

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM TRANSPORTES

RENATO ARMANI AGUIAR

Estudo do Impacto da Ampliação de Berço e de Área de
Pátio no Aumento da Capacidade Operacional de uma
Base de Apoio *Offshore*

VITÓRIA-ES

2013

RENATO ARMANI AGUIAR

Estudo do Impacto da Ampliação de Berço e de Área de Pátio no Aumento da Capacidade Operacional de uma Base de Apoio *Offshore*

Dissertação submetida ao curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito necessário para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – Área de concentração em Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa

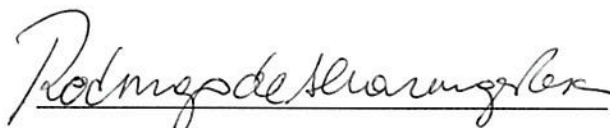
VITÓRIA-ES
2013

**ESTUDO DO IMPACTO DA AMPLIAÇÃO DE BERÇO E DE ÁREA DE
PÁTIO NO AUMENTO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DE UMA
BASE DE APOIO OFFSHORE**

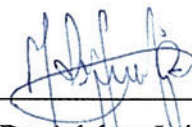
Renato Armani Aguiar

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de Transportes.

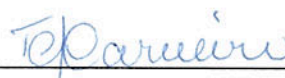
Aprovada no dia **30 de agosto de 2013** por:



Prof. Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa
Doutor em Engenharia Elétrica - UFES
Orientador



Prof. Dr. Adelmo Inácio Bertolde
Doutor em Estatística - UFES
Membro Interno



Profa. Dra. Teresa Cristina Janes Carneiro
Doutora em Administração - UFES
Membro Externo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A283e Aguiar, Renato Armani, 1977-
Estudo do impacto da ampliação de berço e de área de pátio
no aumento da capacidade operacional de uma base de apoio
offshore / Renato Armani Aguiar. – 2013.
117 f. : il.

Orientador: Rodrigo de Alvarenga Rosa.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Métodos de simulação. 2. Logística naval. 3. Logística. 4.
Áreas portuárias. 5. Portos. I. Rosa, Rodrigo de Alvarenga. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III.
Título.

CDU: 624

Dedicatória

*A meus pais, Ademar e Elza, pelo exemplo de vida, amor
e honestidade.*

*À minha esposa Ludmila e meu filho Lucas, pela
paciência e compreensão, referências em minha vida.*

A meus irmãos Fernando e Rafael pelo apoio.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por permitir mais esta conquista em minha vida.

Aos professores e colegas do PPGEC/UFES pelos momentos de aprendizado e convívio.

Ao Professor Dr. Adelmo Bertolde e a Professora Dr.^a Teresa Cristina J. Carneiro, pela disponibilidade e participação na banca examinadora dessa dissertação.

Ao apoio da Petrobras que por várias vezes mostra ser uma empresa comprometida com desenvolvimento de seus funcionários, incentivando o crescimento da ciência e da produção científica nacional.

Aos colegas da Petrobras, por meio das gerências regionais de Transporte Marítimo, Operações Portuárias e Coordenações, os quais participaram ativamente deste trabalho, de forma a contribuir para seu êxito. Deixo meu agradecimento especial a Marcelli, Viviane, Waldinéia e Luis Cláudio, uma equipe de qualidades sem igual, a qual tenho orgulho em fazer parte.

Agradeço ao orientador e amigo Prof^o Dr. Rodrigo de Alvarenga Rosa, o qual foi fundamental para esta conquista, fazendo jus ao seu papel de orientador, indicando sempre os caminhos mais simples onde eu não enxergava estradas, e dando força e motivação nos momentos mais difíceis.

Em especial, agradeço a minha família, minha mãe Elza, meu pai Ademar, meu avô Orlando e meus irmãos Fernando e Rafael pela compreensão e apoio.

Agradeço minha esposa Ludmila pelo seu carinho, incentivo e amor incondicional, ao compreender e superar todos os momentos dessa jornada. E meu filho Lucas, presente de Deus, ao qual deixo a mensagem para nunca desistir sem antes lutar, buscando sempre superar todos os obstáculos, a fim de alcançar seus objetivos, por mais distantes que pareçam estar, pois o prazer da vitória supera todo esforço.

Muito obrigado

Mais importante que a vontade de vencer,
é a coragem de começar.

Roger Stankewski

RESUMO

No cenário competitivo mundial os portos sempre desempenharam um papel de destaque, atuando como elemento propulsor para o desenvolvimento das empresas e das regiões onde estão inseridos. Neste contexto também estão incluídos os portos de apoio *offshore* que prestam serviços de apoio às unidades marítimas (plataformas e sondas), atuando como elo logístico na cadeia produtiva de óleo e gás. Por sua vez, o setor portuário que, no Brasil passou por um longo período sem investimentos em infraestrutura começa a apresentar as marcas negativas daquele tempo, com o crescimento da demanda por serviços de apoio, as empresas têm sofrido com a escassez de bases portuárias. Logo, o investimento em infraestrutura apresenta-se como uma solução tardia para este anunciado problema e que desponta como fundamental para evitar um apagão logístico *offshore*. Assim, este estudo tem o objetivo de avaliar o impacto da ampliação da infraestrutura nos indicadores de desempenho utilizados num terminal de apoio *offshore*. Buscando responder ao objetivo proposto, utilizou-se a ferramenta de simulação a fim de se estudar a melhor opção para o investidor aplicar recursos seja em berços ou no aumento da área de pátio. Os resultados mostram que, embora o senso comum indique que o aumento de berços aumenta a capacidade operacional, neste caso o aumento de área, para o terminal analisado, apresentou melhores resultados operacionais, sendo a melhor opção para investimento em infraestrutura.

ABSTRACT

In the global competitive landscape ports have always played a prominent role, acting as a driving element for the development of enterprises and regions where they are inserted. In this context also includes the logistics offshore ports who provide support services to maritime units (platforms and rigs), acting as a link in the supply chain logistics of oil and gas. In turn, the port sector in Brazil has undergone a long period without investments in infrastructure begins to show the negative marks that time, with the growth in demand for support services, companies have suffered from the lack of bases port. Therefore, investment in infrastructure is presented as a solution for this late problem and announced that emerges as crucial to avoid a blackout offshore logistics. Thus, this study aims to evaluate the impact of infrastructure expansion in the performance indicators used in a terminal offshore support. Seeking to respond to the proposed objective, was used the simulation tool in order to study the best option for the investor is to invest resources in berths or increasing the patio area. The results show that although the common sense indicate that the increase in operating capacity increases cots, in this case the increase in area for the terminal analysis showed better operating results, and the best option for investment in infrastructure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da tecnologia em águas profundas.....	4
Figura 2 – Localização do terminal <i>offshore</i>	9
Figura 3 – Principais Bases Portuárias <i>Offshore</i> para atendimento às Regiões Sul-Sudeste.....	12
Figura 4 – Bases portuárias para atendimento às Bacias do ES e Campos	12
Figura 5 – Esquema Simplificado do Sistema Logístico <i>Offshore</i>	14
Figura 6 – Layout do terminal.....	14
Figura 7 – Fluxo logístico de recebimento e saída de produtos no terminal	20
Figura 8 – Processo de movimentação de cargas.	20
Figura 9 – Processo de unitização de cargas.....	21
Figura 10 – Processo de pré-embarque das cargas.	21
Figura 11 – Processo de programação de cargas.....	22
Figura 12 – Processo de embarque das cargas.....	24
Figura 13 – Processo de movimentação de cargas.	25
Figura 14 – Movimentação de cargas numa operação portuária de apoio <i>offshore</i>	26
Figura 15 – Cadeia Logística de Petróleo.	30
Figura 16 – Fluxo de processos para atendimento da Logística de apoio <i>offshore</i>	30
Figura 17 – Principais embarcações de atendimento as unidades marítimas..	37
Figura 18 – Embarcação de apoio em condições adversas.....	38
Figura 19 – Atendimento de <i>supply boat</i> a uma unidade marítima	39
Figura 20 – Esquemático Conceitual de Simulação.....	44
Figura 21 – Simplificação do Modelo Conceitual do Sistema.....	56
Figura 22 – Representação Conceitual do Recebimento de Cargas.....	58
Figura 23 – Representação do Modelo Conceitual do Embarque de Cargas ..	59
Figura 24 – Processo de chegada e cadastramento de carretas	62
Figura 25 – Processo de chegada de barcos e balsa de diesel	63
Figura 26 – Direcionamento dos barcos e balsa para o porto	63
Figura 27 – Processo operacional de diesel no <i>dolpim</i>	64
Figura 28 – Processo de recebimento de cimento	65
Figura 29 – Processo de recebimento de tubos	66

