

Simulação da operação de navios graneleiros com uma cobertura em condições climáticas adversas no corredor leste de exportação do Porto de Paranaguá

Simulation of bulk carrier operations under adverse weather conditions in the
eastern export corridor of the Port of Paranaguá.

Gabriel Carlos Firmino
Fatec Baixada Santista Rubens Lara/BR

João Lucas Silva de Morais
Fatec Baixada Santista Rubens Lara/BR

Ricardo Reiff Guedes Pinto
Fatec Baixada Santista Rubens Lara/BR

Resumo

Este é um estudo comparativo entre dois cenários distintos de operação em terminais portuários, com foco nos berços 212, 213 e 214 do Corredor Leste de Exportação (COREX) no Porto de Paranaguá. O primeiro cenário considera a paralisação das operações devido a condições climáticas adversas, enquanto o segundo cenário envolve a continuidade das operações mesmo sob tais condições, possibilitada pela implementação de uma tecnologia de cobertura nos navios graneleiros. O objetivo é avaliar o potencial ganho de produtividade proporcionado por essa tecnologia, visando garantir a continuidade das operações em cenários climáticos adversos. O método utilizado é um estudo de caso com a simulação dos cenários propostos com o uso do *software* Arena. Os resultados deste estudo fornecem ideias sobre a viabilidade e benefícios da implementação de tecnologias similares em terminais portuários, contribuindo para a eficiência e segurança das operações portuárias em face de condições climáticas adversas.

Palavras-chave: Simulação; Operação em navios graneleiros; Corredor Leste de Exportação; Clima.

Abstract

This is a comparative study between two distinct scenarios of operations at port terminals, focusing on berths 212, 213, and 214 of the Eastern Export Corridor (COREX) at the Port of Paranaguá. The first scenario considers the suspension of operations due to adverse weather conditions, while the second scenario involves the continuation of operations even under such conditions, made possible by the implementation of a cover technology on bulk carriers. The objective is to evaluate the potential productivity gains provided by this technology, aiming to ensure the continuity of operations in adverse weather scenarios. The method used is a case study with the simulation of the proposed scenarios through the Arena software. The results of this study provide insights into the feasibility and benefits of implementing similar technologies in port terminals, contributing to the efficiency and safety of port operations in the face of adverse weather conditions.

Keywords: Simulation; Bulk carrier operations; Eastern Export Corridor; Weather.

1. INTRODUÇÃO

O Porto de Paranaguá, dirigido pela Administração Portuária de Paranaguá e Antonina (APPA); possui terminais especializados em granéis sólidos, líquidos e contêineres, proporcionando infraestrutura para atender a diversas naturezas de carga, no entanto, destaca-se na movimentação de granéis vegetais, sendo o complexo um dos principais do país nesse segmento, especialmente notável pelos volumes de soja e milho exportados. No início de 2024, o Porto assumiu, por exemplo, a liderança na movimentação do complexo soja no Brasil, abrangendo 37,5% das exportações do país nesse setor (Canal Rural, 2024).

A exportação desses granéis, a exemplo da soja, é diretamente impactada pelas intensas chuvas no estado do Paraná. De modo geral, o carregamento de grãos em navios enfrenta desafios significativos devido às condições climáticas, uma vez que as operações de embarque são realizadas a céu aberto. Além disso, variações na demanda, causadas pelo clima afetam o transporte marítimo. Isso significa que em condições climáticas adversas, é necessário ter capacidade extra disponível para atender aos picos de demanda, mesmo que essa capacidade fique ociosa durante os períodos de baixa demanda (García; Roibás; Zanón, 2020).

No caso específico do Porto de Paranaguá, dados da APPA demonstram que, no período de janeiro a novembro de 2022, ocorreram 99,4 dias de paralisação no Corredor Leste de Exportação (COREX) devido às chuvas intensas. Essa paralisação representou uma queda operacional de cerca de 30% em comparação com os períodos em que as condições climáticas permitiram operações normais. Durante as atividades de carga e descarga de navios, os operadores não conseguem manter suas capacidades máximas devido a várias interrupções, como fechamento e abertura de escotilhas, chuvas, trocas de turno, entre outros fatores.

O COREX (Figura 1) é composto pelos berços 212, 213 e 214 e é uma das estruturas mais inovadoras do Porto de Paranaguá em que 11 terminais privados operam simultaneamente. O berço 213 é equipado com dois *shiploaders*, com capacidade de carregamento de até 2 mil toneladas por hora, enquanto os berços 212 e 214 possuem 2 *shiploaders* cada com capacidade ligeiramente inferior, de 1,5 mil toneladas por hora, conforme informações da APPA.

