



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS EM OPERAÇÕES PORTUÁRIAS: ESTUDO DE CASO COM DATA ANALYTICS EM UM PORTO DO ERJ

1º ISABELA FONTES CODEÇO – f.codeco@gsuite.iff.edu.br
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
- IFF

2º CEDRIC RANGEL SALOTTO – cedric.salotto@gsuite.iff.edu.br
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
- IFF

3º LUCAS KLEM DE MATTOS BARROSO – lucas.barroso@chouest.com
BRASIL PORT LOGISTICA OFFSHORE E ESTALEIRO NAVAL LTDA - BPORT

4º HENRIQUE REGO MONTEIRO DA HORA - dahora@gmail.com
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
- IFF

5º ROMEU E SILVA NETO – romeuesilvaneto@gmail.com
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
- IFF

ÁREA: 3. PESQUISA OPERACIONAL
SUBÁREA: 3.1 – MODELAGEM, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

RESUMO: NO DINÂMICO CENÁRIO DOS NEGÓCIOS, AS OPERAÇÕES PORTUÁRIAS ENFRENTAM DESAFIOS SIGNIFICATIVOS RELACIONADOS À ALOCAÇÃO EFICIENTE DE RECURSOS HUMANOS, IMPACTANDO DIRETAMENTE NA EFICIÊNCIA OPERACIONAL E NA COMPETITIVIDADE DO SETOR. ESTE ESTUDO TEM COMO OBJETIVO UMA ABORDAGEM PARA OTIMIZAR A ALOCAÇÃO DE RECURSOS DE TRABALHO EM OPERAÇÕES PORTUÁRIAS. A METODOLOGIA EMPREGADA BASEADA EM BUSINESS INTELLIGENCE (BI), ENVOLVEU A APLICAÇÃO DE UM MODELO DESENVOLVIDO NA PLATAFORMA POWER BI, NOMEADO CENTRO DE CONTROLE DE ATRACAÇÕES (CCA), VIABILIZA A TOMADA DE DECISÃO ESTRATÉGICA A PARTIR DA ANÁLISE DE INDICADORES OPERACIONAIS E A SIMULAÇÃO DE DIVERSOS CENÁRIOS DE ALOCAÇÃO DE RECURSOS. OS RESULTADOS MOSTRARAM QUE A FERRAMENTA CCA PERMITIU A VISUALIZAÇÃO DETALHADA DAS ATRACAÇÕES POR TURNO E POR HORA, IDENTIFICANDO PADRÕES DE DEMANDA E PICOS DE ATIVIDADE. A ANÁLISE DOS BERÇOS REVELOU NÍVEIS DE UTILIZAÇÃO E IDENTIFICOU OPORTUNIDADES PARA OTIMIZAR A ALOCAÇÃO. A ANÁLISE DOS RECURSOS HUMANOS INDICOU QUE A SIMULAÇÃO COM UMA EQUIPE MAIOR FOI MAIS EFICIENTE, REDUZINDO HORAS EXTRAS NECESSÁRIAS. CONCLUI-SE QUE O MODELO CCA FORNECE UMA SOLUÇÃO PARA SUPORTE À GESTÃO DE OPERAÇÕES PORTUÁRIAS NA TOMADA DE DECISÃO ESTRATÉGICA PARA ALOCAÇÃO DE RECURSOS.

PALAVRAS-CHAVES: BUSINESS INTELLIGENCE; GESTÃO PORTUÁRIA; OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS; SIMULAÇÃO; DATA ANALYTICS.

RESOURCE SIZING IN PORT OPERATIONS: CASE STUDY WITH DATA ANALYTICS IN A PORT OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: IN THE DYNAMIC BUSINESS LANDSCAPE, PORT OPERATIONS FACE SIGNIFICANT CHALLENGES RELATED TO THE EFFICIENT ALLOCATION OF HUMAN RESOURCES, DIRECTLY IMPACTING OPERATIONAL EFFICIENCY AND SECTOR COMPETITIVENESS. THIS STUDY AIMS TO PRESENT AN APPROACH TO OPTIMIZE THE ALLOCATION OF WORK RESOURCES IN PORT OPERATIONS. THE METHODOLOGY EMPLOYED, BASED ON BUSINESS INTELLIGENCE (BI), INVOLVED THE APPLICATION OF A MODEL DEVELOPED ON THE POWER BI PLATFORM, NAMED THE BERTH CONTROL CENTER (BCC), WHICH ENABLES STRATEGIC DECISION-MAKING BASED ON THE ANALYSIS OF OPERATIONAL INDICATORS AND THE SIMULATION OF VARIOUS RESOURCE ALLOCATION SCENARIOS. THE RESULTS SHOWED THAT THE BCC TOOL ALLOWED DETAILED VISUALIZATION OF BERTHS BY SHIFT AND BY HOUR, IDENTIFYING DEMAND PATTERNS AND PEAK ACTIVITY TIMES. THE BERTH ANALYSIS REVEALED UTILIZATION LEVELS AND IDENTIFIED OPPORTUNITIES TO OPTIMIZE ALLOCATION. THE HUMAN RESOURCES ANALYSIS INDICATED THAT SIMULATION WITH A LARGER TEAM WAS MORE EFFICIENT, REDUCING THE NECESSARY OVERTIME HOURS. IT IS CONCLUDED THAT THE BCC MODEL PROVIDES A SOLUTION TO SUPPORT PORT OPERATIONS MANAGEMENT IN STRATEGIC DECISION-MAKING FOR RESOURCE ALLOCATION.

