

Simulação da substituição do equipamento RTG por RMG para melhoria dos processos de embarque em um Terminal do Porto de Santos

Adriana Baldim Garcia (FATEC Baixada Santista) elisio.adriana@gmail.com
Célia Maria Soares Gomes (FATEC Baixada Santista) celiamsg07@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho da substituição do equipamento *Rubber-Tyred Gantry Cranes* (RTG) pelo *Rail-Mounted Gantry Cranes* (RMG) dentro de um Terminal do Porto de Santos, baseado na simulação das operações. A abordagem adotada busca a eficiência operacional dos equipamentos e etapas do processo produtivo. A simulação adotou o software Arena. Sua aplicação é baseada nas informações dos tempos operacionais, referentes às etapas de movimentações dos contêineres que se encontram no pátio do Terminal, pronto para embarque e transportado para o navio. Com o uso desta ferramenta a aplicação do método de simulação com o RMG, obteve resultado satisfatório, propiciou análises de diferentes cenários operacionais sugerindo trabalhos futuros e destaque para economia de energia e redução de CO₂.

Palavras chave: Arena, Equipamentos, RMG, RTG.

Replacement Simulation of RTG Equipment by RMG to improve Terminal boarding processes at the Santos Port

Abstract

This project has for objective to evaluate the performance of the replacement of the *Rubber-Tyred Gantry Cranes* (RTG) by *Rail-Mounted Gantry Cranes* (RMG) in an X Terminal of the Port of Santos, based on the simulation of operations. The approach seeks to operational efficiency of equipment and stages of production. The simulation took the ARENA software. This application is based on information from the operational times, referring to the steps of movements of containers that are found on the X Terminal yard, ready to embark and transported to the ship. Using this application of simulation method tool to RMG, obtained satisfactory results, led analysis of different operational scenarios suggesting future research and emphasis on energy saving and CO₂ reduction.

Key-words: Arena software, Equipment, RMG, RTG.

1. Introdução

Os portos brasileiros integram a infraestrutura necessária ao desenvolvimento econômico do país. A qualidade dos serviços portuários assegura a eficácia do atendimento aos seus usuários e clientes. (ANTAQ, 2015)

Dentro dessa infraestrutura temos a operação portuária, que é um cenário complexo em tecnologias e labores em todos os terminais, atuando diretamente com a cadeia logística,

busca-se atingir um patamar de excelência frente ao mercado internacional. E hoje tão em voga a eficiência pelo tempo, ou seja, a redução do tempo de movimentação para embarques como vantagem competitiva em relação aos concorrentes, melhorando assim os processos.

Vê-se então, que no ano de 2015 o Porto de Santos obteve excepcional desempenho em sua movimentação ao longo do ano, e em dezembro atingiu crescimento de 12,1% superior ao mesmo mês do ano anterior, fazendo com que as exportações obtivessem uma alta de 30,6%. (PORTO DE SANTOS, 2016).

Para que esse desempenho seja atingido constantemente os equipamentos de movimentação de carga devem ser modernos e dinâmicos, atingindo assim as marcas esperadas.

Por meio deles (equipamentos de movimentação) é realizado o trânsito da carga dentro dos terminais, o carregamento e a retirada dos caminhões e o transbordo entre modais de transporte. O tipo de equipamento a ser utilizado em um terminal é determinado pelas características da carga a ser movimentada e das operações que realizam. (COSTA, 2008)

Baseado na importância da escolha dos equipamentos para a otimização de áreas e movimentação, e matéria da Revista Portuária – Economia & Negócios de julho de 2015, chamou-nos atenção a estratégia do Porto Pontal no Paraná que será um dos terminais mais modernos da América Latina.