Figura 30 – Processo operacional no píer 3.....	67
Figura 31 – Processo operacional no píer 3 - continuação	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação dos Principais Equipamentos Disponíveis no Terminal	10
Tabela 2 – Infraestrutura Portuária Disponível no Terminal	10
Tabela 3 – Classificação dos portos quanto a sua função	32
Tabela 4 – Classificação de Portos Proposta pela UNCTAD	33
Tabela 5 – Distribuições de Probabilidade adotadas no Modelo.....	76
Tabela 6 – One-Sample T – Teste de Intervalo de Confiança para dados reais	77
Tabela 7 – One-Sample T – Teste de Intervalo de Confiança para 5 replicações	78
Tabela 8 – Valores Reais Médios <i>versus</i> Resultados do Modelo.....	78
Tabela 9 – Teste de Intervalo de Confiança das variáveis de Processo	79
Tabela 10 – Identificação dos cenários propostos no modelo.....	81
Tabela 11 – Análise de sensibilidade das variáveis de saída a partir da comparação dos cenários propostos.....	83
Tabela 12 – Critério de pontuação adotado na matriz de priorização	89
Tabela 13 – Matriz de priorização das variáveis de saída do modelo	90
Tabela 14 – Critério de pontuação adotado na matriz de priorização	90
Tabela 15 – Resultado da classificação dos cenários por priorização	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Movimentação de Cargas de Apoio Offshore por Terminal em 2012	11
Gráfico 2 – Produção de Óleo, LGN e Gás Natural – Brasil e Exterior	28
Gráfico 3 – Histograma de Chegada de Carretas	71
Gráfico 4 – Percentuais de Chegada por Tipo de Carga.....	72
Gráfico 5 – Resumo Estatístico para Chegada das Carretas	72
Gráfico 6 – Total de Barcos que Chegaram no Terminal	73
Gráfico 7 – Percentual de Chegadas por Tipo de Barco	73
Gráfico 8 – Resumo Estatístico para Chegada de Barcos	74
Gráfico 9 – Distribuição Lognormal Estimada pelo Métodos de Mínimos Quadrados.....	74
Gráfico 10 – Tempo Médio de Atracação nos Berços por Tipo de Barco.....	75
Gráfico 11 – Tempo Médio de Atracação nos Berços	75
Gráfico 12 – Ocupação Médio dos Berços.....	80
Gráfico 13 – Comparativo entre nº de barcos atendidos e taxa de ocupação dos berços	84
Gráfico 14 – Comparativo entre a chegada de carretas e seu tempo de permanência no porto	85
Gráfico 15 – Correlação entre taxa de ocupação, cargas recebidas e embarcadas.....	86
Gráfico 16 – Taxa de ocupação dos berços e os tempos de permanência de carretas e embarcações.....	87
Gráfico 17 – Correlação entre taxa de ocupação	88
Gráfico 18 – Correlação entre taxa de ocupação	88
Gráfico 19 – Priorização das variáveis de saída	91

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

A.P.I – *American Petroleum Institute*

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

AHTS – *Ancor Handling and Tug Supply* – embarcação de reboque e manuseio de âncoras, que possui elevada manobrabilidade destinada à operação e apoio marítimo *offshore*.

Árvore de Natal – Conjunto de acessórios e válvulas usados para controlar a velocidade de produção de petróleo.

ATP – Ativo de Produção

BOE – *Barrel of Oil Equivalent*

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

DOWNSTREAM – Atividades de refino do petróleo bruto, tratamento do gás natural, transporte e comercialização/distribuição de derivados

EAM – Embarcação de Apoio Marítimo

E&P – Exploração e Produção

ESLINGA – Aparelho feito de aço, corrente ou cabo, com que se prendem objetos que se quer içar ou arriar a bordo de embarcações

FPSO – *Floating Production, Storage and Offloading* – Navio equipado com sistemas de processamento, armazenamento e transferência de petróleo.

FSO – *Floating, Storage and Offloading* - Navio equipado com sistemas de armazenamento e transferência de petróleo.

HINTERLAND – corresponde a uma área geográfica servida por um porto e conectada a este por uma rede de transportes. Trata-se, portanto, da área de influência de uma cidade portuária, que por concentrar significativa atividade econômica, pode concentrar uma rede de centros urbanos menores.

LINGADA – A porção de objetos que a linga levanta de uma vez

NORMAM – Norma da Autoridade Marítima

PSV – *Platform Supply Vessel* – embarcação de apoio *offshore*, usado no apoio às plataformas de petróleo, geralmente transportam suprimento e materiais diversos: cimento, tubos, lama, salmoura, água doce, óleo, granéis etc.

RISER – Coluna de ascensão – porção vertical de uma linha de escoamento para transporte de óleo/gás natural do poço até a plataforma. Dutos flexíveis que ligam as linhas submarinas à plataforma de produção.

RT – Requisição de Transporte

TRAQUITANA – Trata-se de um cavalete motorizado utilizado para bobinar carreteis especiais que atendem as especificações operacionais específicas. Seu acionamento pode ser hidráulico, elétrico ou pneumático.

UEP – Unidade Estacionária de Produção

UM'S – Unidades Marítimas

UNCTAD - *United Nations Conference on Trade and Development*

UNITIZAÇÃO – Reunir cargas de naturezas diversas num só volume, para fins de transporte.

UPSTREAM – Atividades ligadas a exploração e produção de hidrocarbonetos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização	2
1.2. Objetivo	5
1.3. Hipótese	5
1.4. Estruturação do Trabalho.....	6
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	8
2.1. Principais Características do Terminal.....	8
2.2. Movimentação de cargas para unidades marítimas	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	28
3.1. Logística de Suprimento de Óleo e Gás.....	29
3.2. Definição e Classificação de Portos e Terminais Portuários.....	31
3.3. Transporte Marítimo.....	33
3.3.1 Embarcações de Apoio <i>Offshore</i> - <i>Supply Boats</i>	34
3.3.2.Terminais de Apoio <i>Offshore</i>	38
3.4. Capacidade Operacional e Indicadores de Desempenho em Terminais Portuários.....	39
3.5. Simulação Computacional e Modelagem de Processos.....	42
3.5.1. Definições	42
3.5.2. Objetivo da Simulação e da Modelagem de Sistemas	43
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	47
4.1. Aplicação da Simulação em Terminais Marítimos	47
5. METODOLOGIA	51
6. DESCRIÇÃO DO MODELO.....	54
6.1. Formulação e Análise do Problema	54
6.2. Planejamento do Projeto.....	55
6.3. Formulação do Modelo Conceitual e Tradução do Modelo.....	56
6.3.1. Modelo Computacional.....	61
6.4. Coleta de Informações e Dados.....	69
6.5. Análise Estatística dos Dados Coletados.....	70
6.6. Verificação e Validação	77
6.7. Proposição e Execução dos Cenários	79
7. ANÁLISE E RESULTADOS.....	82
7.1. Análise de Sensibilidade	82
7.2. Análise do sistema a partir dos cenários propostos	83

8. CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIA	96

1. INTRODUÇÃO

Os portos sempre desempenharam um papel importante no desenvolvimento do comércio internacional, com grandes implicações nas economias das regiões onde se inserem. Para Gaur (2005), a globalização que decorre da intensificação do comércio e da movimentação de mercadorias entre os países sustenta o desenvolvimento do transporte marítimo e também dos portos conferindo-lhes grande importância. Por sua vez o comércio internacional, principalmente de grandes distâncias, só é possível devido a evolução do transporte marítimo.

