10.30612/agrarian.v13i47.9215

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Simulação de operações de grãos em um terminal portuário

Simulation of grain operation in a Port terminal

Aguinaldo Eduardo de Souza*, João Gilberto Mendes dos Reis, Emerson Rodolfo Abraham, Renato Márcio dos Santos, Matheus Palmieri Gobbetti

[1] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Grupo de Pesquisa em Redes de Suprimentos, Universidade Paulista. Rua Dr. Bacelar, 1212 – Vila Clementino. CEP: 04026-002 – São Paulo/SP. email: souza.eduaguinaldo@gmail.com

Recebido em: 27/12/2018 Aceito em:15/05/2019

Resumo: O agronegócio é uma das principais atividades da economia no Brasil e de suma importância para a balança comercial brasileira. Neste cenário a exportação de grãos coloca o Brasil em uma posição privilegiada no comércio internacional de *commodities* agrícolas. Em 2017 o milho foi o principal responsável pela alta performance do setor, com o crescimento de 13%. O grão protagonizou no ano de 2017 a produção de 97 milhões (t). O objetivo deste artigo é investigar eventuais gargalos logísticos na operação de recebimento e armazenamento do milho no complexo portuário de Santos. Para tanto, optou-se por estudar os referidos processos em um terminal portuário de exportação, aqui denominado Terminal A utilizando-se de simulação. Os resultados apresentam duas operações distintas, a chegada do grão no terminal por ferrovia (vagão) e a chegada por rodovia (caminhão) e apontam potenciais gargalos operacionais.

Palavra-chave: Simulação; Terminal Portuário; Armazenagem; Ferrovia; Rodovia e Milho

Abstract: Agribusiness is one of the main activities of the Brazilian economy and so important for the Brazilian trade balance. In this scenario the export of grains places Brazil in a privileged position in the international trade of agricultural commodities. In 2017 corn was the main responsible for the high performance of the sector, with growth of 13%, about 97 million tons produced. Thus, the objective was to investigate the possible logistic bottlenecks in the corn receiving and storage operation in the Santos port complex. Therefore, it was decided to study the processes in an exportation terminal, called Terminal A, using simulation. The results showed two distinct operations, the arrival of the grain in the terminal by railroad (wagon) and the arrival by road (truck); and pointed potential operational bottlenecks.

Keywords: Simulation; Port Terminal; Storage; Railroad; Road and Corn

Introdução

O agronegócio brasileiro se destaca como o segmento que mais contribui para a economia nacional, respondendo por ¼ do Produto Interno Bruto - PIB (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2018). Dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE revelam um crescimento no segmento de 13% no ano de 2017. Os grãos foram os principais responsáveis pelo desempenho do setor, com destaque absoluto para a cultura do milho. Em 2017 a colheita nacional do cereal atingiu o volume de 97 milhões (t), um extraordinário aumento de 55,2% em relação ao ano anterior que fechou com 67 milhões (t) produzidas (IBGE, 2018; MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS-MDIC, 2018).

O Brasil tem ocupado posição de destaque na produção mundial do milho (Reis et al. 2016). Para o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA na safra de 2016/17, o país ocupou a terceira posição no ranking mundial dos maiores produtores com a colheita de 98 milhões (t), atrás da China 219 milhões (t) e Estados Unidos 384 milhões (t) (USDA, 2018).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

De fato o uso de novas tecnologias associadas a cultivares de alto potencial genético e transgênicas, correção de solos, controle químico de pragas e maior densidade de plantio contribuíram para o incremento da produção brasileira do milho (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018). Contudo, por vezes, a eficiência produtiva alcançada traduzida em competitividade é comprometida no momento do escoamento do grão. Alguns estudos observam os impactos negativos a competitividade dos produtos brasileiros, relacionados aos gargalos logísticos devido a ineficiência operacional e infraestrutura deficitária (DUBKE, 2006; WANKE & HIJJAR, 2009; HILSDORF & NOGUEIRA NETO, 2015; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES – CNT, 2018).