Com finalização da primeira etapa prevista para o segundo semestre de 2017, envolvendo a implantação de dois terços da estrutura total do terminal, possibilitando a movimentação de 700 mil TEUs (*Twenty Equivalent Unit*), seguindo o exemplo dos grandes portos europeus, como o Rotterdam Gateway, o Antwerp Gateway e o Euromax Terminal Rotterdam, vai ser equipado com *Rail-Mounted Gantry Cranes* (RMG), guindaste de pórtico montado sobre trilhos, tendência mundial por sua eficiência e segurança, sendo assim o primeiro do país a operar sobre trilhos.

Mas como analisar o impacto na melhoria dos processos e no aumento da produtividade dada a substituição do equipamento *Rubber-Tyred Gantry Cranes* (RTG) pelo *Rail-Mounted Gantry Cranes* (RMG) dentro de um Terminal do Porto de Santos que busca expansão, mas sem ter custos?

Com esse questionamento, e a contenção de gastos efetivos, encontra-se no projeto operacional uma ferramenta que trata da aplicação da tecnologia da informação para a tomada de decisão.

Em resumo o projeto operacional é um método para orientar os executivos na tomada de decisões a respeito de operações sob o seu controle. Utiliza-se da programação de modelos matemáticos, estatísticos e computacionais cuja função é encontrar soluções otimizadas, de forma lógica, para os problemas quantificáveis que envolvam o uso de recursos escassos nas mais diversas atividades. (PINTO, 2013).

Não obstante, e atrelado ao projeto operacional está a simulação do Arena, que é definida pela Paragon (2005), como a técnica de estudar o comportamento e reações de um determinado sistema através de modelos, que imitam na totalidade ou em parte as propriedades e comportamentos deste sistema em uma escala menor, permitindo sua manipulação e estudo detalhado”. (MARQUES, 2013)

Este trabalho consiste em cinco seções: A primeira seção é uma introdução indicando as motivações, objetivos e âmbito do estudo utilizando o simulador Arena. A segunda seção é o referencial teórico que contém uma revisão da literatura. A terceira seção é uma breve apresentação do Terminal objeto de estudo. A quarta seção é sobre os equipamentos RTG e RMG, suas especificações técnicas e comparativo. A quinta trata da metodologia aplicada. A sexta seção apresenta a discussão dos resultados e a finalização do trabalho é realizada na

seção sete com as considerações finais e orientações para futuras pesquisas com outras alternativas e contextos.

2. Referencial teórico

Segundo Ballou (1993), a administração de transportes é o braço operacional da função de movimentação que é realizada pela atividade logística cujo objetivo é assegurar que o serviço de transporte seja realizado de modo eficiente e eficaz. Para o autor, o transporte é, sob qualquer ponto de vista seja militar, social ou econômico, a atividade mais importante do mundo.

Os transportes se caracterizam por serem o maior emissor de gases de efeito estufa do setor energético no Brasil, isto é, quando desconsideradas as emissões decorrentes da mudança do uso da terra e desmatamento.

Neste sentido, ações que visem à mitigação das emissões neste setor terão impactos positivos importantes, especialmente quando relacionadas a segmentos produtivos com elevada necessidade de utilização de transporte. Dentre estas ações, podem ser citadas aquelas que visem ao aumento de eficiência energética, à substituição de combustíveis ou mesmo de modais de transporte. (SILVA, 2015)

Devido ao efeito da crise financeira e do petróleo com elevados preços mundiais, cada companhia de navegação vem esforçando-se para explorar e buscar as melhores soluções que minimizem os custos operacionais e melhorem a poluição do porto. (YANG e CHANG, 2013)

Os equipamentos Pórticos e RTGs são os de maior frequência no Porto de Santos, incluindo o Terminal em estudo e contribuem com a elevação de emissão de gases através da queima do combustível diesel. Já o equipamento RMG sugerido na simulação é acionado eletricamente.