Simulação da operação de navios graneleiros com uma cobertura em condições climáticas adversas no corredor leste de exportação do Porto de Paranaguá

Figura 1 – Estrutura do Corredor Leste de Exportação



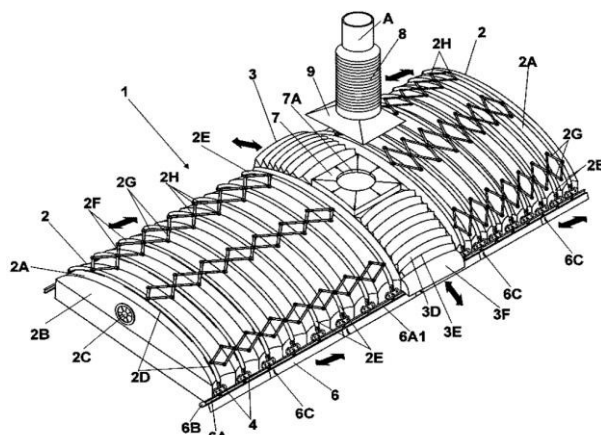
Fonte: Administração Portuária de Paranaguá e Antonina (2022)

Um aspecto diferenciado do COREX é a oportunidade de um navio atracar na condição de “Super-berço”, recebendo prioridade em relação às demais embarcações na área. Essa possibilidade está estipulada na Ordem de Serviço 001/2016 da APPA, a qual define critérios para a priorização de atracação de navios comprometidos com o carregamento de 65 mil toneladas em até 36 horas. Tal medida visa otimizar a eficiência das operações portuárias ao estabelecer diretrizes claras para a utilização do “Super-berço”. No entanto, mesmo diante de toda essa estrutura, o COREX, por ter uma demanda para granéis e fertilizantes, tem sua operação interrompida em dias de chuva.

Tecnologias inovadoras, exemplificadas pela patente BRMU9102972U2 (Figura 2), de 2013, ou ainda a mais recente WO2020010414A1, de 2020, apresentam soluções promissoras para resolver esse entrave que causa a interrupção das operações de carga e descarga em decorrência das chuvas. No caso da BRMU9102972U2, ela descreve especificamente uma cobertura de proteção ambiental e impermeável, projetada para o carregamento de produtos em pó, grãos ou a granel em navios. Ela possui uma forma adaptada aos porões dos navios e permite a movimentação de carga e descarga pelo *shiploader* mesmo em dias chuvosos.

Gabriel Carlos Firmino; João Lucas Silva de Moraes; Ricardo Reiff Guedes Pinto

Figura 2 – Cobertura de proteção ambiental e de chuva, para carregamentos de produtos em pó, grãos ou a granel em navios



Fonte: Google Patents (2013)

No contexto específico do Porto de Paranaguá, optar por essa cobertura "removível" em vez de uma estrutura fixa coberta (*all weather*) pode ser mais vantajoso por diversos motivos. Isso inclui a complexidade e custo associados à construção de uma estrutura permanente, considerações regulatórias ambientais, riscos operacionais e a perspectiva futura da demanda de exportação.

Nesse cenário, um dispositivo móvel se mostra mais adequado, pois uma mudança no perfil de exportação pode inviabilizar a justificativa para a construção de uma estrutura fixa, que é mais dispendiosa e pode gerar custos contínuos de manutenção, dificuldades operacionais (afetando a prática de manobras) e demanda por mão de obra adicional. A participação do setor privado poderia facilitar a implementação desta tecnologia (EPL, 2020).

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Segundo as diretrizes estabelecidas pela Sociedade Classificadora de Navios *American Bureau of Shipping* (ABS), especificadas no conjunto de regras CSR-BC, mais precisamente no Capítulo 1, Seção 1 e subseção 1.1.2, os navios graneleiros são definidos como embarcações projetadas para a navegação marítima, dotadas de propulsão própria. Sua principal finalidade é o transporte de cargas secas a granel, o que inclui uma variedade de produtos, como minérios, grãos, minerais e outros materiais não embalados. Esses navios são construídos e operados levando em consideração as especificidades das cargas que transportam, garantindo a segurança tanto da carga quanto da própria embarcação durante todo o percurso marítimo.

O equipamento utilizado para carregar grânéis sólidos, conhecido como *shiploader*, é fundamental para movimentar a carga de forma eficiente, utilizando sistemas de correia/esteira transportadora contínua para garantir altas taxas de processamento de carga. No entanto, a infraestrutura portuária e os equipamentos são vulneráveis a chuvas intensas, podendo sofrer danos como destelhamento e colapso de estruturas, o que pode afetar o trânsito de pessoas e máquinas, além do fato de que as chuvas intensas podem causar inundações e enchentes, resultando em interrupções no tráfego do canal de acesso e na cadeia logística, especialmente para o embarque e desembarque de carga, principalmente granel sólido, que é sensível à umidade.

