

## MODELO OPERACIONAL PARA SIMULAÇÃO DE TERMINAIS DE CONTÊINERES BRASILEROS

**Suellem Deodoro Silva**

**Cristiane Duarte Ribeiro de Souza**

**Márcio de Almeida D'Agosto**

Programa de Engenharia de Transportes – COPPE/UFRJ

### RESUMO

No Brasil, no ano de 2008, 65,10% da carga geral foi transportada por contêineres, além disso, nos últimos 8 anos a movimentação de contêineres aumentou 10,1%. Em virtude desta crescente demanda de cargas contêinerizadas, os terminais de contêineres têm sido objeto de estudos de trabalhos que visam aplicar ferramentas de pesquisa operacional e simulação para auxiliar o planejamento da capacidade de atendimento desses terminais. O presente trabalho tem por objetivo identificar a estrutura operacional dos terminais de contêineres brasileiros e propor um modelo operacional que represente de forma genérica a estrutura operacional com maior probabilidade de otimizar a capacidade de atendimento dos terminais. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental com o intuito de traçar um perfil dos terminais de contêineres brasileiros, identificar o modelo operacional com maior ocorrência entre os terminais pesquisados e consolidar os conhecimentos relacionados a modelos de simulação aplicados ao setor portuário. 53% dos terminais de contêineres brasileiros apresentam características físicas e operacionais semelhantes e o modelo proposto encontra-se adequado a 67% dos terminais de contêineres brasileiros pesquisados.

### ABSTRACT

In Brazil, in 2008, 65.10% of freight general cargo were transported within containers, in addition, over the past eight years the handling of containers increased by 10.1%. Given this growing demand for containerized cargo, the container terminals have been studied in works that aim at applying tools of operational research and simulation to help planning the service capacity of these terminals. This study aims to identify the operational structure of the container terminals in Brazil and to propose an operational model that represents the generic form of operational structure most likely to optimize the service capacity of terminals. We performed a bibliographic and documentary research in order to define a profile of container terminals in Brazil, identifying the operational model with the highest occurrence between terminals surveyed and consolidate the knowledge related to simulation models applied to the port sector. 53% of container terminals in Brazil have similar physical and operational characteristics and the proposed model is suitable for 67% of Brazilian container terminals surveyed.

### 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, nos últimos 8 anos a movimentação de contêineres aumentou 10,1%. No ano de 2008, 65,10% da carga geral foi transportada por contêineres. De acordo com Peixoto e Botter (2005), o aumento do volume do comércio de cargas contêinerizadas gera uma cadeia de suprimentos cada vez mais usuária e dependente do desempenho e da produtividade dos terminais de contêineres.

Segundo Ignacio e Neves (2009), os terminais de contêineres são formados por um conjunto de processos complexos que envolvem interações entre sistemas e subsistemas portuários e vários tipos de cargas, dificultando assim, a realização de um estudo analítico da situação do terminal.

Neste contexto, autores como Gambardela *et al* (1998), Yun e Choi (1999), Bruzzone *et al* (1999) e Brito (2009) afirmam que a simulação vem se tornando uma ferramenta adequada para a aplicação em estudos de sistemas complexos, como é o caso dos terminais de contêineres.

Este trabalho tem por objetivo propor um modelo operacional para a simulação de terminais de contêiner que considere a estrutura operacional dos terminais de contêineres brasileiros e as variáveis e parâmetros significativos para a elaboração da simulação deste tipo de terminal.

A partir desta introdução este trabalho encontra-se dividido em 5 itens. No item 2 apresenta-se o perfil dos terminais de contêineres brasileiros e com base neste perfil, propõe-se, no item 3, um modelo conceitual da operação destes terminais. O item 4 apresenta a conceituação de simulação e uma revisão bibliográfica com 16 trabalhos, sendo 8 nacionais e 8 internacionais, sobre simulação aplicada à terminais de contêineres identificando as variáveis e parâmetros que os compõem. A partir desta revisão bibliográfica propõe-se, no item 5, um modelo operacional de simulação para os terminais de contêineres brasileiros. Finalmente, o item 6 apresenta as considerações finais e sugestões deste trabalho.

## 2. PERFIL DOS TERMINAIS DE CONTÊNERES BRASILEIROS

Os terminais de contêineres necessitam basicamente de 4 (quatro) áreas específicas para a sua operação: o berço de atracação, a faixa do cais, a área de armazenagem e as chamadas áreas de apoio (Fernandes, 2001, Goes Filho, 2008, Peixoto e Botter, 2005 e Prata *et al*, 2006).

Com o intuito de se verificar as características dos terminais de contêineres brasileiros realizou-se uma pesquisa documental e uma entrevista não estruturada junto a Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, que permitiu identificar os portos brasileiros que possuem terminais de contêineres. Nesta pesquisa foram identificados 14 portos e um total de 19 terminais de contêineres.

Ao identificar os terminais de contêineres, observou-se que 13 desses terminais eram associados à Associação Brasileira de Terminais de Contêineres de Uso Público – ABRATEC, e estes disponibilizavam nos *websites* do terminal e/ou da ABRATEC informações relacionadas às suas características de infraestrutura e de operação, assim como o histórico anual de sua movimentação de contêineres.

