

O uso da modelagem computacional para o estudo das filas em um terminal portuário

The use of computer modeling to study queues at a port terminal

Uso del modelado informático en el estudio de colas en una terminal portuaria

Recebido: 27/09/2022 | Revisado: 06/10/2022 | Aceitado: 08/10/2022 | Publicado: 14/10/2022

Henrique Paranhos Cordeiro Gusmão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5433-3204>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: henrique.paranhos@ufvjm.edu.br

Alexandre Faissal Brito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6311-772X>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: alexandre.faissal@ufvjm.edu.br

Wilbert Viana Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1897-4500>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: wilbert.viana@ufvjm.edu.br

Jaqueline Maria da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5204-5329>
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
E-mail: alexandre.faissal@ufvjm.edu.br

Resumo

Vários tipos de serviços e empresas dependem dos meios de transporte para enviar e receber, com segurança e qualidade, seus produtos e matérias primas. Dentre essas funcionalidades citadas, o transporte de cargas se destaca, principalmente na região de Santos, por estar atrelado ao Terminal Portuário da região. Tendo em vista o expressivo uso do transporte rodoviário, as empresas estão sempre buscando meios de diminuir tempo e custo nos processos de transporte do país, de modo a melhorar a logística que envolve a entrega do produto final. No ano de 2020, o Porto de Santos registrou lucro líquido de aproximadamente 120 milhões de reais, tráfego de 1,1 milhão de passageiros e 120 milhões de toneladas movimentadas. Levando em consideração tamanha magnitude do Complexo Portuário de Santos, diversos processos ocorrem de forma simultânea dentro dos 53 terminais portuários. Este trabalho propõe um estudo usando Teoria das Filas e Modelagem Computacional, de forma a evidenciar as eficazes ferramentas e teorias que relacionam e otimizam processos já existentes.

Palavras-chave: *Software*; Arena; Terminal portuário; Simulação; Santos.

Abstract

Several types of services and companies depend on the means of transport to send and receive, with safety and quality, their products and raw materials. Among these mentioned features, cargo transport stands out, mainly in the region of Santos, as it is linked to the Port Terminal of the region. Given the significant use of road transport, companies are always looking for ways to reduce time and cost in the country's transport processes, in order to improve the logistics that involve the delivery of the final product. In 2020, the Port of Santos recorded a net profit of approximately 120 million reais, traffic of 1.1 million passengers and 120 million tons handled. Taking into account the magnitude of the Port Complex of Santos, several processes occur simultaneously within the 53 port terminals. This work proposes a study using Queuing Theory and Computational Modeling, in order to highlight the effective tools and theories that relate and optimize existing processes.

Keywords: *Software*; Arena; Port terminal; Simulation; Santos.

Resumen

Varios tipos de servicios y empresas dependen del medio de transporte para enviar y recibir, con seguridad y calidad, sus productos y materias primas. Entre esas características mencionadas, se destaca el transporte de carga, principalmente en la región de Santos, ya que está vinculado al Terminal Portuario de la región. Dado el uso significativo del transporte por carretera, las empresas siempre están buscando formas de reducir tiempos y costos en los procesos de transporte del país, con el fin de mejorar la logística que involucra la entrega del producto final. En 2020, el Puerto de Santos registró una ganancia neta de aproximadamente 120 millones de reales, un tráfico de 1,1 millón de pasajeros y 120 millones de toneladas manejadas. Teniendo en cuenta tal magnitud del Complejo Portuario

de Santos, varios procesos ocurren simultáneamente dentro de las 53 terminales portuarias. El estudio sobre esto se hará a través de la Teoría de Colas y el Modelado Computacional, con el fin de resaltar las herramientas y teorías efectivas que relacionan y optimizan los procesos existentes.

Palabras clave: *Software*; Arena; Terminal portuaria; Simulación; Santos.

1. Introdução

Na atualidade, o transporte de cargas se faz importantíssimo para a sociedade como um todo. Vários tipos de serviço e empresas dependem dos meios de transporte para enviar e receber, com segurança e qualidade, produtos e matérias primas. Dentre essas funcionalidades o transporte de cargas se destaca, principalmente na região de Santos, por estar atrelado ao Terminal Portuário da região. Portanto, utilizar-se de recursos que auxiliem o crescimento e a organização dos transportes de carga é de suma importância.

No Brasil há um grande investimento em estradas e rodovias. Por conta disso, um dos meios mais utilizados para transporte de cargas é o rodoviário. Em 2019, por exemplo, o Brasil movimentou cerca de 61% de suas cargas através das rodovias (Alvarenga, 2022). Grande parte desses veículos, mais precisamente caminhões, passam pelo Complexo Portuário de Santos. Afinal, por ele passam 49% da produção nacional e 26,5% do comércio internacional, segundo a própria Santos Port Authority - SPA, (SPA, 2022).

