

## Propostas de Melhoria para Operação de Descarga de Barrilha no Porto de São Sebastião-SP

### Propuesta de mejora para la operación de descarga en el puerto de San Sebastian-SP

**Aguinaldo Eduardo de Souza<sup>1,2,\*</sup>, João Gilberto Mendes dos Reis<sup>1</sup>, Paulo Garrido Macedo de Araujo<sup>3</sup>, Emerson Rodolfo Abraham<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>RESUP-Research Gruoup in Supply Chain Management-Postgraduate Program in Production Engineering, Universidade Paulista. Rua Doutor Bacelar, 1212, CEP 04026-002. São Paulo, Brazil.

<sup>2</sup>UNIBR- Av. Capitão Mor Aguiar, 798- Centro, São Vicente/SP. Brazil.

<sup>3</sup>Etec São Sebastião - R. Ítalo Nascimento, 366 - Praia do Porto Grande, São Sebastião. Brazil.

\*Autor de correspondencia: [souza.eduaguinaldo@gmail.com](mailto:souza.eduaguinaldo@gmail.com)

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](#)



**Recibido:** 24 junio 2021 **Aceptado:** 28 junio 2021 **Publicado:** 2 de julio 2021

#### Resumo

Os resultados da simulação revelaram que o recurso de maior utilização é a moega, principal equipamento de descarga do navio, onde se inicia a operação. Na hipótese de 1 terno, 74,82% do recurso moega foram utilizados. Contra 52,61% em períodos de 2 ternos de trabalho. Além disso, o recurso moega é o que mais gera fila de caminhões, com média de 18 min para 1 terno, com número máximo de 15 caminhões na espera. Já com a simulação de 2 ternos, o tempo de fila é reduzido para 2 minutos, com máximo de 6 caminhões na espera. O número de saídas de caminhões do porto foi de 92 para 1 terno, com uma taxa de retirada de carga de 1.435,2 t/periodo e 239,2 t/hora. Para 2 ternos, o número de saídas foi 108 caminhões, com uma taxa de retirada de carga de 1.684,8 t/periodo, 280,8 t/hora. O tempo médio do carrossel também varia de 1h 19min para 1 terno, e 1h 3min para 2 ternos, valor que se justifica pela redução de fila no processo moega.

**Palavras-chave:** Porto São Sebastião, Operação Portuária, Logística, Barrilha

#### Resumen

En el presente trabajo, los resultados de la simulación revelaron que el recurso más utilizado es la tolva, descargando el equipo del barco, donde comienza la operación. En la hipótesis de 1 turno, se utilizó el 74,82% del recurso de la tolva, contra 52,61% en períodos de 2 turnos de trabajo. Además, el recurso de la tolva es el que genera la mayor cantidad de filas de camiones, con un promedio de 18 minutos por 1 turno, con un número máximo de 15 camiones esperando. Con la simulación de 2 turnos, el tiempo de espera se reduce a 2 minutos, con un máximo de 6 camiones esperando. El número de salidas de camiones desde el puerto fue de 92 por turno, con una tasa de extracción de carga de 1435,2 t/periodo y 239,2 t/h. Para 2 turnos, el número de salidas fue de 108 camiones, con una tasa de remoción de carga de 1,684.8 t/periodo, 280,8 t/h. El tiempo promedio también varía de 1h 19min para 1 turno y 1h 3min para 2 turnos, un valor que se justifica por la reducción de la cola en el proceso de la tolva.

**Palabras Clave:** Puerto São Sebastião, Operación Portuaria, Logística, quilla

## 1. Introdução

As cadeias produtivas e a integração da economia global evidenciam a importância da logística portuária para o desenvolvimento econômico mundial [1]. Os portos e o transporte marítimo têm se desenvolvido em consonância com a evolução do comércio internacional [2].