Na visão logística os portos passaram a ser pontos estratégicos para o desenvolvimento da cadeia de suprimento do comércio exterior, devido à presença de diversos atores na área portuária. Os portos são considerados como peças importantes na cadeia logística internacional, uma vez que são os nós mais críticos nesta rede. Os portos formam um elo vital na cadeia de comércio global, portanto, a eficiência da operação portuária é fundamental para o perfeito funcionamento da cadeia logística internacional (Kennedy, *et al.*, 2011).

No Brasil, a atividade portuária sempre exerceu um importante papel seu no desenvolvimento, visto que, historicamente o comércio brasileiro iniciou-se a partir do seu litoral, que possui cerca de 7.367 km de costa voltada para o Oceano Atlântico. O setor portuário, no Brasil, é caracterizado como o segundo mais importante, após o setor rodoviário, representando um dos modais mais importantes para a indústria e para a logística no país (Spiegel, *et al.*, 2011).

Basicamente, os portos são áreas onde existem instalações para atracação ou ancoragem de navios e onde há equipamentos para a transferência de mercadorias de navios para a terra ou do navio para outro navio (Alderton, 2008). Por sua vez, portos são considerados como entidades complexas e dinâmicas, podendo ser bastante específicos, o que aumenta ainda mais seu nível de complexidade. Os portos podem ser bastante específicos a depender das atividades que serão ali executadas, neste caso, são considerados como terminais portuários. No Brasil a atividade petrolífera, em particular, vem se desenvolvendo num ritmo acelerado e impulsionando a atividade portuária, demandando novos investimentos, sobretudo, em *Terminais de Apoio offshore*.

Diante deste cenário estratégico nacional, haja vista, que a maior concentração de petróleo está no mar, somado às novas descobertas do pré-sal, houve a necessidade, por parte das empresas petrolíferas na identificação de alternativas portuárias visando garantir o atendimento das operações num horizonte de médio prazo e a necessidade de quantificação de ganhos a partir de melhorias na eficiência da operação da logística *offshore*.

A logística de apoio *offshore*, de acordo com Kaiser (2010), em virtude da natureza e do aumento da escala das atividades marítimas, tem sua demanda aumentada, uma vez que esta atividade é criticamente importante para o sucesso da operação de óleo e gás.

Assim, a atividade portuária como qualquer outra atividade econômica, é uma fonte de geração de receitas, sobretudo de retorno financeiro para seus investidores. Dessa forma, os custos portuários estão entre as principais variáveis na determinação sobre, como e onde investir em um terminal portuário, uma vez que os custos portuários estão diretamente relacionados ao valor final do transporte marítimo, que por sua vez são influenciados pela eficiência dos terminais, acarretando numa maior ou menor competitividade do terminal e de seus usuários.

Neste sentido, a correta identificação e o acompanhamento dos indicadores de produtividade dos portos são importantes balizadores no momento de decidir onde aplicar os recursos numa possível ampliação ou implementação de um novo porto, uma vez que a adequação da infraestrutura e a aquisição de equipamentos portuários exigem pesados investimentos e longos prazos de retorno e construção.

Nesse aspecto a engenharia pode dar sua contribuição, de maneira a fornecer ferramentas que auxiliem na tomada de decisão para novos investimentos, sobretudo na aplicação das técnicas voltadas para simulação de processos, uma vez que para desenvolver seu planejamento estratégico, uma empresa deve possuir seus processos bem estruturados, sob controle e que possam ter suas modificações previstas de forma rápida e efetiva.

1.1. Contextualização

As atividades de exploração e produção de petróleo são, em sua maioria, muito complexas e altamente especializadas necessitando de pesados investimentos em pesquisa e desenvolvimento. A indústria do petróleo é um dos setores que mais tem registrado avanços tecnológicos nos últimos tempos, sobretudo no segmento *upstream*. Historicamente no mundo a industrialização do petróleo iniciou a partir de 1859 e atualmente, o dinamismo experimentado pelo setor, fez com que novas tecnologias evoluíssem, de tal maneira que modernas técnicas de sísmica indicam com grande precisão, a localização mais provável das bacias petrolíferas. (Cardoso, 2005).

No Brasil o avanço desse setor foi resumido por Cardoso (2005) em quatro fases distintas, a saber:

- a primeira e a segunda fases são marcadas por iniciativas amadoras e desorganizadas, os acontecimentos ocorridos até 1938, quando o Conselho Nacional do Petróleo - CNP foi criado, não mostram eventos relevantes sob o enfoque técnico e econômico. Entre 1938 e 1953, aconteceram as primeiras descobertas importantes no país, inicialmente no Recôncavo Baiano como Candeias, Água Grande entre outros, num total de doze campos.
- A terceira fase é marcada pela crescente demanda por petróleo e derivados, o que culminou numa disputa por interesses referentes à melhor política a ser adotada para regular a exploração do petróleo. Em 3 de outubro de 1953, o então Presidente da República Getúlio Vargas assina a Lei nº 2004,

que institui o monopólio estatal e a criação da Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS para exercê-lo. Ainda nesta fase, destacam-se os avanços significativos na exploração em águas profundas na bacia de Campos-RJ.

- A quarta fase é evidenciada com o final do monopólio estatal sobre a exploração do petróleo, que não resistiu às pressões externas, o qual foi extinto pelo Governo em novembro de 1995, quando o Brasil passa a admitir a presença de outras empresas para concorrer com a Petrobras. Cabe destacar que a Lei não pôs fim ao monopólio da União sobre o petróleo e suas atividades relacionadas, havendo apenas a permissão para contratar empresas estatais ou privadas para execução das atividades.

Com a nova Lei foi criada a Agência Nacional do Petróleo – ANP, órgão encarregado de regular e controlar as atividades das concessionárias no país. Paralelamente à criação da ANP, houve a criação do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE, incumbido de estabelecer a política energética nacional. Ainda houve a implantação do sistema de licenças, ficando a Petrobras nivelada às demais empresas do setor, embora com o direito sobre os campos em produção e as áreas com descobertas e/ou investimentos realizados. As demais áreas são licitadas pela ANP, tendo como base a análise de propostas e um programa exploratório mínimo.

Na década de 80 houve os primeiros avanços significativos na produção *offshore* a partir da bacia de Campos. Atualmente, a Petrobras tem cerca de 65% da área de seus blocos exploratórios *offshore* em profundidades de água de mais de 400 m. Em consequência, nos últimos anos, a empresa tem aumentado suas atividades de perfuração exploratória em águas cada vez mais profundas. (Petrobras, 2013). A Figura 1 mostra a evolução da tecnologia em águas profundas nos últimos anos, onde pode ser observado o crescente domínio da técnica pela empresa brasileira.