Santos é uma cidade portuária na região metropolitana da Baixada Santista, no litoral do estado brasileiro de São Paulo. Possui a maior participação econômica nas regiões supracitadas, possui o maior porto da América Latina, é o principal responsável pela vitalidade econômica da cidade, ocupa a quinta posição entre as mais importantes não capitais da economia brasileira, e qualidade de vida, ao lado do turismo, pesca e comércio (SPA, 2022).

O Porto de Santos é, atualmente, o maior complexo portuário da América Latina e é responsável por cerca de um terço das trocas comerciais brasileiras. Além disso, o Porto de Santos carrega consigo cerca de 67% do PIB do Brasil e, como citado anteriormente, 49% da produção nacional e 26,5% do comércio internacional (SPA, 2022). No aspecto estrutural, o complexo portuário possui 7,8 milhões de metros quadrados, extensão de 60 km de dutos e cerca de 1500 trabalhadores. No ano de 2020 o Porto de Santos registrou lucro líquido de aproximadamente R \$120 milhões, tráfego de 1,1 milhão de passageiros e 120 milhões de toneladas movimentadas (SPA, 2022).

Tendo em vista o expressivo uso do transporte rodoviário, as empresas estão sempre buscando meios de diminuir tempo e custo nos processos de transporte do país, de modo a melhorar a logística que envolve a entrega do produto final. Além disso, com essa predominância, atrasos e dificuldades no transporte rodoviário, gerados por possíveis filas nos processos, podem gerar dificuldades em outros meios de transporte, como por exemplo, o marítimo.

A dificuldade em atender a alta demanda de caminhões, geralmente causada pela falta ou má distribuição de recursos dentro dos processos desses Terminais Portuários, pode gerar filas. Essas filas são recorrentes em nosso dia a dia, pois é possível encontrá-las em diversas situações cotidianas, como ir a um petshop, a uma lanchonete e até mesmo um lava rápido como aponta (Figueirêdo, et. al, 2021), entre outros diversos lugares e situações. E claro, os terminais portuários não estão livres delas. Sobretudo, levando em consideração o fluxo diário de um Complexo Portuário como o de Santos. Desta forma, as filas podem se tornar adversidades para diversos terminais portuários que não suportam a demanda nacional e internacional.

Levando em consideração tamanha magnitude do Complexo Portuário de Santos, diversos processos ocorrem de forma simultânea dentro dos 53 terminais portuários. Analisando esses terminais, podem ser encontradas, em muitos casos, filas em diversas partes dos processos. Afinal, muitas vezes, a procura por determinados serviços é maior do que a capacidade de atendimento.

Esses pontos onde ocorrem dificuldades nos processos de saída são chamados de gargalos e é através da Teoria das Filas e o uso do software ARENA que há a possibilidade de simular, analisar e estudar esses sistemas.

O software ARENA é um ambiente gráfico desenvolvido pela Rockwell Automation e, desde seu lançamento, é o software de simulação mais utilizado no mundo (Paragon, 2022). São disponibilizados diversos recursos e ferramentas que nos auxiliaram a entender melhor cada caso e onde pode-se ou não encontrar gargalos no sistema. Portanto, simular os processos de um Terminal Portuário é algo imprescindível para as empresas envolvidas, como destaca Prado (2014), “a simulação é uma extraordinária ferramenta para se obter a medição da confiança do sistema.”.

Por conseguinte, levando em consideração os fatos elucidados, se faz pertinente entender os processos de um Terminal Portuário, a fim de identificar os seus possíveis gargalos e, caso existam, propor metodologias que envolvam a Teoria das Filas e Simulações para obtenção de um sistema com melhor capacidade de atuação.

A Teoria das Filas teve sua origem nos trabalhos do matemático russo Andrey Markov e do engenheiro Agner Erlang, no início do século XX. Erlang desejava calcular quantas telefonistas eram necessárias para realizar o atendimento na companhia telefônica de Copenhague (Siemens, 1975). As filas ocorrem quando há uma procura maior por um determinado serviço ou sistema do que a própria capacidade de atendimento e operação do mesmo, ou em outras palavras, ocorrem quando há um gargalo. Esse gargalo pode ocorrer em diversos momentos e circunstâncias, podendo afetar ou não a situação final desse serviço.

Um sistema de filas pode ser definido como clientes chegando (se caracteriza por um processo estocástico, ou seja, as chegadas ocorrem em função das distribuições de probabilidade), esperando pelo serviço e saindo do sistema após terem sido atendidos. O termo “cliente” pode se tratar não somente de seres humanos, mas sim diversos outros campos, como filas geradas por caminhões, carros, computadores e automóveis. Nestes casos, o fenômeno de urbanização, acompanhado pelo aumento populacional, impulsiona a formação de filas em alguns setores de prestação de serviços, o que na maior parte das situações reflete em transtornos e prejuízo econômico (Figueirêdo et al., 2021).

Segundo Sampaio (2019, p. 20), “A distribuição de Poisson é uma das mais usadas para variáveis aleatórias discretas, que expressam a probabilidade de uma série de eventos ocorrerem num certo período, considerando a ocorrência de um evento independente de quando ocorreu o último.”