Considerando o estudo do Departamento de Agronegócio - DEAGRO que projeta um crescimentos de 75% para safra de 2026/2027 nas exportações do milho nacional FIESP (2017), os terminais portuários, principal porta de saída das *commodities* agrícolas, em especial o milho, objeto deste estudo, estão preparados para responderem as crescentes demandas do mercado internacional? Neste sentido, observa-se que a pesquisa operacional e a simulação podem auxiliar no processo decisório das organizações. A pesquisa operacional lida com problemas de como conduzir e coordenar certas operações (MOREIRA, 2017). Enquanto que a aplicação de simulação em um evento operacional, permite analisar teorias e hipóteses em relação a vários cenários (FILHO, 2008).

Diante do exposto, o presente estudo simula um processo de operação de recebimento e armazenamento de grãos de milho. Decidiu-se pela escolha de um terminal marítimo de exportação no Porto de Santos, aqui denominado Terminal A. O objetivo da simulação é dimensionar a capacidade operacional do Terminal A no que concerne recebimento e armazenagem.

Em razão disso, realizou-se uma pesquisa exploratória e quantitativa através de coleta de dados no próprio terminal. Em seguida, optou-se por aplicar o modelo de simulação ARENA® Rockwell Software Inc. 11.0® versão acadêmica.

Referencial Teórico

Transporte Marítimo

O transporte é considerado fator fundamental para a logística internacional. A logística sendo um processo que coordena o fluxo de bens em uma cadeia de suprimentos, sem a existência do transportes, o fluxo de bens seria inviabilizados (REIS et al., 2015).

Responsável por mais de 90% do fluxo de cargas do comércio internacional, o transporte marítimo é a chave para economia global (KEEDI, 2010; DAVID & STEWART, 2010). No Brasil devido a suas dimensões continentais e o extenso litoral, o transporte marítimo é de vital importância para o desenvolvimento social do país (SOUZA et al., 2017). Deste modo, os terminais portuários juntamente e as estruturas portuárias exercem papel fundamental no comércio internacional principalmente no que concerne ao escoamento do agronegócio brasileiro, tendo em vista que o Brasil é um dos principais exportadores mundiais de grãos (IBGE, 2018b).

A infraestrutura do sistema portuário compreende vários subsistemas, que por vezes estão interconectados tendo relação com o tipo de navios e cargas movimentas por ele (DAVID & STEWART, 2010).

A existência dos portos está diretamente ligada a atender demandas do serviço de transporte (frete, armazenagem, movimentação, transbordo, etc.) e navios (píeres, abastecimento, reparos, etc.). O porto atua como interface entre o transporte internacional e o transporte doméstico, Handabaka (1994) e Barros (2013), consideram que os portos sãos instalações físicas que desempenham o papel de movimentação de cargas, transbordo de cargas entre modais e consolidação de cargas.

Para Alfredini e Arasaki (2009), o porto é um elo importante na cadeia logística e pode ser caracterizado como terminal multimodal ligado a abrigo; profundidade e acessibilidade; canal de acesso; bacia de evolução; berços de atracação; área de retroporto e acesso terrestre ou aquaviários.

Terminal Portuário

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Terminais são pontos nodais de um sistema de transportes onde ocorrem entrada e saída de cargas e veículos neste sistema (Fig. 1). Neste ambiente se processam transferências entre modais. Um terminal pode ter atividades voltada a um ou mais tipo específico de carga, chamado terminais multiuso.

De acordo com Magalhães (2016), na perspectiva de engenharia de transportes o conceito de terminal engloba todas as instalações onde inicia ou se encerra um processo de transporte. Já o terminal portuário, o autor conceitua como instalações voltada para atendimento de navios e cargas especializadas, podendo ser instalações isoladas ou não. Ainda Magalhães (2016), terminal portuário deve dispor de infraestrutura específica considerando tipos de embarcação e tipos de carga, demandando assim estrutura adequada para embarque/desembarque, estocagem, recebimento, entrega etc.

