitetura geral do SisPassFluvial



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO SISPASSFLUVIAL

Após a etapa de modelagem e definição da arquitetura, iniciou-se a implementação do SisPassFluvial, transformando os requisitos levantados em um sistema web funcional voltado à comercialização de passagens fluviais. Nessa fase foram desenvolvidas as funcionalidades destinadas aos passageiros e aos administradores, contemplando desde a consulta de viagens até o gerenciamento das vendas, pagamentos via Pix, emissão de comprovantes e controle das informações cadastradas. Segundo Pressman e Maxim (2021), a implementação corresponde à etapa em que os modelos definidos durante o projeto são convertidos em uma aplicação capaz de atender às necessidades dos usuários.

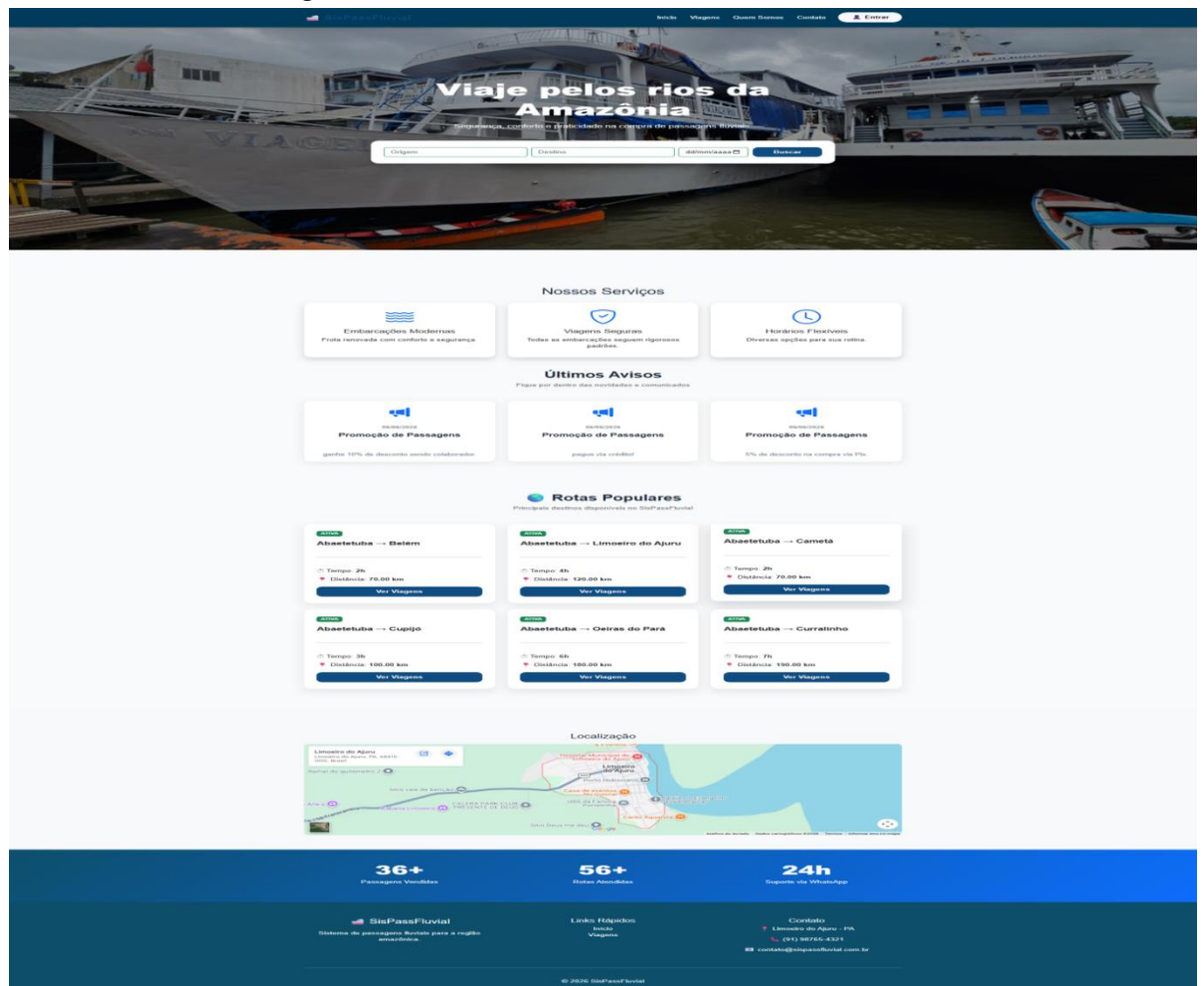
O SisPassFluvial foi desenvolvido utilizando as tecnologias apresentadas no Capítulo 2, integrando PHP, MySQL, Bootstrap e JavaScript para construção da aplicação. Além disso, foram incorporados recursos como autenticação de usuários, integração com *gateway* de pagamento via Pix, geração de QR Code, registros de auditoria e controle das operações administrativas, permitindo que o sistema executasse todas as funcionalidades previstas durante o levantamento de requisitos.

Nas próximas seções são apresentadas as principais interfaces implementadas no SisPassFluvial, destacando as funcionalidades desenvolvidas e sua contribuição para o funcionamento do sistema. Cada tela representa uma etapa importante do processo de utilização da plataforma, evidenciando a integração entre os diferentes módulos que compõem a aplicação.

4.5 INTERFACE INICIAL

A interface inicial do SisPassFluvial foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar um acesso simples e intuitivo às principais funcionalidades do sistema. Segundo Pressman e Maxim (2021), uma interface bem planejada deve facilitar a interação entre o usuário e o *software*, tornando as operações mais rápidas e reduzindo dificuldades durante sua utilização. Nesse contexto, a página inicial foi projetada considerando tanto usuários que desejam apenas consultar informações quanto aqueles que pretendem realizar a compra de passagens.