A Teoria das Restrições, também denominada de TOC (Theory of Constraints) foi inicialmente introduzida pelo físico israelense Dr. Eliyahu Goldratt em sua obra, “A Meta”, de 1984. Ela se trata de um desenvolvimento recente quanto a tomada de decisões onde ocorrem restrições.

Uma restrição pode ser considerada qualquer coisa que impede e ou limita os movimentos, operações e sistemas de chegar ao seu objetivo final. E claro, para se analisar é necessário definir apropriadamente os objetivos almejados (Ilos, 2020). Por exemplo, em uma padaria, o objetivo de um cliente é, basicamente, comprar o seu pão. Porém, dentro dessa pequena atividade, muitos outros processos ocorrem, desde escolher o seu produto, passar por uma fila, fazer o pagamento. Esse caso é um exemplo de estabelecimento com cadeias produtivas que podem ser beneficiadas com a simulação computacional (Lacerda, 2020).

Segundo Goldratt (2014), grande parte das dificuldades que um negócio enfrenta no seu cotidiano está associada a um fator conhecido como “restrição”. Esse fator é resumido em tudo que está ou pode vir a dificultar os processos já existentes dentro desse sistema. O autor também cita a existência de “gargalos”, que seriam recursos em determinada parte dos processos que estão operando com capacidade menor ou igual à demanda do negócio.

A partir do surgimento de novas tecnologias e da melhoria dos hardwares e softwares existentes no mercado, principalmente após a década de 90, quando o uso de simuladores passou a ser mais acessível, além do aumento de capacidade de operação dos computadores, as simulações começaram a ser mais utilizadas (Baladez, 2009). Neste aspecto, a teoria das filas e/ou teoria das restrições podem nos auxiliar a analisar a situação pelo ângulo da simulação, em que não mais se usam fórmulas matemáticas, mas apenas tenta-se imitar o funcionamento do sistema real (Júnior, 2010).

Segundo a Paragon (2005), desenvolvedora do Software ARENA, uma simulação computacional de sistemas, ou apenas simulação, consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em computadores. Tais técnicas permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo do mundo real.

Diversas definições de simulação são encontradas em diversos estudos e trabalhos. Segundo Schriber (1974), a “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real em uma sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”. Para Banks (2009), “A simulação é a imitação da operação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo.”. Para Kelton, Sadowski & Sadowski (2002) dizem que “simulação é o processo de projetar e criar um modelo em um computador de um sistema real ou proposto para conduzir experimentos numéricos para nos dar uma melhor compreensão do comportamento de um dado sistema dada uma série de condições.”

Em uma simulação é extremamente importante observar que a tomada de decisões em um sistema real pode ter consequências negativas, acarretando eventualmente em prejuízos para a empresa ou serviço. Segundo Banks (2009), “...a simulação pode ser usada para diversos fins.”, dentre os quais destaca-se que a simulação permite o estudo e a experimentação das interações internas de um sistema complexo.

O *Software* ARENA apresenta um ambiente gráfico integrado de simulação, que possui vários recursos para a modelagem, análises estatísticas e dos resultados. Os mecanismos de modelagem interagem entre si de forma que representam com propriedade a situação real. Os elementos básicos da modelagem no ARENA são as entidades que representam as pessoas, objetos e transações que se movem ao longo do sistema; das estações de trabalho que apontam onde será realizado algum serviço ou transformação, e por fim, o fluxo que representa os caminhos que a entidade percorrerá ao longo das estações (Prado, 1999).

2. Metodologia da Modelagem Computacional

Nesta etapa do trabalho, utilizou-se o Estudo de Caso (Metodologia Investigativa), que analisa fenômenos individuais para obter dados que auxiliam na construção e desenvolvimento do mesmo. Foram analisados dados de um terminal portuário situado em Santos - SP para produzir um modelo computacional que simula a dinâmica dos processos do terminal portuário. Esse tipo de metodologia é principalmente empregado nas Ciências Humanas, Sociais e da Saúde, mas também pode ser empregado em áreas da Ciência Exata, como a Engenharia de Produção, como cita (Pereira, 2018).

No terminal, o tempo médio de cada etapa do processo é de 10 minutos, podendo ter uma margem de 1 minuto a mais ou a menos e, por este motivo, utilizou-se uma função triangular na etapa de criação dos processos dentro do *Software* Arena. Neste Terminal Portuário, ocorrem 6 processos padrões antes que a carga seja direcionada ao navio:

O Ecopátio Logística Cubatão é uma plataforma intermodal do grupo Ecorodovias, considerado o principal pátio regulador de caminhões do Porto de Santos (Ecopátio, 2022). A Figura 1 é uma representação do espaço ocupado pelo Ecopátio.

Figura 1: Caminhões estacionados no Ecopátio.



Fonte: Indústria Hoje (2015).

Sua função é realizar averiguações nos caminhões e cargas que pretendem acessar os Terminais Portuários de Santos. Se algo de errado for encontrado na carga ou caminhão que a transporta, eles são encaminhados para a transportadora, onde as adequações devem ser feitas antes que retorne novamente ao Ecopátio.