A relevância dos terminais portuários na logística internacional, reside no fato de que o transporte marítimo é transporte com maior movimentação de cargas. Os portos atuam como grandes concentradores de cargas e essenciais para ganhos de economia de escala, tão importantes para as atividades comerciais e industriais [3]. A dinâmica de como o porto se integra e sua capacidade de gerar valor é fator decisório para escolha do porto pelas companhias de navegação [4,5].

O complexo portuário é fundamental para a cadeia logística e a eficiência de seus serviços. A logística é um processo de gestão estratégica que contribui para maximização da rentabilidade, visando custo-benefício [6,7], com atividades que visam atender requisitos de pontualidade, disponibilidade e qualidade de produtos e serviços, aliados ao preço justo e competitivo [8].

O desempenho de custo e tempo ao longo da logística de transporte é o eixo central para a competitividade de um porto [9]. Avaliar o desempenho dos serviços nas atividades portuárias é decisório para a busca da eficiência operacional e ganho de competitividade [10].

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar a operação de descarga de “barrilha” no Porto de São Sebastião, através de um modelo de simulação a fim de apontar possíveis melhorias. Entre as diversas aplicações da simulação na logística em geral, pode-se verificar qual a melhor política de transporte, distribuição e estocagem em toda a cadeia, desde a produção até o consumidor final. No caso, na operação portuária, qual o número de equipamentos e homens são necessários para carregar e descarregar navios, entre outras aplicações [11]. O estudo sobre a carga barrilha se justifica pelo fato de ser a principal carga movimentado em 2019 (245 mil t).

Este artigo está organizado em cinco seções incluindo a introdução. A segunda seção descreve a metodologia de pesquisa aplicada. Na terceira é apresentado uma abordagem resumida sobre simulação, em seguida a seção discorre acerca do Operador Portuário. Na quinta é discutido os principais resultados da simulação aplicada. Por fim, constam as considerações finais acerca da pesquisa e as referências.

## 2. Referencial Teórico

### *Simulação*

Na computação, um modelo de simulação é uma abstração simplificada da realidade, utilizado para representar o funcionamento de algum sistema [11-13]. Os sistemas são compostos por partes componentes que interagem entre si no intuito de se atingir algum propósito. Esses podem ser naturais, ou elaborados pelo ser humano, tais como sistemas logísticos, processos produtivos, redes de empresas, entre outros [13].

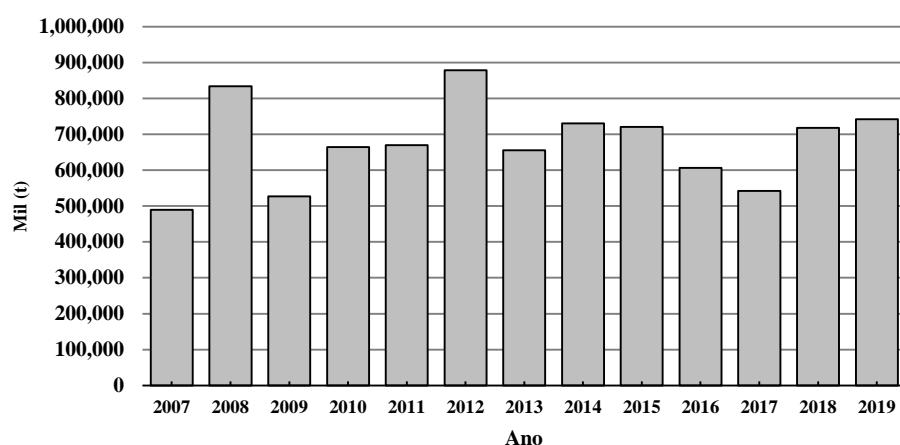
Embora um modelo ser uma abstração simplificada, deve conter os elementos necessários para se representar o sistema real, pois servirá para a auxiliar nas tomadas de decisões, compreender os ambientes estudados e identificar problemas [12].