Embora tenham sido identificados 14 portos e 19 terminais de contêineres, este estudo, em virtude das limitações de disponibilidade de informações acessíveis pelos meios utilizados na pesquisa, analisou 11 portos e um total de 15 terminais de contêineres.

A Tabela 1 apresenta as principais características de infraestrutura dos terminais de contêineres brasileiros pesquisados e a demanda de contêineres nos últimos 2 anos. Já a Tabela 2 apresenta os tipos de equipamentos utilizados, nos terminais pesquisados, para os processos de carga e descarga, manuseio e armazenagem dos contêineres.

Um dos elementos que influenciam o planejamento operacional de um terminal é o tamanho de sua área. Os terminais brasileiros pesquisados apresentam em sua maioria (53%) entre 70.000 m<sup>2</sup> e 185.000 m<sup>2</sup> de área (Tabela 1).

Ainda na Tabela 1, pode-se observar que 94% dos terminais possuem acesso ferroviário, o que possibilita as práticas intermodais ferro-aquaviária e rodo-aquaviária, esta última é o principal tipo de operação intermodal utilizada pelos terminais de contêineres brasileiros.

Na Tabela 2 pode-se observar que os equipamentos portuários dos terminais dividem-se basicamente em duas áreas de atuação: o cais e o pátio. No Cais os equipamentos mais utilizados são os portêineres do tipo Panamax (67%) e MHCs do tipo Fantuzzi – Reggiane (47%). Já no pátio são as empilhadeiras do tipo *readsteacker* (93%) e RTG (80%).

**Tabela 1: Características operacionais dos terminais de contêineres brasileiros.**

Região	Porto	Nome do Terminal	Características							Quantidade de contêineres movimentados (TEU)	
			Profundidade do Canal de Acesso (m)	Berço			Área Total (m <sup>2</sup> )	Acesso ferroviário		2008	2009
				Quantidade (unidade)	Profundidade (m)	Extensão (m)		Possui	Operadora Ferroviária		
Sudeste	Santos	TECON 1	12,8	4	15	1290	596.000	S	MRS, ALL E FERROBAN	1.251.000	1.032.000
		TERMINAL 37 - LIBRA	13	5	13,5	1.100	380.000	S	MRS e ALL	903.288	729.546
		TECONDI	13	5	14,5	980	105.380	S	MRS e FERROBAN	288.320	306.000
		RODRIMAR	13	2	11,5	400	70.000	S	MRS e FERROBAN	138.393	146.880
	Rio de Janeiro	LIBRA - TERMINAL 1	12,6	2	12,6	545	140.000	S	MRS	217.892	180.392
		MULTIRIO	12,6	2	12,6	533	185.000	S	MRS	229.000	179.000
	Itaguaí	SEPETIBA TECON	19,5	2	14,5	810	400.000	S	MRS	210.000	204.000
Vitória	TERMINAL DE VILA VELHA	10,67	2	10,67	232	108.000	S	FCA	282.981	211.387	
Sul	Rio Grande	TECON RIO GRANDE	12,2	2	12,2	850	735.000	S	ALL	626.408	656.358
	Paranaguá e Antonina	TCP - TERMINAL DE CONTÊINERES PARANAGUÁ	12,7	2	12,5	564	302.800	S	ALL	604.690	627.879
	Itajaí	TECONVI	10,7	4	11,3	1.035	180.000	N	-	288.757	184.213
	São Francisco do Sul	TESC - TERMINAL DE SANTA CATARINA	12	1	11,4	225	30.000	S	SUL - ATLÂNTICO	-	-
Nordeste	Suape	TERMINAL DE CONTÊINERES DE SUAPE (TECON)	16,5	3	15,5	935	290.000	S	CFN	294.500	242.702
	Salvador	TECON SALVADOR	12	2	12	450	73.443	S	CENTRO - ATLÂNTICA	235.811	231.908
Norte	Vila do Conde	CONVICON	12,5	1	13	254	100.000	S	SUL - ATLÂNTICO	-	-

Legenda: - Ausência de informação.

Fonte: Elaboração própria a partir de ABRATEC (2008), ANTAQ (2009), ANTAQ (2010), Santos Brasil (2010), Libra – T37 (2010), Tecondi (2010), Rodrimar (2010), Libra – Terminal 1 (2010), Multirio (2010), Sepetiba Tecon (2010), Tecon Rio Grande (2010), TCP (2010), Teconvi (2010), TESC (2010), Tecon Suape (2010), Tecon Salvador (2010) e CONVICON (2010).

**Tabela 2:** Quantidade de equipamentos por tipo utilizados nos processos de carga e descarga, manuseio e armazenagem dos contêineres.