Dentre os tipos de carga movimentada por um terminal portuário, pode-se destacar: contêineres, *roll-on roll-off*, carga geral solta e unitizada, granéis líquidos e sólidos, etc. (BARROS, 2013).

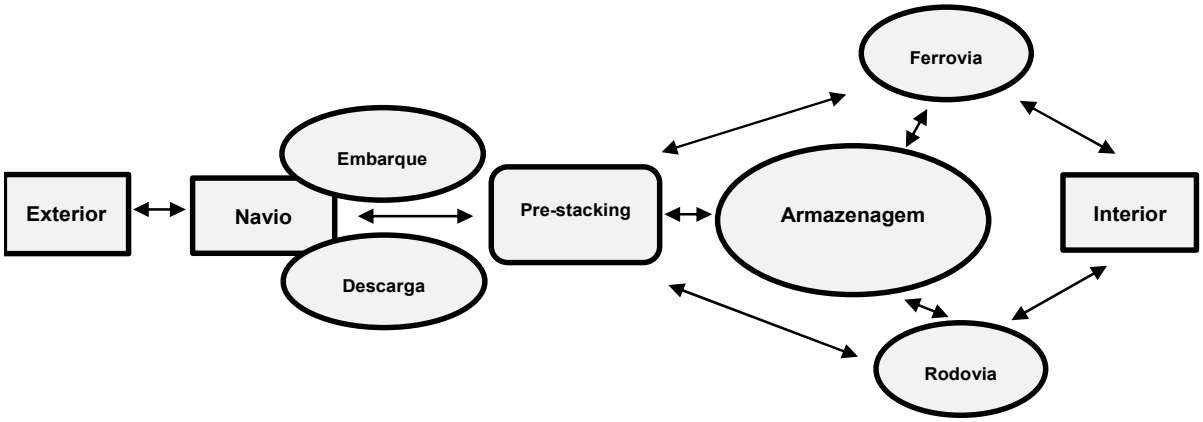


Figura 1. Processo de importação e exportação em um terminal portuário. **Fonte:** Adaptado Kim e Günther, (2007)

Simulação

Em computação, um modelo de simulação é uma abstração simplificada da realidade, utilizado para representar o funcionamento de algum sistema (VARAJÃO et al., 2010; CAUCHICK & FLEURY, 2012; CHWIF & MEDINA, 2015). Os sistemas são compostos por partes componentes que interagem entre si no intuito de se atingir algum propósito (VARAJÃO et al., 2010), esses podem ser naturais, ou elaborados pelo ser humano, tais como sistemas logísticos, processos produtivos, redes de empresas, entre outros.

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 (CAUCHICK & FLEURY, 2012)

Apesar de sua grande importância e utilização em diversos campos do conhecimento, Chwif e Medina (2015) esclarecem que a simulação não pode prever o futuro, e sim o comportamento de um sistema, desse modo não substitui o pensamento inteligente, além disso, a simulação é uma ferramenta de análise de cenários e pode ser utilizada em conjunto com recursos de otimização, mas não é em si mesma uma ferramenta de otimização.

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. Mais especificamente, em uma operação portuária, se o número de

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

equipamentos e homens é necessário para carregar e descarregar navios, entre outras aplicações (CHWIF & MEDINA, 2015).

Materiais e Métodos

Com objetivo de compreender eventuais gargalos logísticos em um terminal portuário, optou-se por aplicar um modelo de simulação visando dimensionar a capacidade operacional e o nível de resposta para futuras demandas. Portanto, decidiu-se pelo modelo de simulação ARENA® Rockwell Software Inc. 11.0® versão acadêmica. O presente estudo foi realizado em três etapas:

Primeira: Coleta de Dados. Os dados foram extraídos do sistema de controle do próprio Terminal A, disponibilizado pela gerência de operações. Nestes dados estão contidas informações acerca das operações no terminal.

