Gestão Automatizada de Filas de Navios: Uma Solução Inteligente para Eficiência Operacional no Porto do Itaqui[1]

Amanda Carvalho de Souza[2]
Danilo Nascimento Valois Ramos[3]
Guilherme Ferreira dos Reis[4]
José Henrique Jacinto Rocha da Silva[5]
Pedro Batista Ferreira de Sá[6]
Rodrigo Monteiro de Lima[7]
Jarbas Campelo[8]

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema automatizado para a gestão da fila de navios no Porto do Itaqui, com o objetivo de modernizar e otimizar as operações portuárias. Frente aos desafios operacionais enfrentados pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), a solução proposta integra tecnologias modernas, utilizando React para o frontend, Spring Boot para o backend e contêineres Docker para padronizar o ambiente de desenvolvimento. A metodologia ágil Scrum orientou a estruturação do trabalho em sprints quinzenais, possibilitando a entrega incremental de funcionalidades e a adaptação contínua aos requisitos operacionais do porto. Nos testes realizados, o sistema mostrou-se eficiente ao organizar a fila de atracação de maneira autônoma, aplicando regras de prioridade e minimizando a intervenção manual. A conclusão do projeto e sua integração com dados em tempo real prometem maior precisão, agilidade e redução de custos, posicionando o Porto do Itaqui como uma referência nacional em inovação portuária.

Palavras-chave: gestão portuária, automação, fila de navios, React, Spring Boot, metodologia ágil.

---

[1] Projeto desenvolvido na Software House UNDB em parceria com EMAP – Empresa Maranhense de Administração Portuária
[2] Autora e aluna egressa do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Dom Bosco, Souza.amandacv@gmail.com
[3] Coautor e aluno egresso do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Dom Bosco, danilo.nvr@outlook.com
[4] Coautor e aluno egresso do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Dom Bosco, guilherme.reis@gmail.com
[5] Coautor e aluno do 4º período do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Dom Bosco, jhenriquesl@outlook.com
[6] Coautor e aluno egresso do curso de Engenharia de Software do Centro Universitário Dom Bosco, pedroelizaldo@hotmail.com
[7] Professor orientador. Mestre, Ciência da Computação, Centro Universitário Dom Bosco, rodrigo.lima@undb.edu.br
[8] Professor coorientador. Mestre, Cultura e Sociedade, Centro Universitário Dom Bosco, jarbas.campelo@undb.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A gestão de filas de navios constitui um dos principais desafios para portos de grande movimentação em nível global, pois envolve a coordenação precisa das operações de chegada, atracação e partida das embarcações. Esse processo, quando ineficiente, gera atrasos significativos e afeta diretamente a cadeia logística, impactando a produtividade e gerando prejuízos financeiros para as partes envolvidas. Em portos de grande porte, como o Porto do Itaqui, um dos dez maiores do Brasil, a ineficiência na organização das filas pode resultar em elevados custos operacionais devido a multas aplicadas tanto ao porto quanto aos navios por demoras na atracação e saída. O conceito de "portos inteligentes" surge como uma solução moderna e sustentável para otimizar as operações, utilizando tecnologias que reduzem atrasos e automatizam processos essenciais para a eficiência portuária (WANG et al., 2018; LOPES et al., 2022).

Historicamente, a gestão das filas de navios era realizada manualmente, com o apoio de planilhas e sistemas isolados, sem a integração necessária com outros setores operacionais. Essa lacuna operacional, somada à complexidade das regulamentações e regras de negócios portuárias, representa um desafio contínuo que enfrentam também altos níveis de burocracia. Essa situação frequentemente leva a filas de espera excessivas e prejudica atividades essenciais de importação e exportação (SILVA et al., 2019).

A falta de centralização dos dados também se apresenta como um problema crítico para a gestão das filas portuárias. Em muitos casos, informações essenciais para o fluxo de operações, como o horário estimado de chegada (ETA) e de partida (ETD) dos navios, estão dispersas em diferentes fontes, o que aumenta a probabilidade de erros e exige retrabalho constante. A ausência de uma visão integrada prejudica a produtividade e acarreta prejuízos financeiros significativos, devido aos atrasos nas operações e aos custos adicionais impostos por conflitos operacionais. Estudos recentes apontam que a adoção de práticas sustentáveis e o desenvolvimento de soluções tecnológicas integradas nos portos brasileiros podem reduzir esses impactos negativos, proporcionando maior eficiência e agilidade operacional (GARCIA et al., 2021).