KEYWORDS: BUSINESS INTELLIGENCE; PORT MANAGEMENT; RESOURCE OPTIMIZATION; SIMULATION; DATA ANALYTICS.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o complexo industrial portuário do Açu se destaca no cenário nacional e internacional. A vantagem competitiva de um porto pode ser entendida através de sua capacidade de criar valor de forma eficiente e eficaz. A literatura destaca que a vantagem competitiva pode ser alcançada por meio da liderança de custo ou da diferenciação (PORTER, 1998). No caso do Porto do Açu, a localização estratégica e a infraestrutura adequada, é responsável por potencializar as exportações brasileiras e fortalecer a logística de transporte o que contribui para reduzir os custos logísticos.

O desenvolvimento do complexo industrial e portuário do Açu teve impactos significativos na economia fluminense, aumentando a produção total em 10,9% e os empregos em 16,4% (BELO; RIBEIRO; SIMÕES, 2017). Classificado como do tipo *Maritime Industrial Development Areas* (MIDAs) ou Zona Industrial Portuária (ZIP), o Porto do Açu opera independentemente dos grandes centros metropolitanos, contribuindo significativamente para o desenvolvimento local onde estão inseridos (PESSANHA et al., 2014). Esta combinação de redução de custo e diferenciação posiciona o Porto do Açu de forma competitiva no cenário global, promovendo o desenvolvimento econômico regional e nacional.

No âmbito das operações portuárias, a demanda por serviços é altamente variável. Os gestores necessitam de informações detalhadas para embasar suas decisões estratégicas e táticas (ALZGHOUL et al., 2024). Muitas variáveis afetam a gestão eficiente de recursos nas operações portuárias. O cenário é caracterizado por picos de atividade simultânea, de ociosidade, necessidade da mão de obra e dos custos de horas extras, comum em períodos de pico de demanda e as sazonalidades intra-diária, intra-semanal, intra-mês. A empresa estudada, Brasil Port Logística Offshore e Estaleiro Naval LTDA, uma das empresas que atua como base de apoio logístico offshore no Complexo Industrial Portuário do Açu, vive essa dinâmica ao gerenciar 15 berços em operação constante, registrando em média 14 atracações diárias.

Conforme ressaltado por Huang *et al.* (2014), há o interesse considerável na otimização dos problemas relacionados à alocação de recursos, incluindo berços, guindastes de cais, agendamento, alocação de pátio de armazenamento, despacho de veículos e gestão de recursos humanos. Neste contexto, as capacidades de *BI* são fundamentais para fornecer clareza às empresas na tomada de decisão baseadas em dados sobre suas operações comerciais, auxiliando na otimização de processos e na obtenção de vantagem competitiva (ALZGHOUL et al., 2024).

A literatura recente tem enfatizado a importância do gerenciamento eficiente de recursos humanos em terminais portuários devido ao impacto na produtividade e competitividade dos

portos. Estudos demonstram que a otimização da alocação de mão-de-obra é essencial para minimizar atrasos operacionais e escassez de pessoal. Por exemplo, modelos de otimização aplicados em terminais de transbordo de contêineres reduziram significativamente essas questões (DI FRANCESCO et al., 2015). Além disso, abordagens integradas para a alocação de recursos em janelas de tempo específicas mostraram melhorias na eficiência dos serviços e na minimização de tempos de espera e deslocamento (LIM; RODRIGUES; SONG, 2004). Modelos gerais para agendamento de equipamentos e mão-de-obra em terminais de contêineres, utilizando algoritmos genéricos, também demonstraram eficácia na otimização dos processos logísticos (HARTMANN, 2004). Esses estudos destacam a relevância da aplicação de técnicas de análise de dados e otimização de recursos para aumentar a eficiência operacional nos portos.

Os estudos anteriores se concentraram em teorias ou simulações que não oferecem propostas de ferramentas práticas e economicamente viáveis para gestores portuários.

A pesquisa parte da hipótese de que a utilização eficiente da mão-de-obra nas operações portuárias pode ser monitorada e otimizada através de sistemas de análise de dados. Duas questões chave foram investigadas: Qual é o número ideal de funcionários para atender a demanda em diferentes momentos? De que maneira o modelo do Centro de Controle de Atracações (CCA) pode ser utilizado para minimizar a ociosidade ou a sobrecarga das equipes?

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo a aplicação de um modelo desenvolvido na ferramenta de *Business Intelligence* da Microsoft (Power BI), nomeado como Centro de Controle de Atracações (CCA), para apoiar a tomada de decisão estratégica no dimensionamento da alocação de colaboradores nas frentes de trabalho portuárias durante as atividades de atracação e desatracação.

2. METODOLOGIA

A pesquisa conduzida adotou uma abordagem aplicada e exploratória, com uma orientação quantitativa e qualitativa, tendo como objetivo realizar uma pesquisa descritiva utilizando métodos de estudo de caso e análise estatística.

O Centro de Controle de Atracações (CCA) integra dados coletados em tempo real de um sistema de monitoramento das operações de movimentação de carga, com uma plataforma de análise baseada no *Power BI*, utilizando rotinas SQL. O *BI* garante uma interface amigável e eficiente, promovendo uma visualização dos dados para tomada de decisão.

A amostra desta pesquisa inclui os dados operacionais coletados durante um período de seis meses, de janeiro a junho de 2023, totalizando 195 dias de operações, incluindo atividades específicas, como atracação e desatracação de embarcações, alocação de berços e gestão de

recursos humanos envolvidas nessas operações, entre outros eventos.

A pesquisa foi estruturada em um projeto-piloto dividido em quatro fases, baseadas nos princípios da metodologia ágil de gestão de projetos.