Quando avaliam a redução de custos e medidas de proteção ambiental, as companhias de navegação e os operadores de terminais devem considerar a possibilidade de converter RTG's de diesel para equipamentos que utilizem energia elétrica a fim de alcançar metas econômicas, redução do ruído do mesmo, além da redução na emissão de Dióxido de Carbono (CO₂). (YANG e CHANG 2013)

Com base em informações coletadas por meio de entrevistas pessoais e arquivos de vários estudos, os operadores de terminais de contêineres no porto de *Kaohsiung*, incluindo *Evergreen*, *Yang Ming*, *Wan Hai*, APL, OOCL e NYK apresentaram uma tabela comparativa entre os principais sistemas operacionais deste porto (YANG e CHANG 2013), que foram adaptados na tabela 1 com os dados de interesse deste artigo.

Item	RTG	RMG
Mobilidade	Média	Pouca
Segurança	Média	Boa
Sistema de Operação integrada	Transmissão sem fio	Transmissão por fibra
Método	Sistema	Sistema
Sinal de estabilidade	Instável	Estável
Frequência de avaria/parada	Média	Baixa
Método de mecânica	Hidráulico	Controle elétrico
Reparo e tempo de manutenção	Médio	Baixo
Fonte de energia	Diesel	Elétrico
Custo de manutenção	Alto	Baixo
Poluição do ar	Severo	Zero

Fonte: Tradução livre, 2015

Tabela 1 - Comparação da performance operacional dos equipamentos RTG e RMG

Os terminais de container devem ficar atentos, Watanabe (2004) alega que os resultados das estimativas experimentais para portos selecionados em diferentes países revelam a gravidade do impacto dos portos de containeres sobre o aquecimento global.

Watanabe (2004) acredita, que o crescimento da concorrência entre os grandes portos de containeres irá intensificar-se cada vez mais. Para mitigar esse resultado, um acordo internacional urgente é necessário para impor aos operadores que façam compensação proporcional ao volume de emissões de CO₂.

Além disto, vale incluir a contribuição dada pelo RMG ao não uso de pneus de borracha, visto que conforme citação:

Quando um pneu atinge o fim de sua vida útil, ele se torna um resíduo inerte, e deve ser corretamente descartado. Este pneu, agora denominado “inservível”, constitui outra fonte de preocupação ambiental moderna, devido, principalmente, à elevada – e crescente – quantidade descartada no país nos últimos anos, decorrência direta do crescimento da frota de veículos leves e pesados no país, e ao longo período de decomposição dos pneus, assim como as dificuldades apontadas para o descarte adequado e sua logística reversa são causa da gravidade dos problemas ambientais e sanitários (apesar de ainda incerto, sabe-se que a decomposição é superior a 100 anos) (BARTHOLOMEU, 2015).

3. Apresentação do terminal objeto de estudo

O Terminal, objeto de estudo deste trabalho, iniciou suas operações em 1968, tempo de incertezas políticas, mas de grandes desafios. Localizado na margem direita do Porto de Santos, opera atualmente em sua plena capacidade.

Considerado um dos maiores operadores portuários, apesar de sua área reduzida frente a outros terminais, o terminal tem em sua planta os seguintes equipamentos: 17 RTGs, 11 *Portêineres* (PT), 19 *Reach Stacker* (RS) e cerca de 40 *Terminal Tractor* (TT), além de uma subestação de energia elétrica para alimentar os Portêineres, para manuseio das cargas de embarque e desembarque.

Mesmo contanto com uma frota de equipamentos de número razoável o terminal enfrenta em alguns momentos gargalos na sua movimentação, devido ao grande fluxo de veículos externos.

Conforme matéria do Guia Marítimo de setembro de 2015 há projeção de expansão a partir de 2018, tanto da área do terminal como dos berços de atracação, com isso o terminal acredita que conseguirá aumentar a capacidade dos navios atracados recebendo os Super Post Panamax (navios de 400 m), além do aumento na produtividade, elevando mais uma vez o patamar dos terminais do Porto de Santos.

O projeto ainda prevê aumento da capacidade de 900 mil para 1,8 milhão de TEUs, equiparando-se aos demais terminais de contêineres no Porto de Santos. (ESTADÃO, 2015).

