

Gerenciamento de dados de transporte fluvial na Amazônia baseado em Blockchain: um protótipo

Nattan da Silva Lobato¹, Raimundo Martins de Araújo Júnior^{1,2}

¹Campus Oriximiná – Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
68.270-000 – Oriximiná – PA – Brasil

²Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
50.740-560 - Recife - PE - Brasil

nattan.lobato@discente.ufopa.edu.br, rmaj@cin.ufpe.br

Abstract. *For populations living in areas where hydrographic networks are predominant, river transport has a crucial role in logistics and mobility activities. This mode of transportation is also responsible for driving economic and social development by generating both direct and indirect jobs. However, this means of transportation has a number of problems, ranging from poorly maintained vessels to a lack of information for those who use them, especially in the event of accidents when passenger data is lost because it is stored, often in an archaic way. The purpose of this work is to develop an architecture for storing the information inherent in this mode of transport so that it can be managed efficiently by the authorities. It also aims to add an additional layer of security to this data using Blockchain technology.*

Resumo. *Para populações residentes em locais onde há predominância de redes hidrográficas, o transporte fluvial possui um papel crucial para as atividades de logística e mobilidade. Esse meio de transporte também é responsável pelo desenvolvimento da economia e social gerando empregos diretos e indiretos. Entretanto, esse modal traz uma série de problemáticas que vão desde embarcações com manutenções negligenciadas até a falta de informações de quem os utiliza, principalmente em caso de acidentes quando os dados dos passageiros se perdem por serem guardados, muitas vezes de forma arcaica. Esse trabalho tem como proposta o desenvolvimento de uma arquitetura para armazenamento de informações inerentes a esse modal para que sejam gerenciados de forma eficiente pelas autoridades. Além disso, trazer uma camada de segurança adicional a esses dados utilizando a tecnologia Blockchain.*

1. Introdução

Os meios de transporte são ferramentas essenciais para alavancar a economia em muitos países. Através deles, é possível estabelecer uma cadeia de logística para que as cidades sejam abastecidas. Em relação ao Brasil, temos uma malha rodoviária que ao longo do tempo se consolidou como principal meio para execução da logística do país. Entretanto, a Região Amazônica, possui modais para logística bem diferente do restante do país, o transporte fluvial. Assim como no transporte rodoviário, os grandes rios desempenham um papel importante nas economias e ecossistemas globais [Kamal 2024]. Enquanto em

outras regiões pode ser observado a predominância do transporte rodoviário e aéreo, passando pelo transporte ferroviário, na amazônia o principal meio de transporte utilizado são as embarcações mistas (mercadorias e passageiros), as mesmas são construídas em estaleiros e/ou carreiras situadas em alguns municípios do Amazonas [Neto et al. 2014].

A responsabilidade sobre as atividades marítimas em território brasileiro é da Marinha, que por sua vez, busca coordenar e controlar essas demandas através das suas inúmeras capitânias fluviais espalhadas por todo território nacional. Segundo informações de [GOV.BR 2024], a região norte apresenta 11% da quantidade total de embarcações cadastradas na Marinha do Brasil. Devido a fatores como, distância dos grandes centros, recursos humanos, entre outros, favorecem a falta de fiscalização em relações a essas embarcações, principalmente as embarcações regionais, que são predominantes. A Figura 1 apresenta algumas informações sobre embarcações na Amazônia.

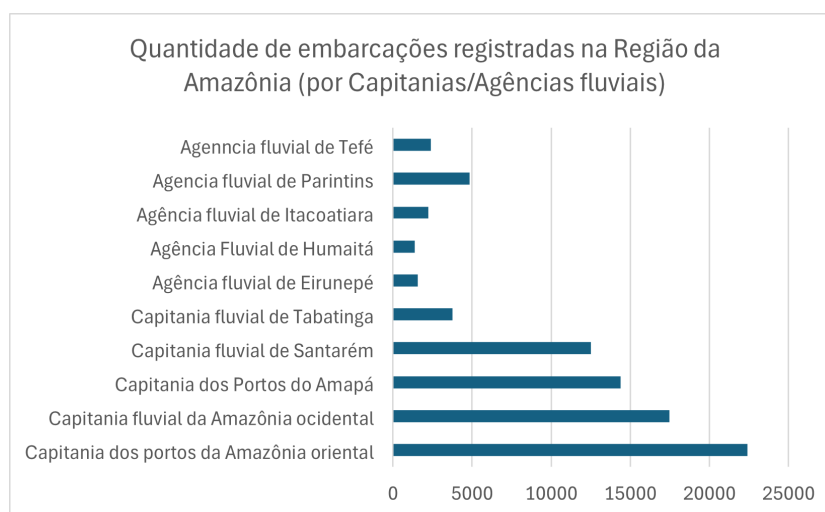


Figura 1. Quantidade de embarcações registradas por Capitânias/Agências fluviais na Amazônia [GOV.BR 2024]