TABELA 1 - Fases do Projeto Baseadas na Metodologia Ágil

Fase 1 - Coleta e Organização dos Dados:	Os dados foram inicialmente coletados e organizados em uma <i>Google Sheets</i> . A coleta consistiu na elaboração de uma linha do tempo para os 15 berços de atracação disponíveis, onde cada dia do mês foi representado em linhas e cada hora do dia em colunas separadas. As operações de atracação e desatracação foram registradas em formato de barras, similar a um gráfico de <i>Gantt</i> . Foi realizado um levantamento do quadro de funcionários envolvidos nas operações, ou seja, quais funções eram alocadas para executar as atividades relacionadas à atividade em questão, identificando a quantidade necessária de colaboradores por berço e por tipo de função.
Fase 2 - Migração e Estruturação dos Dados:	No estágio seguinte, os dados foram importados para o <i>Power BI</i> via <i>Power Query</i> conectado à base no <i>Google Sheets</i> , definindo as tabelas dimensão e tabelas fato, definindo os relacionamentos entre os dados, separação dos eventos operacionais e criação de painéis de visualização.
Fase 3 – Análise de Dados:	No <i>Power BI</i> , os dados foram analisados sob diversas perspectivas, incluindo picos de simultaneidade diários, análise de atracações por hora e percentual de utilização de berços. Um simulador de uso de recursos foi desenvolvido, traçando uma linha de corte que representa a capacidade máxima de operação com a equipe disponível. Este simulador tem a função de identificar quando o percentual de utilização de recursos ultrapassa a linha de corte, indicando a necessidade de contratação de mais colaboradores ou a geração de horas extras.
Fase 4 - Implementação e Avaliação:	A metodologia foi aplicada na prática, e os resultados foram avaliados para validar as hipóteses e ajustar o sistema conforme necessário. A precisão dos resultados demonstrados nos painéis demonstrou estar diretamente relacionado com a qualidade dos dados coletados e da capacidade de análise fornecida pelo <i>Power BI</i> .

Tabela 1- Fases do Projeto Baseadas na Metodologia Ágil. Fonte: As Autores (2024)

A metodologia não considerou variáveis externas, como condições climáticas ou flutuações na demanda do mercado, porém algumas ações podem ser aplicadas para contornar essas limitações, como o investimento em treinamento para a equipe responsável pela coleta e análise de dados, a incorporação de análises de tendências externas para melhorar a precisão das previsões de demanda e a realização de constante atualização e refinamento da metodologia com base nos resultados e *feedbacks* obtidos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os próximos tópicos apresentam os resultados, da aplicação do modelo Centro de Controle de Atracações (CCA) aos dados coletados a partir da integração em tempo real pelo sistema de monitoramento das operações de movimentação de carga da empresa que foi estudada. Os resultados estão subdivididos em três seções, sendo: atracações, berços e recursos

humanos.

3.1. Das Atracações

Na FIGURA 1 pode-se analisar o quantitativo de atracações realizadas no período de janeiro/2023 até junho/2023, e a quantidade separada por turno diurno e noturno.

FIGURA 1 - Quantidade de atracações, totais e médias.

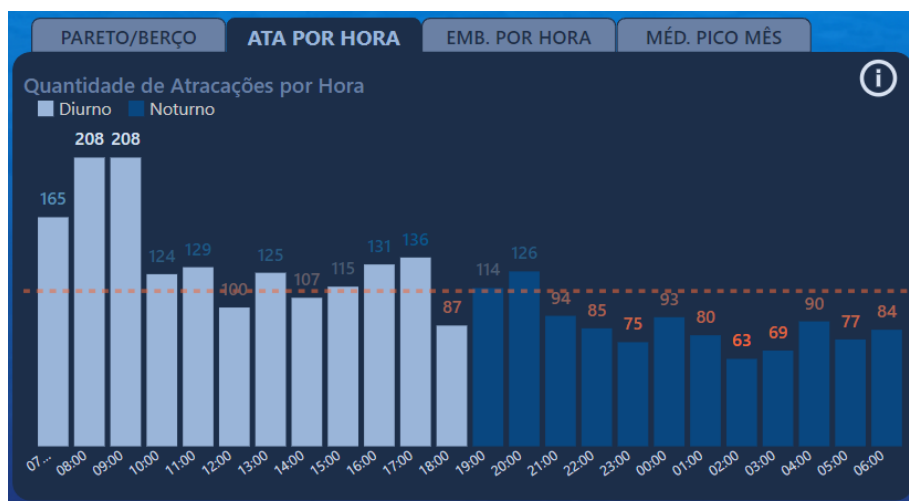


Fonte: Os Autores (2024)

Observa-se na FIGURA 1 que o modelo proporciona no primeiro painel uma visão geral do cenário das atracações incluindo cartões com informações que estão relacionadas entre si e se tornam relevantes para a análise. Se tratando de turnos de trabalho em uma empresa que funciona 24 horas, o modelo é capaz de indicar o percentual de atracações em cada período, diurno ou noturno, devolvendo tanto uma visão geral quanto a média, de forma que os dados possam ser comparados na análise, que inclui também o total de atracações por mês.

A FIGURA 2 apresenta a “Quantidade de Atracações por hora”, balizando pela linha tracejada em laranja, a qual corresponde a linha média. Dessa forma pode-se identificar em quais horários ocorrem a maior quantidade de atracações dentro de cada turno. O modelo proporciona a visualização dos picos de demanda por períodos do dia e horários.