Considerando a vantagem competitiva em relação aos concorrentes pela redução do tempo e ganho na melhoria do processo de embarque no terminal, utilizar-se-à a ferramenta de simulação ARENA para o fluxo atual com uso do RTG e a substituição deste por RMG.

4. Equipamentos portuários

A indústria portuária e a movimentação de containeres tem sofrido uma grande evolução nas últimas décadas. A necessidade de transportar cargas maiores, fez com que a busca por ganhos em eficiência do transporte elevasse, principalmente no que tange a fabricação de navios de grandes dimensões e a modernização dos processos de embarque e desembarque nos terminais portuários. (PATRICIO, 2014)

Outro item de suma importância são os equipamentos de movimentação de carga, utilizados para o deslocamento de materiais de um ponto a outro por distâncias relativamente pequenas. Por meio deles é realizado o trânsito da carga dentro dos terminais, o carregamento e a retirada dos caminhões e o transbordo entre modais de transporte. O tipo de equipamento a ser utilizado em um terminal é determinado pelas características da carga a ser movimentada e das operações que realizam. (COSTA, 2008)

Dentre os vários equipamentos utilizados destacamos a seguir aqueles que estão diretamente ligados com a pesquisa. São eles:

Os guindastes pórtico rolantes sobre pneus (RTG) e os guindastes pórtico rolantes sobre trilhos (RMG), são equipamentos utilizados para movimentação e arrumação de pilhas de contêineres, tanto para embarque quanto para desembarque, na tabela 2, se descreve as especificações do RTG e do RMG.

Descrição	Guindastes pórtico rolantes sobre pneus (RTG)	Guindastes pórtico rolantes sobre trilhos (RMG)
Capacidade do Guindaste	Capacidade de elevação sob o spreader: até 65 t	Capacidade de elevação sob o spreader: até 65 t
Movimentação de contêiner	Para contêineres de 20' a 45' como elevador isolado ou duplo	Para contêineres de 20' a 45' como elevador isolado ou duplo
Bitola do trilho	Bitola: 23,5 a 26,5 metros (6 e 7 filas de contêineres, mais pista de rodagem)	até 50 m
Altura de içamento sob o spreader	18,1 e 21 m (até a 5ª e 6ª alturas de contêineres do tipo High-Cube)	10,5 m para movimentação ferroviária até 18,1 m e 24,1 m para empilhamento
Içamento com carga	até 30 m/min	até 40 m/min
Içamento com spreader vazio	até 60 m/min	até 80 m/min
Deslocamento do trole	até 75 m/min	até 100 m/min
Deslocamento do pórtico com spreader vazio	até 135 m/min	até 120 m/min
Mecanismo de direção	Totalmente elétrico; Fonte de alimentação: gerador diesel a bordo (até 750 kW) ou fonte de alimentação externa	Totalmente elétrico; consumo de energia de até 1.500 kW; fonte de alimentação externa (padrão), fonte de alimentação alternativa através de gerador a diesel instalado a bordo
Tipos disponíveis	8 ou 16 rodas	Sem um cantiléver; com cantiléver em um dos lados ou de ambos os lados; alcance útil de até 28 m de cada lado.

Fonte: Terex Port Solution, tradução livre, 2015

Tabela 2 – Comparação das especificações dos equipamentos RTG e RMG

Além destes equipamentos e complementando o pátio de operações dos terminais portuários, temos:

O *Ship to Shore* (STS) ou *Portâiner*, guindaste elétrico de grandes proporções especialmente desenvolvido para operações de importação e exportação junto ao costado.

Empilhadeira *Reach Stacker* (RS), de grande porte para operações entre o costado, os pátios e a retaguarda.

Terminal Tractor (TT), carreta transportadora utilizada para movimentação de contêineres entre o navio e o pátio.