Nome do Terminal	Equipamentos Portuários												
	Cais								Pátio				
	Portêiner			MHC				caminhão trator	semi- reboque	Reachstackers	Empilhadeiras	RTG	Transtêiner ferroviário
	Panamax	Post - Panamax	Super Post - Panamax	Fantuzzi- Reggiane	Liebherr LHM	Takraf	Gottwald						
TECON 1	14	-	-	1	-	10	-	-	-	34	5	22	2
TERMINAL 37 - LIBRA	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	22	20	-
TECONDI	3	-	-	2	2	-	-	-	-	15	2	6	-
RODRIMAR	3	-	-	1	2	-	-	18	24	25	17	-	-
LIBRA - TERMINAL 1	1	2	-	1	-	-	-	24	24	13	19	-	-
MULTIRIO	1	1	-	-	1	-	2	20	20	16	-	-	-
SEPETIBA TECON	-	-	4	-	-	-	2	17	12	14	27	2	-
TERMINAL DE VILA VELHA	2	-	-	-	-	2	-	16	16	6	15	3	1
TECON RIO GRANDE	-	4	-	-	-	1	4	32	36	18	29	4	-
TCP - TERMINAL DE CONTÊINERES PARANAGUÁ	2	1	-	1	-	-	-	16	18	2	8	7	7
TECONVI	2	1	-	3	-	-	-	-	-	18	-	-	-
TESC - TERMINAL DE SANTA CATARINA	-	-	-	-	-	-	4	-	-	10	5	-	-
TERMINAL DE CONTÊINERES DE SUAPE (TECON)	2	-	2	-	-	-	-	-	-	7	15	4	2
TECON SALVADOR	2	-	-	-	-	1	-	20	35	9	20	2	2
CONVICON	-	-	-	1	-	-	-	32	32	4	7	-	-

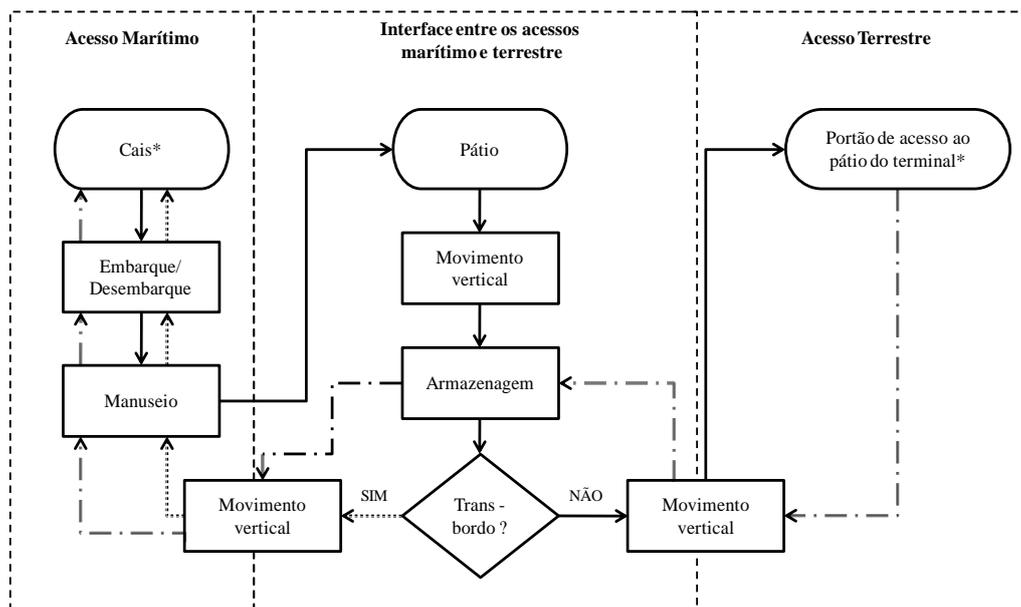
Legenda: - O terminal não possui o equipamento ou a informação não foi divulgada pelo terminal

Fonte: Elaboração própria a partir de ABRATEC (2008), ANTAQ (2009), ANTAQ (2010), Santos Brasil (2010), Libra – T37 (2010), Tecondi (2010), Rodrimar (2010), Libra – Terminal 1 (2010), Multirio (2010), Sepetiba Tecon (2010), Tecon Rio Grande (2010), TCP (2010), Teconvi (2010), TESC (2010), Tecon Suape (2010), Tecon Salvador (2010) e CONVICON (2010).

Ao analisar a coluna “Transtêiner ferroviário” da Tabela 2 percebe-se que embora 93% dos terminais pesquisados possuam acesso ferroviário (Tabela 1), apenas 33% destes realizam operações intermodais ferro-aquaviária.

### 3. MODELO CONCEITUAL DE OPERAÇÃO DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES BRASILEIROS

Com o intuito de verificar a estrutura operacional dos terminais de contêineres brasileiros, além do levantamento dos perfis apresentados nas Tabelas 1 e 2, foram realizadas visitas técnicas a 3 terminais de contêineres brasileiros (portos do Rio de Janeiro (Libra – Terminal 1 e Multirio) e Itaguaí (Sepetiba Tecon)), o que apoiou a elaboração de um modelo conceitual da operação que procura refletir a realidade dos terminais de contêineres brasileiros. A Figura 2 ilustra o modelo proposto.