Segunda: Tratamento de dados. Os dados foram selecionados por tipo de evento, rodoviário e ferroviário, levando em consideração três meses de maior pico de demanda do milho (agosto, setembro e outubro). Em seguida, realizou-se o levantamento de tempo de operação de cada evento (Fig. 3 e Fig. 4), considerando e média ponderada e o desvio padrão.

Terceira: Processo de simulação. Após aferimento de tempo de cada processo, aplicou-se o modelo de simulação ARENA®, considerando o horizonte de cenário de um ano.

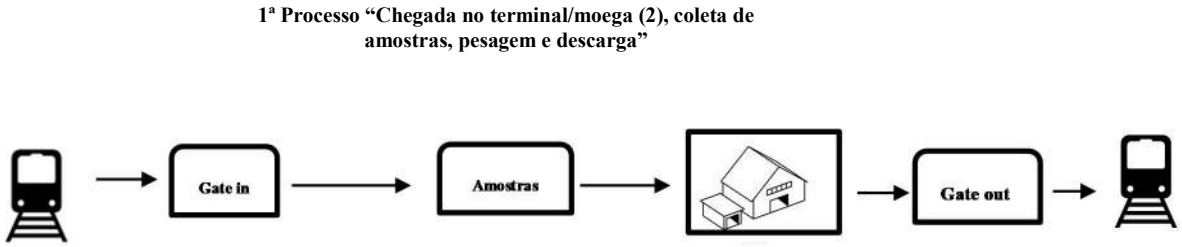


Figura 2. Evento completo – Ferroviário. **Fonte:** Elaborado pelos autores

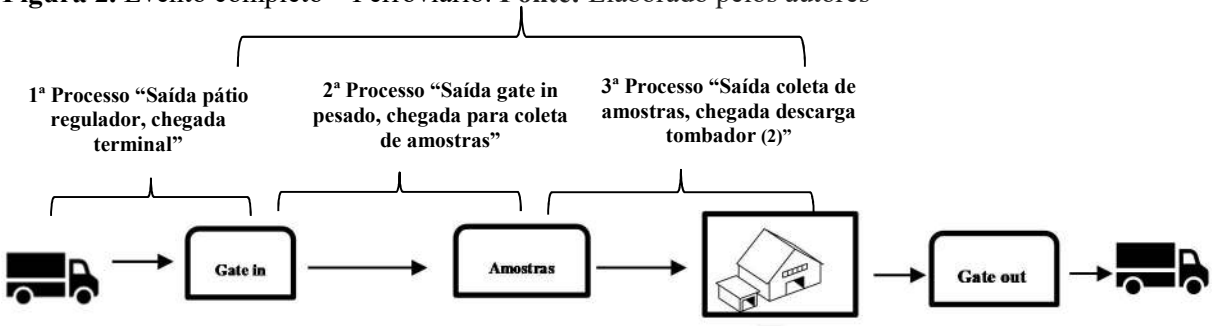


Figura 3. Evento completo – Rodoviário. **Fonte:** Elaborado pelos autores

Estudo de Caso

O Terminal A é um terminal portuário especializado em granel sólido, que opera no Porto de Santos. Possui uma área de mais de 300 mil m^2, composta por acesso rodoferroviário; dois gates, uma entrada e outro saída; duas moegas ferroviárias; dois tombadores para descarga de caminhões; píer de atracação para navios; correia transportadora e dois armazéns graneleiros, com capacidade estática de 108 mil (t) cada um. Sua infraestrutura é voltada para embarque de *commodities* agrícolas, com destaque para o milho, objeto de estudo desta pesquisa de simulação.

Dados coletados através da gerência de operação do Terminal A, atestam que para estocagem mensal do milho é necessário ¾ da

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

capacidade estática total, ou seja, 162 mil (t), tendo em vista a capacidade total de armazenagem do terminal é de 216 mil (t).

Em 2016, observou-se que 52% dos 21,8 milhões (t) milho nacional exportado foi escoado pelo Porto de Santos, 11,2 milhões (t) (MDIC, 2018b). Deste montante, cerca de 20% de todo volume escoado pelo porto santista foi movimentado pelo Terminal A, cerca de 2,2 milhões (t).