Chwif e Medina [11] asseveraram que a simulação não prevê o futuro, mas sim o comportamento de um sistema, desse modo não substitui o pensamento inteligente. Ademais, a simulação é um instrumento de análise de cenários e pode ser utilizada em conjunto com recursos de otimização, mas não é em si mesma uma ferramenta de otimização.

### *Porto de São Sebastião*

Administrado pela Companhia Docas de São Sebastião, um órgão público que está vinculado à Secretaria Estadual de Transportes, o Porto de São Sebastião, está localizado na cidade de São Sebastião, aproximadamente a 200 km de distância da Capital do Estado de São Paulo [14]. O porto possui aproximadamente 265.000 m<sup>2</sup> em instalações de armazenagem, dividido em quatro pátios [14]. Em termo de infraestrutura de atracação, o porto Sebastianense possui um berço principal com 150 m e profundidade de 8,7 m [15].

Segundo a Companhia Docas de São Sebastião - CDSS [16], o porto movimentou cerca de 742 mil t em 2019. Um crescimento de 3,29% em relação ao ano anterior, que fechou com 718 mil t, conforme destacado na Figura 2.



**Fig.1** Movimentação no Porto de S. Sebastião [14]

As operações de descarga são predominantes no Porto de São Sebastião, em 2019 as importações representaram 91% de toda movimentação do porto. Entre as principais cargas movimentadas estão, a Barrilha (63%), Malte e Cevada (22,5%), Sulfato Sódio (3,5%), Ulexita (6%), Silicato de caulin líquido (2,5%), Silicato de sódio (1,5%) e Carvão mineral (1%) [14].

Dos 61 navios atracados em 2019, 26 operaram barrilha, evidenciando assim a importância desse produto nas movimentações do porto Sebastianense. A movimentação de descarga de barrilha teve um crescimento de mais de 60% em 2018. Já em 2019, comparado com ano anterior os dados apontaram um crescimento de 1% [14].

### *Metodologia*

Para atender os objetivos dessa pesquisa, optou-se por uma abordagem metodológica exploratória e descritiva. A coleta de dados é uma das principais características da pesquisa descritiva, pois observa, registra e analisa fatos e fenômenos [17].

O estudo foi desenvolvido no Porto de São Sebastião, situado no litoral norte do Estado de São Paulo, através do Operador Portuário, aqui denominado Operador A. Gil [17] assevera que a pesquisa em campo permite extrair fatores que exercem influência na situação que constitui o objeto de pesquisa. A pesquisa foi realizada em três etapas. Inicialmente a coleta de dados foi realizada durante as operações de descarga de barrilha no Porto de São Sebastião, no período de 29/09/18 a

03/11/18. Em seguida, os dados coletados foram compilados em um banco eletrônico de dados do programa Microsoft Excel®. E por fim, aplicou-se o modelo de simulação ARENA®.