Figura 6 – Interface inicial do SisPassFluvial

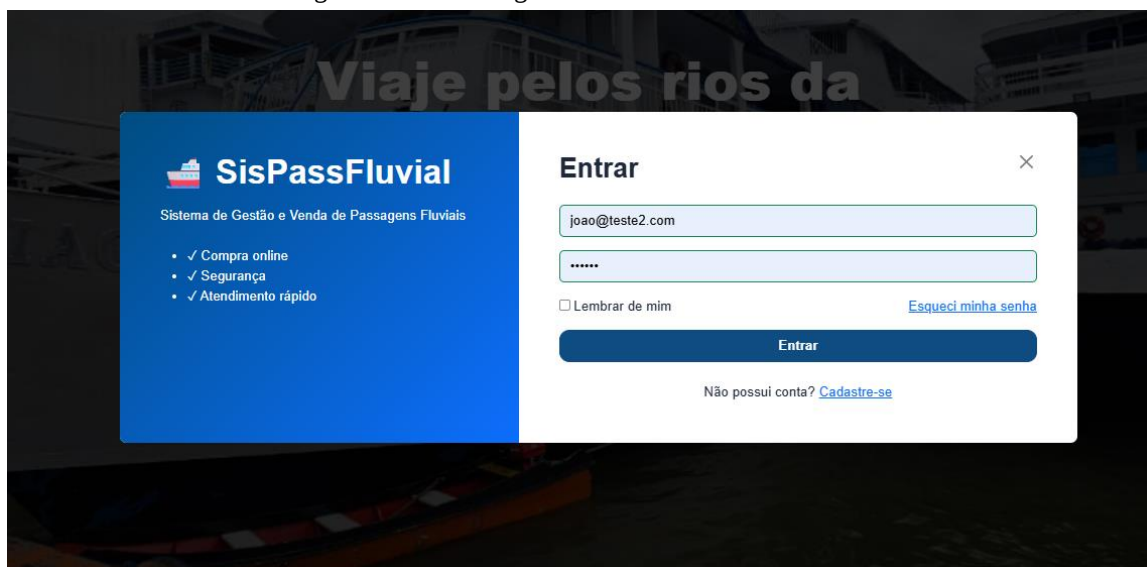


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.6 AUTENTICAÇÃO E CADASTRO DE USUÁRIOS

O acesso às funcionalidades restritas do SisPassFluvial é realizado por meio de um mecanismo de autenticação, responsável por identificar os usuários e controlar suas permissões dentro do sistema. De acordo com Pressman e Maxim (2021), a autenticação constitui um dos principais mecanismos de segurança em aplicações web, permitindo que apenas usuários autorizados acessem recursos protegidos. Nesse contexto, o SisPassFluvial disponibiliza funcionalidades de login, cadastro de novos usuários e recuperação de senha, garantindo maior segurança e praticidade durante a utilização da plataforma.

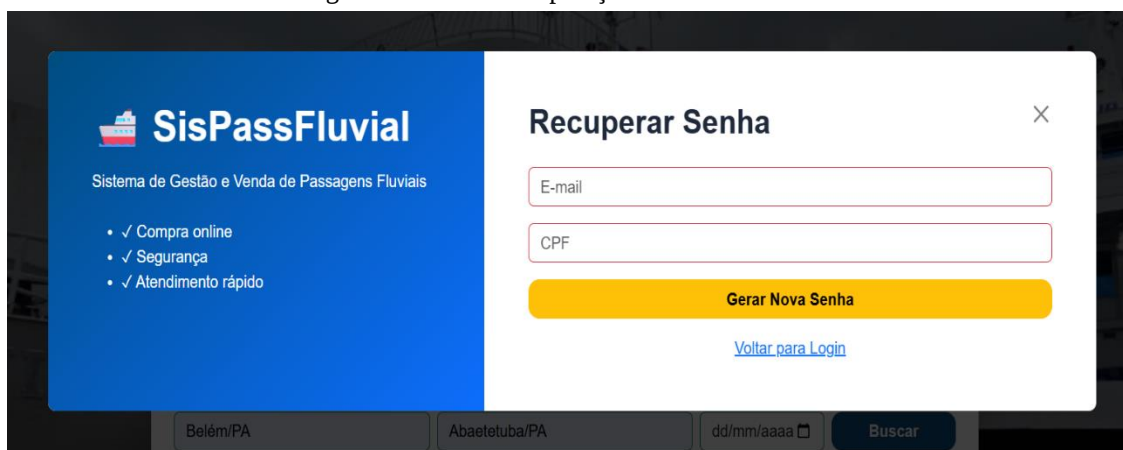
Figura 7 – Tela de login do SisPassFluvial



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme apresentado na Figura 7, a autenticação é realizada por meio do endereço de e-mail e da senha cadastrados pelo usuário. Após a validação das credenciais, o sistema identifica o perfil de acesso e direciona automaticamente o usuário para a área correspondente, seja o painel administrativo ou a área do cliente. Esse processo assegura que cada usuário tenha acesso apenas às funcionalidades permitidas para o seu perfil.

Figura 8 – Tela de recuperação de senha



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Além do processo de autenticação, o sistema oferece um mecanismo de recuperação de senha para usuários que não conseguem acessar suas contas. Conforme ilustrado na Figura 8, o procedimento solicita a confirmação do endereço de e-mail e do CPF cadastrados no sistema. Após a validação dessas informações, uma nova senha é gerada, permitindo que o usuário volte a acessar a plataforma de forma segura e sem necessidade de atendimento manual.