Como resposta a esses desafios, a Software House UNDB desenvolveu uma solução tecnológica: um sistema inteligente e integrado para o gerenciamento da fila de

navios no Porto do Itaqui. Esse sistema automatiza a construção da fila de navios, aplicando regras de negócio personalizadas que consideram as especificidades do porto e as necessidades operacionais da Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). A solução permite uma gestão centralizada e dinâmica, proporcionando visibilidade em tempo real e organização automatizada das filas, eliminando a dependência de planilhas e reduzindo significativamente o tempo e o esforço dos funcionários na operação. Essa inovação representa um avanço importante rumo à transformação digital e à eficiência nas operações portuárias, colocando o Porto do Itaqui em posição de destaque entre os portos brasileiros.

2. **OBJETIVOS**

O objetivo deste projeto é desenvolver e implementar um sistema inteligente e automatizado para a gestão da fila de atracação no Porto do Itaqui, capaz de organizar de maneira eficiente a chegada, atracação e partida dos navios, utilizando regras de negócio específicas que atendem às particularidades operacionais do porto e os requisitos da Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). A solução foi projetada com uma arquitetura moderna, utilizando React para o desenvolvimento do frontend, Spring Boot e Java no backend, e um banco de dados SQL Server, totalmente integrado aos sistemas da EMAP. Essa abordagem tecnológica visa substituir os métodos manuais baseados em planilhas, centralizando as informações em uma plataforma digital integrada, que permita o acompanhamento em tempo real e minimize os erros e o tempo de espera causados por inconsistências de dados. Além de otimizar o fluxo logístico e reduzir custos associados a multas e atrasos, o projeto visa melhorar a produtividade e a transparência nas operações, oferecendo uma ferramenta moderna que apoia a transformação digital e coloca o Porto do Itaqui em uma posição de destaque no cenário portuário nacional.

3. **METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do sistema de gestão de filas do Porto do Itaqui, foi escolhida a metodologia ágil Scrum, visando uma abordagem estruturada e ao mesmo tempo flexível para um projeto de alta complexidade e requisitos específicos definidos pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). A aplicação do Scrum

possibilitou a divisão do trabalho em sprints quinzenais, cada uma com objetivos definidos e entregas incrementais, permitindo a construção iterativa das funcionalidades do sistema. Ao final de cada sprint, foram realizadas reuniões de revisão de entrega, onde a equipe apresentou as funcionalidades desenvolvidas até o momento. Essas reuniões permitiram um alinhamento contínuo com a EMAP, possibilitando ajustes e priorizações de funcionalidades para as etapas seguintes.

O cronograma de atividades, elaborado conforme os princípios do Scrum, foi utilizado para o acompanhamento detalhado do progresso das sprints e das entregas. Esse cronograma, apresentado na Figura 1, serviu como uma estrutura visual organizada, onde cada fase era documentada com tarefas específicas, responsáveis e prazos de conclusão. Dessa forma, foi possível monitorar o tempo e a carga de trabalho de forma eficiente, proporcionando uma visão clara do andamento do projeto. A atualização sistemática do cronograma permitiu identificar a necessidade de ajustes e garantiu que o projeto mantivesse um ritmo adequado, respeitando os prazos e minimizando riscos de atraso, essenciais para o sucesso do desenvolvimento.