2.1. Simulação

Conforme explica Pegden (1991), “a simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”. Baseado neste conceito, entende-se que a simulação pode auxiliar na avaliação de cenários diversos e influenciar na implementação de melhorias em sistemas, processos e operações.

Herbert Simon (1981) abordou questões significativas sobre o uso da simulação como uma fonte de novas ideias, questionando o que uma simulação deve revelar sobre algo desconhecido. Em resposta a isso, Simon apresenta duas proposições: uma delas enfatiza que a simulação não pode ser mais precisa do que as premissas embutidas nela, enquanto a outra destaca que os computadores apenas executam o que foram programados para fazer.

O ponto óbvio é que, ainda quando tenhamos as premissas corretas, pode ser muito difícil descobrir o que elas podem implicar. Todo raciocínio correto é um grande sistema de tautologias, e apenas Deus pode fazer uso direto deste fato. Ao resto de nós cabe meticulosamente e falivelmente desvendar as consequências de nossas premissas (Simon, 1981).

Dado o que foi mencionado, é relevante notar que a simulação por computador pode ser realizada mesmo para sistemas que ainda não estão em existência, o que possibilita a previsão de problemas que só seriam descobertos após a realização física desses sistemas.

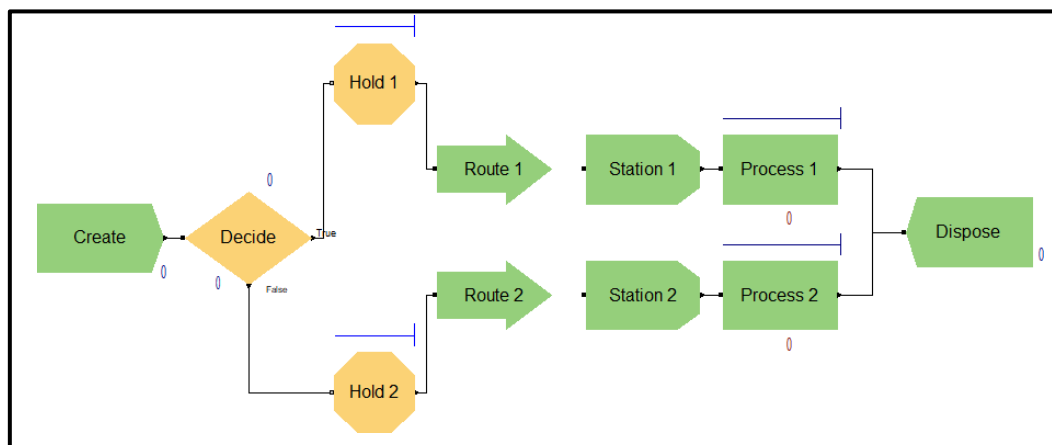
2.2. Software ARENA e módulos básicos

O ARENA, uma criação da *Rockwell Automation*, destaca-se como o principal *software* de simulação de eventos discretos do mundo, contando atualmente com uma base de mais de 350 mil usuários. Sua relevância é indiscutível, pois oferece uma gama de funcionalidades que permitem a simulação de uma variedade de cenários de negócios, proporcionando uma

compreensão detalhada das operações diárias (Paragon, 2024).

O ARENA apresenta *templates*, os quais consistem em módulos que compõem a estrutura selecionada, sendo conjuntos de elementos que facilitam a representação dos processos por meio de fluxogramas que simulam os cenários desejados. Os *templates* podem ser visualizados na Figura 3, logo abaixo.

Figura 3 - Estrutura da Simulação executada no ARENA



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

- Módulo *Create*: Responsável pela criação das entidades para a simulação;
- Módulo *Decide*: Utilizado quando há várias opções de continuação em um ponto do fluxo;
- Módulo *Process*: Destinado a manter as entidades durante a duração das atividades;
- Módulo *Hold*: Permite que as entidades sejam seguradas em uma fila baseado nas três opções seguintes: 1) *wait for signal* (esperar por um sinal), 2) *infinite hold* (segura a fila sem tempo determinado) e 3) *scan for condition* (depende de uma condição que precisa ser atendida)
- Módulo *Route*: Responsável por encaminhar a entidade para a estação/local designado;
- Módulo *Station*: Define uma estação (ou um conjunto de estações) correspondente a um local físico ou lógico onde o processo ocorre;
- Módulo *Dispose*: Utilizado para remover as entidades do sistema.

Prado (2014) destaca que a coleta de dados pertencentes ao modelo é realizada pelos módulos, porém esses dados não são inseridos na área de trabalho diretamente. Após a

construção do modelo, o *software* é executado e, a partir da simulação resultante, relatórios em diversos formatos são gerados.