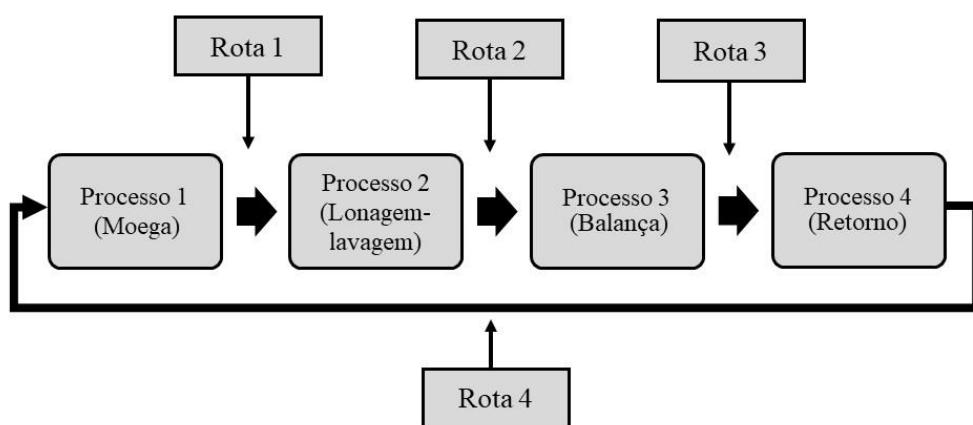
### *Estudo de Caso*

O Operador A, é um Operador Portuário especializado operações de granel sólido, que opera no Porto de São Sebastião. Devido as próprias características do porto Sebastianense, os operadores não possuem terminal próprio. Ao operarem suas cargas, utilizam as áreas públicas de armazenagem do porto. Vale destacar, que os equipamentos de movimentações portuárias juntos aos navios e na retaguarda do porto, são de responsabilidade exclusiva do Operador Portuário.

O estudo buscou avaliar o desempenho da operação de descarga direta de barrilha, Figura 2. Descarga direta significa que, a carga ao ser descarregada do navio vai direto para um Porto Seco, sem o efetivo cumprimentos das exigências alfandegárias para liberação da carga, ou seja, a nacionalização da mercadoria.

O Porto Seco é um Regime Aduaneiro Especial, situado fora da zona primária (fora do porto), onde são armazenadas mercadorias para posterior Despacho Aduaneiro de Importação (nacionalização da mercadoria) [18].

### **Operação Descarga Barrilha**



**Fig.2** Carrossel completo descarga barrilha

Como ilustra a Figura 2, o estudo procurou medir o desempenho do “carrossel completo”, ou seja, o tempo que o caminhão executa a operação completa de descarga de barrilha, que são divididos em quatro processos:

1. Posicionamento do caminhão embaixo da moega para carregamento;
2. O caminhão sai da moega e se posiciona para lonagem e lavagem;
3. Pesagem do caminhão para saída do porto e posterior armazenagem no Porto Seco;
4. Reposicionamento do caminhão em baixo na moega, após retorno do Porto Seco.

### **3. Resultados e Discussões**

Os resultados extraídos foram referentes a análise do acompanhamento das operações de quatro navios de descarga de barrilha, denominados Navio 1, Navio 2, Navio 3 e Navio 4, conforme turno de trabalho do porto (4 períodos de 6 horas).

**Tabela 1.** Registro das horas da pesquisa em campo

Data	Navio	Total de descarga (t)	Tempo total
29/09 a 02/10	1	21.000	70h04m23
03/10 a 05/10	2	9.000	42h52m39
27/10 a 30/10	3	27.600	81h15m44
31/10 a 03/11	4	14.000	64h14m51
<b>Total</b>		<b>71.600</b>	<b>257h86m57</b>

A Tabela 1 expressa os resultados da pesquisa aplicada de acordo com a disponibilidade dos pesquisadores. Portanto, as 71 mil toneladas de descarga com 257 horas trabalhadas, não representam a operação absoluta dos navios, mas sim o tempo de acompanhamento e coleta de dados para este trabalho.

Em seguida a Tabela 2 demonstra os tempos compilados de cada navio conforme cada processo e rota destacados na Figura 2. Para o cálculo das rotas 3 e 4 do carrossel, foram considerados apenas os caminhões que completaram o ciclo, ou seja, carregaram na moega e cumpriram todo o percurso até a entrada na moega novamente. Para os demais processos foram considerados todos os caminhões, portanto, foram registrados 14.904 minutos de operação.