Figura 1 – Cronograma de Atividades

Cronograma do Projeto de Automação do Porto							
Nome do Projeto					Projeto de Automação do Porto do Itaqui - Granel Sólido		
Data de Conclusão Prevista					terça-feira, 29 de outubro de 2024		
Nome	Data Início	Data Final	Dias	Status	Progresso	Data Conclusão	
Sprint 1: Finalização do Módulo Estrutural	**6-abr**	**20-abr**	**15**	**Concluído**	**100%**		
Criação das entidades navio e berço	6-abr	8-abr	2	Concluído			
Relacionamento entre entidades para cruzamento de informações e determinação de status	8-abr	10-abr	2	Concluído			
Codificação dos módulos de integração berço: cargas aceitas, prancha, validação estrutural	10-abr	13-abr	3	Concluído			
Codificação dos módulos de integração navio: agencia, operador, cliente e transportador	13-abr	16-abr	3	Concluído			
Relacionamento navio e berço: estrutura e cargas	16-abr	18-abr	2	Concluído			
Revisar e testar o código referente a criação de navios e berços	18-abr	20-abr	2	Concluído			
Sprint 2: Módulos Intermediários	**21-abr**	**6-mai**	**15**	**Concluído**	**100%**		
Criação de status de prontidão do berço	21-abr	23-abr	2	Concluído			
Cadastro e registro do manifesto de cargas	23-abr	26-abr	3	Concluído			
Registro de operação	26-abr	28-abr	2	Concluído			
Registro do status do navio e alterações	28-abr	30-abr	2	Concluído			
Relacionamento operação e status do berço	30-abr	2-mai	2	Concluído			
Atualização da mudança de estado e registro de horários e pranchas alcançadas (fundeado, atracado, em viagem, ETA, ETB,ETS, NOR)	2-mai	4-mai	2	Concluído			
Funcionalidades de edição manual através das entidades navio e berço	4-mai	6-mai	2	Concluído			
Sprint 3: Módulos Avançados	**7-mai**	**22-mai**	**15**	**Concluído**	**100%**		
Registro de viagens	7-mai	9-mai	2	Concluído			
Registro de pranchas alcançadas	9-mai	12-mai	3	Concluído			
Relacionamento do registro de operações com disponibilidade do berço	12-mai	15-mai	3	Concluído			
Relacionamento do navio com registro das pranchas alcançadas	15-mai	18-mai	3	Concluído			
Disponibilidade do berço baseado no status no navio	18-mai	20-mai	2	Concluído			
Cadastro de função "em comboio"	20-mai	22-mai	2	Concluído			
Sprint 4: Regras de Preferencia	**23-mai**	**7-jun**	**15**	**Concluído**	**100%**		
Criação da listagem e módulo de regras de preferência	23-mai	31-mai	8	Concluído			
Relacionamento das regras de preferência com os berços	31-mai	7-jun	7	Concluído			
Sprint 5: Relacionamento de Preferencia e Filas	**8-jun**	**23-jun**	**15**	**Concluído**	**100%**		
Relacionamento de três dimensões entre regras, navios, solicitações e berço	8-jun	13-jun	5	Concluído			

Cronograma Riscos +

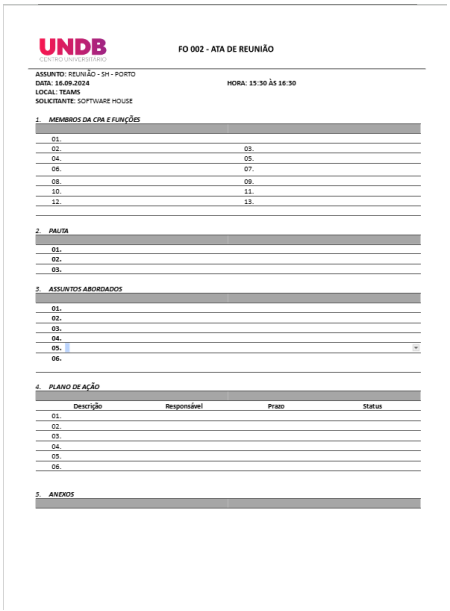
Fonte: Elaborado pelo autor

A metodologia também exigiu a definição clara de papéis e responsabilidades entre os integrantes da equipe, de modo a otimizar o fluxo de trabalho e a colaboração entre os membros. O papel de Product Owner foi desempenhado por um representante da EMAP, que fornecia as especificações do sistema e orientava o desenvolvimento das funcionalidades de acordo com as necessidades operacionais do porto. O Scrum Master, por sua vez, atuava na facilitação das cerimônias do Scrum, garantindo o cumprimento

das práticas ágeis, além de remover eventuais impedimentos para maximizar a produtividade. A equipe de desenvolvimento, composta por profissionais de frontend, backend e design, realizou as tarefas técnicas de implementação do sistema, seguindo os critérios de aceitação definidos nas reuniões de planejamento. Esse modelo de papéis e responsabilidades possibilitou uma execução eficiente das tarefas, promovendo um ambiente colaborativo.