3. MÉTODO

O estudo em questão adota uma abordagem de pesquisa quantitativa, fundamentada em uma revisão bibliográfica de artigos encontrados na Internet, incluindo fontes como a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), o Plano Mestre do Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina, além da Agência Estadual de Notícias (AEN). Os dados temporais coletados dessas fontes foram posteriormente utilizados nos módulos de simulação do software ARENA.

Para a análise dos tempos, o foco recai sobre o segundo semestre de 2022, uma vez que este período apresenta uma disponibilidade mais ampla de dados públicos relacionados aos navios operados no Corredor Leste de Exportação. Este recorte no tempo permite uma investigação mais detalhada e precisa das operações portuárias e dos padrões de movimentação de navios durante esse período específico.

Para análise de estudo, o Corredor Leste de Exportação foi escolhido por se tratar de ser referência com sua eficiência de operação de carregamento de granéis e fertilizantes. Os embarques do Corredor Leste de Exportação do Porto de Paranaguá são realizados pelos berços 212, 213 e 214.

No ARENA, um modelo simulado do cenário atual foi criado para refletir a realidade usando dados disponíveis. O cenário considerou interrupções nas operações de navios graneleiros devido a condições climáticas adversas. A simulação ocorreu ao longo de 183 dias no segundo semestre de 2022, com uma única replicação, atendendo 148 navios, de acordo com a APPA. Os tempos de chegada dos navios foram calculados com base na quantidade atendida, resultando em um navio a cada 19,4 horas de forma constante.

Além disso, foi considerado a definição da prioridade de atracação e um trajeto de 2,3 horas do fundeadouro até um dos berços. Os tempos do processo na operação com demanda para atracação de “Super-berço” são diferentes do tempo da operação com demanda regular, posto que o “Super-berço” tem prioridade por ter uma capacidade de carregamento maior. Na simulação, o berço 213 é representado por um processo (limitado a uma entidade por recurso) e os berços 212 e 214 (limitado a duas entidades por recurso) por outro processo.

4. ANÁLISE E RESULTADOS

Para estimar o ganho de produtividade da operação sem a intervenção da chuva, o modelo simulou as seguintes situações: cenário atual, em que os navios têm sua paralização confirmado em decorrência das chuvas; cenário esperado, em que o tempo das chuvas são subtraídos do tempo de atracação, conforme as Tabelas 1 e 3 abaixo, de acordo informações da APPA, Plano Mestre do Complexo Portuário de Paranaguá e Antonina e AEN.

Tabela 1 - Informações de operações no Corredor Leste de Exportação

Cenário atual (sem a cobertura)	Tempo (em horas)
Tempo média de chegada de navios	19,4
Tempo médio de paralização por conta das chuvas	5,69
Tempo médio inoperante por motivos diversos	4,03
Tempo médio de atracação em Super-berço	48
Tempo médio de atracação em Berço Regular	66
Tempo médio de atracação nos três berços	57

Fonte: Adaptada de Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (2022)

Para esse cenário, o processo foi executado no Arena conforme a Tabela 2, a seguir.

Tabela. 2. Operações no corredor leste de exportações

Módulo	Nome	Tempo (em hora)	Tipo	Observação
<i>Create</i>	Chegada de navios na barra	19.4	<i>Constant</i>	Representa os navios com demandas para “Super-Berço” e atracação regular.
<i>Hold</i>	Espera em fundeio Super-berço	-	<i>Scan for condition</i>	Valor da expressão: $NQ(Process\ Super\ Berço.Queue) < 1$
<i>Hold</i>	Espera em fundeio Regular	-	<i>Scan for condition</i>	Valor da expressão: $NQ(Process\ Berço\ Regular.Queue) < 2$
<i>Decision</i>	Decisão de Prioridade	-	<i>2-way by Conditional</i>	Valor da expressão: $STATE(Berço\ Regular) == -2$
<i>Route</i>	Percurso para o 213	2.3	-	Vai para <i>Station</i> Super-berço
<i>Route</i>	Percurso para o 212 e 214	2.3	-	Vai para <i>Station</i> Berço Regular
<i>Station</i>	Station Super-berço	-	-	-
<i>Station</i>	Station Berço Regular	-	-	-
<i>Process</i>	<i>Process</i> “Super-berço”	48	Normal (Std.Dev: 2.4)	Nome do recurso: “Super Berço”
<i>Process</i>	<i>Process</i> Berço Regular	66	Normal (Std.Dev: 3.3)	Nome do recurso: Berço Regular
<i>Dispose</i>	Saída do porto	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

Simulação da operação de navios graneleiros com uma cobertura em condições climáticas adversas no corredor leste de exportação do Porto de Paranaguá