**Tabela 2.** Registro de tempo por atividade

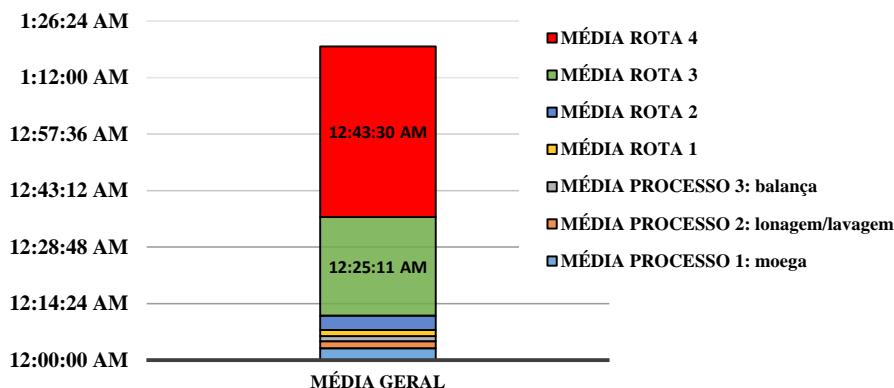
	Navio 1	Navio 2	Navio 3	Navio 4
<b>Processo 1</b>	904	178	1038	565
<b>Processo 2</b>	878	209	897	575
<b>Processo 3</b>	358	395	975	455
<b>Processo 4</b>	43	78	1041	50
<b>Rota 1</b>	873	164	904	561
<b>Rota 2</b>	823	219	857	421
<b>Rota 3</b>	137	112	109	50
<b>Rota 4</b>	454	72	353	199

Com os dados da Tabela 2, foi possível estabelecer a média de tempo em que os caminhões cumpriram cada processo e rota. A soma dos 8 tempos resulta no tempo total do carrossel (Fig.2). Foi possível observar que a operação se comporta de maneira diferente de período para período. Isso se deve a fatores externos a operação. Por exemplo, o tempo da rota 3 é menor no período da madrugada, pois nesse horário não há trânsito no percurso entre o porto e o Porto Seco.

Porém, o fator de maior relevância se refere as particularidades dos navios, ou melhor, ao tipo de equipamento de descarga de bordo e sua condição de conservação. Quanto mais rápido a retirada do produto do navio pelo *grab*, menor tempo do carrossel dos caminhões. Essa relação se deve justamente ao tempo de fila para entrada na moega (rota 4).

Conforme a Figura 3, a média geral dos quatro navios foi de 1h18m50s. O processo de maior impacto no carrossel é o processo 1 (moega) com média de 3 minutos, enquanto a rota de maior impacto é a rota 4 (fila para a reentrada na moega), com tempo médio de 43 minutos. Dessa forma, foi possível determinar que a velocidade de operação da moega é o processo crítico desse ciclo, sendo o que necessita de maior atenção e visibilidade para a tomada de medidas de melhoria.

### Média Carrossel (todos navios)



**Fig.3** Tempo médio por atividades e rotas. Fonte: Extraído do Software ARENA®

#### Produtividade/caminhão

A Tabela 3 ilustra os períodos de maior produtividade de cada navio. Esses valores foram importantes medir o desempenho das operações por turno e navio.

**Tabela 3.** Viagens caminhões por navios

Tempo	Toneladas	Viagens	(% ) Viagens			
			7h/13h	13h/19h	19h/01h	01h/07h
<b>Navio 1</b>	70:04:23	21.000	963	26,3%	19,3%	18,6%
<b>Navio 2</b>	42:52:29	9.000	412	14,8%	13,8%	37,6%
<b>Navio 3</b>	81:15:44	27.600	1.014	34,0%	14,7%	33,0%
<b>Navio 4</b>	64:45:00	14.000	632	30,7%	14,2%	27,5%

Em média foram 22 caminhões operando a cada período de seis horas. As operações com maior destaque de produtividade/caminhão foram como mostra a Tabela 3, foram o Navio 2, seguido pelo Navio 1, Navio 3 e Navio 4.