Legenda:

- Fluxo de Importação
- .....> Fluxo de Transbordo
- · > Fluxo de Exportação

\* Modos de transportes e chegada de contêineres. No caso do acesso marítimo tem-se a chegada de contêineres por meio do navio. Já no caso do acesso terrestre a chegada de contêineres pode ser por meio de caminhões externos e/ou trens

**Figura 2:** Modelo operacional dos terminais de contêineres brasileiros.

O modelo proposto na Figura 2 considera que os terminais de contêineres brasileiros apresentam 3 áreas: a área de acesso marítimo, a área de interface entre o acesso marítimo e o acesso terrestre e a área de acesso terrestre. A área de acesso marítimo é composta pelo cais e é onde ocorrem as operações de desembarque/embarque e manuseio de contêineres do navio para o pátio ou vice-versa. Nesta área considera-se que os equipamentos a serem utilizados sejam os portêineres, para o desembarque/embarque dos contêineres e os conjuntos caminhão trator + semi-reboque, para o manuseio dos contêineres.

A área de interface entre os acessos marítimo e terrestre é composta pelo pátio e é responsável pela armazenagem dos contêineres. Nesta área considera-se que os equipamentos a serem utilizados sejam a empilhadeira do tipo *readsteacker*, para o movimento vertical dos contêineres e os conjuntos caminhão trator + semi-reboque,

para o manuseio dos contêineres da área do pátio para a área do cais. Já a área de acesso terrestre funciona como a interface entre os modos de transporte rodoviário e ferroviário com o modo aquaviário (na forma do pátio do terminal de contêineres), Nesta área utiliza-se, equipamentos do tipo *readsteacker* para realizar a transferência dos contêineres, via movimento vertical, do pátio para os trens ou para os conjuntos caminhão trator + semi-reboque, que não são de propriedade do terminal e vice-versa.

Embora a visita técnica tenha sido realizada apenas em 3 terminais de contêineres brasileiros, realizou-se um contato telefônico com os demais terminais, onde foi possível comparar a semelhança desse modelo operacional com 67% dos terminais identificados.

#### **4. A UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO EM ESTUDOS DE TERMINAIS DE CONTÊNERES**

Em virtude da crescente demanda por cargas contêinerizadas, os gerentes de terminais de contêineres públicos e privados têm procurado realizar estudos que auxiliem os processos de tomada de decisão e contribuam para o aumento da competitividade dos terminais. Estes estudos, na maioria dos casos, enfocam a parte operacional dos terminais e utilizam técnicas de simulação e/ou teoria das filas.

Autores como Hanssan (1993), Botempi *et al* (1997), Mastrolilli *et al* (1998), Gambardela *et al* (1998) e Peixoto e Botter (2005) afirmam que a utilização da simulação em estudos de terminais de contêineres tem sido frequentemente aplicada para auxiliar o processo de tomada de decisão no planejamento e no gerenciamento desses terminais.

A partir de uma revisão bibliográfica, não exaustiva, nas bases: *Science Direct*, *Scientific Commons*, *CiteSeerx* e *SciELO*, no período de 1997 até 2009 elaborou-se as Tabelas 3 e 4 que apresentam, respectivamente, trabalhos nacionais e internacionais que abordam a utilização da técnica da simulação aplicada em estudos de terminais de contêineres, assim como identifica as variáveis utilizadas em cada modelo proposto.

Ao analisar os trabalhos apresentados nas Tabelas 3 e 4 pode-se perceber que a técnica de simulação, em 100% dos trabalhos, é aplicada em estudos de dimensionamento de terminais e determinação de gargalos operacionais. Para tanto, os trabalhos pesquisados buscavam modelar a chegada de navios e contêineres no terminal e os processos operacionais que ocorrem no cais (carga, descarga e movimento) e no pátio (armazenagem e movimento).

Com base nas informações apresentadas nas Tabelas 3 e 4 elaborou-se uma lista das principais variáveis que devem ser utilizadas em um modelo de simulação que visa analisar a capacidade operacional de um terminal de contêineres. O terminal de contêineres foi dividido em três áreas: berço, cais e pátio e as variáveis e parâmetros foram identificadas e associadas em função das áreas, conforme pode ser observado na Tabela 5.