Figura 9 – Tela de cadastro de usuário

SisPassFluvial
Sistema de Gestão e Venda de Passagens Fluviais

- ✓ Compra online
- ✓ Segurança
- ✓ Atendimento rápido

Criar Conta

João teste II

999.999.999-87

(91)99999-9997

joao@teste.com

Cadastrar

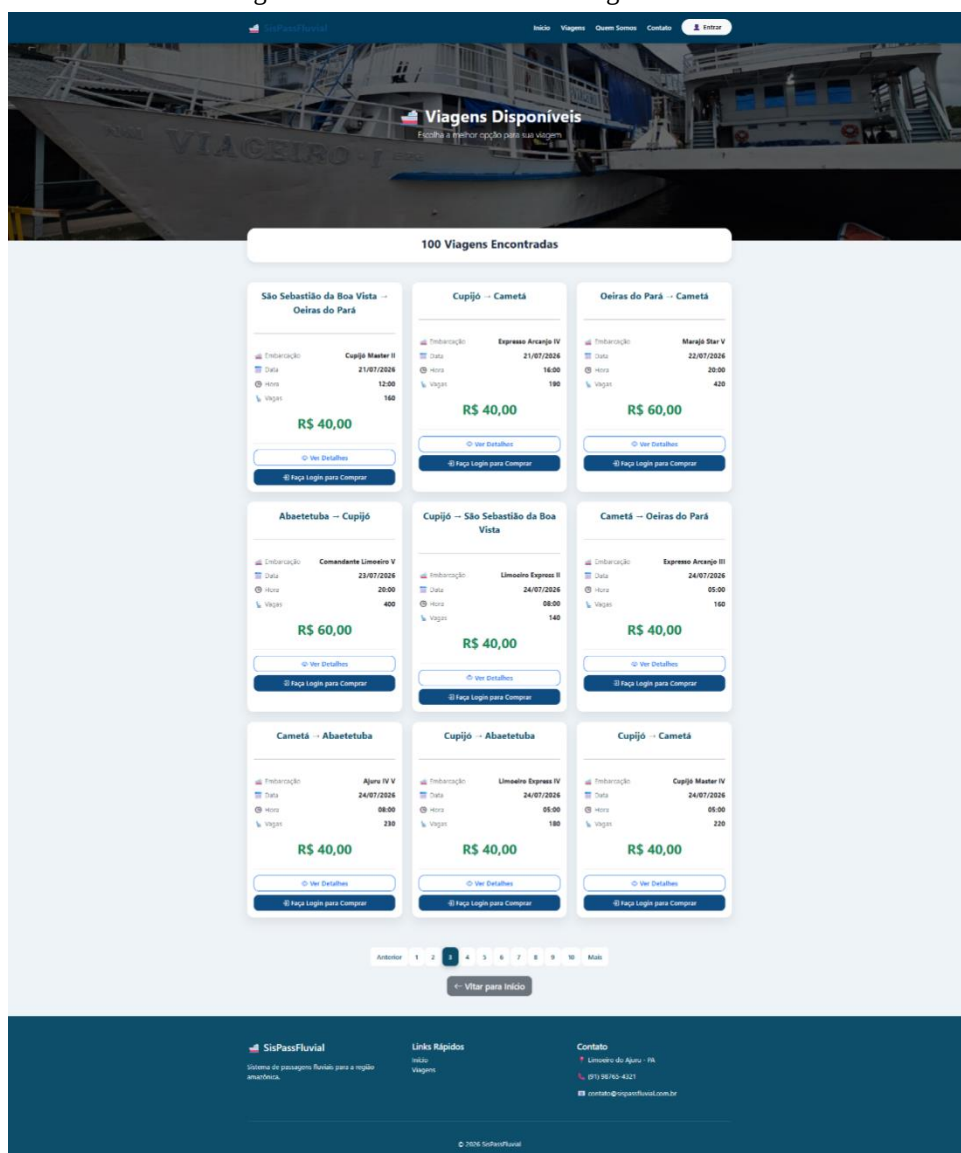
[Voltar para Login](#)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.7 CONSULTA E DETALHAMENTO DE VIAGENS

A consulta de viagens representa uma das principais funcionalidades do SisPassFluvial, pois permite que os usuários encontrem as opções disponíveis antes de iniciar o processo de compra. Segundo Pressman e Maxim (2021), uma interface deve apresentar as informações de forma clara e organizada, facilitando a interação do usuário e reduzindo a complexidade das operações realizadas no sistema. Com esse objetivo, o SisPassFluvial disponibiliza uma tela que reúne as viagens cadastradas, permitindo uma navegação simples e intuitiva.