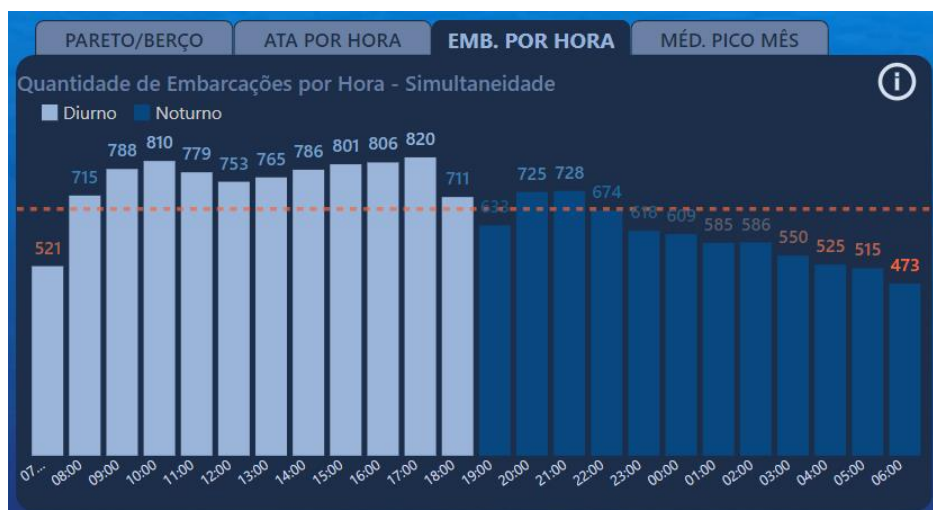
FIGURA 2 - Quantidade de atracações por hora.



Fonte: Os Autores (2024).

A FIGURA 3 apresenta o painel “Quantidade de Embarcações por hora - Simultaneidade”. O modelo nesta visualização consegue demonstrar se existe a continuidade de demanda de atracações entre os períodos diurno e noturno, uma vez que o gráfico representa a permanência das embarcações após atracação. É possível identificar que existem casos de embarcações que atracam ao final da tarde e permanecem durante a noite auxiliando a visualização de que houve outros serviços prestados para a embarcação que demandaram mais tempo aumentando o tempo de atracação de algumas embarcações como, carregamento e descarregamento de cargas.

FIGURA 3 - Quantidade de Embarcações por Hora - Simultaneidade.



Fonte: Os Autores (2024)

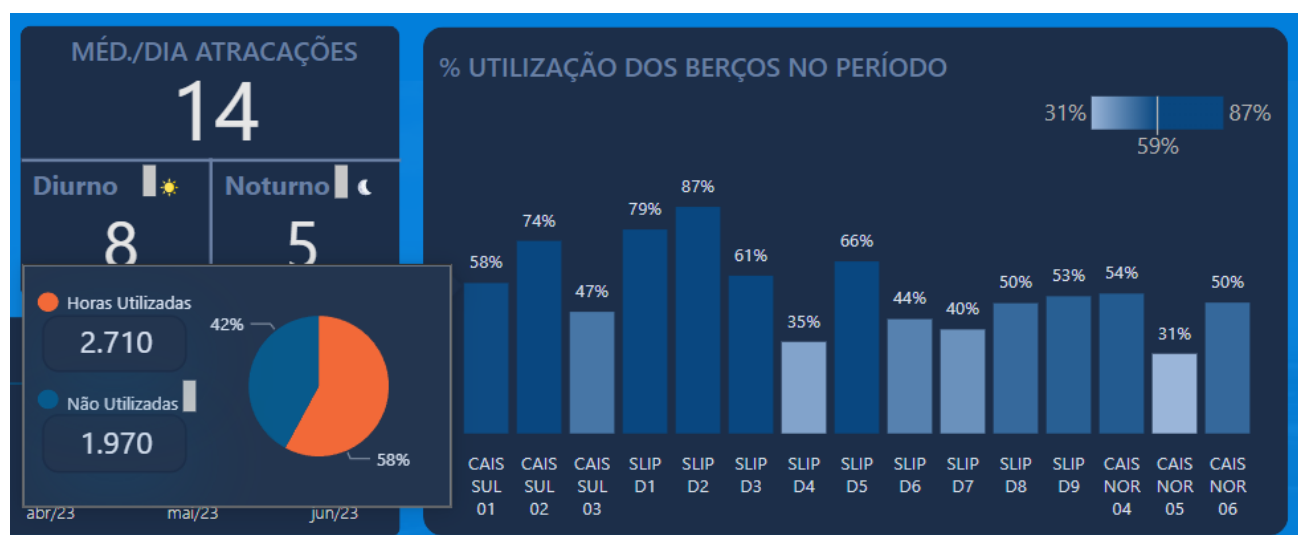
A literatura confirma que a otimização da alocação de recursos pode reduzir atrasos operacionais e aumentar a eficiência (DI FRANCESCO et al., 2015). Além disso, a

abordagem integrada para a alocação de recursos em janelas de tempo específicas, como observado em Lim, Rodrigues e Song (2004), mostrou melhorias na eficiência dos serviços, um resultado corroborado pelos dados deste estudo.

3.2. Dos Berços

O painel que demonstra os dados relacionados a utilização dos berços apresenta o percentual (%) de utilização dos berços em quantidade de horas, considerando um total de 15 berços. Através da pequena barra horizontal localizada na parte superior à direita, é possível identificar que não há gargalo quanto a utilização dos berços, os quais são responsáveis por receber as embarcações. Portanto é possível identificar os níveis de utilização de cada um dos berços de atracação, como também o percentual de utilização geral, auxiliando a verificação de oportunidades de expansão da oferta dos serviços, evitando a subutilização de algum dos recursos, orientando a estratégia operacional e comercial.

FIGURA 4 - Percentual de de Utilização dos berços no período.



Fonte: Os Autores (2024).

Por exemplo, ao passar o mouse sobre a barra do “CAIS SUL 01”, é exibido um “balão” com informações sobre a utilização em horas de atracação no berço. No caso, pode-se identificar que o berço denominado “CAIS SUL 01” utilizou um total de 2.710 horas, de acordo com o período selecionado pelo filtro, o que foi equivalente a 58% de utilização do total de horas disponíveis no período. Isso indica se o recurso está subutilizado ou se há possibilidade de ser mais produtivo, com isso a necessidade de uma melhor distribuição das atracações. E desta forma, pode-se identificar se existe gargalo na utilização dos berços.