5. Metodologia

O método utilizado na elaboração do trabalho e análise das principais atividades na movimentação de embarque pelos equipamentos RTG e RMG foi a pesquisa exploratória, conforme Gil (2010), proporciona maior familiaridade com o problema. Fez-se também levantamento bibliográfico e entrevista com pessoas experientes no problema pesquisado.

A revisão da literatura permitiu análise dos modelos atualmente aplicados no dia-a-dia dos terminais e portos estabelecidos dentro e fora do país e a escolha do terminal escolhido para análise.

Através de entrevista informal com funcionário do terminal teve-se as informações referentes aos tempos médios da operação a descrição detalhada dos processos praticados, visando esclarecer procedimentos operacionais adotados e adquirir subsídios para a simulação no programa software Simulador Arena versão 14.7.

O funcionário do terminal explicou o processo de embarque por meio de *layout*, conforme figura 2, incluindo breves filmagens das movimentações dos contêineres com os equipamentos RTG, TT e STS e disponibilizou as informações dos tempos de movimentação.

São eles:

PT ou STS – 30 movimentos por hora

RTG – 15 movimentos por hora

TT – 7,5 movimentos por *Truck cycle*

Já o do RMG – 30 movimentos por hora, dado pelo fabricante.

A movimentação foi calculada para uma embarcação, por 6 horas, período esse relativo a um turno de trabalho.



Fonte: Terminal objeto do estudo, 2015

Figura 1 - Layout do Terminal

Cada quadra tem capacidade para cerca de 480 contêineres.
E o tempo de abertura do *booking* é de 7 dias.

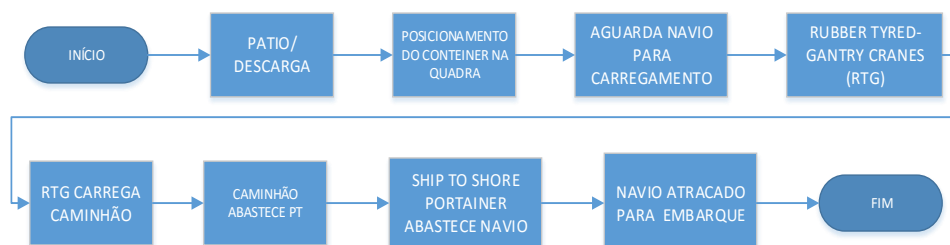
Seguindo as etapas abaixo, gerou-se o fluxograma.

- 1) Conhecer o layout do Terminal;

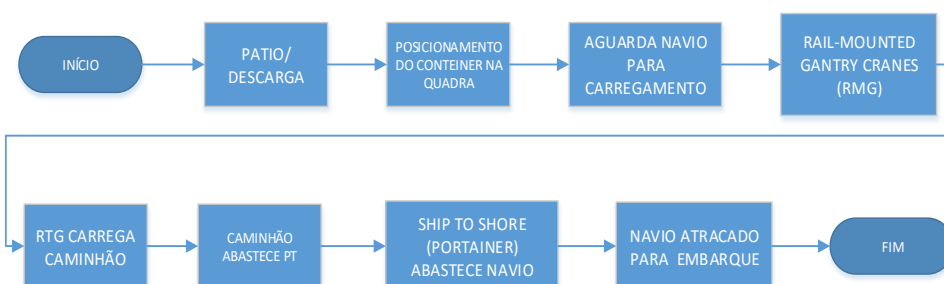
- 2) Levantar dados sobre a movimentação de embarque;
- 3) Simular o fluxo da operação existente de embarque com RTG;
- 4) Simular o fluxo da mesma operação de embarque com RMG;
- 5) Avaliar e analisar os resultados obtidos;
- 6) Considerações finais.

O fluxograma (figura 3) foi desenvolvido desde o recebimento do contêiner no pátio, sendo colocado no caminhão, levado até o costado, posicionado para ser retirado pelo ST e posicionado no navio.