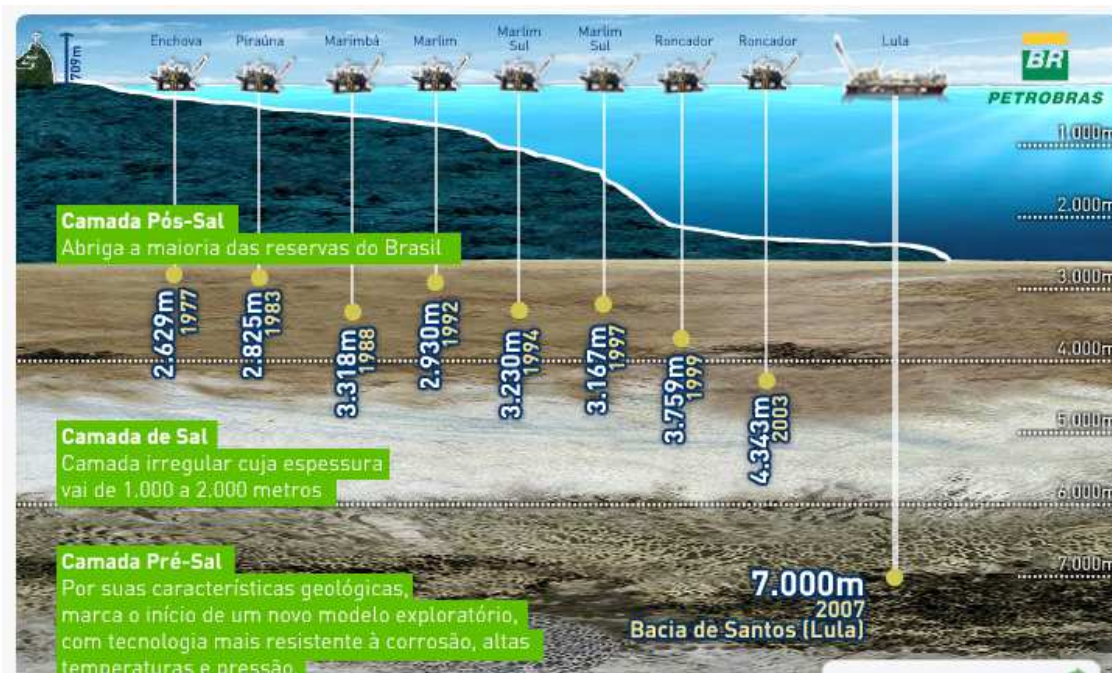


Figura 1 – Evolução da tecnologia em águas profundas.

Fonte: Site Petrobras (2013)

Diante deste cenário estratégico para o país, onde a maior concentração de petróleo está no mar, a logística de apoio *offshore* surge como uma atividade complementar e vem evoluindo paralelamente com o desenvolvimento da produção *offshore*, tornando-se imprescindível para o sucesso e execução dessas operações.

Kaiser (2010) enfatiza a importância do transporte marítimo de apoio *offshore*, em virtude dessa atividade ser fundamental para a continuidade operacional das operações de E&P, uma vez que sem a logística *offshore* é praticamente impossível a obtenção de sucesso nas operações de extração de óleo e gás no mar.

Porém, apesar do desenvolvimento e do surgimento de modernos *supply boats*, guindastes e demais equipamentos portuários, de uma forma bem mais conservadora estão os investimentos nos terminais portuários, locais por onde passam grande parte de tudo que é transportado para as unidades marítimas.

O investimento em infraestruturas portuárias e a intensidade do capital nos portos, de uma forma geral, têm sido um dos fatores que explicam diferenças de desempenho e de eficiência nos portos, uma vez que sem as infraestruturas e sem a capacidade de oferta de serviços não seriam possíveis maiores movimentos de embarcações ou de cargas, (Caldeirinha *et al.* 2011).

Segundo Caldeirinha *et al.* (2011), um estudo realizado sobre a evolução da eficiência relativa e os *hinterlands* dos portos de Valência e Bilbao na Espanha, tomando como referência um período de grandes investimentos verificaram que nem sempre o mesmo nível de investimento em infraestruturas conduz a melhorias equivalentes no desempenho, exigindo o estudo de outros fatores relacionados com a localização, a integração nas cadeias logísticas, os

hinterlands, entre outros. Por sua vez, Gaur (2005) identificou seis fatores que afetam o desempenho do porto, entre eles o acesso marítimo, o cais, o terminal, a armazenagem, os serviços de valor acrescentado e a conectividade com o *hinterland*.

Nesse contexto, este estudo busca contribuir para o desenvolvimento aplicado ao assunto a partir da simulação das operações de um terminal de apoio *offshore* de forma medir seus principais indicadores de desempenho e utilizá-los como variáveis de apoio na tomada de decisão para investimentos futuros num terminal em operação.

1.2. Objetivo

Este estudo tem o objetivo de avaliar o impacto da ampliação da infraestrutura portuária, representada por berços e áreas de pátio de armazenagem, em uma base de apoio *offshore* utilizando a técnica de simulação discreta aplicada a uma base de apoio *offshore* localizada na região portuária da baía de Vitória-ES.

1.3. Hipótese

Fundamentado pela teoria pesquisada, formulou-se a seguinte hipótese, para este estudo:

Diante da possibilidade de ampliar a infraestrutura de um terminal de apoio *offshore*, a melhor opção para o investidor é investir em berços ao invés do aumento na área de armazenagem, considerando os indicadores de desempenho operacionais do terminal.

Este argumento sustenta-se na influência e importância dos indicadores de produtividade para o desenvolvimento das condições de competitividade de portos e terminais, com vista a uma indústria portuária mais competitiva.

Com o propósito de comprovar a hipótese formulada, serão efetuadas análises comparativas, utilizando-se os resultados obtidos por meios de simulação computacional, entre as variáveis (aumento de área de armazenagem e berços) e os seguintes indicadores operacionais:

- Taxa de recebimento de carga no terminal: definida pela quantidade média, em toneladas, de carga recebida no terminal no período de tempo considerado.
- Taxa de carga embarcada: consiste na quantidade de carga, em toneladas, embarcada no período de tempo considerado.

- Taxa de ocupação dos berços: valor percentual de tempo médio, em horas, que os berços permanecem ocupados no período de tempo considerado.
- Tempo de atracação: tempo computado, em horas, deste a saída do barco no fundeio até sua liberação no porto.
- Número de atracações: consiste no número de embarcações de apoio atendidas no terminal, no período de tempo considerado.
- Total de carretas que chegam: número médio de carretas, que chegam ao porto por intervalo de tempo.
- Tempo médio de ciclo da carreta no porto: tempo médio de permanência, em horas, que uma carreta aguarda no porto até sua liberação de saída.
- Total de cargas recebidas no porto: consiste na quantidade média de cargas recebidas no porto via carretas, em toneladas, num intervalo de tempo.

1.4. Estruturação do Trabalho

Este trabalho foi estruturado e será apresentado conforme a sistematização a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta a formulação do problema e as questões chave a serem respondidas pelo estudo, é feita uma breve contextualização do setor portuário aplicado a exploração e produção, abordando também os temas que sustentam a escolha do assunto.

Capítulo 2 – Descrição do Problema: contempla uma apresentação de um terminal de apoio *offshore*, bem como de seus processos e demais fatores operacionais da cadeia logística *offshore*, a fim de melhor entender a operação a ser estudada.

Capítulo 3 – Referencial Teórico: contextualiza os assuntos pertinentes ao escopo do trabalho, a saber: produtividade em terminais portuários, modelagem e simulação computacional, buscando identificar em literatura correlata argumentos que contribuam para o trabalho.

Capítulo 4 – Revisão Bibliográfica: apresenta uma revisão da literatura sobre sistemas e processos de simulação aplicados a área, bem como temas correlatos necessários ao embasamento deste trabalho.

Capítulo 5 – Neste capítulo será apresentada a metodologia abordada e aplicada ao desenvolvimento do estudo.

Capítulo 6 – Modelo Proposto: apresenta o estudo efetuado e o princípio de modelagem do problema, definindo as premissas, limitações e regras assumidas na construção do modelo.

Capítulo 7 – Análise e Resultados: apresenta os resultados dos obtidos considerando os cenários propostos.

Capítulo 8 – Conclusão: apresenta as conclusões do presente estudo.

E, finalmente, são apresentadas as referências bibliográficas dos principais trabalhos consultados para elaboração desse estudo.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo apresenta a operação de um terminal de apoio *offshore* e descreve as principais características do terminal analisado, incluindo suas operações.

As operações de apoio *offshore* na região sul-sudeste estão distribuídas basicamente entre as bacias do Espírito Santo, Campos e Santos e correspondem às atividades de transporte e armazenagem de cargas por meio de embarcações de apoio para realização de serviços de Exploração e Produção nas UM's.

De acordo com Petrobras (2009), sob a ótica logística estas operações podem ser consideradas bastante complexas, envolvendo a movimentação de cargas dos mais diversos tipos e pesos, embarcações com diferentes especialidades, regras de atendimento, restrições operacionais e de SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde). Além disso, este sistema está sujeito a uma série de variáveis de elevada incerteza, tais como: condições meteorológicas, riscos operacionais e ambientais nas UM's, conjuntura macroeconômica, inovação tecnológica, entre outras.