Figura 10 – Tela de consulta de viagens

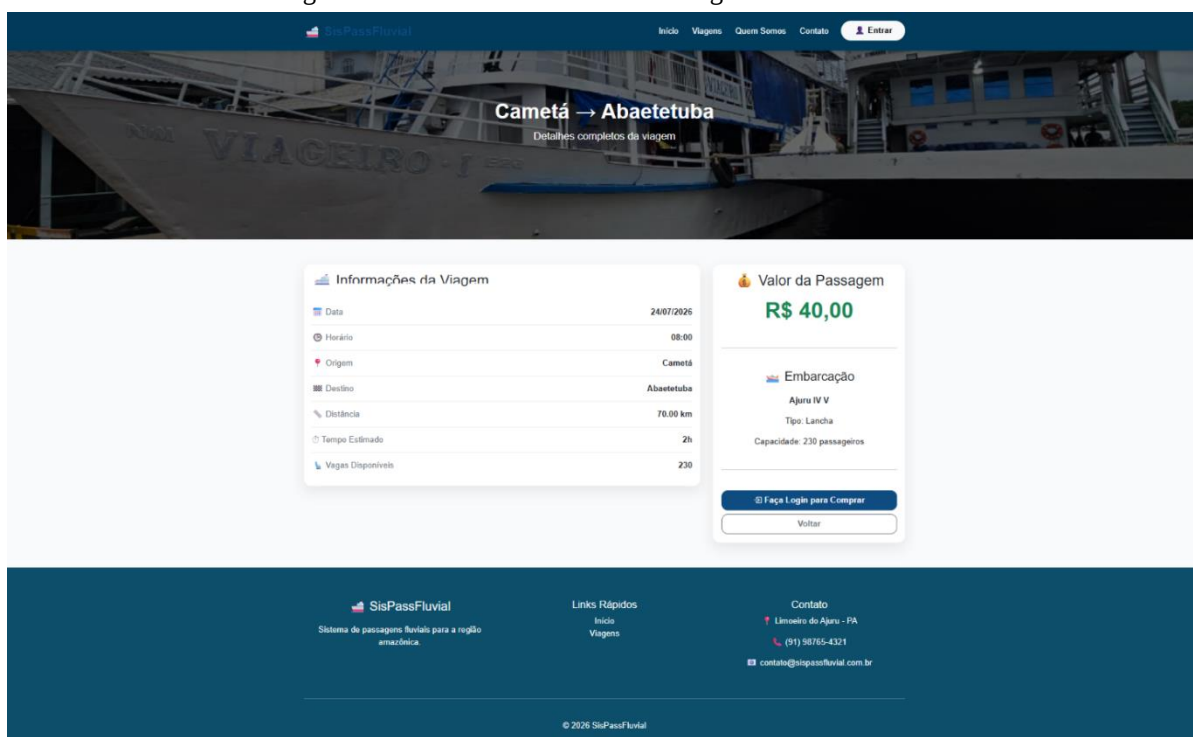


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após selecionar uma viagem, o usuário é direcionado para uma tela contendo informações mais completas sobre o trajeto escolhido. Nessa etapa são apresentados detalhes como origem, destino, data, horário de saída, distância, tempo estimado de percurso, quantidade de vagas disponíveis e informações da embarcação responsável pela viagem, além do valor da passagem. A partir dessa tela, o usuário pode decidir se deseja prosseguir para a compra, tendo acesso às informações necessárias para realizar sua escolha com maior segurança.

As funcionalidades apresentadas nesta seção organizam as informações necessárias à busca por passagens e permitem que o passageiro conheça as características da viagem antes da aquisição do bilhete. Dessa forma, o SisPassFluvial apresenta potencial para reduzir a necessidade de consultas presenciais e favorecer um processo de compra mais prático, benefício que deverá ser confirmado em uma futura avaliação com usuários.

Figura 11 – Tela de detalhamento da viagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.8 COMPRA DE PASSAGENS

A compra de passagens é a principal funcionalidade do SisPassFluvial, pois reúne as informações da viagem selecionada e permite que o usuário inicie o processo de aquisição do bilhete de forma totalmente digital. Segundo Pressman e Maxim (2021), sistemas voltados ao usuário devem oferecer processos simples e intuitivos, reduzindo etapas desnecessárias e facilitando a execução das tarefas. Com esse objetivo, o SisPassFluvial organiza todas as informações da compra em uma única tela antes do pagamento.

Figura 12 – Tela de compra de passagens

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.9 PAGAMENTO VIA PIX

A etapa de pagamento via Pix representa um dos principais diferenciais do SisPassFluvial, permitindo que a compra da passagem seja concluída de forma totalmente digital. Para isso, o sistema foi integrado ao *gateway* de pagamento AbacatePay, responsável pela geração da cobrança e pelo processamento da transação financeira. Segundo Laudon e Laudon (2023), a utilização de meios de pagamento digitais proporciona maior agilidade, segurança e eficiência às operações realizadas em sistemas de informação.

Figura 13 – Tela de pagamento via Pix

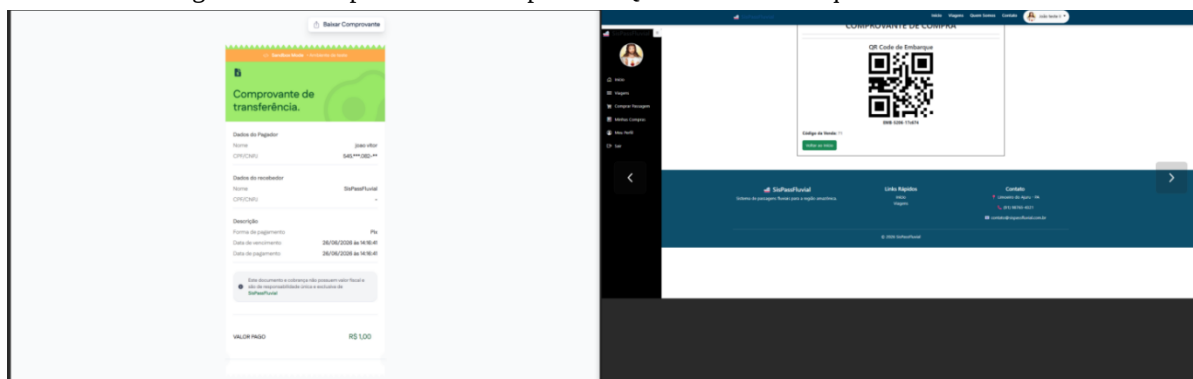
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.10 EMISSÃO DE COMPROVANTE COM QR CODE

Após a confirmação do pagamento via Pix, o SisPassFluvial realiza automaticamente a emissão do comprovante da compra, reunindo em um único documento as principais informações da passagem adquirida. Essa funcionalidade foi desenvolvida para incorporar mecanismos destinados a ampliar a segurança e facilitar a validação durante o embarque. Segundo Pressman e Maxim (2021), a integração entre diferentes funcionalidades de um

sistema pode contribuir para automatizar processos e reduzir falhas operacionais. Os efeitos desse recurso sobre a experiência do usuário ainda deverão ser avaliados em campo.