2.1.1 Classificação da Carga

Esse processo é importante para o bom funcionamento do Terminal Portuário, por determinar exatamente o que é cada carga e para onde ela deve ser direcionada. Como o Terminal em questão trabalha com a exportação de grãos, é muito importante ter conhecimento da carga a ser transportada, visto que podem ocorrer variações nas normas e diretrizes a serem seguidas durante esse processo.

2.1.2 Pesagem da Carga

A partir do momento que essa carga é classificada ela é direcionada para o processo de pesagem. Nessa etapa, também é muito importante a exatidão dos resultados aferidos, visto que, geralmente, há limitação de peso em exportações. Dessa forma, com o auxílio de balanças, os operadores realizam a pesagem de cada tipo de carga classificada no processo anterior.

2.1.3 Descarga

Nessa etapa as cargas que antes estavam nos caminhões das transportadoras passam a compor os caminhões, empilhadeiras e maquinário de transporte do próprio Terminal Portuário. Com isso, eles passam a ter total controle de manuseio dela. É realizada de forma simples, pelos próprios operadores, carga por carga, com auxílio de maquinário específico.

2.1.4 Silo

Assim que as cargas deixam de estar atreladas aos caminhões das transportadoras e passam para o transporte do próprio terminal são levadas para os Silos. Os silos são, basicamente, reservatórios criados com o intuito de armazenar grãos, ver Figura 2. Podem ser construídos acima ou abaixo do solo, no caso do terminal estudado são silos acima do solo. Eles ajudam a garantir a qualidade e boa armazenagem dos produtos que passam pelo terminal diariamente.

Figura 2: Silos presentes no Porto de Santos.



Fonte: TGRAOS (2022).

Este tipo de construção auxilia o terminal portuário a armazenar e conservar os grãos que posteriormente serão exportados. Diversos modelos são encontrados no mercado e podem ser de diversos tipos e modelos. No caso de terminal portuário estudado são utilizados silos do tipo Aéreo, representados na Figura 2. Estes possuem boa compactação, facilidade de descarga, perdas mínimas e grande capacidade. Pontos essenciais para se trabalhar com exportação.

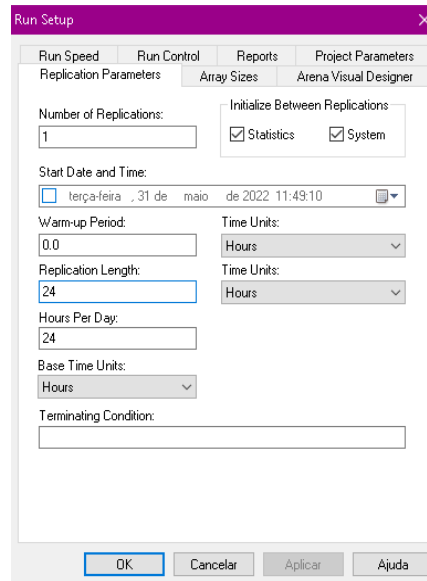
2.1.5 Carregamento

Nesse processo, as cargas que agora estão armazenadas nos silos do terminal portuário são transportadas para os locais de exportação. Dessa forma, a carga fica armazenada em containers e aguarda a chegada dos navios ao porto. A partir do momento que o navio atraca no berçário é realizado o carregamento das cargas para o navio, com o auxílio de Porteineres (guindastes próprios para atuação portuária). Então, após o carregamento completo, o navio pode realizar a exportação da carga.

2.2 Simulação

O Terminal analisado trabalha com a exportação de grãos com um fluxo médio de 60 caminhões a cada 6 horas, totalizando cerca de 240 caminhões por dia. Além disso, o Terminal Portuário em questão funciona 24 horas. Para alterar essa particularidade, deve-se acessar o menu **Run/Setup/Replication Parameters/Replication Length** e **Number of Replication**. O ambiente em que ocorre esta alteração no Arena está representado na Figura 3 a seguir:

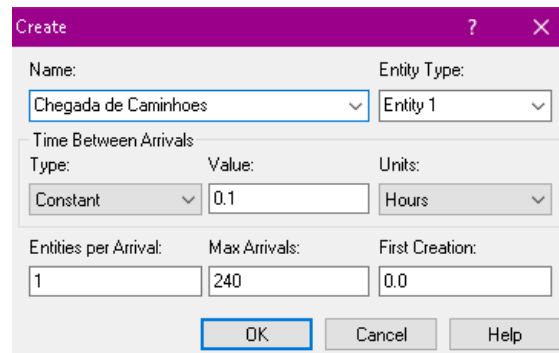
Figura 3: Alteração do Número e Tempo de Replicação.



Fonte: Compilação do Autor (2022).

A partir da Figura 4 a seguir temos a etapa de criação dos processos individualmente, a primeira representa a criação da chegada de caminhões no terminal.