Dessa forma os responsáveis pela logística das empresas que realizam atividades de E&P devem estar previamente preparados para mudanças bruscas de cenário operacional e ter capacidade suficiente para atendimento a demanda por cargas e serviços, quando esta ocorrer, uma vez que segundo Petrobras (2009) o custo de falta é significativamente maior que o custo de atendimento.

2.1. Principais Características do Terminal

O terminal em estudo teve o início de suas operações a partir do ano de 2001, quando houve a assinatura de um contrato com a Petrobras, cujo escopo era limitado ao apoio de equipamentos, pessoal, uso do píer, abastecimento de água, pátio de armazenagem e utilização das instalações administrativas. A partir desta primeira experiência, houve um segundo contrato, onde foi ampliado o escopo dos serviços relacionado no contrato anterior, no qual foram incluídos: apoio a infraestrutura das operações *offshore*, carregamento de tubos, carregamento de contêineres, carregamento de graneis sólidos e líquidos, gerenciamento de resíduos e disponibilidade área mínima de pátio dedicada às operações da Petrobras.

Na Figura 2 está em destaque a área do terminal estudado, localizado na foz do Rio Aribiri no município de Vila Velha-ES na zona de porto organizado da baía de Vitória. O acesso ao terminal pode ser feito por meio de dois modais: Marítimo, via canal de acesso do Porto de Vitória e Rodoviário, pelas rodovias BR 101/262 – Rodovia Carlos Lindenberg e Estrada de Capuaba.



Figura 2 – Localização do terminal *offshore*.
Fonte: Google Earth

O terminal possui uma área total de aproximadamente 55.000 m² destinadas a suas operações, na qual ocorrem as principais operações logísticas necessárias ao atendimento solicitado pelas unidades marítimas. O cais possui dimensões que possibilitam a atracação de até três embarcações, sendo que as principais de embarcações atendidas são do tipo PSV e AHTS, e ainda possui um *dolphin* para operações de recebimento de diesel marítimo. Atualmente, estão disponíveis para operação: guindastes, empilhadeiras, carretas e uma traquitana, que auxiliam na movimentação de cargas. Em relação a armazenagem, o terminal dispõe de um galpão coberto e área de pátio aberto, além de balança rodoviária, local para manutenção de empilhadeira e guindastes, estacionamento e área administrativa.

As Tabelas 1 e 2 indicam as principais infraestruturas disponíveis no terminal.

Tabela 1 – Identificação dos Principais Equipamentos Disponíveis no Terminal

Equipamentos	Capacidade de Carga
Guindastes	300 ton
	125 ton
	100 ton
	90 ton
	70 ton
Empilhadeiras	30 ton
	20 ton
	10 ton
	7 ton
	4 ton
Carretas Internas	Extensivas
	Comuns
	Pranchas - 4 eixos
Traquitana	-
Balança Rodoviária	100 ton

Fonte: Pesquisa de campo do autor

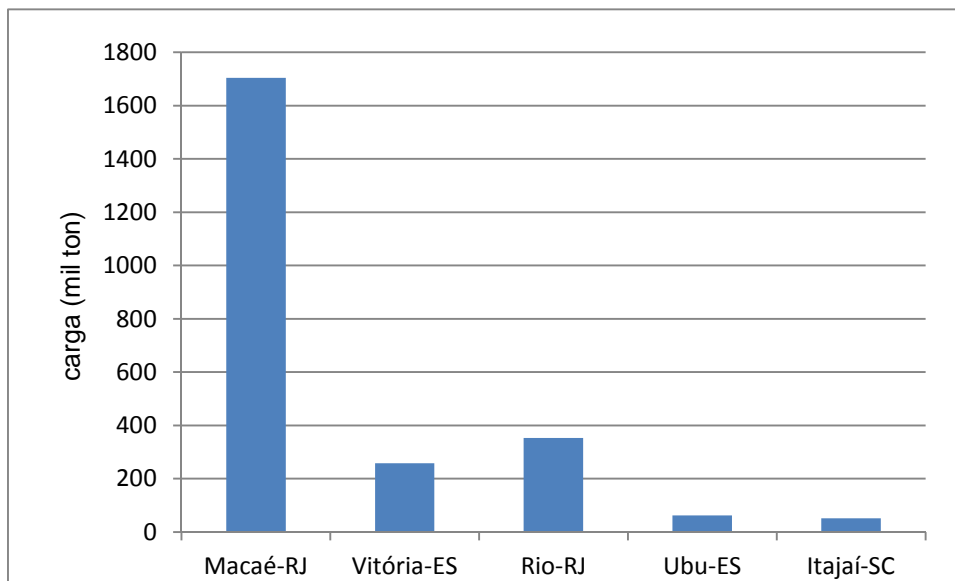
Tabela 2 – Infraestrutura Portuária Disponível no Terminal

Infraestrutura	Dimensões	Unidade
Cáis	berço 1	280
	berço 2	
	berço 3	
Dolphin	30	m
Área Portuária	~ 40.000	m ²
Galpão	1000	m ²

Fonte: Pesquisa de campo do autor

Este terminal, de acordo com relatórios operacionais da Petrobras, referentes ao ano de 2012, é o terceiro em movimentação de cargas de apoio *offshore* no Brasil conforme mostrado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Movimentação de Cargas de Apoio Offshore por Terminal em 2012



Fonte: Petrobras (2013)

Devido a sua localização estratégica este porto assume grande importância dentro do contexto de exploração e produção, sobretudo no atendimento às bacias do Espírito Santo e Campos, uma vez que, junto como o Porto de Macaé no RJ, atende grande parte da demanda logística da Petrobras, visto que, a grande concentração da produção está nestas bacias.

As bacias de Campos e Espírito Santo são responsáveis por cerca de 80% da produção nacional de hidrocarbonetos. As bacias abrangem uma área de aproximadamente 223 mil km² na costa dos estados do RJ, ES e BA.

A Figura 3 mostra os principais terminais de apoio *offshore* que atendem as regiões sul e sudeste, enquanto que a Figura 4 apresenta de forma mais concentrada os portos que atendem basicamente as bacias de Campos e do Espírito Santo.



Figura 3 – Principais Bases Portuárias *Offshore* para atendimento às Regiões Sul-Sudeste
 Fonte: Petrobras – adaptado pelo autor

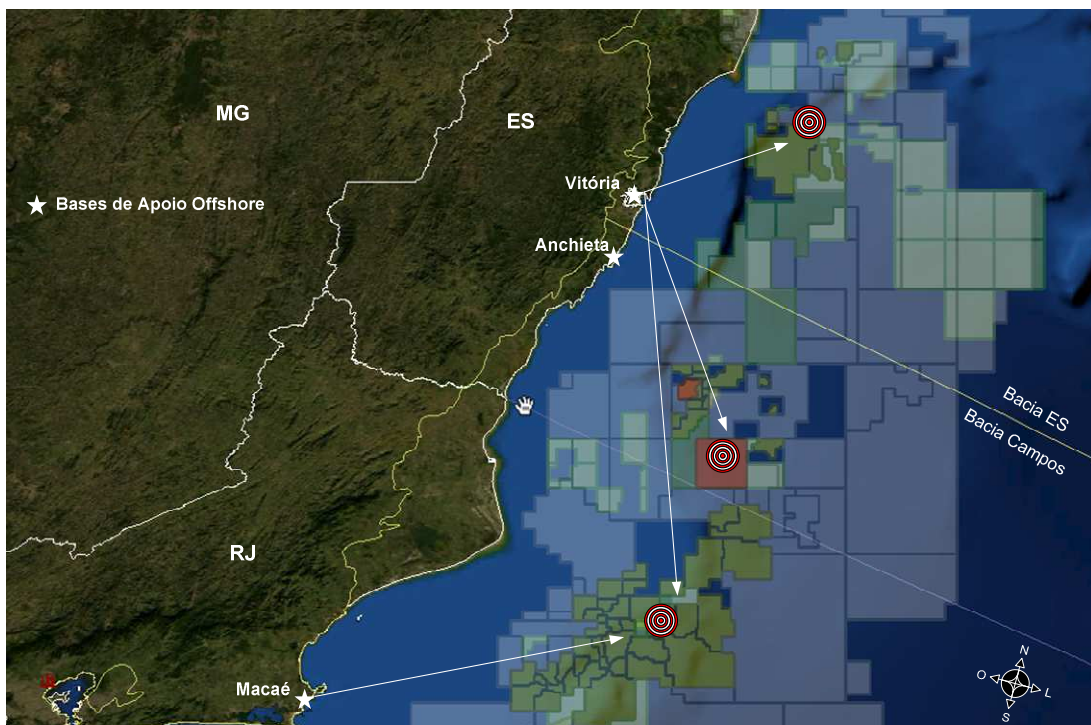


Figura 4 – Bases portuárias para atendimento às Bacias do ES e Campos
 Fonte: Petrobras – adaptado pelo autor