**Tabela 3:** Trabalhos nacionais que utilizam a técnica da simulação aplicada em estudos de terminais de contêineres.

Autor	Objetivo do estudo	Variáveis utilizadas
Neto (2000)	Elaborar um modelo capaz de determinar o impacto das melhorias de procedimentos na eficiência do porto de Sepetiba considerando ou não investimentos em novos equipamentos.	- Demanda de contêineres por tipo; - Tipos de navios; - Tipos de equipamentos; - Produtividade dos equipamentos; - Tempos operacionais (carga, descarga e movimentação); - Tempo de espera.
Maas (2001)	Desenvolver uma metodologia de projeto de terminais intermodais de carga que aplica de forma integrada o conceito CADD e uma ferramenta de simulação.	- Demanda de transbordo; - Oferta de transporte (Demanda de navios, caminhões e trens); - Demanda de carga a ser movimentada pelo terminal por tipo; - Dimensão das áreas do terminal; - Tipo de equipamentos;
Fernandes (2001)	Desenvolver uma sistemática para o dimensionamento econômico-operacional de terminais especializados em contêineres e veículos.	- Demanda de contêineres e de veículos; - Tipos de equipamentos; - Tempos operacionais (carga, descarga e movimentação); - Área de pátio.
Peixoto e Botter (2005)	Definir um método de avaliação comparativa entre diferentes tipos de equipamentos e sistemas de movimentação de retaguarda	- Demanda de contêineres por tipo; - Tipo de equipamentos; - Configurações do pátio.
Vieira (2005)	Identificar, a partir do estudo operacional do terminal de contêineres de Vila Velha, uma melhor condição de operação e utilização dos equipamentos envolvidos no processo de operação dos contêineres.	- Demanda de contêineres; - Quantidade de equipamentos por tipo; - Tempos operacionais (carga, descarga e movimentação) .
Praça <i>et al</i> (2007)	Elaborar um modelo de simulação computacional capaz de verificar se as instalações do terminal do porto de Vila do Conde estavam adequadas para atender a uma demanda futura prevista.	- Demanda de contêineres; - Demanda de navios; - Tempo de espera dos navios; - Tempo de atracação dos navios; - regras de alocação de berço; - Tempos operacionais (carga, descarga e movimentação).
Brito (2009)	Propor a implantação de um terminal regulador de contêineres na região de Cubatão, através da técnica de modelagem e simulação.	- Demanda de contêineres; - Quantidade de caminhões, trens e barcas; - Quantidade de equipamentos por tipo; - Dimensão das áreas do terminal.
Ignácio e Neves (2009)	Usar a técnica de simulação para dimensionar a capacidade de um terminal portuário que opera cargas pesadas e em grandes volumes (Bulk material).	- Quantidade de berços; - Dimensões do canal de acesso; - Dimensão das áreas do terminal; - Demanda de contêineres; - Demanda de navios; - Demanda de trens; - Demanda de caminhões; - Quantidade de equipamentos por tipo.

Fonte: Elaboração própria a partir de Neto (2000), Maas (2001), Fernandes (2001), Peixoto e Botter (2005), Vieira (2005), Praça *et al* (2007), Brito (2009) e Ignácio e Neves (2009).

**Tabela 4:** Trabalhos internacionais que utilizam a técnica da simulação aplicada em estudos de terminais de contêineres.

Autor	Objetivo do estudo	Variáveis utilizadas
Botempi <i>et al</i> (1997)	Elaborar um sistema de apoio à decisão para melhorar a gestão dos terminais intermodais de contêineres	- Demanda de contêineres; - Demanda de contêineres para importação; - Demanda de contêineres de exportação; - Dimensões da área de pátio; - Quantidade de equipamentos por tipo; - tempos operacionais;
Gambardella <i>et al</i> (1998)	Elaborar módulos de simulação para a otimização dos processos de alocação no terminal de contêineres La Spezia, localizado no mar mediterrâneo	- Demanda de contêineres; - Tempo de chegada entre os navios; - Dimensões de área de pátio; - Quantidade de equipamentos por tipo;
Rizzoli <i>et al</i> (1998)	Elaborar um modelo de simulação, utilizando técnicas de pesquisa operacional, que seja capaz de testar as políticas operacionais do terminal de contêineres La Spezia.	- Demanda de contêineres; - Demanda de navios; - Tempo de chegada dos navios; - Quantidade de equipamentos por tipo; - Plano de operação do navio.
Mastrolilli <i>et al</i> (1998)	Elaborar um modelo de simulação do terminal de contêineres de La Spezia capaz de validar políticas alternativas de gestão para os processos de alocação de recursos (equipamentos portuários), carga e descarga do navio	- Demanda de contêineres; - Demanda de navios; - Tempo de chegada dos navios; - Quantidade de equipamentos por tipo; - Plano de operação do navio.
Bruzzone <i>et al</i> (1999)	Apresentar exemplos de aplicação de sistemas de simulação utilizados como ferramenta para otimizar os processos operacionais dos terminais de contêineres.	- Tempos operacionais (carga, descarga e movimento); - Demanda de navios; - Demanda de contêineres; - Quantidade de docas.
Yun e Choi (1999)	Propor um modelo de simulação para analisar o terminais de contêineres de Pusan, localizado na Coreia	- Demanda de navio; - Quantidade de berços; - Tempo de chegada dos navios; - Tempo de saída dos navios; - Tempos operacionais (carga, descarga, movimentação); - Demanda de contêineres; - Dimensão da área do pátio;
Prata <i>et al</i> (2006)	Propor um modelo matemático baseado na teoria de eventos discretos para avaliar o desempenho operacional dos terminais de contêineres	- Demanda de contêineres; - Quantidade de contêineres no pátio para serem embarcados; - Quantidade de contêineres no pátio para serem desembarcados - Quantidade de equipamentos por tipo; - Tempos operacionais (carga, descarga e movimento);
Park e Dragovic (2009)	Desenvolver um modelo de simulação para analisar o desempenho operacional dos terminais de contêineres do porto da Coreia	- Demanda de Navios; - Demanda de contêineres por terminal; - Quantidade de berços - Tempo de chegada de navios; - Tempo de saída dos navios; - Quantidade de equipamentos por tipo e por berço;

Fonte: Elaboração própria a partir de Botempi *et al* (1997), Gambardella *et al* (1998), Rizzoli *et al* (1998), Mastrolilli *et al* (1998), Bruzzone *et al* (1999), Yun e Choi (1999), Prata *et al* (2006) e Park e Dragovic (2009).