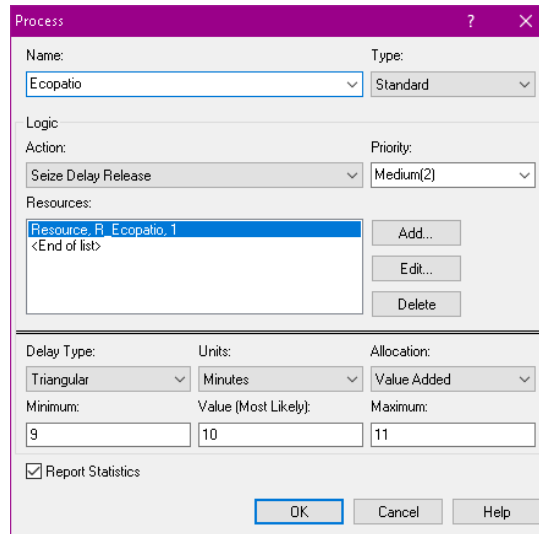
Figura 4: Chegada de Caminhões Terminal em Santos.



Fonte: Compilação do Autor (2022).

O primeiro processo é o do Ecopátio, onde os caminhões que acabaram de chegar são submetidos a vistorias para regulamentação. Essa etapa é realizada por 4 vistoriadores. A Figura 5 a seguir mostra a criação deste processo:

Figura 5: Criação dos Processos do Terminal.

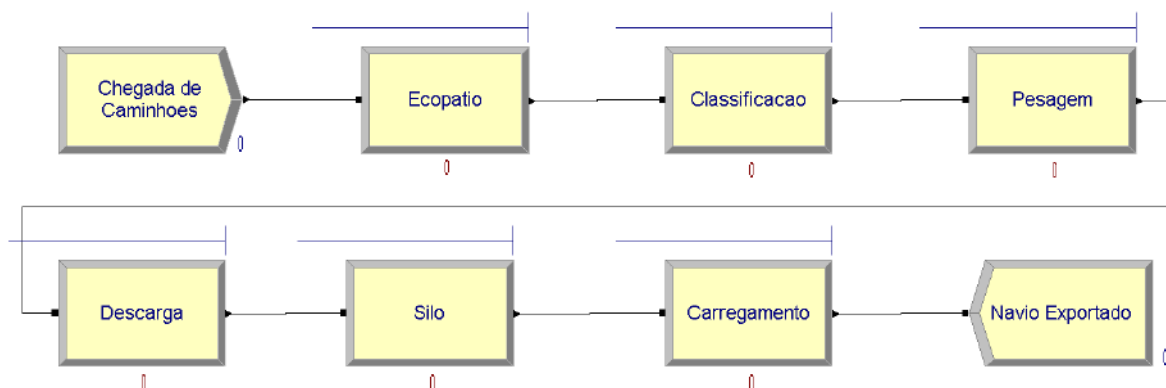


Fonte: Compilação do Autor (2022).

Todos os blocos de processo passaram pelo mesmo padrão de criação do padrão apresentado na Figura 5. No nome de cada processo utilizou-se uma palavra que descreve o tipo do processo a ser estudado (Ecopátio, Classificação, Pesagem, Descargam, Silo e Carregamento). No *Type*, emprega-se a opção *Standard*, que significa que aquele processo vai ter características padrões. Em *Action*, utilizou-se a opção *Seize Delay Release*, com ela o *software* ARENA entende que a entidade entrará naquele processo, gastará um determinado tempo de operação e então será liberada para o próximo processo. Em *Resources*, são criados os recursos daquele processo, por exemplo, no Processo de Carregamento criou-se o “R_Carregamento” que representa o recurso que efetua o carregamento da carga. Em *Delay Type* utilizou-se o tipo triangular, essa função permite adicionar ao processo um tempo mínimo, médio e máximo, que neste caso foi de 9 minutos para o tempo mínimo, 10 para o tempo médio e 11 para o tempo máximo.

Na Figura 6 a seguir está uma representação final do modelo final utilizado para realização das simulações:

Figura 6: Modelo no ARENA.



Fonte: Compilação do Autor (2022).

Com isso, obteve-se o modelo computacional, ilustrado acima, que representa os processos que ocorrem dentro deste terminal portuário, desde a chegada dos caminhões até a exportação das cargas realizada pelo navio responsável. A partir deste momento é possível dar início às simulações dentro do *Software Arena*.