Além das reuniões de revisão de entrega, foram realizadas reuniões de acompanhamento ao longo das sprints, nas quais o progresso de cada tarefa era discutido e avaliado em equipe. Nessas reuniões, cada membro compartilhava os desafios e avanços relacionados à sua função, e o Product Owner revisava o andamento das funcionalidades, oferecendo sugestões de melhorias e ajustes necessários. Ao final de cada reunião, houve a criação de atas de reunião, criadas com o intuito de registrar as discussões realizadas durante o período do encontro; Os membros participantes; e o plano de ação semanal, e servir como documento formal de apontamento e atividade. As atas seguiam um modelo pré-estabelecido, conforme a Figura 2, e foram armazenadas em conjunto, em um *link* compartilhável, para facilitar a organização e pesquisa dos dados criados.

Figura 2 – Modelo da Ata de Reunião Utilizada



UNDB
CENTRO UNIVERSITÁRIO

FO 002 - ATA DE REUNIÃO

ASSUNTO: REUNIÃO - SH - PORTO
DATA: 16.09.2024 HORA: 15:30 ÀS 16:30
LOCAL: TEAMS
SOLICITANTE: SOFTWARE HOUSE

1. MEMBROS DA CPA E FUNÇÕES

01.	
02.	03.
04.	05.
06.	07.
08.	09.
10.	11.
12.	13.

2. PAUTA

01.
02.
03.

3. ASSUNTOS ABORDADOS

01.
02.
03.
04.
05.
06.

4. PLANO DE AÇÃO

	Descrição	Responsável	Prazo	Status
01.				
02.				
03.				
04.				
05.				
06.				

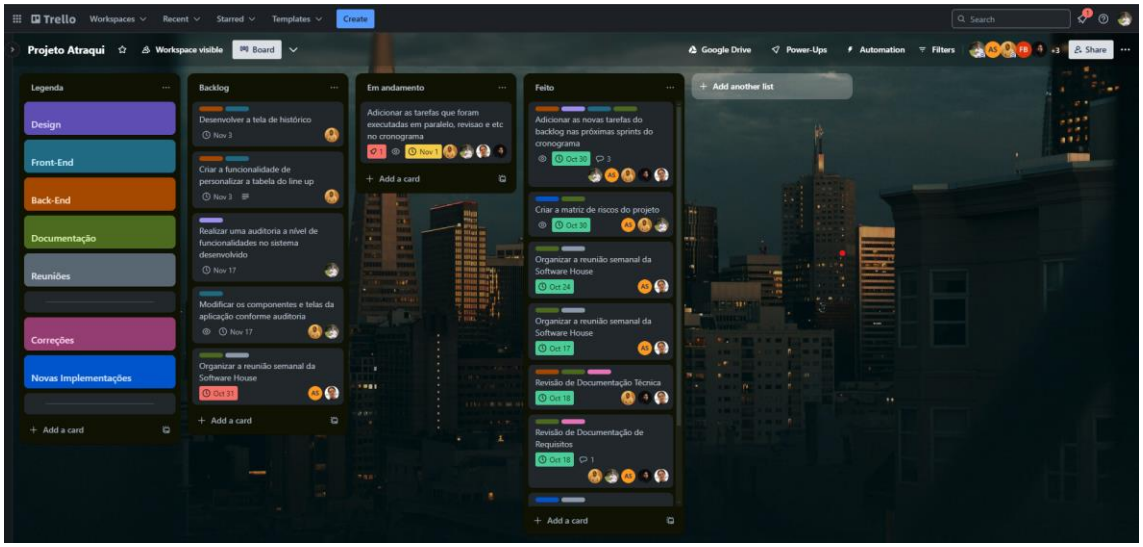
5. ANEXOS

Fonte – Elaborado pelo autor.

Esse feedback contínuo foi fundamental para que o sistema se mantivesse alinhado às demandas da EMAP, permitindo um desenvolvimento ágil e eficiente. A estrutura iterativa e colaborativa proporcionada pelo Scrum assegurou que o projeto pudesse ser adaptado rapidamente conforme as necessidades identificadas, promovendo um processo de desenvolvimento flexível e centrado no cliente.