Por meio deste terminal é embarcado todo tipo de suprimentos para as UM's, sendo que no ano de 2012 foram movimentadas em média cerca de 14.500 toneladas/mês de carga. Além das cargas embarcadas são desembarcados resíduos e cargas diversas que retornam das UM's (*backloads*), este material de retorno, quando não tem saída imediata do terminal, fica em uma área de armazenamento temporário, com prazo limitado para sua retirada.

Visando suprir dentro dos prazos e condições que garantam a continuidade operacional de cada uma das UM's, as embarcações de apoio cumprem um cronograma rigoroso de atendimento e uma rota de navegação. Esta operação de atendimento é iniciada na própria plataforma, a qual sinaliza sua demanda por meio de uma solicitação de pedido (RT – Requisição de Transporte), esta demanda é recebida e encaminhada para a área de armazenagem ou outras áreas afins que irão providenciar a carga e encaminhá-las para o porto.

Os materiais recebidos no terminal para embarque são originalmente provenientes das unidades da Petrobras, localizadas em Macaé-RJ (Parque de Tubos) e de Serra-ES (TIMS), além de cargas provenientes diretamente de terceiros.

Dessa forma, três importantes fases são consideradas no fluxo desse processo:

- ✓ Armazenagem
- ✓ Terminal portuário
- ✓ Unidades Marítimas

Nos armazéns da Petrobras ou de terceiros, a carga permanece em estoque até que o pedido emitido pela UM gere a primeira ordem de transporte do material. A carga é encaminhada para o porto, por meio de carretas, selando o primeiro fluxo entre as fases do processo (Armazenagem e Terminal Portuário).

No porto os atores principais do processo são a disponibilidade de berço e o espaço físico para recebimento das cargas. Após atracação da embarcação é descarregado o *backload* e posteriormente são carregados os suprimentos e na sequência, a embarcação parte para atendimento da UM. A Figura 5 apresenta uma simplificação do processo de movimentação de cargas.

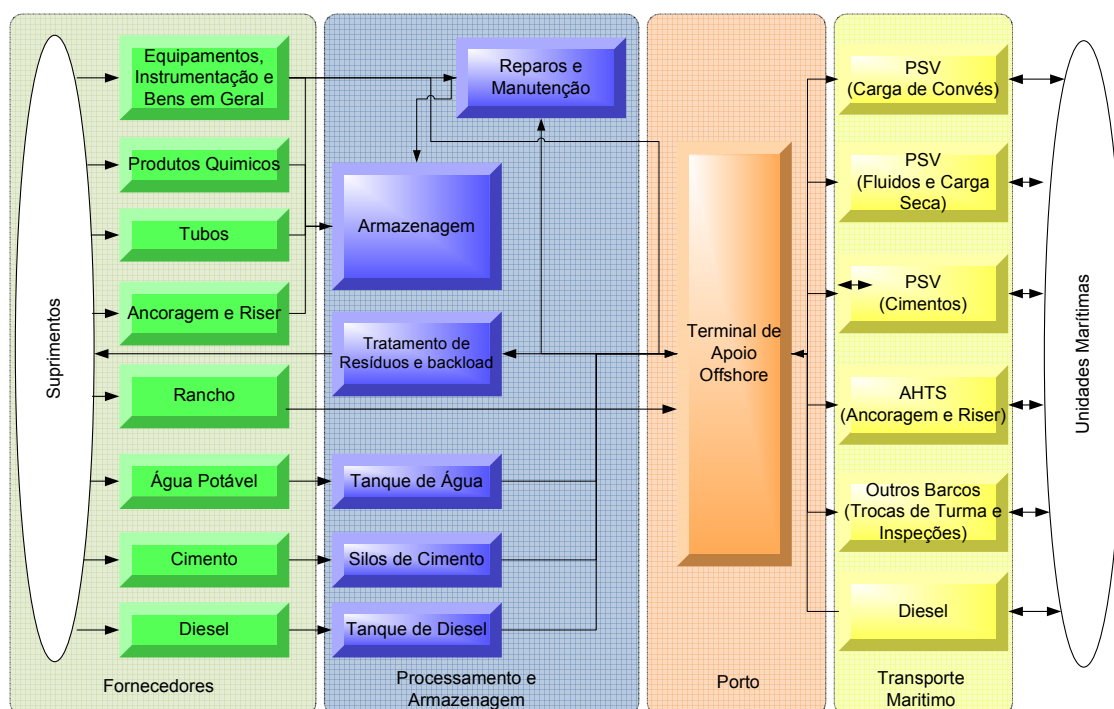


Figura 5 – Esquema Simplificado do Sistema Logístico *Offshore*
 Fonte: Adaptado de Petrobras

A Figura 6 mostra uma identificação do layout do terminal, afim de ilustrar como se dá a movimentação das cargas desde sua chegada até seu embarque.



Figura 6 – Layout do terminal
 Fonte: Google Earth

A partir da numeração indicada na Figura 6, serão identificadas as áreas do terminal.

1 – Portaria e Estacionamento externo de carretas

A portaria é o principal ponto de acesso às dependências do terminal, onde se dá a entrada e saída de qualquer veículo e também de pessoas. O porto está inserido no sistema ISPS-Code (*International Ship and Port Facility Security Code*), que é um Código Internacional para proteção de Navios e Instalações Portuárias, por isso há uma fiscalização rígida na entrada e saída do terminal, o que se resume em tempo de espera.

O recebimento de cargas é realizado por meio de carretas, que podem ser contratadas pela própria Petrobras, podem pertencer ao operador portuário ou ainda ser proveniente dos fornecedores de material.

Por conta do grande volume de cargas movimentadas, a portaria opera 24 horas, recebendo cargas a qualquer hora, inclusive finais de semana e feriados.

Para liberação de acesso ao porto, o motorista da carreta estaciona o veículo em área externa ao terminal, enquanto aguarda sua liberação. O motorista deve identificar-se por meio de um cadastro denominado de CVP – Cadastro de Veículos Pesados, o qual consta informações básicas do caminhão, do motorista e da carga. Concluído o cadastro, o veículo é autorizado a ingressar no terminal.

2 – Área Administrativa

Neste local estão instalados os escritórios administrativos da Petrobras e da empresa que realiza a operação portuária. Pela Petrobras existem duas gerências distintas que são responsáveis pela fiscalização das operações portuárias e pelo gerenciamento da frota de caminhões e embarcações, que são: OPRT – Gerência de Operações Portuárias e TM – Gerência de Transporte Marítimo.

Neste local são realizados todos os controles internos das operações, bem como a programação de embarques, conferência de RT's, controle dos indicadores operacionais, programação de carretas, entre outras.

3 – Área de conferência de carga e documentos

Após a passagem pela portaria a maior parte das carretas se destina a esta área, pois neste local é realizada uma conferência criteriosa da carga e de sua documentação.

Dessa forma, são realizadas duas operações distintas, a primeira é a conferência visual da carga, onde são conferidos itens tipo: integridade visual, amarração, identificação e inspeção da carga. A segunda operação é realizada em paralelo a primeira, por outro operador, nesta etapa são realizadas as

conferências dos documentos da carga, tipo: procedência, notas fiscais, RT's. O operador confere a nota e verifica o destino da carga, ou seja, qual UM a carga se destina.