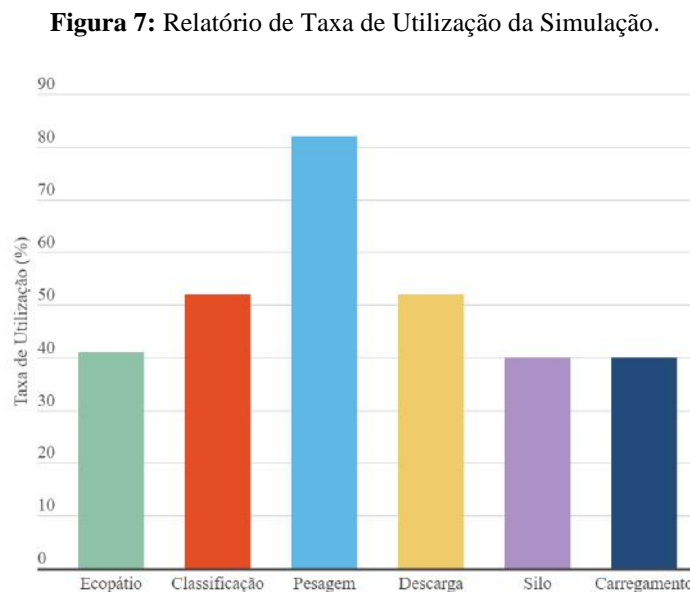
3. Resultados e Discussão

Após realizar as primeiras simulações detectou-se que o mesmo disponibilizou relatórios com os resultados obtidos no processo. Os gráficos e tabelas gerados pelo ARENA são úteis para analisar os processos individualmente e na totalidade. Sendo assim, os resultados proporcionam uma visão ampla da simulação realizada e dos processos que compõem as etapas do problema.

Como descrito no segundo capítulo deste artigo, o Terminal Portuário em questão funciona 24 horas por dia. Este valor se refere ao tempo a ser simulado e não ao tempo de simulação, que geralmente é bem baixo, dada a efetividade do *software Arena*.

Os relatórios gerados no *software ARENA* são de extrema importância, pois apresentam de forma clara e objetiva como funciona a dinâmica entre os processos dentro deste Terminal Portuário, apontando seus pontos fortes e fracos. Com a utilização da simulação computacional para estudar o problema proposto, pode-se analisar os resultados obtidos relativos não somente a este Terminal Portuário, como a todos os outros Terminais Portuários, incluindo os de Santos, fazendo pequenas alterações na montagem dos processos e na duração de cada um.

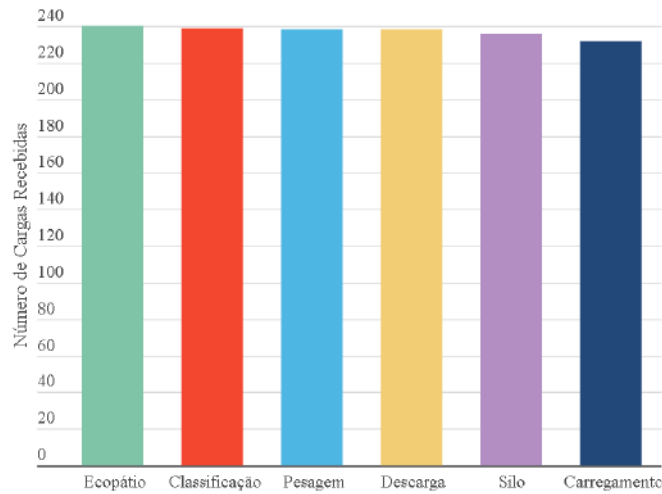
Na Figura 7 a seguir é possível observar os resultados dos relatórios do problema proposto:



Fonte: Compilação do Autor (2022).

Como pode-se observar, o processo de Pesagem é o que possui maior taxa de utilização dentro deste Terminal Portuário, tendo uma porcentagem de utilização de 82,27%. O processo de Silo é o que menos exige taxa de utilização, com 40,52%. Portanto, o Processo de Pesagem pode prejudicar o sistema como um todo por exigir muito mais que os outros. A Figura 8 a seguir apresenta o número total de carga que determinado processo recebeu:

Figura 8: Relatório Número total de carga recebida.



Fonte: Compilação do Autor (2022).

Como pode-se observar, os primeiros processos, de Ecopátio e Classificação são os que recebem maior número de caminhões, 240 e 239 respectivamente e dado o prosseguimento para outros processos esses números vão diminuindo em decorrência do tempo de operação em cada setor, sendo o processo de Carregamento o que tem menos carga recebida, com 232.

Na Figura 9 a seguir encontra-se o Relatório de Quantidade e Tempo que correspondem as filas geradas nos processos:

Figura 9: Relatório de Número e Tempo de Espera (Fila).

Tempo de Espera			
Processo	Média (h)	Mínimo (h)	Máximo (h)
Carregamento	0	0	0
Classificação	0	0	0
Descarga	0	0	0
Ecopátio	0	0	0
Pesagem	00:00:04	0	00:12:50
Silo	0	0	0

Quantidade em Espera			
Processo	Média	Valor mínimo	Valor máximo
Carregamento	0	0	0
Classificação	0	0	0
Descarga	0	0	0
Ecopátio	0	0	0
Pesagem	1	0	2
Silo	0	0	0

Fonte: Compilação do Autor (2022).

Neste relatório são apresentados os resultados relacionados às filas geradas nos processos. É notório, portanto, que o único processo em que ocorreu fila foi o de Pesagem, sendo justamente o processo que exige mais tempo de operação, como pode-se observar na Figura 9. Nos outros processos descritos é possível analisar que não houve tempo e número de espera.