Na Figura 1, é apresentado o quantitativo de embarcações registradas por Capitânias/Agências na Amazônia, onde podemos destacar a Capitania Fluvial de Santarém, localizada no oeste do estado do Pará, que possui o maior número de embarcações registradas fora das capitais existentes na Amazônia. Uma das grandes problemáticas desse modal está relacionado com a falta de fiscalização por parte das autoridades, falta de manutenção nas embarcações, o que por muitas vezes acaba causando naufrágios.

Segundo [UOL 2020], entre 2017 e 2020, foram registrados 142 naufrágios na região amazônica com 182 óbitos. Esses acidentes fazem com que várias vidas e cargas sejam perdidas. Vários fatores tem contribuído com essa estatística, entre eles o fato dessas embarcações serem construídas de forma artesanal coopera para que tais incidentes ocorram, pois os mesmos possuem dificuldade de navegação e operacionalidade[Frota 2008]. Atrelado a isso, existe a falta da execução dos procedimentos de fiscalização, juntamente com o não cumprimento das normas por parte das empresas responsáveis pelo transporte fluvial.

A fiscalização em relação aos transportes fluviais possui grandes desafios, devido a fatores, como falta de recursos humanos, transportes, equipamentos, entre outros. Muitas

dessas fatalidades, como o ocorrido em [Agência Brasil 2020], sequer existia uma lista de passageiros para uma verificação pós acidente. Assim, todos esses fatores acabam contribuindo com a probabilidade de acontecimento de incidentes durante o transporte nesse modal.

Dessa forma, o objetivo geral desse trabalho é desenvolver um arcabouço onde se tenha o gerenciamento dos dados em relação ao controle de passageiros e fiscalização inerente as essas embarcações de grande porte que trafegam na Amazônia. Assim, buscando mitigar a problemática de perda de informações em diversos cenários.

2. Trabalhos Relacionados

O trabalho de [Oliveira 2019] aborda a implementação de um plano de gerenciamento de riscos voltado para as missões de transporte fluviais desempenhadas pelo Centro de Embarcações do Comando Militar da Amazônia (CECMA) na região do Rio Negro, estado do Amazonas. A metodologia utilizada visa em um primeiro momento realizar a identificação dos riscos e mitigá-los. Após a primeira intervenção, foi realizado um estudo quantitativo em relação a probabilidade de falhas e o impacto, desencadeando uma série de avaliações, como: detecção das causas e consequências em potencial.

Na pesquisa de [Koh et al. 2020] a abordagem explana informações sobre os paradigmas e transições ocorridas nas áreas de transporte e logística. É apresentada uma visão relativa ao gerenciamento do fluxo comercial transfronteiriço, mostrando que os bens de alto valor geralmente estão sujeitos a um monitoramento rigoroso, no tocante de cargas valiosas. Ao mesmo tempo, apresenta a blockchain como uma abordagem de segurança interessante no gerenciamento das áreas mencionadas, lembrando que, outras tecnologias já são utilizadas no contexto de estudo.

A revisão sistemática de [Pournader et al. 2019] procura realizar um levantamento de informações inerentes as aplicações de blockchain voltadas para *supplychain*, logística e gerenciamento de transporte. É relatado também a importância do blockchain, devido o mesmo apresentar uma interface para os usuários que participam do sistema e também aborda aspectos de segurança nas transações, onde é importante lançar mão das ferramentas e tecnologias adequadas.