Para promover a transparência, organização de tarefas e colaboração do time, as atividades previstas no cronograma e oriundas das reuniões semanais eram registradas na plataforma *Trello*, possibilitanto assim o acompanhamento de toda a equipe ágil quanto às atividades semanais e registradas no *backlog* do projeto, dentro de um quadro Kanban, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Quadro Kanban utilizado no projeto



Fonte – Elaborado pelo autor

Para construção da solução foram utilizados projetos estruturados em React para o frontend e Spring Boot para o backend. Ambos os projetos foram configurados em ambientes de desenvolvimento padronizados com o uso de contêineres Docker, o que permitiu uma instalação rápida e garantiu consistência nas configurações entre as máquinas dos desenvolvedores. A padronização dos ambientes por meio do Docker facilitou a integração entre as partes do sistema, minimizando problemas de compatibilidade e permitindo que o sistema fosse executado com o mesmo comportamento em diferentes ambientes, desde o desenvolvimento até a produção. Cada contêiner foi configurado para carregar automaticamente as dependências e

configurações necessárias, garantindo que o tempo de configuração fosse reduzido ao máximo.

A arquitetura do backend, desenvolvida com Spring Boot, seguiu os princípios de Clean Code, visando à clareza, manutenção e organização eficiente do código. Cada módulo do sistema foi organizado de forma que as classes e serviços fossem responsáveis por funcionalidades bem definidas, separando a lógica de negócio, a lógica de controle e a integração com o banco de dados em camadas distintas. Esse padrão modular permitiu que o backend fosse escalável e facilmente mantido, além de assegurar que futuras atualizações e expansões possam ser implementadas com o mínimo de impacto nas funcionalidades existentes. Adicionalmente, o backend foi organizado de maneira semelhante a uma arquitetura de microsserviços, embora dentro de uma estrutura monolítica, onde cada módulo representa um serviço específico para atender a uma parte da lógica de negócios, como controle de navios, gerenciamento de berços e regras de priorização na fila de atracação.

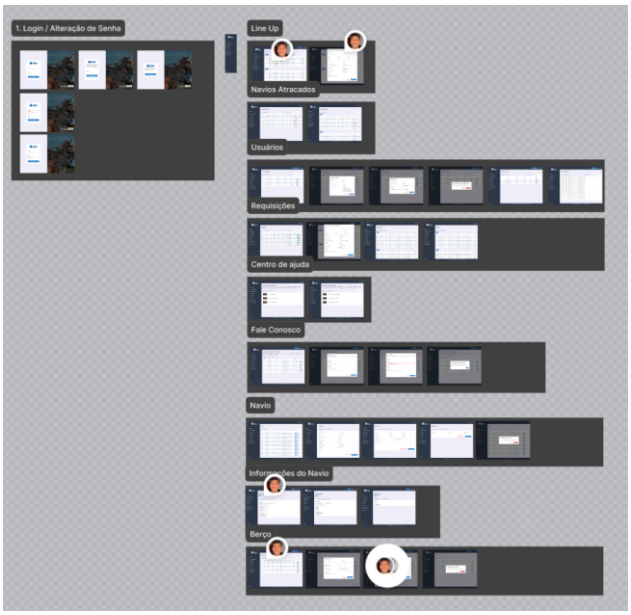
Para a manutenção e o versionamento do código, foi utilizado o GitHub como repositório central. Cada desenvolvedor criou e trabalhou em suas branches específicas para funcionalidades distintas, seguindo uma política de commits regulares e documentação padronizada das alterações. Essa organização facilitou a revisão do código e permitiu que cada feature passasse por um processo de aprovação antes de ser mesclada à branch principal. O uso de Pull Requests no GitHub foi fundamental para o controle de qualidade, pois permitiu que outros membros da equipe revisassem e comentassem as mudanças, assegurando que todas as implementações estivessem de acordo com os padrões de código definidos. Além disso, a integração contínua (CI) foi configurada para executar automaticamente os testes após cada commit na branch principal, o que auxiliou na identificação precoce de erros e na garantia da estabilidade do sistema.

A adição de pontos de testes unitários e de integração ao longo do código permitiu verificar a funcionalidade de cada módulo de maneira independente e garantir que as interações entre os diferentes componentes fossem realizadas de forma correta. Esses testes foram especialmente importantes para validar o comportamento das regras de negócio implementadas no backend, como a formação automática da fila e a aplicação de prioridades na atracação de navios. Para o frontend em React, testes de interface e

usabilidade foram implementados para validar a renderização dos componentes e a interação com os dados provenientes do backend. Essa abordagem de testes, combinada com a organização modular e a infraestrutura de CI/CD, contribuiu para um processo de desenvolvimento seguro e para a estabilidade do sistema, garantindo que o sistema mantivesse alta confiabilidade mesmo após atualizações e correções de bugs.