Figura 14 – Comprovante de compra com QR Code de embarque

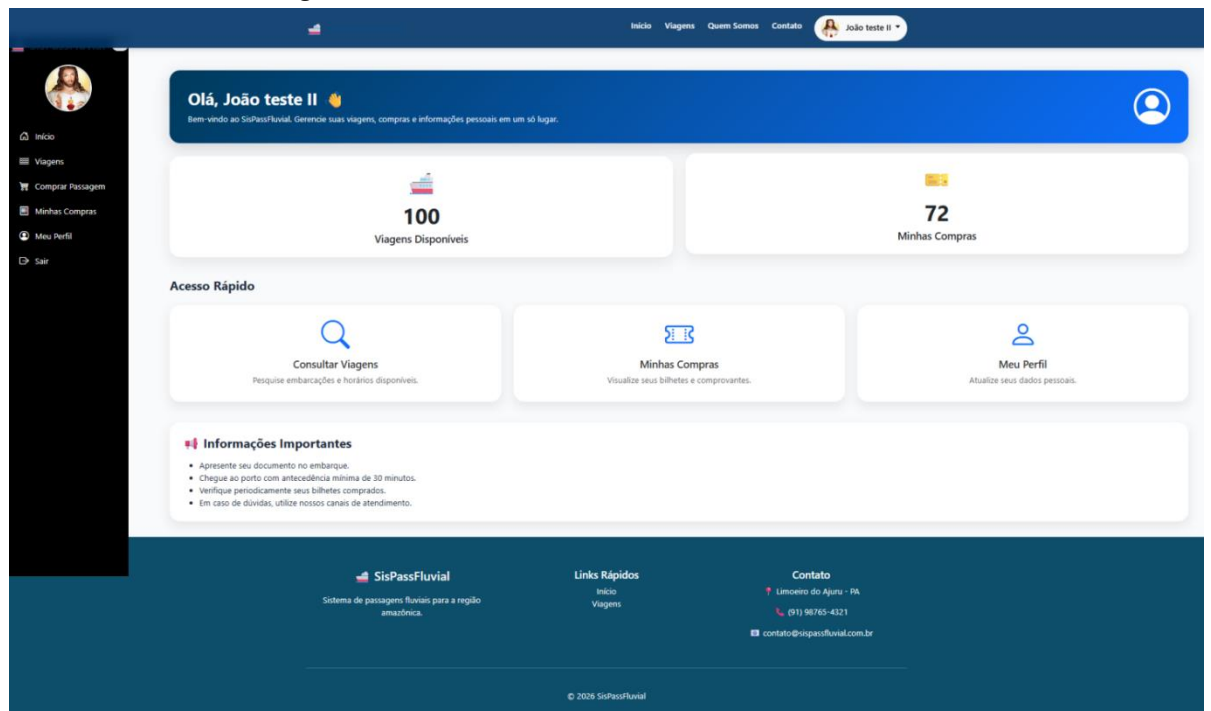


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.11 ÁREA DO CLIENTE

A Área do Cliente foi desenvolvida para reunir, em um único ambiente, as principais funcionalidades disponíveis aos usuários após a autenticação no SisPassFluvial. O objetivo dessa interface é facilitar o acompanhamento das informações relacionadas às viagens e passagens adquiridas, permitindo acesso aos recursos mais utilizados. De acordo com Pressman e Maxim (2021), interfaces bem estruturadas podem favorecer a usabilidade e a interação com as funcionalidades. No SisPassFluvial, esse benefício permanece como uma expectativa de projeto a ser verificada em testes com usuários.