3. Metodologia

Como forma de possibilitar o uso de tecnologia no processo de evolução no modal de transporte logístico fluvial na região amazônica, foi realizado uma pesquisa quantitativa, onde verificamos a quantidade de embarcações registradas nas capitâneas dos portos/fluviais e agência fluviais que abrangem a região do Baixo Amazonas, Manaus e Macapá. Na parte da pesquisa aplicada, foi elaborado uma proposta de arcabouço para armazenamento de dados de forma segura utilizando *blockchain* e foi realizada a prototipação de uma aplicação *mobile* como ferramenta para geração dos dados de forma digital. Para isso, foi necessário a execução das seguintes etapas:



Figura 2. Metodologia da proposta

Primeiramente, foi observado a forma como os dados dos passageiros eram coletados durante as viagens, assim, foi percebido que esses dados poderiam ser perdidos. Posteriormente, já na etapa de engenharia de requisitos, foi realizada a coleta de todas as informações necessárias, através de diálogo com os *stakeholders*, para modelar uma solução tecnológica visando aperfeiçoar o processo de aquisição e armazenamento dos dados. Com base na etapa anterior, modelamos uma proposta de arquitetura para a aplicação desse projeto, e por fim, foi realizado a prototipação da aplicação utilizando a ferramenta Figma¹.

4. Resultados e discussão

4.1. Arquitetura

A Figura 3 apresenta a arquitetura da aplicação proposta nesse projeto. Os usuários podem acessar a aplicação através de aplicativo *mobile* ou navegador (*browser*) e realizar o *login* no sistema com suas respectivas credenciais, tendo assim, acesso ao painel de controle da aplicação. As duas funções consideradas mais importantes dentro da aplicação são o atendente e o administrador, pois são eles os responsáveis principais pela gerência dos dados de todas os clientes que irão utilizar as embarcações fluviais. O atendente executa a atividade de lançamento das informações dos passageiros e o administrador realiza a validação dentro do sistema.

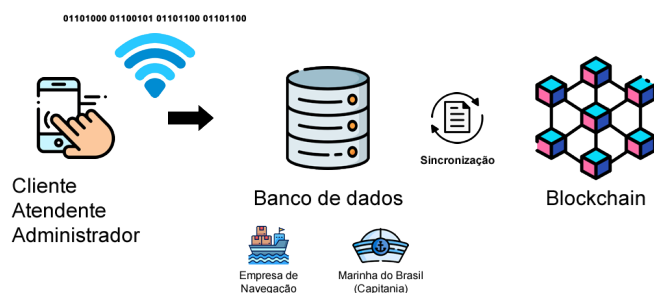


Figura 3. Arquitetura da aplicação

¹<https://www.figma.com/>

Dentro dessa proposta, o banco de dados é o local onde todas as informações de passageiros/embarcações serão armazenadas. A tecnologia *Blockchain* é a camada dentro da arquitetura para ter uma cópia segura das informações utilizando a premissa de imutabilidade. É importante mencionar que a base de dados seria gerenciada pela Marinha do Brasil, através das capitânicas, e a *Blockchain* seria do tipo permissionada onde os *stakeholders* (empresas e Marinha) teriam autorização de participar.

4.2. Tipos de usuário

Dentro da proposta de arquitetura, existem três tipos de usuários, que por sua vez, possuem atividades diferentes dentro da aplicação. Logo abaixo, na Tabela 1, são apresentados os tipos de usuários da aplicação, assim como suas respectivas funções.

Tabela 1. Tipos de usuário e funções

TIPO DE USUÁRIO	FUNÇÕES
CLIENTE	<ul style="list-style-type: none">▪ Consultar informações de passagens emitidas;▪ Emitir relatório de suas viagens.
ATENDENTE	<ul style="list-style-type: none">▪ Emitir passagens;▪ Lançar informações de passagens e dados de manutenção da embarcação no sistema da Capitania Fluvial de Santarém.
ADMINISTRADOR	<ul style="list-style-type: none">▪ Fiscalizar/homologar informações de passagens e dados de manutenção da embarcação no sistema da Capitania Fluvial de Santarém;▪ Gerar relatórios.

4.3. Desenvolvimento do protótipo

O aplicativo tem como tela inicial o sistema de *login*/cadastro. Na Figura 4 [a] é apresentada a tela onde o usuário pode optar por realizar seu *login*, utilizando suas credenciais, ou realizar seu cadastro seguindo dois passos, conforme é mostrado nas duas telas seguintes, Figura 4[b] e [c].

As funcionalidades apresentadas anteriormente são de exclusividade do usuário cliente, pois os usuários atendente e administrador são cadastrados no sistema de outra forma.