O painel de dados relacionado à utilização dos berços indicou que não há gargalos significativos na utilização dos 15 berços disponíveis. A análise identificou níveis de utilização

e oportunidades para otimização. Esta descoberta está em consonância com as observações de Huang, Wang e Shi (2014), que enfatizam a importância da otimização da alocação de recursos para melhorar a eficiência das operações portuárias. O uso eficiente dos berços, como evidenciado pelo percentual de utilização geral, está alinhado com as capacidades de *Business Intelligence* (BI) para fornecer insights baseados em dados que facilitam a tomada de decisões estratégicas (ALZGHOUL et al., 2024).

3.3. Dos Recursos Humanos

No painel que apresenta informações para análises relacionadas a recursos humanos, existem quadrantes com textos dinâmicos, que apresentam as “Considerações para Análise” e os “Resultados da Análise”, ou seja, conforme forem alterados os parâmetros de período, os quantitativos de recursos, percentuais e turnos, os resultados da análise e os gráficos sofrem alterações.

FIGURA 5 - Simulador de Dimensionamento

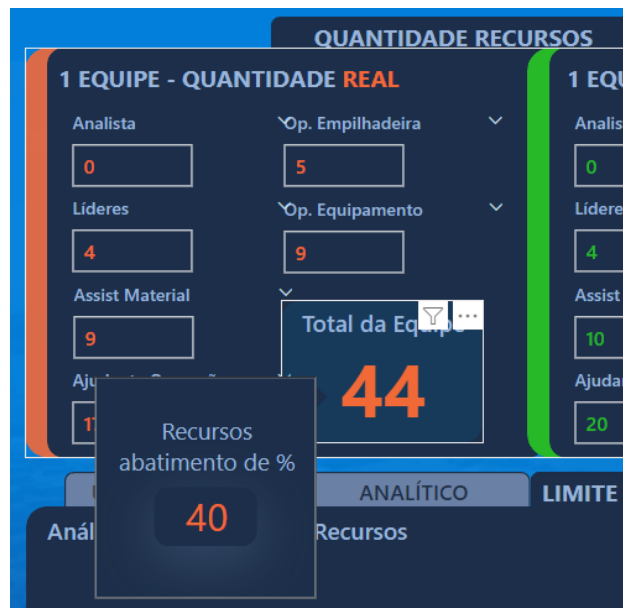


Fontes: Os Autores (2024).

O modelo demonstra as considerações para essa análise específica apresentando o período analisado e a quantidade de dias e usa a expressão “contínuo desde data inicial até final”, significa que não possui exclusão de nenhum dia no filtro. Outros critérios que são

levados em consideração para o cálculo são a taxa de absenteísmo, a representação de um percentual de faltas e atestados baseando-se em dados do RH da empresa em questão, e por fim, percentual de férias. A “Sugestão de % de Corte” seria o total em percentual de colaboradores dedicados à atividade diminuído do percentual de Absenteísmo e percentual de Férias, então, no cenário estudado, para o total de 44 colaboradores na equipe, o cálculo considera apenas 90,80% efetivamente, sendo assim 40 colaboradores.

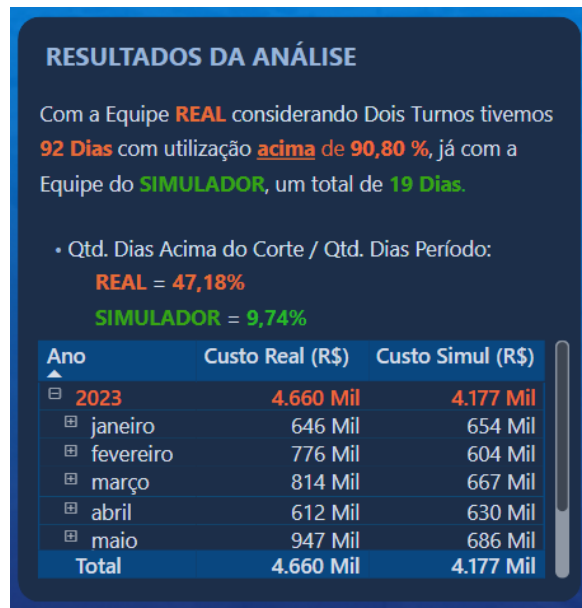
FIGURA 6 - Alocação de recursos por função.



Fonte: Os Autores (2024).

A FIGURA 6, no segundo quadrante, da “Quantidade Recursos”, há duas separações: Equipe Real e Equipe Simulador. Nestes quadrantes pode-se alocar os quantitativos de recursos por função. Nos “Resultados da Análise”, o texto dinâmico apresenta quantos dias foram ultrapassadas, a quantidade total de funcionários necessárias a partir do pico de atracções simultâneas, demonstrando os resultados quanto à equipe real e equipe simulador. É importante lembrar que 90,80% seriam considerados o total de equipe efetiva, conforme explicado em “Considerações para a Análise”. No próximo quadrante de resultados, conforme a FIGURA 7, tem-se uma tabela que apresenta o cálculo do custo mensal das equipes, em turno diurno e noturno, e custo de hora extra necessária para atender os gargalos apresentados quando os dados ultrapassam o efetivo de funcionários.

FIGURA 7 - Resultados da análise.