Caso haja algum impedimento ou não conformidade em relação a integridade física da carga, esta não é aceita e retorna, não sendo permitido o seu desembarque. No caso de não conformidades com a documentação, a carga não é descarregada e o problema é avaliado, caso seja possível realizar sua correção no porto, esta é feita e a carga é liberada para desembarque, caso contrário, o caminhão retorna.

4 – Balança Rodoviária

Após liberação da carga para desembarque, as carretas são encaminhadas para pesagem. A balança recebe todos os caminhões que entram ou saem do terminal, sejam estes com ou sem carga, ou seja, as carretas são pesadas na chegada e na saída de forma a averiguar se o peso da carga confere com o descrito na nota fiscal. Para cada pesagem é emitido um ticket pela balança e este é anexado à documentação da carga.

Após a pesagem as carretas que chegaram carregadas são posicionadas em fila e sua documentação é entregue ao supervisor de pátio, este é responsável por informar o local onde a carga será descarregada, ou seja é o responsável pela arrumação das cargas no pátio.

Dependendo da hora do dia e de outras variáveis do processo a fila de carretas pode ser maior ou menor, mas é comum observar picos de demanda durante o dia com sua redução à noite.

5 – Pré-embarque de Carga Geral

Esta área possui aproximadamente 4.300 m² e é uma das principais áreas do terminal, considerando o grande volume de cargas gerais movimentadas. Por se tratar de um pré-embarque, este local é caracterizado pelo elevado giro de produtos, ou seja, as cargas deveriam ficar armazenadas no máximo por 48 horas antes de serem embarcadas. Porém, foi verificado que existem cargas que ficam armazenadas por até 15 dias, dificultando a organização do pátio e, sobretudo impedindo que novas cargas sejam descarregadas, acarretando problema de falta de espaço físico.

Existem delimitações no piso com a indicação das UM's que serão atendidas, logo o supervisor de pátio ao receber a carreta com a documentação da carga, verifica seu destino e direciona a carreta para descarregar no local indicado, facilitando assim o processo de posterior embarque.

Em função da disposição física do terminal esta área também é utilizada como armazenamento temporário de risers e torpedos uma vez que estes equipamentos possuem dimensões e peso elevados e são de difícil

movimentação, acabam por vezes ocupando a área por longos períodos agravando a busca por área livre no terminal.

6 – Pré-embarque – Armazém Coberto

Este galpão possui cerca de 1.500 m² de área e sua utilização é destinada à produtos que não podem ficar expostos às intempéries, geralmente equipamentos eletrônicos não unitizados, bags com graneis, entre outros.

7 – Área de Manutenção e Apoio

Esta área é de uso exclusivo do operador portuário, trata-se de uma área utilizada para manutenção e estacionamento dos equipamentos portuários, quais sejam: guindastes e empilhadeiras.

8 – Pré-embarque Carga Geral

Esta área é uma continuidade da área descrita no item 5, com a exceção do armazenamento de riser, existe uma disponibilidade de aproximadamente 2.400 m² destinada a carga geral. Busca-se dividir nestas áreas todo o estoque UM's.

Parte desta área também é destinada como área de armazenamento temporário para *backload*, neste caso equipamentos e outros materiais que retornam das UM's, cujo destino pode ser os fornecedores originais ou a própria Petrobras. Após a chegada desses produtos, o proprietário da carga é avisado e tem o prazo de 24 horas para providenciar sua remoção.

9 – Área de Recebimento e Triagem de Resíduos

Parte do *backload* que é desembarcado é composto por resíduos, estes produtos são classificados segundo a NBR 10004 e sua destinação e tratamento deve estar em conformidade com a legislação ambiental.

Portanto, foi delimitada uma área de cerca de 1.100 m² onde os resíduos, após desembarcados, são destinados para uma primeira separação. No caso de resíduos oleosos estes são bombeados para tanques e posteriormente são destinados a outra empresa para tratamento.

É consenso entre a operação que esta é uma área nobre do terminal, e poderia ser utilizada para armazenamento de cargas, e a operação de triagem dos resíduos sendo realizada em outro local. Porém, foi explicado que por questões contratuais o esta operação deve ser realizada neste local.

10 – Pré-embarque Equipamentos de Ancoragem

Esta área possui aproximadamente 5.000 m² e é destinada ao armazenamento de cargas pesadas ou de grande porte, sobretudo: amarras, âncoras, bóias, árvores de natal, riser, torpedos, entre outras.

Esta área foi escolhida para armazenar este tipo de carga, pela sua proximidade com o píer 3, minimizando a distância de transporte, uma vez que alguns destes equipamentos, por exemplo as estacas torpedo, necessitam ser montados antes de embarcar. Demandando também área livre para patolar os guindastes e movimentar as peças.

11 – Pré-embarque para Tubos

Esta área possui aproximadamente 2.500 m² e serve para estocagem de tubos que se destinam ou retornam das UM's. Os tubos são materiais de grande relevância para as atividades de E&P, uma vez que fazem a ligação do poço perfurado com a plataforma.

Os tubos possuem diversos comprimentos e diâmetros, mas permitem em sua armazenagem a possibilidade de empilhamento. Mas a capacidade de empilhamento é variável para cada tipo de tubo, normalmente as pilhas são feitas com altura entre 3 e 5 tubos.

12 – Pré-embarque Equipamento de Ancoragem

Esta área é uma continuidade da área descrita no item 10 e ainda recebe *backload* de ancoragem que ficam armazenados neste local.

13 – Pré-embarque de Produtos Químicos

Esta área compreende a armazenagem dos materiais químicos destinados as UM's, é uma área com cerca de 760 m² contida e com piso impermeável uma vez que os tipo de carga requer cuidados especiais na sua movimentação e armazenagem.

Esta área segue os mesmos critérios e restrições operacionais das áreas anteriores, apenas fisicamente uma área menor.

14 – Tanques Diesel

Nesta área estão instalados os tanques de óleo diesel marítimo para abastecimento das embarcações de apoio.

A tancagem de diesel possui 1.500 m³ de capacidade com linhas que alimentam os 3 píeres e o dolphim. O carregamento desses tanques é realizado por meio de bombeio reverso por uma balsa que carrega diesel marítimo no termina de Tubarão e transporta até o dolphim, onde atraca e bombeia para os tanques. Posteriormente, este combustível será novamente bombeado para abastecer os *supply boats*. Cabe destacar, que a operação de abastecimento de óleo diesel é uma operação exclusiva, ou seja quando a

embarcação está recebendo diesel, nenhuma outra operação de carga ou descarga é realizada naquele barco.

15 – Tanque de Água Potável

Nesta área estão instalados os tanques de água potável para abastecimento das embarcações de apoio.

O tanque de água possui 2.000 m³ de capacidade e é abastecido diretamente pela concessionária de água local. Similar a estrutura de óleo diesel, com linhas que abastecem os píers, as tomadas de água são independentes e podem operar em conjuntos com as demais operações de embarque ou desembarque.

16 – Área para Produtos Químicos

Atualmente, este local está destinado para recebimento de embalagens (tanques) de produtos químicos vazios. Ou seja, cargas de *backload* de produtos químicos, que ficam aguardando serem retiradas pelos respectivos proprietários.

Berços de Atracação

17 – Dophim: berço destinado à atracação de barcaça para abastecimento de óleo diesel, eventualmente pode receber pequenas embarcações para realização de trocas de turma.

18 – Píer 3: berço dedicado às operações de ancoragem, possui um traquitana instalada na ponta o píer, que apoia na embarque de cabos e amarras para as embarcações tipo AHTS. Quando não está ocupado pelas operações de ancoragem realiza as demais operações de embarque, exceto cimento.

19 – Pier 2: berço multiuso, utilizado para embarque e desembarque de praticamente todos as cargas do porto, exceto cimento e insumos da ancoragem que requerem embarque por meio da traquitana.