Para o tempo médio de atracação simulando com a cobertura, baseado na média de 32,5 horas de operação em “Super-berço”, somou-se o tempo de inatividade por motivos diversos, bem como para a operação regular, com média de operação de 48 horas. As demais informações permanecem inalteradas. Dados demonstrado na Tabela 3, logo abaixo:

Tabela 3 - Informações de operações no Corredor Leste de Exportação

Cenário esperado (com a cobertura)	Tempo (em horas)
Tempo média de chegada de navios	19,4
Tempo médio de paralização por conta das chuvas	-
Tempo médio inoperante por motivos diversos	4,03
Tempo médio de atracação em “Super-berço”	36,53
Tempo médio de atracação em Berço Regular	52,03
Tempo médio de atracação nos três berços	44,30

Fonte: Adaptada de Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (2022)

Para esse cenário, o processo foi executado conforme a Tabela 4, a seguir:

Tabela 4 - Informações de operações no Corredor Leste de Exportação

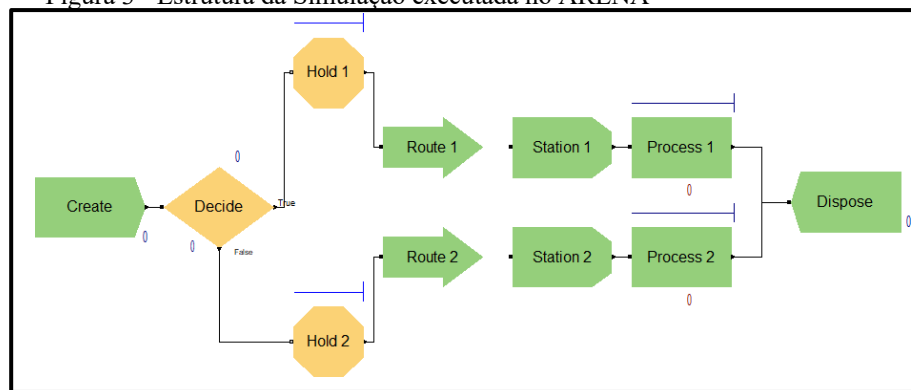
Módulo	Nome	Tempo (em hora)	Tipo	Observação
Create	Chegada de navios na barra	19.4	Constant	Representa os navios com demandas para “Super-Berço” e atracação regular.
Hold	Espera em fundeio Super-berço	-	Scan for condition	Valor da expressão: $NQ(Process\ Super\ Berço.Queue) < 1$
Hold	Espera em fundeio Regular	-	Scan for condition	Valor da expressão: $NQ(Process\ Berço\ Regular.Queue) < 2$
Decision	Decisão de Prioridade	-	2-way by Conditional	Valor da expressão: $STATE(Berço\ Regular) == -2$
Route	Percurso para o 213	2.3	-	Vai para Station “Super-berço”
Route	Percurso para o 212 e 214	2.3	-	Vai para Station Berço Regular
Station	Station “Super-berço”	-	-	-
Station	Station Berço Regular	-	-	-
Process	Process Super-berço	36.53	Normal (Std.Dev: 1.8)	Nome do recurso: “Super Berço”
Process	Process Berço Regular	52.03	Normal (Std.Dev: 2.6)	Nome do recurso: Berço Regular
Dispose	Saída do porto	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os cenários simulados foram apresentados no Arena considerando o seguinte fluxo de informações, e pode ser visualizado na Figura 3, a seguir:

1. O navio chega no Porto de Paranaguá;
2. O navio passa por um processo de determinação de prioridade para atracação;
3. O navio aguarda a ordem de atracação no fundeadouro;
4. O navio vai até o Corredor Leste de Exportação;
5. O navio fica atracado em um dos berços do Corredor Leste de Exportação;
6. O navio cessa a operação, garantindo que o próximo navio vá atracar.

Figura 3 - Estrutura da Simulação executada no ARENA



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

4.1. Discussão

Para o cenário atual, de acordo com dados presentes na Tabela 2, a simulação foi iniciada com o bloco *Create* "Chegada de navios na barra" referente aos navios com demanda para atracação no Corredor Leste de Exportação, com tempos expressos em horas. Conectado ao bloco *Create*, foi implementado um módulo *Decide* para determinar a prioridade de atracação em que, após a "Decisão de Prioridade", o navio é direcionado para um bloco *Hold* respectivo ao tipo de atracação ("Super Berço" ou Regular), garantindo que as entidades permaneçam ali até que uma condição seja satisfeita e, então, sejam liberadas.