Foi desenvolvido ainda um protótipo de alta fidelidade que permitiu uma visualização precisa do sistema e facilitou o alinhamento entre as equipes de design e desenvolvimento. Esse protótipo, criado no Figma e apresentado na Figura 4, ofereceu um modelo completo das interfaces e interações esperadas, incluindo layout, paleta de cores, tipografia, hierarquia de informações e animações de micro interações. Com isso, a equipe de desenvolvimento pôde visualizar o funcionamento do sistema e planejar a implementação de cada componente de maneira integrada ao design proposto, garantindo que as diretrizes visuais e de usabilidade fossem seguidas com precisão. O protótipo serviu como uma referência visual completa, o que acelerou o processo de codificação e diminuiu a necessidade de revisões e ajustes de última hora, otimizando o tempo e aumentando a produtividade.

Figura 4 – Telas do projeto prototipadas previamente no Figma



Fonte – Elaborado pelo autor

Outrossim, a utilização de metodologias do Design de Interface também facilitaram melhorias durante o desenvolvimento, permitindo que ajustes fossem identificados e feitos diretamente no Figma antes mesmo de seu desenvolvimento. Em reuniões específicas entre as equipes, o grupo de design apresentava as telas e funcionalidades, enquanto o time de desenvolvimento apontava questões técnicas ou sugestões de melhorias que poderiam otimizar a experiência do usuário e a viabilidade técnica. Essas sessões colaborativas possibilitaram a criação de componentes reutilizáveis em React, seguindo uma estrutura modular que assegurou consistência e flexibilidade no frontend. A interação contínua entre as equipes de design e desenvolvimento garantiu que o sistema final atendesse tanto aos requisitos estéticos quanto às necessidades funcionais, resultando em um produto coeso, eficiente e de alta qualidade visual e operacional.

4. **RESULTADOS**

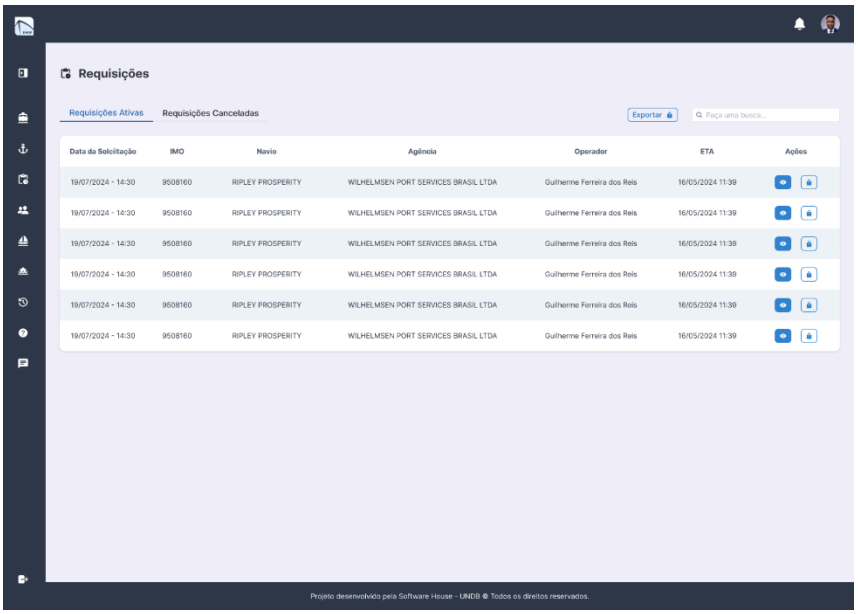
O sistema desenvolvido para a gestão automatizada da fila de navios no Porto do Itaqui encontra-se em fase de desenvolvimento, tendo cumprido o cronograma estabelecido para as etapas de design, codificação e testes preliminares. Até o momento, o sistema opera com dados estáticos, os quais simulam a entrada de informações de embarcações e permitem a criação dinâmica da fila de atracação conforme as regras de priorização definidas pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). Esse processo de simulação com dados estáticos tem sido essencial para validar a lógica de negócios e identificar oportunidades de ajustes antes da integração final com os sistemas operacionais do porto. O cumprimento das entregas do cronograma reflete o comprometimento da equipe de desenvolvimento em aderir ao planejamento inicial, proporcionando avanços significativos na configuração da plataforma.