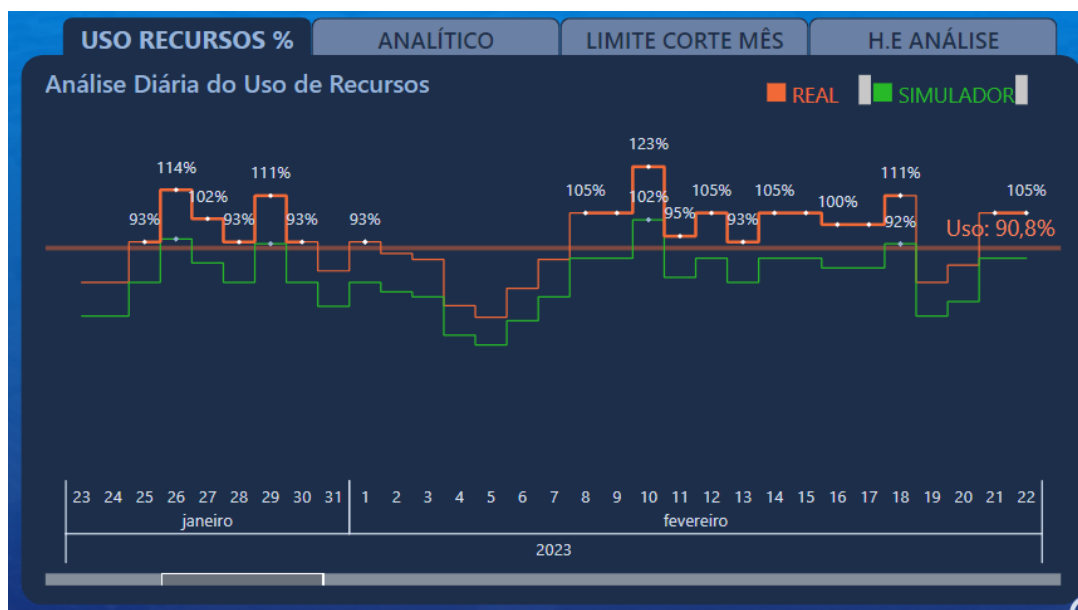


Fonte: Os Autores (2024)

A FIGURA 7 demonstra como a ferramenta exterioriza o “Custo Real”. No exemplo, o Custo Real está associado a 44 colaboradores e é superior ao “Custo Simulado”, que conta com 53 colaboradores. Esse fenômeno ocorre porque a ferramenta prevê a necessidade de recursos extras devido à escassez de colaboradores no cenário real, o que leva a um aumento das horas extras e, consequentemente, eleva o “Custo Real”. Por outro lado, a presença de 53 colaboradores no cenário simulado permite um ajuste mais adequado à demanda do cenário analisado, resultando em menos horas extras e, consequentemente, em custos menores. Isto se deve ao fato de que a base de cálculo considera que, se a linha de corte ultrapassar os 90,80%, deduz-se que houve horas extras, e esse custo é adicionado ao valor final do cenário em análise ou do simulador.

A FIGURA 8 demonstra a “Análise Diária do Uso de Recursos”, onde pode-se observar os dias que houve demandas a ponto de a “equipe real” não suportar.

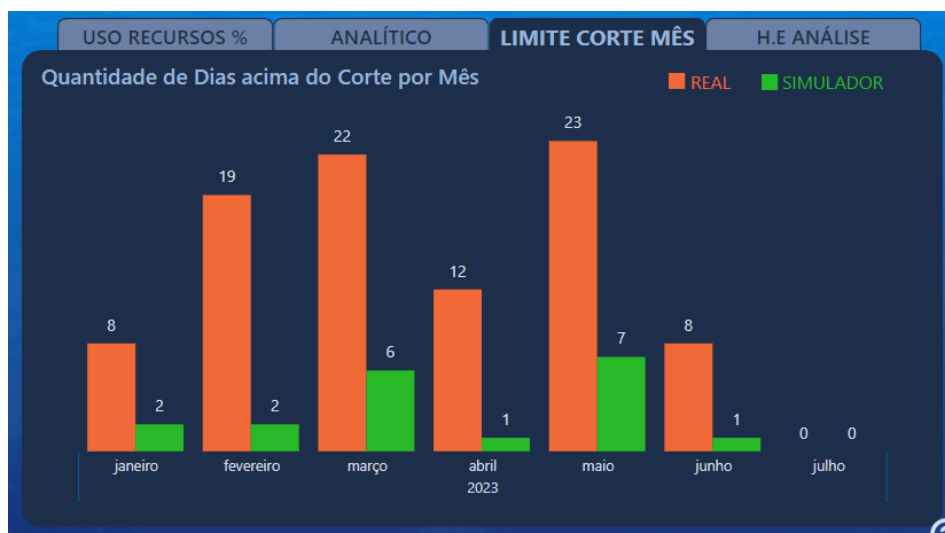
FIGURA 8 - Análise diária do uso de recursos.



Fonte: Os Autores (2024)

A FIGURA 9 apresenta a quantidade de dias por mês em que foram ultrapassadas o limite de efetivo necessário para atender às demandas sem gargalo.

FIGURA 9 - Quantidade de Dias acima do corte por mês.