A definição do módulo *Decide* baseia-se na seguinte condição: se verdadeira, a entidade segue para os módulos de processo "*Process Super Berço*", com o recurso denominado "Super Berço" (representando o berço 213); se falsa, segue para o módulo "*Process Berço Regular*" e o recurso "Berço Regular" (representando os berços 212 e 214). Desse modo, a fila se dispersa entre os navios que já têm atracação confirmada para o Super-Berço e aqueles que aguardam

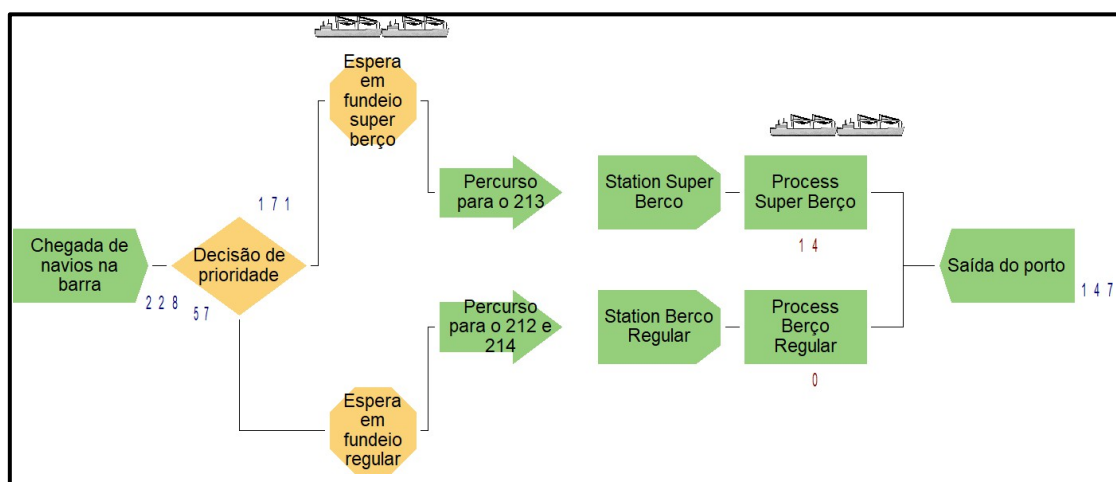
Simulação da operação de navios graneleiros com uma cobertura em condições climáticas adversas no corredor leste de exportação do Porto de Paranaguá

no fundeadouro. Aos módulos de Processo foram atribuídos os tempos em uma frequência normal e desvio padrão de 5% do período da atracação, conforme dados disponíveis na Portos do Paraná e no Plano Mestre.

Após o período de espera no módulo *Hold*, as entidades são conectadas a um Módulo *Route* com um tempo de 2,3 horas até o respectivo módulo *Station* conforme sua demanda, que representa o tempo entre as atracações. Ao término da operação, quando as entidades são liberadas, a condição do *Hold* é ativada para permitir a continuidade do processo, seguindo para o módulo de saída, *Dispose* “Saída do porto”. Abaixo do *Dispose*, há o número de navios que finalizaram o processo, sendo esse resultado o objetivo da simulação para análise do cenário.

Ao executar a simulação através do *software*, somos apresentados com os resultados detalhados do processo (Figura 4). Durante a análise, é possível constatar que, dentro do período simulado compreendido entre julho de 2022 e dezembro de 2022, a quantidade de navios que finalizaram suas operações está em total conformidade com os dados previamente fornecidos pela Portos do Paraná. Essa consistência nos dados permitiu que avançássemos na simulação do cenário proposto, integrando a tecnologia de cobertura a ser implementada com uma avaliação dos resultados potenciais caso os navios graneleiros continuassem suas operações mesmo sob condições climáticas adversas.

Figura 4 – Simulação do cenário atual



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

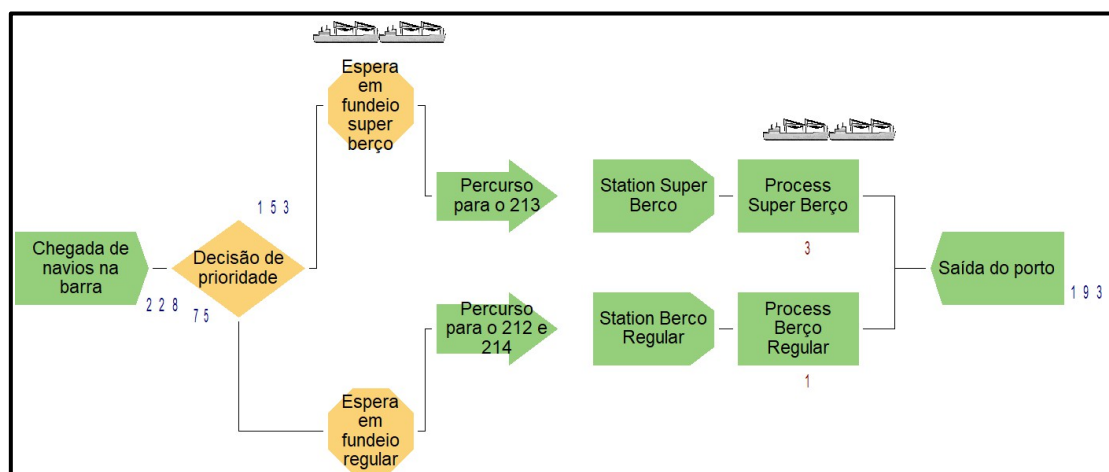
Para o próximo cenário, foram adotados os tempos conforme especificados na Tabela 4. As configurações dos módulos, sistemas e a representação do fluxograma permaneceram inalteradas, sendo que somente os tempos dos processos foram modificados. Sob estas condições, considera-se que o navio continuaria suas operações mesmo diante de condições climáticas adversas.