A aplicação foi desenvolvida com o intuito de permitir a automação e o controle total do gerenciamento de informações relacionadas à fila de navios, facilitando o processo de organização e contribuindo para uma maior produtividade dos colaboradores da EMAP. O projeto tem seu fluxo principal baseado em 2 telas.

A primeira tela é referente às requisições. Pelo backend, o sistema recebe as atualizações de um *software* externo, já utilizado pela EMAP, para consumir os dados

relacionadas ao pedido de atracação, e são apresentados ao usuário final de maneira organizada e consistente em uma tabela. A tela, representada na Figura 5, possibilita ações de visualização de requisições, ativas e canceladas, e permite a auditoria de todos os navios registrados no *line up*.

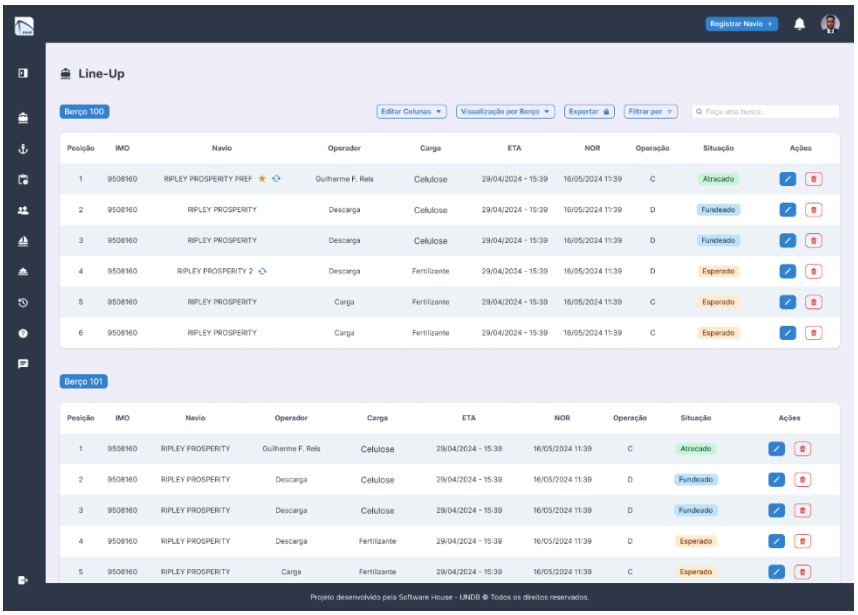
Figura 5 – Prototipo da Tela de Requisições



Fonte – Elaborado pelo autor

Após os registros de requisição, os pedidos são redirecionados para a tela principal do sistema, responsável por gerir a fila de navios e apresentá-los em seu determinado berço, solicitado dentro do pedido de atracação, e alocado corretamente conforme análise interna do sistema quanto às regras de negócio pré-estabelecidas pelo cliente, no início do projeto. As informações são apresentadas em um formato de tabela, conforme mostra a Figura 6, e podem ser reorganizadas livremente pelo usuário, através de funcionalidades criadas com este propósito.

Figura 6 – Prototipo da tela do Line Up



Fonte – Elaborado pelo autor

Durante os testes com dados simulados, foi possível observar o desempenho da aplicação na organização automática da fila de navios, de acordo com critérios como tipo de carga e horários previstos de chegada e partida. A implementação dessas regras de priorização permite que o sistema ordene as embarcações conforme as necessidades operacionais do porto, minimizando a intervenção manual e reduzindo o tempo e esforço despendidos pelos operadores. Esse modelo de organização se mostrou eficaz para avaliar como o sistema gerencia a fila de forma autônoma, criando uma base sólida para quando a integração completa com os dados em tempo real for realizada.

Contudo, alguns impedimentos técnicos foram identificados na fase de integração com os sistemas internos da EMAP, relacionados principalmente a questões de compatibilidade de dados e requisitos de segurança. Essas questões exigem ajustes específicos nos parâmetros de integração, que estão sendo abordados pela equipe técnica da EMAP, com o objetivo de viabilizar a comunicação em tempo real entre as plataformas. A resolução desses desafios técnicos é essencial para que o sistema possa acessar dados dinâmicos, permitindo que a fila de navios seja atualizada automaticamente com base nas informações reais de chegada e partida das embarcações.