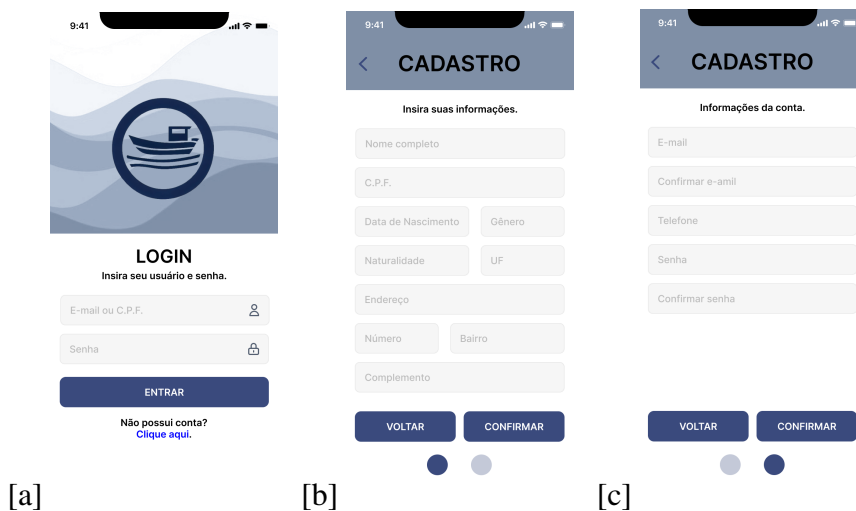


Figura 4. Tela inicial do aplicativo

4.4. Funções específicas do aplicativo

Nessa subseção, apresentamos as telas inerentes a cada tipo de usuário dentro do aplicativo (Figura 5[a],[b],[c] e [d]). Logo após, temos a descrição de cada uma delas.

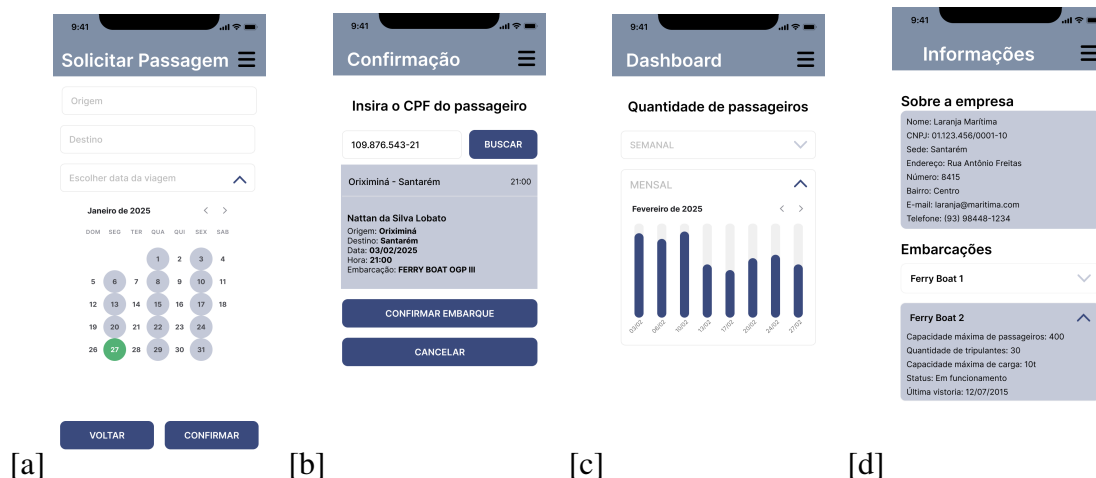


Figura 5. Funções específicas do aplicativo (cliente, atendente e administrador)

- **Funções específicas do cliente** – Na Figura 5[a] é mostrado apenas uma das muitas funcionalidades do usuário cliente. A solicitação de passagem é a principal funcionalidade que o cliente irá utilizar para reservar a compra de sua passagem de uma origem até o seu destino;
- **Funções específicas do atendente** – A Figura 5[b] apresenta a função de confirmação de embarque do passageiro. Essa função visa atestar que o passageiro além de emitir a passagem também realizou o embarque;
- **Funções específicas do administrador** – Na Figura 5[c] é apresentado a tela com o relatório de passageiros que embarcaram naquela determinada viagem. Já na Figura 5[d] é apresentado um relatório de informações da embarcação, tais como: Nome da empresa, CNPJ, endereço, capacidade (passageiros e carga), assim como sua última vistoria.