#### Produtividade/Navio

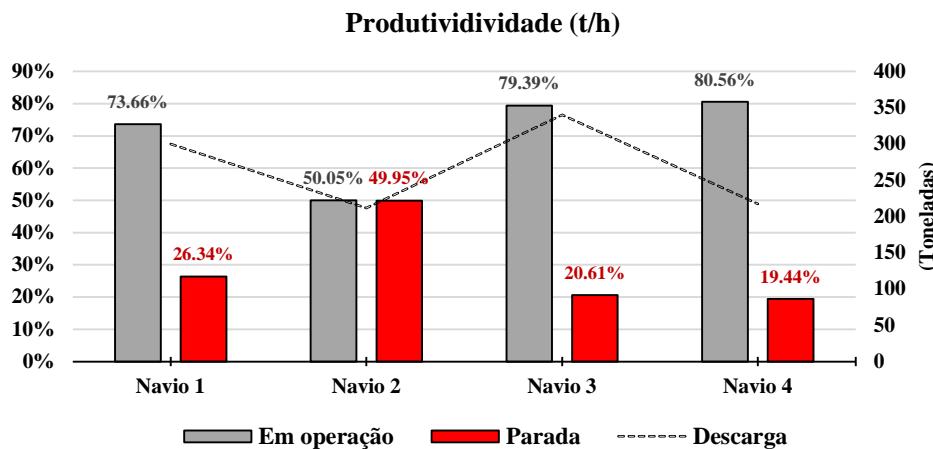
Para levantamento desses dados, foi analisado tonelada/hora, considerando o tempo de parada na operação (quebra de equipamento/falta de caminhão/abertura de tampa de porão/mudança de porão etc.), conforme Figura 5.

Conforme a Figura 4, o Navio 4 teve o menor índice de parada 19%, apesar disso teve uma produtividade horas de 217 t. No navio 2, 49% do período foi de parada, no entanto sua produtividade alcançou 211 t. Enquanto o Navio 3, com 20% de parada foi o destaque com 340 t. As discrepâncias observadas em termos de produtividade x horas, decorrem dos tipos de equipamentos de bordo de cada navio.

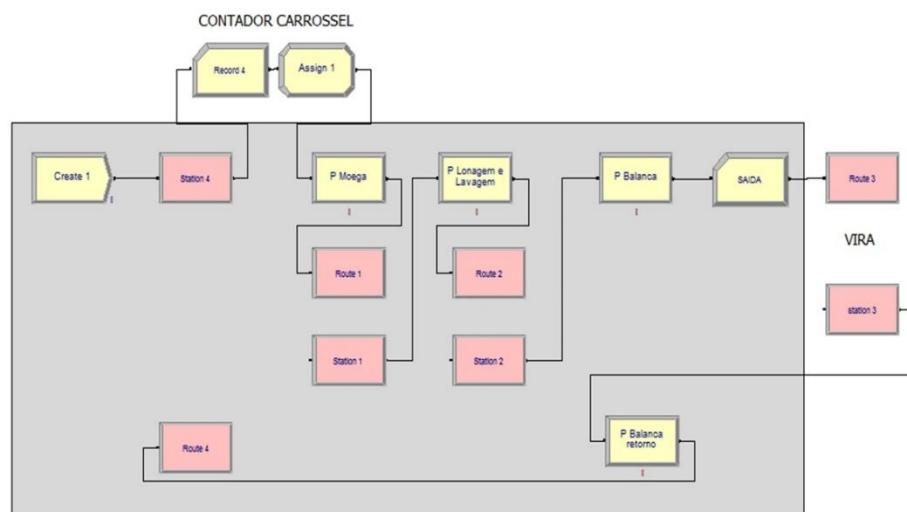
#### Simulação ARENA®

A simulação foi realizada com todos os dados coletados dos 4 navios, através de uma ferramenta do programa chamada “Input Analyser”. Os dados coletados de cada processo e gera uma curva de padrão de comportamento, mais confiável para uma simulação do que a simples média dos valores

(Fig. 5). A estrutura seguiu a lógica da coleta de dados, considerando os quatro processos e quatro rotas que compõem o carrossel, conforme descrito anteriormente na Figura 2.