Além disso, foi desenvolvido um fluxograma detalhado que ilustra o processo de organização da fila de navios, desde a recepção das informações da embarcação até sua

posição final na fila. Esse fluxograma oferece uma visualização clara do fluxo de priorização e das etapas que orientam a alocação de cada navio, sendo uma ferramenta de grande utilidade tanto para a equipe técnica quanto para os operadores portuários. A partir dessa representação visual, é possível compreender de forma intuitiva a lógica de organização do sistema e monitorar as operações, o que auxilia na capacitação dos operadores e na identificação de melhorias no processo de alocação de navios.

Os testes preliminares realizados com dados simulados já indicam que o sistema tem potencial para reduzir significativamente a necessidade de intervenções manuais na organização da fila, um dos principais desafios das operações portuárias no Itaqui. A automação da gestão de fila proporcionará maior precisão e agilidade na tomada de decisões, permitindo que os recursos portuários sejam utilizados de maneira mais eficiente e que a produtividade seja maximizada. Essa otimização do fluxo de embarcações deverá contribuir para a redução de custos operacionais e para o aumento da competitividade do porto, objetivos centrais do projeto de modernização.

O sistema desenvolvido apresenta um avanço significativo na gestão da fila de navios do Porto do Itaqui, oferecendo uma solução tecnológica capaz de aprimorar a eficiência e a transparência das operações. A experiência adquirida com o uso de dados estáticos e os ajustes na integração representam passos importantes na direção de uma plataforma totalmente integrada, que poderá operar em tempo real. Com a conclusão dos ajustes de integração, a EMAP contará com uma ferramenta robusta, capaz de atender às demandas operacionais de forma autônoma e adaptada às especificidades do ambiente portuário.

5. **CONCLUSÃO**

Diante dos desafios da modernização portuária e da necessidade de eficiência na gestão da fila de navios, o desenvolvimento do sistema automatizado para o Porto do Itaqui demonstrou-se uma solução estratégica e inovadora para a Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP). A aplicação da metodologia ágil Scrum foi determinante para o sucesso do projeto, permitindo entregas incrementais e ajustes contínuos que asseguraram a adaptação do sistema às necessidades específicas do porto. Com uma arquitetura composta por React no frontend, Spring Boot no backend e

contêineres Docker para padronização, o sistema atendeu aos requisitos de robustez, escalabilidade e facilidade de manutenção, fundamentais para operar em um ambiente de produção portuário. Os testes realizados com dados estáticos comprovaram a eficácia do sistema em automatizar a organização da fila de navios, otimizando a operação e minimizando a intervenção manual.

Nesse sentido, a solução desenvolvida cumpre os objetivos de transformação digital e eficiência propostos, posicionando o Porto do Itaqui na vanguarda da automação portuária. Com a integração completa, o sistema possibilitará a atualização automática e em tempo real das filas, proporcionando maior precisão e previsibilidade nas operações e reduzindo custos operacionais. Esse projeto representa um marco na modernização das operações da EMAP e contribui para consolidar o Porto do Itaqui como um exemplo de inovação e excelência na gestão logística portuária no Brasil.

6. **REFERÊNCIAS**

GARCIA, M.; TORRES, H.; RUIZ, P. Efficiency in Brazilian maritime logistics: The impact of waiting times and demurrage fees. Journal of Maritime Economics, v. 13, n. 2, p. 345-362, 2021.

LOPES, A.; COSTA, D.; MONTEIRO, M. Digital transformation in port operations: Reducing waiting times and increasing efficiency through automation. Transportation Research Part E, v. 143, p. 102098, 2022.

SILVA, J.; LIMA, R.; SANTOS, F. Challenges in manual queue management for Brazilian ports. Journal of Transport Economics and Policy, v. 53, n. 4, p. 621-633, 2019.

WANG, Y.; YEO, G.-T.; NG, K. Y. A.; KEE, C.-K. Evaluating port performance: The importance of throughput, service level, and adaptability. Maritime Policy & Management, v. 45, n. 3, p. 312-326, 2018.