Gabriel Carlos Firmino; João Lucas Silva de Moraes; Ricardo Reiff Guedes Pinto

Portanto, para garantir a continuidade das operações de forma ininterrupta, considerando fatores como tempo de viagem, ociosidade, manutenção, entre outros (conforme apresentado no módulo *Decision*, onde o valor da expressão é State (Berço Regular) = -2), optou-se por utilizar os dados mencionados.

Após a simulação, ficou evidente que a implementação da tecnologia de cobertura aumentaria significativamente a capacidade operacional do Corredor Leste de Exportação. Comparado ao mesmo período de 2022, isso permitiria o carregamento adicional de aproximadamente 46 navios, totalizando agora 193 navios (Figura 5), um aumento de 31,29% na capacidade de carregamento do corredor marítimo. Esses dados baseiam-se em informações públicas da APPA sobre perda de produtividade devido às chuvas.

Figura 5 - Simulação do cenário esperado (com cobertura)



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A expansão na capacidade de carregamento resultaria em um aumento substancial no volume de carga movimentada pelo Corredor Leste de Exportação com um acréscimo de pelo menos 3.000.000 de toneladas de granéis carregados durante o período analisado, considerando a média, segundo a APPA, de 60.000 toneladas por navio. Isso não só melhoraria a eficiência operacional do porto, mas também teria implicações econômicas significativas, como o aumento das exportações, impulsionando a atividade econômica local e potencialmente gerando mais empregos.

Além disso, os navios operados com a cobertura possuem uma média de tempo de atracação de 44,30 horas, enquanto os navios operados no cenário atual, sem cobertura, tem uma média de atracação de 57 horas. Isso representa uma redução de 22,13% no tempo de operação nos berços do COREX caso a cobertura fosse implementada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na operação portuária, é vital que os terminais demonstrem alta produtividade e eficiência. Esta pesquisa destaca a importância da simulação para o planejamento estratégico e a introdução de tecnologias complexas nos portos. A simulação é crucial para avaliar cenários, otimizar processos e enfrentar desafios operacionais, contribuindo para melhorar a gestão portuária e sua competitividade.

A partir dos resultados obtidos por meio da simulação, foi possível constatar um incremento no fluxo de navios aptos a utilizar o Corredor de Exportação Leste em Paranaguá. Ao analisar os três berços do COREX e os dados de domínio público disponíveis online, verificou-se um acréscimo de 31,29% no número de navios atendidos durante o período investigado, acompanhado por um aumento considerável no volume de graneis movimentados, estimado em pelo menos 3.000.000 de toneladas a mais do que o registrado na prática. Vale ressaltar, ainda, que o tempo necessário para as operações também seria reduzido em 22,13%, o que demonstra alta eficiência operacional.

Este trabalho evidencia que a adoção de uma estrutura de cobertura viabilizaria o atendimento de uma maior quantidade de navios em um período de tempo mais curto. Contudo, a análise dos custos não foi possível devido à falta de dados adequados para inclusão na simulação. Recomenda-se, para futuros estudos, a avaliação da viabilidade econômica dessa implementação, considerando o tempo necessário para sua implementação e sua integração com outras inovações propostas no Mapa Estratégico do Porto de Paranaguá.

REFERÊNCIAS

ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA. **Corredor Leste de Exportação do Porto de Paranaguá registra alta de 56% na produtividade.** Paranaguá, PR: Portos doParaná, 2021. Disponível em: https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Noticia/Corredor-Leste-de-Exportacao-do-Porto-de-Paranagua-registra-alta-de-56-na-produtividade?fbclid=IwZXh0bgNhZW0CMTAAAR1q6PXHhtk3MxmZ4Y9ApElnRA4d3qFW1VPEwDE9UgJJjCVRkf9e1JOcE1k_aem_Af352RV9dRWCgDEWRvkM8xffCSJsBGJkQ3jpxjP2KveDGxDkb4TH0hmOO7JrPqmGNrhhexESrt407xnOYxjDJF_E. Acesso em: 08/04/2024.