SITUAÇÃO ATUAL



SIMULAÇÃO DO FLUXO DE OPERAÇÃO SUBSTITUINDO O RTG POR RMG



Fonte: Fluxograma realizado pelos autores, 2015

Figura 2 - Fluxograma da situação atual e futura de um Terminal do Porto de Santos

O software utilizado para análise do sistema foi o Arena. Segundo informações da Paragon (2005), o Arena foi lançado em 1993 pela empresa System Modeling e foi o sucessor de outros dois softwares de simulação, o SIMAN e o CINEMA. O SIMAN foi lançado em 1982 e em 1984 recebeu o CINEMA como complemento, adicionando ao software habilidades de animação gráfica. Em 1993 os dois programas foram unificados e aperfeiçoados, dando origem ao Arena. (MARQUES, 2013)

Segundo Harrel et al (2002) e Freitas Filho (2008) embora cada estudo de simulação seja único, para proporcionar uma ferramenta útil para a tomada de decisão são necessários o cumprimento de alguns passos. Sendo estes: formulação e análise do problema, planejamento do projeto, formulação do modelo conceitual, coleta dos dados, tradução do modelo, verificação e validação, projeto experimental, experimentação e análise estatística de dados.

O Arena possui uma interface gráfica amigável utilizando módulos para descrever um sistema real. Possui módulos que funcionam como comandos de uma linguagem de simulação e são estruturados de maneira que a construção do modelo seja muito similar à elaboração de um fluxograma, facilitando muito a construção do modelo computacional do sistema. Cada módulo possui uma série de parâmetros configuráveis de acordo com as especificações do modelo estudado. (MARQUES, 2013)

Optou-se em utilizar o modelo *Station+Process+Leave*. Este conjunto de módulos é usado para modelar processos em que temos movimentações ou quando temos um enorme conjunto de estações com finalidades semelhantes. A aplicação é baseada nas informações dos respectivos tempos, referentes às movimentações do contêiner que se encontra no pátio do Terminal objeto de estudo, pronto para embarque no navio. Hoje o contêiner é retirado da quadra por um RTG e transferido para um caminhão que o levará até a base do STS, que o transfere para o navio. A segunda simulação é feita seguindo o mesmo fluxo, porém substituindo o RTG pelo equipamento RMG.

Os recursos são acionados pelas entidades, as quais os “ocupam”, executam as atividades necessárias e em seguida “desocupam”. O ato de ocupar um recurso é realizado através do comando *Seize*, e o ato de desocupar pelo comando *Release*. Entre *Seize* e *Release*, são colocados os comandos representativos da atividade que a entidade realiza no recurso. Em sua forma mais simples, esta atividade é representada pelo comando *Delay*. A sequência de comandos *Seize–Delay–Release* é encontrada dentro do bloco *Process*.

A ocupação ou não do recurso pelas entidades reflete-se nas suas estatísticas de ociosidade e ocupação, apresentadas pelo relatório final da simulação. Toda vez que um recurso é ocupado através de *Seize*, deve ser liberado através de *Release*.

6. Resultados

O software Arena® gera relatórios das simulações realizadas, contendo as informações pertinentes para análise do resultado.

No estudo em questão usamos a base tempo para mensurar a possibilidade da troca de equipamentos, pois a versão disponível do sistema era estudantil, não suportando a quantidade de contêineres recebidos no dia.

Os dados de tempo dos processos foram inseridos nos equipamentos disponíveis no terminal através das modelagens do Arena®, demonstrando a eficiência do equipamento RMG em relação ao RTG.

Após a confecção do modelo a ser utilizado e efetivada a inserção dos dados, obteve-se os relatórios de tempos dos equipamentos RMG e RTG foco do nosso trabalho, além de entidades e recursos utilizados e através destes relatórios podemos concluir o que se segue na discussão dos resultados.

7. Discussão dos resultados

Após a revisão bibliográfica e a confrontação da hipótese levantada que balizou o artigo em questão, vimos que as vantagens do uso de simuladores são reais. Sendo uma excelente ferramenta para análise de vários tipos de situações e ainda tem integrado ao sistema outros componentes que fazem dela, sem dúvida, uma ferramenta extraordinária.