Discussão e Resultados

Simulação: Operação Vagões

No montante total de recebimento e armazenamento do milho, a operação de vagão representa 80% de toda movimentação do terminal. Nesta operação (Fig. 2), denominado "evento" para efeito da simulação no ARENA® (Fig. 4), observa-se apenas um processo.

O processo inicia-se com a chegada das composições no terminal que são enviadas diretamente para as moegas para o descarregamento dos vagões. Vale ressaltar que os processos de pesagem e a coleta de amostras são efetuados simultaneamente com a descarga.

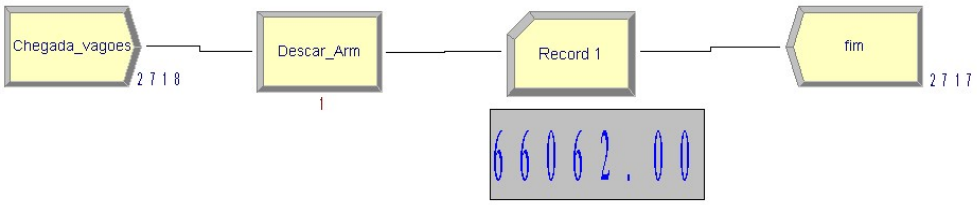


Figura 4. Simulação vagões. **Fonte:** ARENA®

Tabela 1. Indicadores de Performance

Vagões		**Utilização recurso**		**Vagões na fila**			**Tempo vagões na fila (horas)**			**Total vagões**
Entrada	*Saída*	*Moega1*	*Moega 2*	*Média*	*Mínimo*	*Máximo*	*Média*	*Mínimo*	*Máximo*	
2.718	2.717	34%	68%	0,02	0,00	3,00	0,07	0,00	4,29	66.062

Fonte: Adaptado da simulação ARENA®

Como ilustra a Tabela 1, os resultados da simulação indicaram a saída de 2.717 vagões. A taxa de ocupação média das moegas foram de: 34% na moega 1 e 68% na moega 2. Pôde-se observar ainda, que, apesar de vários vagões entrarem direto para descarga sem espera, em média 0,02 vagão aguardou na fila, alcançando assim a média máxima de 3 vagões na fila de espera. Acerca do tempo de espera, a média ficou em 0,07 horas, com máximo de 4,29 horas de espera. No período simulado (1 ano) foi registrado 66.062 vagões descarregados.

Simulação: Operação Caminhões

Enquanto 80% das operações do terminal tem sua origem na ferrovia, os caminhões representam 20% de toda a operação, sendo que 70% deste volume é composto pelo veículo bitrem (2 semi rebocadores acoplados entre si). A operação completa deste "evento" para efeito da simulação (Fig.5) no ARENA®, é composta por três processos: a) saída pátio regulador/chegada no terminal (gate); b) saída gate/chegada de coleta amostras; c) saída coletas de amostras/chegada nos tombadores para descarga (Figura 3).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