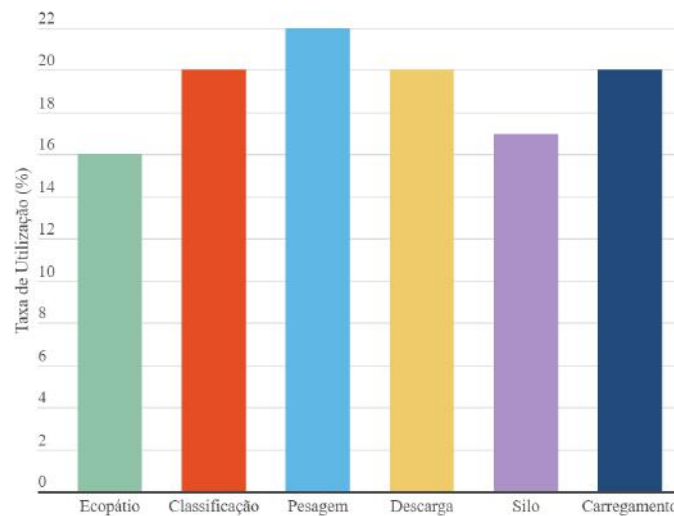
Ao final dos processos, 230 caminhões e/ou suas cargas chegaram aos navios para serem exportados, ou seja, 95,83% foram exportados com sucesso, os outros 10 caminhões e/ou cargas não chegaram ao objetivo final da dinâmica deste terminal, que é a exportação dentro do prazo de execução da simulação. Desta forma, os 10 caminhões precisam ser atendidos após o

decorrer das 24h previstas inicialmente. Dentre os motivos que podem ter causado essa não exportação de 4,17% está a capacidade de operação no Processo de Pesagem, afinal, é o único processo que está gerando fila nesse sistema.

Como forma de melhoria ao sistema é proposto o aumento da capacidade de operação do Processo de Pesagem, para isso alterou-se o número de funcionários na aba *Resources* do Arena. Antes desta alteração o Terminal contava com 3 operadores para esse processo, na nova simulação passa a contar com o dobro (6 funcionários).

Na Figura 10 abaixo está descrito o Relatório de Taxa de Utilização da Simulação gerado a partir do aumento da capacidade de operação em cada processo:

Figura 10: Novo Relatório de Taxa de Utilização da Simulação.



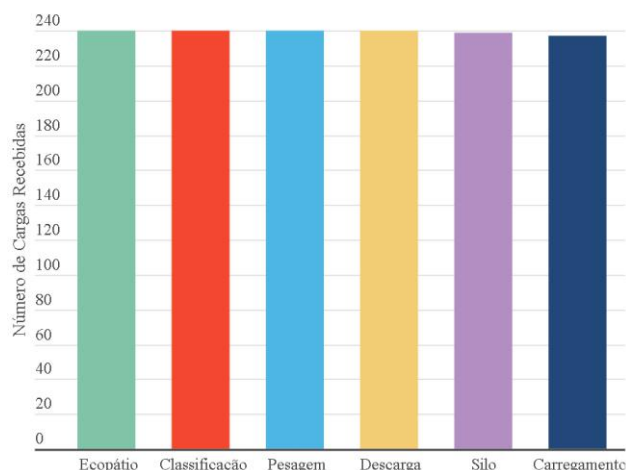
Fonte: Compilação do Autor (2022).

Como pode-se observar, a taxa de utilização melhorou ao aumentar a capacidade de operação dos processos. A diferença que antes era de 40,95% entre a maior e a menor taxa agora é de 5,74%, sendo a maior taxa o do Processo de Pesagem e a menor taxa referente ao processo do Ecopátio.

Com esta alteração, o número de caminhões e/ou cargas exportadas aumentou para 237 ou 98,75%, ou seja, um aumento de 2,92% em relação à primeira simulação levando em consideração o número de exportações.

Por outro lado, na Figura 11 a seguir observa-se o novo Relatório Número total de carga recebida no Terminal:

Figura 11: Novo Relatório Número total de carga recebida.



Fonte: Compilação do Autor (2022).

Analisando o novo relatório nota-se que o número de carga que passou por cada processo também aumentou paralelamente à taxa de utilização. O menor número, que antes era de 232, passa a ser 237. Porém, continua sendo do processo de carregamento.

Por outro lado, na Figura 12 encontra-se o novo Relatório de Número e Tempo de Espera (Fila):

Figura 12: Novo Relatório de Número e Tempo de Espera (Fila).

Tempo de Espera			
Processo	Média (h)	Mínimo (h)	Máximo (h)
Carregamento	0	0	0
Classificação	0	0	0
Descarga	0	0	0
Ecopatio	0	0	0
Pesagem	0	0	0
Silo	0	0	0

Quantidade em Espera			
Processo	Média	Valor mínimo	Valor máximo
Carregamento	0	0	0
Classificação	0	0	0
Descarga	0	0	0
Ecopatio	0	0	0
Pesagem	0	0	0
Silo	0	0	0

Fonte: Compilação do Autor (2022).

Constata-se, analisando esse último relatório, que ao aumentar o número de capacidade dos processos foi possível diminuir o tempo e número de fila que havia no Processo de Pesagem, ou seja, não há mais filas sendo geradas pelos processos. Os 237 caminhões e/ou cargas exportadas são o número médio de caminhões exportados diariamente.