Suas vantagens vão além, pois podem diagnosticar e resolver problemas, reduzir gargalos, custos operacionais, melhorar a visibilidade da mudança de um processo, entre outras funcionalidades.

Observamos através do simulador que apesar do RMG ter custo superior (em média USD 500 – 900.000) em relação ao RTG, conforme matéria da *Port Technology International*, o ganho na produtividade é evidenciado no resultado obtido. Vale ressaltar que na mesma matéria para cada cinco RTGs, são necessários somente três RMGs.

O Terminal objeto do estudo tem uma subestação de energia que já é utilizada para o *Portâiner*, e pode alimentar também o RMG.

Trabalhando com a estrutura de equipamentos e operadores similares, podemos afirmar que, através dos dados obtidos nos relatórios de desempenho do simulador há a indicação da troca do equipamento RTG por RMG de forma considerável, visto que o tempo de espera (*waiting time*) é 0.00005503 para o RTG e 0 para o RMG.

Para compensar a agilidade do RMG, pode-se aumentar o número de *terminal tractor*, aumentando assim a eficiência da movimentação dentro do terminal.

Outra vantagem é que para cada *Portâiner*, são necessários dois RTGs em funcionamento e um de reserva, com o uso do RMG obtêm-se a redução deste equipamento, pois serão apenas dois, sendo um em uso e um reserva.

Além da vantagem competitiva frente aos concorrentes, a eficiência na produtividade, a agilidade do equipamento e a facilidade no manuseio do mesmo, ainda vê-se a eficiência energética e a preocupação com o meio ambiente, pois o equipamento é movido à energia elétrica. E os operadores trabalham em uma central única dos RMGs, em média um operador consegue operar quatro RMGs simultaneamente.

Hoje no Brasil pouco se fala em RMG, conforme apontado nas pesquisas realizadas, apenas o Porto de Pontal que está em desenvolvimento utilizará o equipamento em questão. Já no exterior o RMG está nos melhores portos internacionais como, por exemplo: *Rotterdam Gateway*, o *Antwerp Gateway* e o *Euromax Terminal Rotterdam*.

Acredita-se que a eficiência do RMG abrirá novas possibilidades de crescimento tanto para o terminal como para o Porto de Santos.

9 Considerações finais

A aplicação do método de simulação com o RMG, gerou resultado satisfatório, permitindo prever o gerenciamento do gargalo, garantindo um fluxo contínuo e melhor previsibilidade do acerto na substituição do equipamento e ganho no processo.

Os resultados gerados pela simulação alimentaram sugestões para trabalhos futuros, propondo a alteração do posicionamento das quadras no pátio e a inclusão de automação com veículos auto guiados (AGVs), além da comparação e controle das emissões de CO₂.

Comprovamos que a simulação possibilita acerto, evita desgastes gerenciais, custos e perda de tempo, propiciando com maior antecedência o planejamento do novo processo, trazendo novos insights antes da implementação.

Sendo assim, uma melhoria no processo, que vai de encontro a preocupação mundial e a busca da eficiência e sustentabilidade junto ao cliente final.

Referências

BALLOU, R. *Logística Empresarial: transporte, administração de materiais, distribuição física*. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

BRASIL. Agência Nacional de Transporte Aquaviário. *Desempenho Portuário, 2015*. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal/DesempenhoPortuario/Index.asp>>. Acesso em: 22 novembro 2015.

BARTHOLOMEU, D. B. et al. *A Logística Reversa: o caso da destinação de pneus inservíveis no Brasil, 2015*. Disponível em: <http://esalqlog.esalq.usp.br/wp-content/uploads/2015/08/A-Log%C3%ADstica-reversa_o-caso-da-destina%C3%A7%C3%A3o-de-pneus-inserv%C3%ADveis-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 25 setembro 2015.