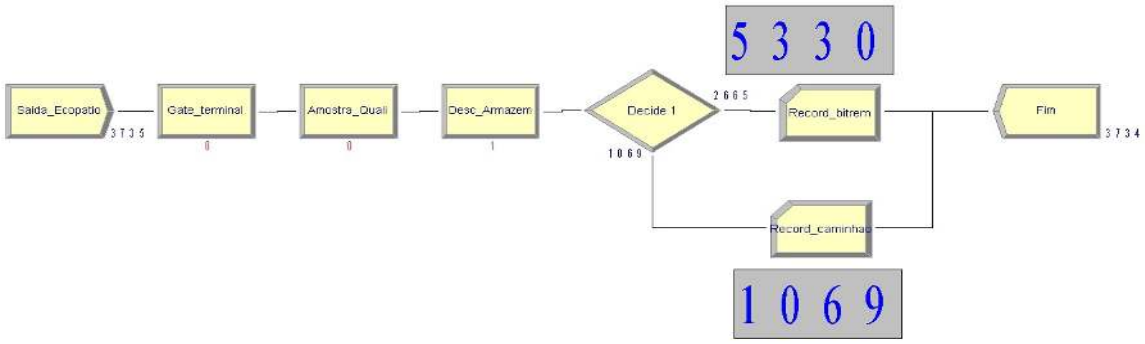


Figura 5. Simulação caminhão. Fonte: ARENA®

Tabela 2. Indicadores de Performance

Caminhões		**Utilização recursos**			**Caminhões na fila**			**Tempo caminhões na fila (horas)**			**Total**	
Entrada	*Saída*	*Tombadores*	*Pessoas*	*Gate*	*Média*	*Min*	*Máx*	*Média*	*Min*	*Máx*	6.339	
2.735	2.734	47%	2%	67%	0,07	0,00	4,00	0,16	0,00	5,75		

Fonte: Adaptado da simulação ARENA®

Os resultados observados na Tabela 2, indicam que dos 2.735 veículos que entraram, 2.734 saíram, ficando em média 0,07 caminhões aguardando na fila, chegando a 4 caminhões na média máxima. No que se refere aos recursos, os resultados apontaram que o gate é o recurso mais exigidos na operação, com taxa de uso de mais de 67%, seguido pelos tombadores, que juntos representaram uma taxa de uso de 47%. Já o uso do recurso pessoas ficou em 2%. No que se refere ao tempo de espera, 0,16 horas a média, chegando a 5,75 horas máxima de espera por caminhão. Um total de 6.339 veículos foram descarregados no final da simulação (1 ano), sendo 5.330 bitrem e 1.069 caminhões

Conclusões

O presente estudo teve como objetivo principal simular uma operação de recebimento e armazenamento do milho, de modo a mapear eventuais gargalos operacionais deste processo no Terminal A. Com isso, foi possível observar que dentre as duas operações, a do caminhão é a operação que se mostra mais crítica em um cenário de aumento de demanda. Em que pese, na operação de vagão, uma taxa média de ocupação dos recursos de 34% moega 1 e 68% moega 2, a operação com caminhão se mostrou mais vulnerável a gargalos. O estudo identificou na operação de caminhões, uma taxa de uso dos recursos de 67% no gate e 47% nos tombadores. Desta maneira, pode-se concluir que apesar das operações com caminhão representar 20% do terminal, se as perspectivas de aumento da demanda pelo grão brasileiro se concretizarem, o Terminal A estará diante de um iminente gargalo operacional. Portanto, os resultados indicam a necessidade de investimentos de ampliação acerca dos recursos disponíveis, considerando o aumento crescente da demanda internacional pelo grão nacional.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a agência CAPES pelo financiamento concedido.

Referências

ALFREDINI, PAOLO, e EMILIA ARASAKI. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

BARROS, CRISTINA FERREIRA. "**Procedimento para Classificação de Portos Organizados Brasileiros.** Brasília-DF: Universidade de Brasília, 2013. Dissertação

(Mestrado em Transportes), Universidade de Brasília, 2013.

CAUCHICK, PAULO AUGUSTO CAUCHICK, E AFONSO CARLOS CORRÊA FLEURY. 2012. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3ª ed. São Paulo: Elsevier, 2012.

CHWIF, LEONARDO, E AFONSO MEDINA. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos. Teoria e Aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Elsevier - Campus, 2015.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. 2018. "**Anuário CNT do Transporte - Estatísticas Consolidadas 2017**". 2018. Disponível em: <http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/>. Acesso em: 31maio.2018.

DAVID, PIERRI A., E RICHARD D. STEWART. **Logística Internacional.** São Paulo: Cengage Learning, 2010.

DUBKE, ALESSANDRA FRAGA. **Modelo de localização de terminais especializados: um estudo de caso em corredores de exportação da soja.** Rio de Janeiro-RJ**:** Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006. Tese (Doutorado Engenharia Industrial), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro Universidade, 2006.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2018. **Sistema de Produção EMBRAPA - Cultivo do Milho**. 2018. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658>. Acesso em 31 maio 2018.