Figura 15 – Área do cliente do SisPassFluvial

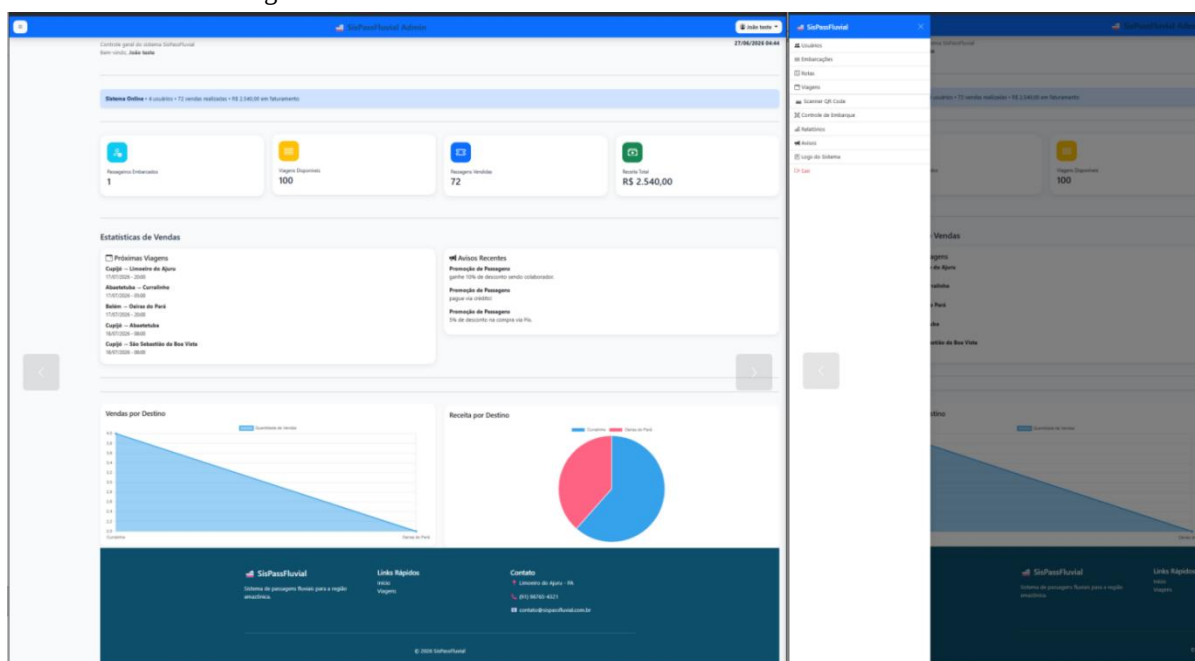


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.12 PAINEL ADMINISTRATIVO

O Painel Administrativo foi desenvolvido para concentrar em um único ambiente as principais funcionalidades de gerenciamento do SisPassFluvial. Por meio dessa interface, os administradores podem acompanhar as operações do sistema, gerenciar os cadastros e monitorar informações relacionadas à comercialização das passagens fluviais. Segundo Pressman e Maxim (2021), a organização das funcionalidades administrativas em uma interface centralizada facilita a manutenção do sistema e melhora o controle dos processos operacionais.

Figura 16 – Painel administrativo do SisPassFluvial



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.13 CONTROLE DE EMBARQUE E LOGS

O módulo de Controle de Embarque e Logs foi desenvolvido para incorporar mecanismos destinados a ampliar a segurança e a confiabilidade das operações realizadas no SisPassFluvial. Além de permitir a validação das passagens por meio do QR Code durante o embarque, o sistema registra automaticamente as ações executadas pelos usuários e administradores, possibilitando maior rastreabilidade das informações. Segundo Pressman e Maxim (2021), o registro das operações realizadas em um sistema é uma prática importante para auditoria, manutenção e controle da segurança.

Figura 17 – Módulo de controle de embarque e logs do SisPassFluvial

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do SisPassFluvial possibilitou o desenvolvimento de uma plataforma web capaz de informatizar as principais etapas do processo de venda de passagens fluviais, desde a consulta das viagens até a confirmação do embarque. Ao longo deste capítulo foram apresentadas as funcionalidades implementadas, demonstrando como cada módulo contribui para o funcionamento integrado do sistema.

A utilização de tecnologias como PHP, MySQL, Bootstrap, JavaScript e a integração com pagamentos via Pix permitiu desenvolver uma solução compatível com os requisitos identificados durante a pesquisa. Recursos como autenticação de usuários, gerenciamento de viagens, emissão de comprovantes com QR Code, controle de embarque e registro de logs incorporam mecanismos destinados a ampliar a organização, a segurança e a eficiência do processo. O impacto desses recursos para administradores e passageiros deverá ser avaliado em uma implantação real.

Dessa forma, o SisPassFluvial representa uma alternativa para reduzir a dependência dos processos manuais ainda utilizados na comercialização de passagens fluviais em Limoeiro do Ajuru-PA. O sistema foi projetado para favorecer maior agilidade no atendimento, apoiar o controle das vendas, ampliar o acesso às informações sobre as viagens e contribuir para a modernização da gestão do transporte fluvial. Esses benefícios constituem resultados esperados e deverão ser verificados por meio de implantação e avaliação com usuários reais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta os resultados técnicos obtidos com o desenvolvimento do SisPassFluvial e discute de que forma as funcionalidades implementadas atenderam aos objetivos propostos para o trabalho. A análise considera o funcionamento da aplicação e seu potencial de contribuição para a modernização do processo de comercialização de passagens fluviais no município de Limoeiro do Ajuru-PA.

Ao longo do desenvolvimento foi possível implementar um sistema capaz de integrar diferentes processos que anteriormente eram realizados de forma manual, como o cadastro de usuários, gerenciamento de embarcações, rotas e viagens, venda de passagens, pagamento via Pix, emissão de comprovantes com QR Code e controle de embarque. A integração dessas funcionalidades demonstra a viabilidade da utilização de tecnologias web para apoiar a gestão do transporte fluvial.

Além da implementação das funcionalidades previstas, este capítulo também apresenta uma análise das principais contribuições do SisPassFluvial, das limitações identificadas durante o desenvolvimento e das possibilidades de evolução da plataforma. Dessa forma, busca-se demonstrar como a solução proposta pode contribuir para tornar o processo de venda e gerenciamento de passagens mais organizado, seguro e eficiente.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados diretamente verificados neste trabalho são de natureza técnica e correspondem ao funcionamento do SisPassFluvial em ambiente de desenvolvimento. Foram testados o cadastro e a autenticação de usuários, o gerenciamento de embarcações, rotas e viagens, a consulta de viagens disponíveis, a compra de passagens, a integração com o pagamento via Pix, o recebimento do *webhook*, a emissão do comprovante com QR Code, a área do cliente, o painel administrativo e o registro de logs.

Os testes realizados confirmaram a execução das funcionalidades avaliadas e a integração entre os principais módulos da aplicação. Também foi possível verificar o armazenamento das informações no banco de dados, a atualização do status da venda após a confirmação do pagamento e a geração do código destinado à validação do embarque.

O desenvolvimento da aplicação demonstra a viabilidade técnica de centralizar em um sistema web operações que normalmente podem ser executadas de forma manual. Funcionalidades como consulta de vagas, cálculo automático do valor da compra, confirmação

do pagamento, emissão do comprovante e registro das operações apresentam potencial para apoiar a organização administrativa e reduzir inconsistências no processo de comercialização.