**Fig.4** Produtividade por navio. Fonte: Extraído do Software ARENA®



**Fig.5** Simulação descarga barrilha. Fonte: Input Analyser (ARENA®)

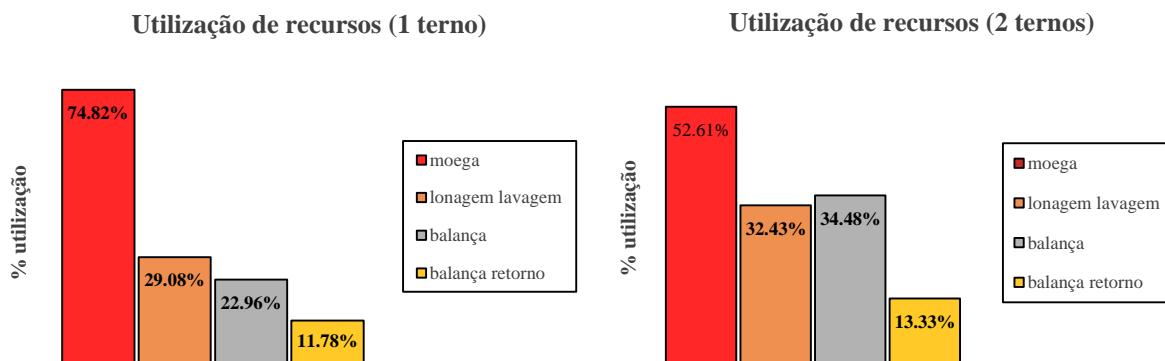
Para simulação foram propostas duas hipóteses com vistas a melhor eficiência operacional. A operação de descarga com 1 e 2 ternos. Considera-se “terno de trabalho”, cada equipamento operando no navio, acompanhado por uma equipe de trabalhadores a bordo do navio, em terra e na retaguarda do terminal portuário. Os resultados foram descritos conforme Fig.6.

Os resultados da simulação revelaram que o recurso de maior utilização é a moega, principal equipamento de descarga do navio, onde se inicia a operação. Na hipótese de 1 terno, 74,82% do recurso moega foram utilizados. Contra 52,61% em períodos de 2 ternos de trabalho.

Além disso, o recurso moega é o que mais gera fila de caminhões, com média de 18 min para 1 terno, com número máximo de 15 caminhões na espera. Já com a simulação de 2 ternos, o tempo de fila é reduzido para 2 minutos, com máximo de 6 caminhões na espera.

O número de saídas de caminhões do porto foi de 92 para 1 terno, com uma taxa de retirada de carga de 1.435,2 t/periodo e 239,2 t/hora. Para 2 ternos, o número de saídas foi 108 caminhões, com uma

taxa de retirada de carga de 1.684,8 t/periódico, 280,8 t/hora. O tempo médio do carrossel também varia de 1h19min para 1 turno, e 1h03min para 2 turnos, valor que se justifica pela redução de fila no processo moega.



**Fig.6** Resultado comparativo da utilização de recursos. Fonte: Extraído do Software ARENA®

#### 4. Conclusões

Pode-se concluir que, dobrar o número de moegas em operação (usando 2 turnos, ao invés de 1) não dobra o número de saídas de caminhões do porto. A simulação apontou que, com 2 turnos operando, gera um aumento significativo da fila nos processos 1, 2 e 3 (lonagem/lavagem, balança e balança retorno) (Fig.2). E consequentemente as moegas ociosas à espera do retorno de caminhões, que ainda estão no percurso das demais etapas do carrossel. Para a eficácia da operação com 2 turnos, seria necessário um redimensionamento no número de caminhões operantes e nos demais processos que compõem o carrossel. Contudo, vale ressaltar que esse primeiro deve ser considerado com cautela. A produtividade da moega está diretamente relacionada com a capacidade de descarga de produto do equipamento do navio. Navios que trabalham com ponte rolante tendem a ser mais rápidos na descarga que outros que trabalham com guindastes convencionais. As condições do equipamento também interferem na velocidade da descarga. Ademais, para o redimensionamento no número de caminhões deve ser considerado as especificidades de cada navio.