**Tabela 5: Variáveis e parâmetros por área do terminal.**

Área do Terminal	Variáveis/parâmetros a serem considerados em modelos de simulação
Berço	Quantidade de berços
	Regras de alocação de berços
	Tempo de chegadas entre navios (Taxa de chegada)
	Demanda de navios
	Tempo de atração por tipo de navio
	Tempo de desatracação por tipo de navio
Cais	Demanda de contêineres por tipo e por navio
	Tipos de equipamentos
	Quantidade de equipamentos por tipo
	Produtividade dos equipamentos por tipo (tempo operacional (carga, descarga e movimentação))
Pátio	Dimensão da área do pátio
	Tipos de equipamentos
	Quantidade de equipamentos por tipo
	Produtividade dos equipamentos por tipo (tempo operacional (carga, descarga e movimentação))
	Quantidade de contêineres por tipo no pátio para serem embarcados no navio
	Quantidade de contêineres por tipo para serem desembarcados do navio para o pátio

## 5. MODELO OPERACIONAL DE SIMULAÇÃO PARA OS TERMINAIS DE CONTÊINERES BRASILEIROS

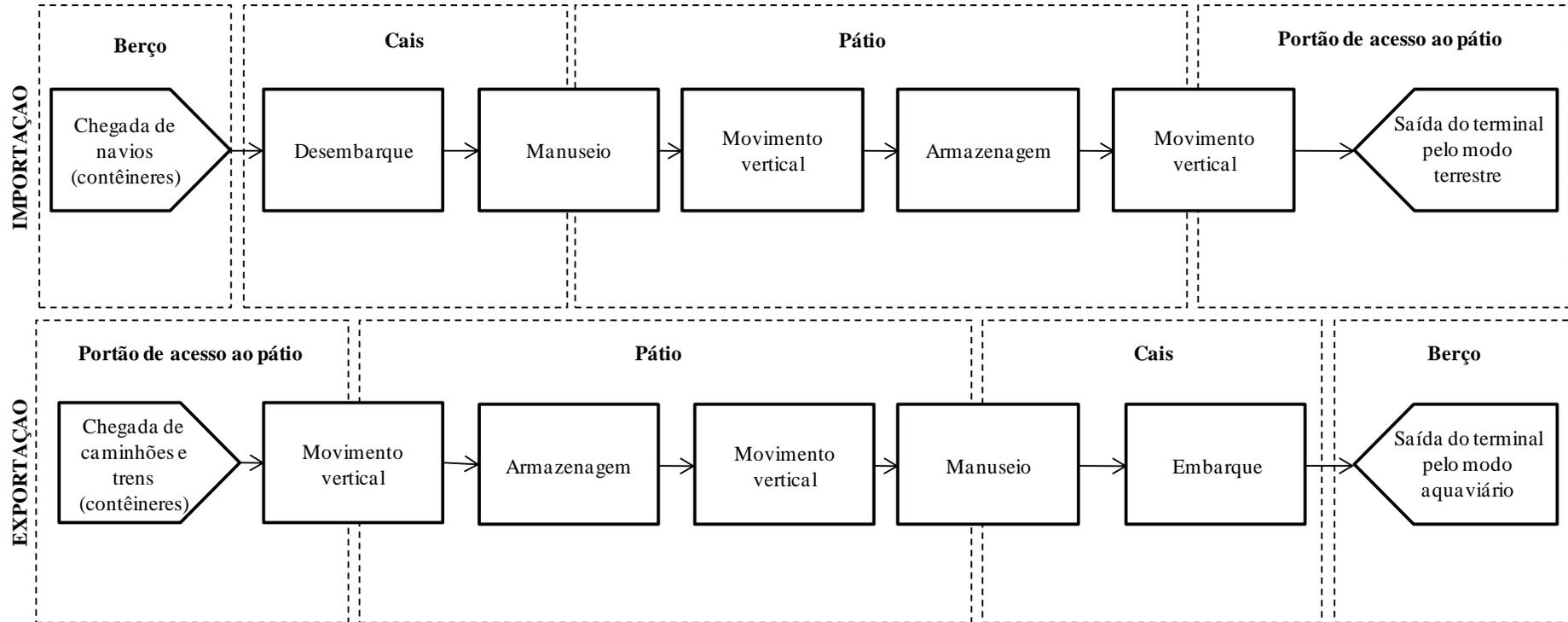
Considerando os trabalhos nacionais e internacionais apresentados nas Tabelas 3 e 4 (item 3) e o modelo conceitual da operação dos terminais de contêineres brasileiros ilustrado na Figura 2 (item 2.1) foi possível propor um modelo operacional de simulação para os terminais de contêineres que apresentasse processos, variáveis e parâmetros representativos da realidade brasileira. (Figura 3).

Para facilitar a representação, o modelo foi dividido em 2 etapas: importação e exportação. Além disso, não foi considerada a etapa de transbordo, visto que ela representa apenas 6% das operações com contêineres nos terminais brasileiros.