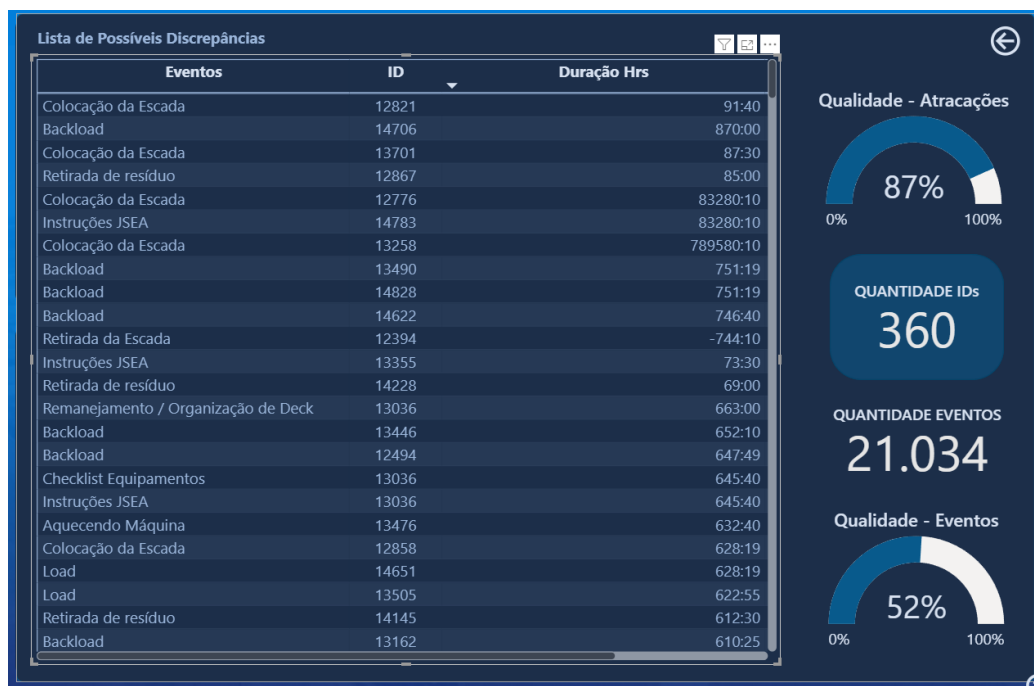


Fonte: Os Autores (2024).

Para garantir a acurácia (qualidade / como um controle de qualidade) das informações utilizadas para a análise e tomada de decisão estratégica, dois painéis apresentam a aderência dos dados em conformidade com os padrões pré-estabelecidos para tratamento dos dados. Na aplicação deste modelo foi observado que existem eventos com duração de horas negativas, horas a mais que o padrão e horas zeradas. Com isso, pode-se analisar na FIGURA 10 e FIGURA 11, a quantidade de eventos e seu percentual de aderência, sendo possível também

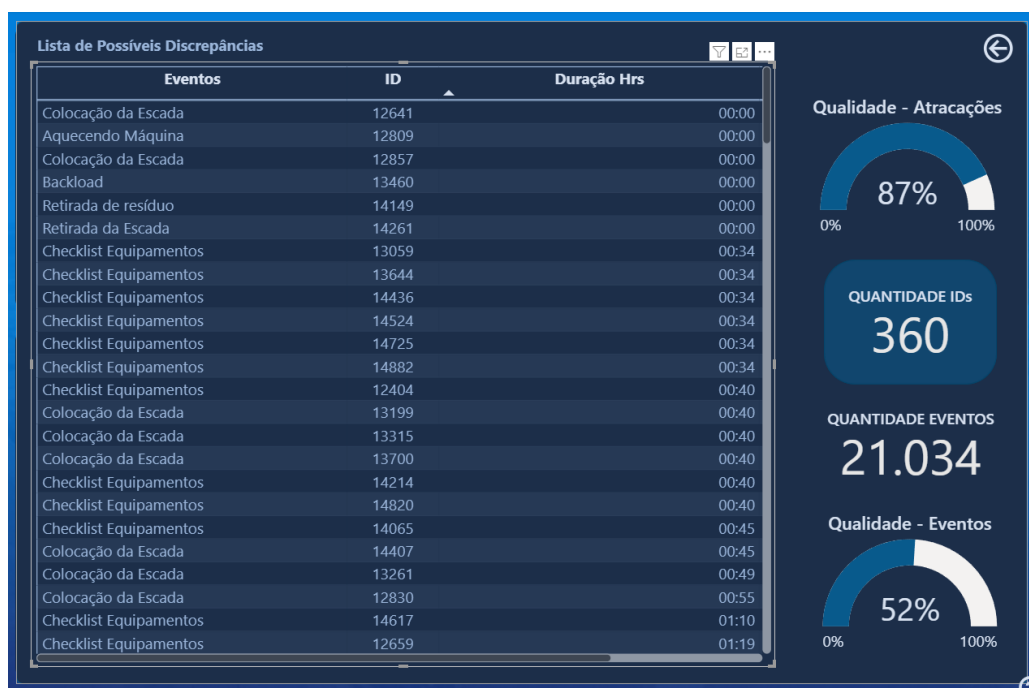
identificas as possíveis discrepâncias, garantindo a possibilidade de realizar o controle de qualidade das informações apresentadas pela ferramenta e verificar se algum ajuste nos dados se faz necessários.

FIGURA 10 - Lista de possíveis discrepâncias – Classificação Descendente de Duração Hrs.



Fonte: Os Autores (2024).

FIGURA 11 - Lista de possíveis discrepâncias – Classificação Ascendente de Duração Hrs.



Fonte: Os Autores (2024)

A análise dos recursos humanos, através do simulador de dimensionamento, mostrou que uma equipe maior (53 colaboradores) foi mais eficiente, reduzindo a necessidade de horas extras. Este resultado está alinhado com os achados de Di Francesco et al.(2015), que demonstram que a otimização da alocação de mão-de-obra é essencial para minimizar atrasos operacionais e escassez de pessoal. Além disso, a abordagem integrada para a alocação de recursos em janelas de tempo específicas mostrou melhorias na eficiência dos serviços e na minimização de tempos de espera e deslocamento, conforme discutido por Lim et al. (2004).