CEDERQVIST, H. *Quantifying the benefits of yard automation - updated. Port Technology International*, 2009. Disponível em: <https://www.porttechnology.org/images/uploads/technical_papers/PT38-10.pdf>. Acesso em: 10 novembro 2015.

COSTA, M. B. B. *Sistema produtivo 02 - Perspectivas do investimento em Transporte*, 2008. Disponível em: <http://www3.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/ds_transportes_portos.pdf>. Acesso em: 25 setembro 2015.

ESTADÃO. Caderno de economia. *Grupo Libra consegue autorização para investir R\$ 750 milhões em Santos*. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,grupo-libra-consegue-autorizacao-para-investir-r-750-milhoes-em-santos--imp-,1756262>>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HARREL, C. R. et al. *Simulação: otimizando os sistemas*. 2ª. ed. São Paulo: IMAM, 2002. Acesso em: 2015.

LIBRA TERMINAIS. *Libra Terminais Santos*, 2015. Disponível em: <<http://www.grupolibra.com.br/pg/69/libra-terminais>>. Acesso em: 29 setembro 2015.

MARQUES, A. C. *Simulação a eventos discretos para análise de emissões de gases em sistemas logísticos*, 2013. Disponível em: <http://pep.ucamcampos.br/images/arquivos/Dissertacoes/Anna_Christine_A_Cordeiro.pdf>. Acesso em: 21 novembro 2015.

PARAGON. *Introdução à simulação*. Encontro Nacional de Engenharia de Produção (15). Porto Alegre: ENGEP. 2005.

PATRICIO, M. *Diagnóstico e proposta de modelo de avaliação operacional para automação em terminais de contêineres no Brasil*. Biblioteca Digitais de Teses e Dissertações da USP, 2014. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde./Tese_Patricio.pdf>. Acesso em: 20 novembro 2015.

PINTO, A. R. F. et al. *Metodologia para otimização em subcontratação de serviços de usinagem. Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*. Rio de Janeiro, p. 291-313, 18 Julho 2013. Disponível em: <<http://www.podesenvolvimento.org.br/inicio/index.php?journal=podesenvolvimento&page=article&op=view&path%5B%5D=192>>. Acesso em: 21 novembro 2015.

PORTO DE SANTOS. *Estatísticas* 2015. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/estatisticas.php>>. Acesso em: 12 setembro 2016.

REVISTA PORTUÁRIA. *Economia & Negócio. Paraná ganha novo Terminal Portuário privado*, 2015. Disponível em: <<http://www.revistaportuaria.com.br>>. Acesso em: 26 setembro 2015.

SILVA, R. F. D.; BARTHOLOMEU, D. B.; CAIXETA FILHO, J. V. *Impactos ambientais de açúcar para exportação no Brasil: quantificação das emissões de GEE evitadas pelo uso do modal ferroviário*, 2015. Disponível em: <<http://esalqlog.esalq.usp.br/wp-content/uploads/2015/08/Impactos-ambientais-de-a%C3%A7%C3%A9car-para-exporta%C3%A7%C3%A3o-no-Brasil-quantifica%C3%A7%C3%A3o-das-emiss%C3%B5es-de.pdf>>. Acesso em: 21 novembro 2015.

TEREX PORT SOLUTION. *Product Range. Presented by the go-to expert for all your needs.* Disponível em: <http://elit.terex.com/assets/ucm03_084808.pdf>. Acesso em: 26 Setembro 2015.

WATANABE, Y. *Evaluation of Carbon Dioxide Emissions from Container Ports.* ***Journal of International Logistics and Trade***, Washington, DC, 26 junho 2005. 85-93. Acesso em: 21 novembro 2015.

YANG, Y. . C. W. *Performance Analysis of Electric-Rubber Tired Gantries from a Green Container Terminal Perspective*, 2013. Disponível em: <<http://easts.info/online/proceedings/vol9/PDF/P212.pdf>>. Acesso em: 21 novembro 2015.