5. Blockchain

Segundo [Lin et al. 2022], a aplicação da tecnologia *blockchain* tem se mostrado bastante promissora em setores como finanças, Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem e cadeia de suprimentos. Nesse projeto, temos o objetivo futuro adicionar uma camada de segurança nos dados do transporte fluvial para que se tenha conformidade em relação aos dados dos passageiros. Embora o *blockchain* não tenha sido implementado, conseguimos mapear a forma como ele seria utilizado.

Cada passagem emitida, teria uma lista de informações que seriam processadas através de um arquivo JSON e um *smart Contract*, que é um conjunto de compromissos definidos em formato digital, incluindo o acordo de que os participantes do contrato podem implementar esses compromissos [Lin et al. 2022].

```
{ } dados.json > ...
1  {
2    "ticket_id": "abc123",
3    "passenger_hash": "4f5e6g7h8i9j...",
4    "issue_datetime": "2025-04-27T19:00:00Z",
5    "departure_datetime": "2025-04-28T08:00:00Z",
6    "origin_port": "Porto A",
7    "destination_port": "Porto B",
8    "vessel_name": "Barco Sol Nascente",
9    "trip_number": "TRIP-001",
10   "seat_number": "12B",
11   "fare_amount": "50.00",
12   "payment_hash": "b7f3d2c1e...",
13   "ticket_status": "active"
14 }
```

Figura 6. Exemplo de arquivo JSON

Na Figura 6 apresentamos um exemplo de estrutura JSON com os dados que poderiam ser enviados.

6. Considerações finais

Diante das informações apresentadas na estrutura desse artigo, conseguimos mapear diversas informações relevantes e que reforçavam a necessidade da concepção desse projeto. Com essa ferramenta, será possível uma gestão mais eficiente das informações inerentes a navegação fluvial no Baixo Amazonas, tanto pelas empresas, que serão contempladas diretamente com essa tecnologia, assim como pela Capitania dos Portos, que terá uma ferramenta de gestão para explorar de várias formas, principalmente em tomada de decisão.

Por se tratar de um protótipo, o aplicativo funcional ainda não foi implementado, mas pela concepção, iremos utilizar tecnologias atuais para disponibilidade multiplataforma da aplicação assim como a camada adicional de segurança, utilizando a tecnologia disruptiva *Blockchain*. Ainda sim, essa ferramenta tem bastante potencial para auxiliar as capitânicas e as empresas para uma melhor gerência das informações, visto que hoje, não existe uma ferramenta que possa fazer essa função.

Para trabalhos futuros, pretendemos executar após a implementação a validação da aplicação junto aos *stakeholders* para coletar informações relevantes para a melhoria da aplicação.

Referências

- Agência Brasil (2020). Equipes resgatam 22 corpos de vítimas de naufrágio no Amapá. [ONLINE] <https://tinyurl.com/5d6k8c43>. Acessado em: 27 abr. 2025.
- Frota, C. D. (2008). *Gestão da qualidade aplicada às empresas prestadoras do serviço de transporte hidroviário de passageiros na Amazônia Ocidental: uma proposta prática*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- GOV.BR (2024). Estatísticas de embarcações por tipo. [ONLINE] <https://tinyurl.com/29maccm9>. [Acessado em 27 abr. 2025].
- Kamal, N. (2024). Smart river information services in managing nile river navigation system. *Journal of Hydroinformatics*, 26(3):608–625.
- Koh, L., Dolgui, A., and Sarkis, J. (2020). Blockchain in transport and logistics – paradigms and transitions. *International Journal of Production Research*, 58(7):2054–2062.
- Lin, S.-Y., Zhang, L., Li, J., Ji, L.-l., and Sun, Y. (2022). A survey of application research based on blockchain smart contract. *Wireless Networks*, 28(2):635–690.
- Neto, J. T. d. A., Cardoso, P., Kuwahara, N., and Machado, W. V. (2014). Índice de serviço adequado para as empresas de navegação fluvial de passageiros do Amazonas. In *Anais do XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*. Editora Edgard Blücher.
- Oliveira, E. C. (2019). Gerenciamento de risco em missões de transporte logístico fluvial no eixo do rio negro: uma proposta. Master's thesis, Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais - EsAO.
- Pournader, M., Shi, Y., Seuring, S., and Koh, S. L. (2019). Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. *International Journal of Production Research*, 58(7):2063–2081.
- UOL (2020). Rios da Amazônia desafiam autoridades e já somam 142 naufrágios desde 2017. Acessado em: 08 fev. 2025.