A precisão dos resultados demonstrados nos painéis esteve diretamente relacionada à qualidade dos dados coletados e à capacidade de análise fornecida pelo Power BI, conforme observado em outros estudos sobre o impacto das capacidades de BI na tomada de decisão empresarial (ALZGHOUL et al., 2024). O controle de qualidade é essencial para evitar discrepâncias nos dados, o que é crítico para a eficácia do modelo CCA.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo aplicou o modelo Centro de Controle de Atracções (CCA) às operações de uma das empresas do complexo industrial portuário do Açu, demonstrando sua eficácia na tomada de decisão para otimização da alocação de recursos e melhoria da eficiência operacional.

A pesquisa partiu da hipótese de que a utilização eficiente da mão-de-obra nas operações portuárias pode ser monitorada e otimizada através de sistemas de análise de dados. Foram investigadas duas questões principais: o número ideal de funcionários para atender a demanda em diferentes momentos e como o modelo CCA pode ser utilizado para minimizar a ociosidade ou a sobrecarga das equipes. Os resultados confirmam que o modelo CCA é capaz de responder a essas questões, fornecendo dados detalhados e em tempo real que permitem ajustes operacionais precisos.

A análise das atracções, conforme as FIGURA 1, FIGURA 2, FIGURA 3, mostrou a distribuição das atracções por turno e hora, além da simultaneidade das embarcações. Foi possível identificar padrões de demanda e ajustar as operações para minimizar tempos de espera e aumentar a produtividade. Este resultado está alinhado com a literatura, que destaca a importância da otimização da alocação de recursos (HUANG; WANG; SHI, 2014).

A análise da utilização dos berços **Erro! Fonte de referência não encontrada.** indicou que não há gargalos significativos, apresentando apenas 59%. Essa informação permite a redistribuição de atracções para otimizar o uso dos berços, conforme enfatizado por Alzghoul et al. (2024).

As FIGURAS 5 a 9 revelaram que a simulação de uma equipe maior (53 colaboradores) foi mais eficiente em termos de custo devido à redução de horas extras necessárias. Este resultado confirma a eficácia da alocação eficiente de mão-de-obra, conforme discutido por Lim et al. (2004) e Di Francesco et al. (2015).

A aderência dos dados aos padrões pré-estabelecidos, observada nas FIGURAS 10 e 11, garante a precisão das análises e decisões estratégicas. O controle de qualidade dos dados é crucial para a eficácia do modelo CCA, conforme sublinhado por Alzghoul et al. (2024).

Qualitativamente, o modelo CCA proporcionou uma visão detalhada e integrada das operações portuárias estudadas, permitindo identificar e solucionar problemas de alocação de recursos e otimizar o uso de infraestrutura. Quantitativamente, os dados mostraram uma melhora significativa na eficiência operacional, com redução de custos operacionais e aumento da produtividade.

Para os gestores portuários, o modelo CCA se apresenta como uma ferramenta prática para a tomada de decisão estratégica. A capacidade de monitorar e ajustar operações em tempo real permite uma resposta mais rápida às variações na demanda, otimizando a utilização dos recursos e reduzindo custos operacionais. Este modelo pode ser integrado a sistemas de *Business Intelligence* para aprimorar a análise e a visualização de dados operacionais.

Recomenda-se investimentos em treinamento para a equipe responsável pela coleta e análise de dados visando aumentar a precisão das informações obtidas.

Futuros estudos podem expandir a aplicação do modelo CCA para incluir variáveis externas, como condições climáticas e flutuações na demanda do mercado. A investigação de outras tecnologias emergentes, como inteligência artificial e *machine learning*, podem vir a aprimorar a capacidade de previsão do modelo. Estudos comparativos entre diferentes portos também podem fornecer esclarecimentos valiosos sobre a eficácia e adaptabilidade do modelo em diversos contextos operacionais.

Desta forma, modelo CCA atendeu aos objetivos estabelecidos, fornecendo uma solução para suporte à gestão de operações portuárias. A adoção deste modelo pode representar um avanço para a competitividade e eficiência dos portos, promovendo o desenvolvimento econômico regional e nacional, conforme evidenciado pelo complexo industrial portuário do Açu.

REFERÊNCIAS

- ALZGHOUL, A. et al. How business intelligence capability impacts decision-making speed, comprehensiveness, and firm performance. **Information Development**, v. 40, n. 2, p. 220–233, jun. 2024.
- BELO, G. DA C.; RIBEIRO, L. C. DE S.; SIMÕES, R. F. O impacto da construção do complexo industrial e portuário de aço no norte fluminense. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 11, n. 2, p. 173–192, 12 jul. 2017.
- DI FRANCESCO, M. et al. Optimal management of human resources in transshipment container ports. **Maritime Policy & Management**, v. 42, n. 2, p. 127–144, 17 fev. 2015.
- HARTMANN, S. A general framework for scheduling equipment and manpower at container terminals. **OR Spectrum**, v. 26, n. 1, p. 51–74, 1 jan. 2004.
- HUANG, J.; WANG, F.; SHI, N. **Resource Allocation Problems in Port Operations: A Literature Review**. 2014 Seventh International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization. **Anais...** Em: 2014 SEVENTH INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON COMPUTATIONAL SCIENCES AND OPTIMIZATION (CSO). Beijing, China: IEEE, jul. 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6923658/>>. Acesso em: 22 maio. 2024
- LIM, A.; RODRIGUES, B.; SONG, L. Manpower allocation with time windows. **Journal of the Operational Research Society**, v. 55, n. 11, p. 1178–1186, nov. 2004.
- PESSANHA, R. M. et al. A Gênese do Complexo Logístico Industrial Porto do Açu: oportunidades e desafios para o desenvolvimento da Região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 10, n. 2, 22 jun. 2014.
- PORTER, M. E. **Competitive advantage: creating and sustaining superior performance: with a new introduction**. 1st Free Press ed ed. New York: Free Press, 1998.