Gabriel Carlos Firmino; João Lucas Silva de Moraes; Ricardo Reiff Guedes Pinto

- ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA. **Navio carrega 103mil toneladas de farelo no Porto de Paranaguá.** Paranaguá, PR: Portos do Paraná, 2023. Disponível em: <https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Noticia/Navio-carrega-103-mil-toneladas-de-farelo-no-Porto-de-Paranagua#:~:text=Em%20m%C3%A9dia%2C%20os%20navios%20graneleiros,soja%2C%20milho%20ou%20farelo>). Acesso em: 7/04/2024.
- ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA. **Plano Mestre dos Portos de Paranaguá e Antonina.** Paranaguá, PR: Portos do Paraná, 2018. Disponível em: https://www.portosdoparana.pr.gov.br/sites/portos/arquivos_restritos/files/documento/2019-06/plano_mestre_dos_portos_de_paranagua_e_antonina.pdf. Acesso em: 25/03/2024.
- ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA. **Porto registra aumento na paralisação de operação por chuva.** Paranaguá, PR: Portos do Paraná, 2021. Disponível em: <https://www.portosdoparana.pr.gov.br/Noticia/Porto-registra-aumento-na-paralisacao-de-operacao-por-chuva>. Acesso em: 12/04/2024.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS. **Corredor Leste de Paranaguá registra maior movimentação do primeiro semestre em 50 anos.** Curitiba, PR: Governo do Estado do Paraná, 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Corredor-Leste-de-Paranagua-registra-maior-movimentacao-do-primeiro-semester-em-50-anos>. Acesso em: 12/04/2024.
- CANAL RURAL. **Porto de Paranaguá lidera exportações de soja no Brasil.** São Paulo, SP: Canal Rural, 2024. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/agricultura/soja/porto-de-paranagua-lidera-exportacoes-de-soja-no-brasil/>. Acesso em: 13/04/2024.
- EAGLE.ORG. **Common Structural Rules for Bulk Carriers.** Disponível em: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/referencereport/CSR_BulkCarriers.pdf. Acesso em: 31/03/2024.
- GARCÍA A. M. L.; ZANÓN M. T. G.; ROIBÁS A., D. *The effect of weather conditions on port technical efficiency.* Marine Policy, v. 113, p. 103816, 26 jun. 2020. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.103816.
- KUTIANSKI, G. G. **Cobertura de proteção de carga contra intempéries.** Mandatário: MEROLA, Flávia. WO2020010414A1. Depósito: 09/07/2018. Publicação: 16/08/2020. Disponível em: [https://patents.google.com/patent/WO2020010414A1/pt?q=\(shiploader+granel\)&scholar&oq=shiploader+granel](https://patents.google.com/patent/WO2020010414A1/pt?q=(shiploader+granel)&scholar&oq=shiploader+granel). Acesso em: 12/04/2024.
- MAPA ESTRATÉGICO DO PORTO DE PARANAGUÁ – 2022 - 2027. **Portos do Paraná, 2022.** Disponível em: <https://www.portosdoparana.pr.gov.br/>. Acesso em: 3 /04/2024.
- MARCHIORATO, J. T. **Cobertura de proteção ambiental e de chuva, para carregamentos de produtos em pó, grãos ou a granel em navios.** Titular: Brazil Innovation Commerce Ltda Brasil. BRMU9102972U2. Depósito: 22 dez. 2011. Publicação: 15/10/2013. Disponível em:



Simulação da operação de navios graneleiros com uma cobertura em condições climáticas adversas no corredor leste de exportação do Porto de Paranaguá

<https://patentimages.storage.googleapis.com/e4/74/b8/a026201e48e06d/BRMU9102972U2.pdf>. Acesso em: 12/04/2024.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Secretaria de Transportes Portuários. **Custos Operacionais de Terminais Portuários**. Brasília, DF: Ministério da Infraestrutura, 2022. 36 p. Disponível em: <https://ontl.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/2-custos-operacionais-terminais-portuarios.pdf>. Acesso em: 17/03/2024.

PARAGON. **Arena: o software aliado nas melhores decisões de negócios**. Disponível em: <https://paragon.com.br/arena/>. Acesso em: 11/03/2024.

PEGDEN *et al.* **Introduction to simulation using SIMAN**. São Paulo: Ed. McGraw Hill, 1990.

PORTOS DO PARANÁ. **Consultar Pastas no Documentador - Estatísticas**. Atracções Core 2022. Disponível em: <https://www.portosdoparana.pr.gov.br/webservices/documentador/estatisticas>. Acesso em: 08/04/2024.

PRADO, D. S. **Usando o ARENA em simulação**. 5. ed. Belo Horizonte: Falconi, 2014.

SIMON, H. **The Sciences of the Artificial**. 2º ed. The MIT Press, Cambridge, 1981.