Ao analisar a Figura 3, verifica-se que as etapas de importação e exportação se diferem basicamente pelo processo de chegada de contêineres. Na importação o contêiner chega em navios e na exportação ele chega por caminhões ou trens. Para o processo de chegada de contêineres por navio (importação) o modelo considera como variáveis a demanda de navios por tipo, a consignação média de contêineres por tipo de navio e a taxa de chegada dos navios. Já para a chegada de contêineres por caminhões ou trens (exportação) o modelo considera, no caso dos caminhões, a demanda de caminhões e sua taxa de chegada e no caso dos trens, a demanda de trens, a consignação média de contêineres por trens e a taxa de chegada dos trens.

Nos processos de desembarque e embarque as variáveis são: quantidade de berços, extensão dos berços, quantidade de equipamentos por tipo e produtividade por tipo de equipamento. Já nos processos de manuseio e movimento vertical as variáveis são: dimensões das áreas do terminal, quantidade de equipamentos por tipo e produtividade por tipo de equipamento.

Para o processo de armazenagem o modelo considera como variáveis a demanda de contêineres para importação e a demanda de contêineres para exportação e as dimensões da área de pátio.



**Figura 3:** Modelo operacional de simulação para os terminais de contêineres brasileiros.

## 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs um modelo operacional de simulação para terminais de contêineres brasileiros a partir da análise das características físicas e operacionais de 11 terminais de contêineres brasileiros e de 16 trabalhos, nacionais e internacionais, que aplicam a ferramenta de simulação em estudos de capacidade de terminais de contêineres.

Observou-se que 53% dos terminais de contêineres brasileiros apresentam características físicas e operacionais semelhantes, o que possibilitou a elaboração do modelo proposto. Além disso, na análise dos trabalhos de simulação aplicados a estudos de terminais de contêineres foi possível identificar que as variáveis que mais influenciam a capacidade operacional dos terminais de contêineres são: as demandas de navio e contêineres, e as quantidades de equipamentos por tipo.

Acredita-se que a partir da implementação do modelo proposto, por meio de um *software* de simulação, seja possível utilizá-los como ferramenta de apoio ao processo de tomada de decisão em estudos de dimensionamento de terminais e determinação de gargalos operacionais. Além disso, a aplicação do modelo pode auxiliar na comparação do desempenho operacional de diferentes arranjos de equipamentos, em um ambiente simulado, avaliando os resultados obtidos ao realizar as escolhas e possibilitando sua comparação com o que aconteceria se a escolha fosse outra, sem incorrer em prejuízos, principalmente financeiros.

Como trabalhos futuros, recomenda-se que o modelo proposto seja implementado em um *software* de simulação para que seja possível testar a aplicabilidade do modelo como uma ferramenta de decisão para a análise de capacidade de terminais de contêineres brasileiros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRATEC (2008). **Terminais de contêineres - Desempenho 2008**. Associação brasileira dos terminais de contêineres de uso público. Disponível em <<http://www.abratec-terminais.org.br/novo/default.asp>>. Acessado em 29/08/2010>.
- ANTAQ (2009). **Panorama Aquaviário, volume 3**. Pág 33.
- ANTAQ (2010). **Agência nacional de transportes aquaviários**. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br>>. Acessado em 9/08/2010.
- Borgo Filho, M.(2008). Elementos de Engenharia Portuária. Flor&cultura. Vitória, cap 1 – pág 21 – 34.
- Botempi, G; L. M, Gambardella e A. E, Rizzoli (1997) Simulation and optimization for management of intermodal terminals. **ESM'97- Society for computer simulation internacional**, 646-652.
- Brito, T. B (2009) Modelagem e simulação de um terminal regulador de contêineres. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Enegep, Salvador.
- Bruzzone, A. G; P, Giribone e R, Revetria (1999). Operative Requirements and advances for the new generation simulators in multimodal container terminals. **Winter Simulation Conference**.
- CONVICON (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres de Vila do Conde, CONVICON**. Porto de Vila do Conde. Disponível em < <http://www.convicon.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Fernandes, M. G. (2001) **Modelo econômico-operacional para análise e dimensionamento de terminais de contêineres e veículos**. Dissertação de mestrado. Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Gambardella, L. M; A. E, Rizzoli e M, Zaffalon (1998) Simulation and planning of an intermodal container terminal. **Simulation on harbour and Maritime Simulation**. Vol 71, n° 2.
- Goes Filho, H. de. A (2008). Notas de aula da disciplina Planejamento portuário. **Curso de pós-graduação em engenharia portuária**. Escola politécnica de engenharia, UFRJ.
- Ignácio, A. A. V e C. das Neves (2009). Análise de capacidade de terminais portuários através da técnica de simulação. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**. Salvador.
- Libra – Terminal1 (2010). **Informações a respeito do terminal de contêineres do grupo Libra, Terminal 1**. Porto do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.terminal1rio.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Libra – T37 (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres do grupo Libra, Terminal 37**.