Entretanto, não foram realizados testes com passageiros, administradores ou proprietários de embarcações reais. Por esse motivo, possíveis benefícios relacionados à redução de filas, diminuição do tempo de atendimento, facilidade de uso, satisfação dos passageiros e aumento da eficiência operacional não constituem resultados aferidos neste trabalho. Esses aspectos representam benefícios esperados a partir das funcionalidades implementadas e deverão ser avaliados em uma futura implantação de campo.

5.3 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

O desenvolvimento do SisPassFluvial apresenta contribuições relevantes para o contexto do transporte fluvial e para a área de Sistemas de Informação. A principal contribuição do trabalho consiste na proposta de uma solução tecnológica voltada à modernização da venda de passagens fluviais, substituindo atividades predominantemente manuais por um sistema web capaz de integrar diferentes etapas da comercialização em um único ambiente.

Entre as contribuições técnicas destacam-se a organização das informações relacionadas a viagens, embarcações, passageiros e vendas, a integração com pagamentos via Pix, a emissão de comprovante digital e a validação do embarque por meio de QR Code. Esses recursos demonstram como tecnologias web podem ser aplicadas ao contexto regional para apoiar a gestão das operações.

O SisPassFluvial foi projetado para favorecer uma experiência mais prática aos passageiros, possibilitando a consulta de viagens, a aquisição de passagens e o pagamento digital sem necessidade de deslocamento prévio até o ponto de venda. Entretanto, como não foram realizados testes de usabilidade com usuários reais, essa contribuição deve ser compreendida como um benefício potencial da solução, sujeito à confirmação mediante avaliação empírica em uma futura implantação.

Sob o ponto de vista acadêmico, o trabalho possibilitou a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos no curso de Sistemas de Informação, envolvendo levantamento de requisitos, modelagem, banco de dados, desenvolvimento web, integração com serviços externos, segurança e testes. Além disso, a solução pode servir como base para futuras pesquisas e adaptações destinadas a outras empresas e municípios amazônicos.

5.4 LIMITAÇÕES DO SISTEMA

Embora os testes técnicos tenham confirmado o funcionamento das funcionalidades avaliadas, a versão atual do SisPassFluvial apresenta limitações que precisam ser consideradas antes de uma implantação operacional. O sistema ainda não possui aplicativo específico para dispositivos móveis e funciona por meio do navegador, enquanto a validação do QR Code ocorre no próprio ambiente web, sem uma aplicação móvel dedicada à leitura durante o embarque.

Outra limitação relevante está relacionada à dependência de conexão com a internet. Em caso de instabilidade ou ausência de rede, funcionalidades como consulta atualizada de vagas, processamento da compra, confirmação do pagamento via Pix e validação do embarque podem ficar temporariamente indisponíveis. Essa restrição possui importância especial em localidades ribeirinhas, nas quais a qualidade da conectividade pode variar.

A aplicação também utiliza somente o *gateway* AbacatePay para o processamento das cobranças via Pix, não oferecendo redundância por meio de outros provedores nem formas adicionais de pagamento. Uma interrupção ou mudança no serviço externo pode afetar temporariamente o fluxo de compra.

Além dessas restrições técnicas, não foram realizados testes de usabilidade com passageiros, administradores e responsáveis pelas embarcações. Os testes conduzidos verificaram o funcionamento das funcionalidades, mas não avaliaram facilidade de aprendizagem, tempo de conclusão das tarefas, erros cometidos pelos usuários, satisfação ou adequação da interface ao público local.

Essas limitações não impedem a avaliação técnica realizada em ambiente de desenvolvimento, mas precisam ser tratadas antes de uma implantação definitiva. A validação de campo, a melhoria da resiliência à perda de conexão e o desenvolvimento de mecanismos móveis de embarque constituem etapas necessárias para avaliar o impacto real do sistema.

5.5 TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade do SisPassFluvial, propõe-se o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis, incluindo leitura do QR Code durante o embarque, notificações aos passageiros e recursos destinados à operação administrativa.

Além do aplicativo móvel, recomenda-se investigar uma arquitetura *offline-first* para aumentar a resiliência do sistema em ambientes com conectividade limitada. Essa evolução poderá incluir cache dos recursos essenciais, armazenamento local com *IndexedDB*, registro de operações em filas e sincronização assíncrona após o restabelecimento da conexão.

A implementação dessa estratégia exigirá a definição de regras para resolução de conflitos, controle de versões e prevenção de duplicidade. Operações críticas, como confirmação de pagamento e atualização definitiva da quantidade de vagas, deverão continuar condicionadas à validação pelo servidor central.

Outro trabalho futuro fundamental será a realização de testes de usabilidade com passageiros, administradores e responsáveis pelas embarcações. Essa avaliação poderá considerar taxa de conclusão das tarefas, tempo necessário para localizar e comprar uma passagem, quantidade de erros, dificuldades encontradas e percepção dos usuários sobre a interface.

A aplicação também poderá evoluir com integração a outros *gateways* de pagamento, aceitação de cartões de crédito e débito, notificações por e-mail ou WhatsApp, rastreamento das embarcações, reserva de assentos e expansão para outras empresas e municípios amazônicos. Essas funcionalidades deverão ser avaliadas gradualmente, considerando a infraestrutura disponível e as necessidades dos usuários locais.

5.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste capítulo evidenciam que o SisPassFluvial alcançou o objetivo técnico proposto ao disponibilizar uma solução web para apoiar o processo de venda e gerenciamento de passagens fluviais. Os testes realizados confirmaram o funcionamento das principais funcionalidades em ambiente de desenvolvimento.