4. Considerações Finais

A simulação relacionada às atividades e sua logística representaram com certo detalhamento os processos que ocorrem no terminal, desde a entrada até a saída dos grãos. Desta maneira, foi possível obter informações importantes e

relevantes que ajudam a entender sistemicamente o funcionamento dele. Além do mais, algumas características específicas da empresa também são logradas no relatório da simulação como, número médio de entidades que entraram no sistema, que saíram do sistema e os que ficaram sendo processados ao final da simulação.

Com base nos relatórios do ARENA citados anteriormente, realizaram-se análises e, como pode-se observar, após as alterações sugeridas, praticamente não houve mais gargalos neste sistema. Isso está diretamente relacionado com o aumento do número de funcionários nas áreas descritas, afinal, ao aumentar esse recurso, houve um impacto direto no tempo de operação em cada setor, o que ocasionou uma melhora significativa no processo como um todo.

Desta maneira, fica visível a importância e praticidade de se utilizar o *software* Arena neste tipo de estudo. Haja vista que ele apresenta resultados detalhados das ações e comportamentos encontrados nas simulações realizadas dentro do próprio *software*. Ou seja, com um ambiente super integrado e intuitivo, podemos realizar análises assertivas diante das mais variadas situações cotidianas que possam envolver as simulações.

Como possíveis trabalhos futuros pode-se considerar a viabilidade de analisar uma amostra maior de dados, visando simular a dinâmica de forma ainda mais detalhada, facilitando o entendimento dos processos do mesmo terminal e até mesmo de outros terminais. Por outro lado, pode-se buscar parcerias com as empresas gestoras dos terminais portuários de forma que os dados possam ser coletados diretamente com as mesmas. Pode-se também elaborar uma cartilha que possibilite ao gestor usar as informações de forma que possa propiciar possíveis aplicações e melhorias para um melhor funcionamento do terminal.

Referências

- Alvarenga, H. (2020). Matriz de transportes do Brasil à espera dos investimentos. *ILOS: Especialista em Logística e Supply Chain*. <https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/>.
- Baladez, F. (2009). O passado, o presente e o futuro dos simuladores. *Fasci-Tech*, 1 (1), 29-40. <https://www.fatecsaocaetano.edu.br/fascitech/index.php/fascitech/article/view/4>
- Banks, J. (2009). *Discrete event system simulation*. 5ed, Pearson Education India.
- Ecopátio. (2022). Conheça o Ecopátio. *Ecopátio*. <https://www.ecopatio.com.br/institucional/quem-somos>
- Figueirêdo, P. R., Lacerda, L. P., Silva, J. M., & Brito, A. F. (2021). Estudo da simulação de um processo de produção de massa de rosca de uma padaria. *Research, Society and Development*, 10(13), e570101321850. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21850>. 10.33448/rsd-v10i13.21850
- Figueirêdo, P. R., Lacerda, L. P., Silva, J. M., & Brito, A. F. (2021). Aplicação da Teoria de Filas via Modelagem Computacional em uma Empresa de Lavagem de Veículos. *Research, Society and Development*, 10(8), e21910817188. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17188>. 10.33448/rsd-v10i8.17188
- Goldratt, E. M. (2014). *A meta: Um processo de melhoria contínua* (2a ed.). Editora Nobel.
- Goldratt, E. M. (1990). *What is this thing called Theory of Constraints and how should it be implemented?* (1a ed.). Massachusetts: North River Press.
- ILOS. (2020). Matriz de transportes do Brasil à espera dos investimentos. *Supply Chain*. <https://www.ilos.com.br/web/tag/matriz-de-transportes/>.
- Júnior, W. (2010). *Apostila de Modelagem e Avaliação de Desempenho: Teoria das Filas e Simulações* (Apostila). Universidade Estadual de Minas Gerais, Ituiutaba.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sadowski, D. A. (2002). *Simulation with ARENA*. Ed. McGraw-Hill New York.
- Lacerda, L. (2020). *Aplicação da Modelagem Computacional para Gestão de Sistemas com Formação de Filas* (Monografia de Bacharelado em Ciência e Tecnologia). Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia, Teófilo Otoni.
- PARAGON. (2005). *Introdução à Simulação com ARENA*. Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), São Paulo.
- Pereira A. S., et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Prado, D. (2014). *Usando o ARENA em Simulação* (5th ed.). Falconi.
- Software, P. (2022, September 7). Arena: O Software Aliado nas Melhores Decisões de Negócios. *Arena*. Retrieved September 25, 2022, from <https://paragon.com.br/arena>
- Sampaio, N. A. de S., et al. (2019). *Cálculo de Probabilidades* (1a ed.). Poisson, 2019.
- Santos Port Authority - SPA. CONNECTING BRAZIL WORLDWIDE. *SPA*. <http://www.portodesantos.com.br/>
- Schriber, T. J. (1974). *Simulation Using General Purpose Simulation System*. Wiley, NY.