FIESP, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2017. **Outlook Fiesp 2027 – Projeções para o Agronegócio Brasileiro.** Disponível em: < http://hotsite.fiesp.com.br/outlookbrasil/2027/index.html>. Acesso em 12 abril 2018.

FILHO, PAULO JOSÉ DE FREITAS. **Introdução a Modelagem e Simulação de Sistemas, com aplicação em Arena**. 2ª. Florianópolis: Visual Books, 2008.

HANDABAKA, ALBERTO RUIBAL. **Gestão logistica da distribuição fisica internacional.** 4ª ed. São Paulo (SP): Maltese, 1994

HILSDORF, WILSON DE CASTRO, E MÁRIO DE SOUZA NOGUEIRA NETO. 2015. "Porto de Santos: prospecção sobre as causas das dificuldades de acesso". **Gestão & Produção** 23 (1): 219–31. https://doi.org/10.1590/0104-530X1370-14.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2018a. "Apresentação PIB 2017". **Agência de Noticias IBGE**. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-detalhe-de midia.html?view=mediaibge&catid=2102&id=1801> Acesso em 12 abril 2018.

KEEDI, SAMIR. **Transportes, Unitização e Seguros Internacionais de Carga: Práticas e Exercícios**. São Paulo: Aduaneiras, 2010.

KIM, KAP HWAN, E HANS-OTTO GÜNTHER. **Container Terminals and Cargo Systems: Design, Operations Management, and Logistics Control Issues** *; with 72 Tables*. Berlin: Springer. 2007

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2018. "**Agropecuária puxa o PIB de 2017**". Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <2018. http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017>. Acesso em 12 abril 2018.

MDIC, MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. 2018. "**Séries Históricas - Balança Comercial Brasileira 1989-2017**". Disponível em;

<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/series-historicas> Acesso em 04 abril 2018.

MOREIRA, DANIEL AUGUSTO. **Pequisa Operacional: Curso Introdutório.** 2ª. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

REIS, JOÃO GILBERTO MENDES DO, MÁRIO MOLLO NETO, ODUVALDO VENDRAMETTO, E PEDRO LUIZ DE OLIVEIRA COSTA NETO. 2015. **Qualidade em Redes de Suprimentos - A Qualidade aplicada ao Supply Chain Management.** São Paulo: Atlas.

REIS, JOÃO GILBERTO MENDES DOS, ODUVALDO VENDRAMETTO, IRENILZA DE ALENCAR NAAS, LUCIO TADEU COSTABILE, E SIVANILZA TEIXEIRA MACHADO. 2016. "Avaliação das Estratégias de Comercialização do Milho em MS Aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP)". **Revista de Economia e Sociologia Rural** 54 (1): 131–46. https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401007.

SOUZA, AGUINALDO EDUARDO DE, JOÃO GILBERTO MENDES DO REIS, EMERSON RODOLFO ABRAHAM, E SIVANILZA TEIXEIRA MACHADO. 2017. "Brazilian Corn Exports: An Analysis of Cargo Flow in Santos and Paranagua Port". **IFIP Advances in Information and Comunication Technology** 514: 105–12.

USDA, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2018. "**Economics, Statistics and Market Information System**". Disponível em <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1273>. Acesso em 14 março 2018.

VARAJÃO, JOÃO EDUARDO QUINTELA, MARIA MANUELA CRUZ-CUNHA, GORAN D PUTNIK, E ANTÓNIO TRIGO. "**Simulation in Information Systems: Potential of the Vulnerability Theory"**, 2010. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16402-6.

WANKE, PETER FERNANDES, E MARIA FERNANDA HIJJAR. 2009. "Exportadores brasileiros: estudo exploratório das percepções sobre a qualidade da infraestrutura logística". **Production** 19 (1): 143–62. https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000100010.