- Porto de Santos. Disponível em <<http://www.t37.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Hanssan, S. A (1993) Port Activity simulation: an overview. **Simulation Digest**.
- Harrel, C. R; J. R. A. M, Mott; R. G, Bateman e T. J, Gogg (1997) **System improvement using simulation**. Promodel Corporation.
- Maas, C. A (2001). **Projeto de terminais intermodais de carga utilizando os conceitos de CADD e simulação**. Dissertação de mestrado. Departamento de engenharia civil. Universidade estadual de Campinas, São Paulo.
- Mastrolilli, M; N, Fornara; L. M, Gambardella; A. E Rizzoli e M, Zaffalon (1998) Simulation for policy evaluation, planning and decision support in an intermodal container terminal. **Proceedings of the international workshop modeling simulation within a maritime environment**.
- Multirio (2010). **Informações a respeito do terminal de contêineres do Multiterminais, o Terminal Multirio**. Porto do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.multirio.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Neto, A. C. L. (2000) **A expansão do terminal de contêineres de sepetiba: Uma aplicação da dinâmica de sistemas e considerações ambientais**. Dissertação de mestrado. Programa de engenharia de planejamento energético. COPPE, UFRJ.
- Park, N-K e B, Dragovic, (2009) A study of container terminal planning. **FME Transactions**, vol 37, 203-209.
- Peixoto G. S. de. S e R. C, Botter (2005) Modelo para seleção de equipamentos de retaguarda e estratégias de formação de pilhas na armazenagem em terminais de contêineres. **XIX Congresso Panamericano de Ingeniería Naval Transporte Marítimo e Ingeniería Portuária**. Equador.
- Prata, B. de. A; J. B. F Arruda e G. C, Barroso (2006) Assessing performance of container terminals: A colored petri nets approach. **XXVI Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering**. Belém. Pará - Brasil.
- Rizzoli, A. E; L. M, Gambardella; M, Zaffalon e M, Mastrolilli (1998) Simulation for the evaluation of optimised operations policies in a container terminal. **HMS 99 , Maritime & Industrial Logistics Modelling and Simulation**. Sep 16 – 18, Genova, Italy.
- Rodrimar (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres do grupo Rodrimar**. Porto de Santos. Disponível em <<http://www.rodrimar.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Santos Brasil (2010). **Informações a respeito do terminal de contêineres TECON 1** . Porto de Santos. Disponível em <<http://www.santosbrasil.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Sepetiba Tecon (2010) . **Informações a respeito do terminal de contêineres Sepetiba Tecon**. Porto de Itaguaí. Disponível em < [http://www.csn.com.br/portal/page?\\_pageid=635,248754&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.csn.com.br/portal/page?_pageid=635,248754&_dad=portal&_schema=PORTAL)>. Acessado em 16/08/2010.
- TCP (2010), **Informações a respeito do terminal de contêineres, Tecon Rio Grande**. Porto de Rio Grande. Disponível em < [www.tcp.com.br](http://www.tcp.com.br)>. Acessado em 16/08/2010.
- Tecon Rio Grande (2010). **Informações a respeito do terminal de contêineres Paranaguá, o TCP**. Porto de Paranaguá e Antonina. Disponível em < [www.tecon.com.br](http://www.tecon.com.br)>. Acessado em 16/08/2010.
- Tecon Salvador (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres de Salvador, Tecon Salvador**. Porto de Salvador. Disponível em < [http://www.wilsonsons.com.br/operacoes\\_portuarias/tecon\\_salvador.asp](http://www.wilsonsons.com.br/operacoes_portuarias/tecon_salvador.asp)>. Acessado em 16/08/2010.
- Tecon Suape (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres de Suape, Tecon Suape**. Porto de Suape. Disponível em < [www.teconsuape.com](http://www.teconsuape.com)>. Acessado em 16/08/2010.
- Tecondi (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres Tecondi**. Porto de Santos. Disponível em <<http://www.tecondi.com.br>>. Acessado em 16/08/2010.
- Teconvi (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres do vale do Itajaí, Teconvi**. Porto de Itajaí. Disponível em < [www.teconvi.com](http://www.teconvi.com)>. Acessado em 16/08/2010.
- TESC (2010) **Informações a respeito do terminal de contêineres de Santa Catarina, TESC**. Porto São Francisco do Sul. Disponível em < [www.terminalscom.br](http://www.terminalscom.br)>. Acessado em 16/08/2010.
- TVV (2010) . **Informações a respeito do terminal de contêineres de Vila Velha, TVV**. Porto de Vitória. Disponível em < [www.loginlogistica.com.br/.../mod\\_srv\\_terminal.asp](http://www.loginlogistica.com.br/.../mod_srv_terminal.asp)>. Acessado em 16/08/2010.
- Vieira, D. S (2005). **Estudo operacional do terminal de contêineres de vila velha – ES, utilizando simulação e recursos de otimização**. Dissertação de mestrado. Departamento de engenharia civil. Universidade federal do Espírito Santo.
- Yun, W.Y e Y. S, Choi (1999). A simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach. **Journal of Production Economics**. Vol 56, 221-230.

---

Suellem Deodoro Silva (suellem\_04@pet.coppe.ufrj.br)

Cristiane Duarte Ribeiro de Souza (Cristiane@pet.coppe.ufrj.br)

Márcio de Almeida D'Agosto (dagosto@pet.coppe.ufrj.br)

Programa de Engenharia de Transporte, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Bloco H, CEP 21949-900, Rio de Janeiro, Brasil.