#### Referencias

1. Wang, J., Ma, Z., *Port Logistics Cluster Effect and Coordinated Development of Port Economy Based on Grey Relational Analysis Model*. J. Coast. Res., 2019. **94**: 717. DOI: <https://doi.org/10.2112/SI94-142.1>.
2. Mangan, J., Lalwani, C., Fynes, B., *Port-centric logistics*. Int. J. Logist. Manag., 2008. **19**: p. 29-41. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574090810872587>.
3. Untad, U.N.C., *Port marketing and the challenge of third generation port*. Conference on Trade and Development, 1992. Geneva.
4. Cade, C.A., *Mercado de serviços portuários*, 2017.
5. Souza, A.E., de Reis, J.G.M., Abraham, E.R., Gobetti, M., *Simulação de operações de grãos em um terminal portuário*. Logist. Chall. New Econ. Shar, 2018. Interconnected Ind.
6. Ballou, R.H., *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*, 2007. Atlas: São Paulo.
7. Christopher, M., *Logistics & Supply Chain Management*, 2011. Financial Times. Prentice Hall: Harlow.
8. Reis, J.G.M., dos Neto, M.M., Vendrametto, O., Neto, P.L., *Qualidade em Redes de Suprimentos- A Qualidade aplicada ao Supply Chain Management*, 2015. Atlas: São Paulo.

9. Rezaei, J., van Wulfften Palthe, L., Tavasszy, L., Wiegmans, B., van der Laan, F., *Port performance measurement in the context of port choice: an MCDA approach.* Manag. Decis., 2019. **57**: p. 396-417. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-04-2018-0482>.
10. Talley, W.K., Ng, M., Marsillac, E., *Port service chains and port performance evaluation.* Transp. Res. Part E. Logist. Transp. Rev., 2014. **69**: p. 236-247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.05.008>.
11. Chwif, L., Medina, A.C., *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos. Teoria e Aplicações*, 2015. Elsevier-Campus: São Paulo.
12. Cauchick, P.A.C., Fleury, A.C.C., *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações.* Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações, 2012. Abepro/Campus: Rio de Janeiro.
13. Quintela, J.E., Cruz-Cunha, M.M., Putnik, G.D., Trigo, A., *Enterprise Information Systems.* International Conference, CENTERIS 2010, 2010. Viana do Castelo: Portugal. Proceedings, Part I. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16402-6>.
14. Companhia Docas São Sebastião. <http://portoss.sp.gov.br/home/infraestrutura-portuaria/oporto>.
15. Ministério da Infraestrutura. <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/capa-ministerio-da-infraestrutura>.
16. Companhia de Docas do Estado de São Paulo. *Análise do Movimento Físico do Porto de Santos*, 2017.
17. Gil, C., *Como elaborar projetos de pesquisa*, 2008. Atlas: São Paulo.
18. Manual de Entreponto Aduaneiro, 2021. <http://receita.economia.gov.br/orientacao/aduaneira/manuais/entreponto-aduaneiro>.

## Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Código de Financiamento 001.

## Conflito de Interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesses.

## Contribuição dos autores

**Aguinaldo Eduardo de Souza.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6100-752X>

Diseño de la investigación, conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, validación, y redacción.

**João Gilberto Mendes dos Reis.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6409-2299>

Diseño de la investigación, conceptualización, supervisión, validación, redacción y edición.

**Paulo Garrido Macedo de Araujo.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1304-3918>

Diseño de la investigación, conceptualización, curación de datos, investigación, metodología y validación.

**Emerson Rodolfo Abraham.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6500-6989>

Participó en el diseño de la investigación, conceptualización, investigación, metodología y validación