A análise também permitiu identificar as contribuições potenciais do sistema, suas limitações e as possibilidades de evolução. Os benefícios relacionados à experiência dos usuários e ao impacto operacional deverão ser confirmados por meio de testes de usabilidade e implantação de campo.

6 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo desenvolver o SisPassFluvial, um sistema web destinado à gestão e comercialização de passagens fluviais no contexto do município de Limoeiro do Ajuru, no estado do Pará. A proposta surgiu da observação de dificuldades relacionadas à utilização de procedimentos manuais no controle das vagas, no registro das vendas e na organização das viagens.

Durante o desenvolvimento foram aplicados conhecimentos relacionados à análise de requisitos, modelagem de sistemas, banco de dados, desenvolvimento web, segurança da informação e integração com serviços externos. Como resultado técnico, foi implementada uma aplicação contendo cadastro e autenticação de usuários, gerenciamento de embarcações, rotas e viagens, consulta de vagas, compra de passagens, pagamento via Pix, emissão de comprovante com QR Code, área do cliente, painel administrativo, controle de embarque e registro de logs.

Os testes funcionais e de integração conduzidos em ambiente de desenvolvimento confirmaram a execução das funcionalidades avaliadas e a comunicação entre os principais módulos do sistema. Esses resultados demonstram a viabilidade técnica da solução desenvolvida e indicam que o SisPassFluvial possui potencial para apoiar a digitalização e a organização do processo de venda de passagens fluviais.

Entretanto, o trabalho não contemplou implantação operacional nem testes de usabilidade com passageiros, administradores ou responsáveis pelas embarcações. Assim, benefícios relacionados à redução de filas, facilidade de uso, satisfação dos passageiros e aumento efetivo da eficiência administrativa não foram medidos e devem ser compreendidos como resultados esperados, sujeitos à validação em campo.

Também foi identificada como limitação relevante a dependência de conexão com a internet. Em localidades sujeitas à instabilidade de rede, o funcionamento atual pode ser afetado, principalmente nas etapas que exigem comunicação com o servidor e com o *gateway* de pagamento. Como continuidade, recomenda-se investigar uma arquitetura *offline-first*, com armazenamento local e sincronização assíncrona, além de desenvolver uma aplicação móvel para validação do embarque.

Dessa forma, conclui-se que o objetivo técnico do trabalho foi alcançado, resultando em um sistema funcional em ambiente de desenvolvimento. O SisPassFluvial representa uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos no curso de Sistemas de Informação e estabelece uma base para futuras avaliações com usuários reais, aperfeiçoamentos técnicos e possíveis adaptações para outras localidades da região amazônica.

REFERÊNCIAS

ABACATEPAY. Documentação da API AbacatePay. Disponível em: <https://docs.abacatepay.com/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). Transporte Aquaviário. Brasília: ANTAQ. Disponível em: <https://www.gov.br/antag>. Acesso em: 27 jun. 2026.

APACHE FRIENDS. XAMPP Documentation. Disponível em: <https://www.apachefriends.org/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Pix: o pagamento instantâneo brasileiro. Brasília: Banco Central do Brasil. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/pix>. Acesso em: 27 jun. 2026.

BEZERRA, Eduardo. Princípios de análise e projeto de sistemas com UML. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. UML: guia do usuário. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

BOOTSTRAP TEAM. Bootstrap Documentation. Disponível em: <https://getbootstrap.com/docs/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

DATE, C. J. Introdução a sistemas de bancos de dados. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

DUCKETT, Jon. PHP & MySQL: desenvolvimento web no lado do servidor. Rio de Janeiro: Alta Books, 2024.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. Sistemas de banco de dados. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

FOWLER, Martin. UML Essencial. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

GUEDES, Gilleanes T. A. UML 2: uma abordagem prática. 3. ed. rev. São Paulo: Novatec, 2018.

KRUG, Steve. Não me faça pensar: uma abordagem de bom senso à usabilidade web e mobile. Rio de Janeiro: Alta Books, 2014.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. Sistemas de informação gerenciais. 17. ed. São Paulo: Pearson, 2023.

MDN WEB DOCS. Web Docs. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

MYSQL. MySQL Documentation. Oracle Corporation. Disponível em: <https://dev.mysql.com/doc/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

NÚCLEO DE INFORMAÇÃO E COORDENAÇÃO DO PONTO BR. TIC Domicílios 2024: domicílios com acesso à internet. São Paulo: NIC.br, 2024. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/domicilios/2024/domicilios/A4/>. Acesso em: 31 jul. 2026.

PHP DOCUMENTATION GROUP. PHP Manual. Disponível em: <https://www.php.net/docs.php>. Acesso em: 27 jun. 2026.

PHPMYADMIN DEVELOPERS. phpMyAdmin Documentation. Disponível em: <https://docs.phpmyadmin.net/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. Engenharia de *software*: uma abordagem profissional. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de *software*. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

STALLINGS, William. Criptografia e segurança de redes: princípios e práticas. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

TURBAN, Efraim; KING, David. Comércio eletrônico: estratégia e gestão. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

VISUAL STUDIO CODE TEAM. Visual Studio Code Documentation. Disponível em: <https://code.visualstudio.com/docs>. Acesso em: 27 jun. 2026.

W3C. HTML & CSS Standards. Disponível em: <https://www.w3.org/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. Indexed Database API 2.0. W3C Recommendation, 30 jan. 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/IndexedDB-2/>. Acesso em: 31 jul. 2026.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. *Service Workers*. W3C Candidate Recommendation Draft, 12 jul. 2022. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/2022/CRD-service-workers-20220712/>. Acesso em: 31 jul. 2026.