20 – Píer 1: berço que possui instalada uma planta de cimento. Portanto, tornou-se um berço dedicado à movimentação desse insumo, quando não está bombeando cimento para as embarcações pode operar conforme o píer 2.

21 – Planta de Cimento

O cimento é um insumo utilizado no revestimento dos poços de exploração e seu embarque se dá via bombeio para tanques instalados no interior das embarcações. Este cimento é recebido no porto por meio de carretas e armazenado em silos (planta de cimento), os silos existentes no terminal possuem capacidade total de 8.500 pes³, aproximadamente 340 toneladas.

Considerando a dinâmica operacional inserida no *layout* apresentado, resumidamente o fluxo pode ser representado, conforme Figura 7.

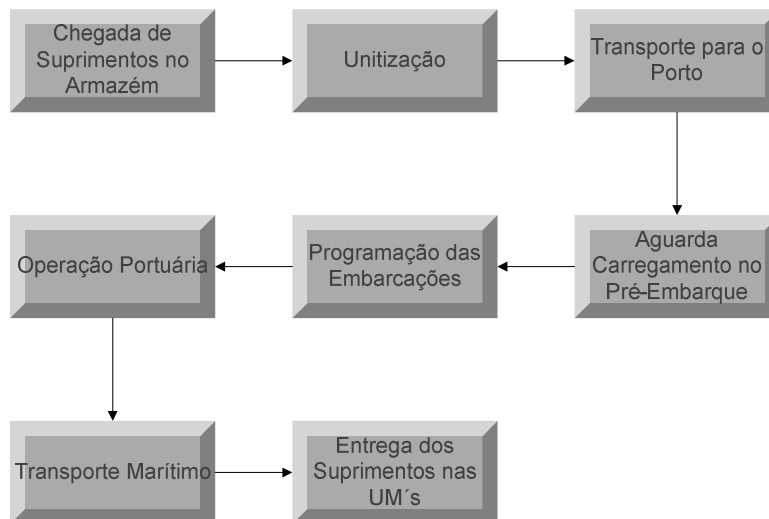


Figura 7 – Fluxo logístico de recebimento e saída de produtos no terminal

2.2. Movimentação de cargas para unidades marítimas

Resumidamente, o processo de movimentação de cargas é iniciado no tratamento das requisições de transporte - RT's geradas pelas unidades marítimas. A partir desse momento é feita a unitização das cargas que serão movimentadas ou no caso de cargas maiores, estas são transportadas diretamente para o porto, onde é realizado o pré-embarque da carga. Ao final da execução do processo, é realizado o embarque da carga nas embarcações de apoio ou desembarque das cargas oriundas UM's. A Figura 8 indica as etapas de movimentação de carga até seu embarque.

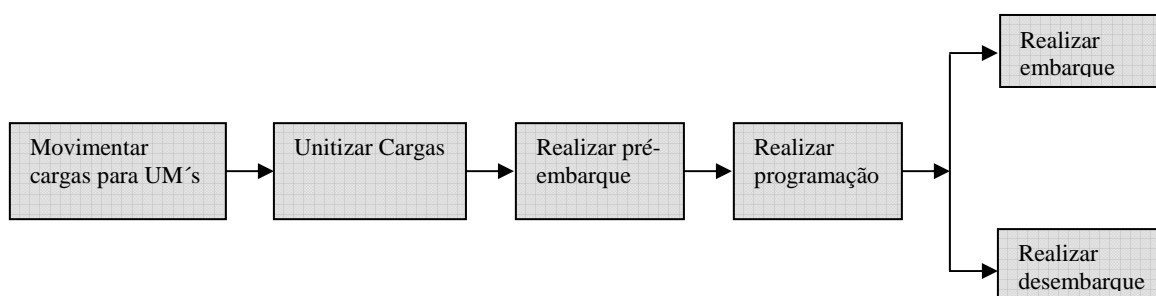


Figura 8 – Processo de movimentação de cargas.
Fonte: Adaptado de Petrobras (2009).

Baseado nos manuais operacionais Petrobras (2007) e Petrobras (2009), serão descritas as atividades indicadas no fluxo acima, a saber:

Processo de unitizar cargas para UM's - O objetivo deste processo é garantir a integridade da carga e é iniciado quando a RT é solicitada pela UM, neste momento origina-se um novo processo de atendimento desta RT, sendo que ao final do processo os itens da RT são despachados para o pré-embarque. Este processo é realizado no retroporto, ou seja no centro de distribuição podendo ser em Macaé ou no TIMS. A Figura 9 representa o processo descrito.

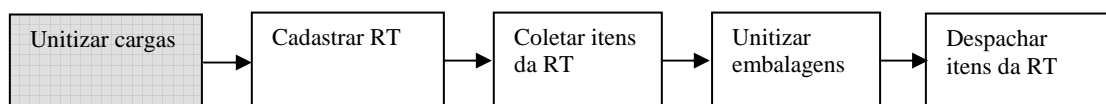


Figura 9 – Processo de unitização de cargas.
Fonte: Adaptado de Petrobras (2009).

Realizar pré-embarque - Este processo demonstrado na Figura 10 visa assegurar a disponibilidade das cargas no porto, e é iniciado quando os itens da RT ou material são entregues no pré-embarque. Neste momento, é realizado o recebimento da carga no pré-embarque, o monitoramento da programação da carga, bem como o pré-embarque em si, e ao final da execução do processo, os itens da RT (cargas) serão disponibilizados para o embarque.

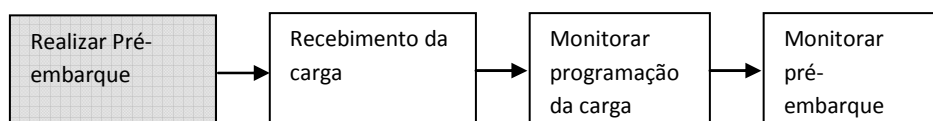


Figura 10 – Processo de pré-embarque das cargas.
Fonte: Adaptado de Petrobras (2009).

Recebimento de carga no pré-embarque – este processo busca garantir o recebimento da carga a ser movimentada para unidades no pré-embarque no tempo previsto. O processo inicia quando os itens da RT ou material (carga) é entregue no pré-embarque, a partir daí é analisado o documento que acompanha a carga para liberar o seu recebimento ou, caso necessário, devolver a carga. Ao final da execução do processo, a carga é conferida e caso seja detectada alguma anomalia a carga é devolvida.

Monitorar programação de carga – o objetivo principal desse processo é garantir que toda carga armazenada no pré-embarque estará dentro de uma programação. O processo inicia após a conferência da carga. A partir daí, é verificada a existência de uma programação para a carga específica e, caso ela exista, qual o tipo de programação. Ao final da execução do processo, podem ser verificadas algumas situações: carga com programação dentro do prazo limite de embarque; carga programada fora do prazo limite para embarque com uma reprogramação ou solicitação de reprogramação de uma carga liberada para programação; e carga não programada dentro do prazo.

Monitorar pré-embarque – Este processo tem o objetivo de assegurar a disponibilidade da carga no pré-embarque. O processo é iniciado a partir do momento que se tem acesso à programação diária e a relação de cargas disponíveis no pré-embarque. A partir daí é feita uma correlação das cargas disponíveis com as cargas programadas. Ao final da execução do processo, pode-se ter uma carga disponível para embarque, uma RT cancelada, uma solicitação para reprogramar i embarque da carga ou ainda a informação de que a carga programada será entregue no prazo previsto.

Realizar programação - Neste processo, busca-se garantir a logística necessária para a distribuição das cargas. Conforme mostrado na Figura 11, o processo é iniciado, a partir da criação de um atendimento, este podendo ser: programação para transporte de cargas (suprimentos), fornecimento de óleo diesel ou transbordo de cargas. Após a criação deste primeiro atendimento, o mesmo pode ser atualizado e por fim roteirizado pelo programador de transporte. Quando necessário o programador de transporte pode corrigir a requisição liberada para programação ou tratar uma requisição já incluída no atendimento.

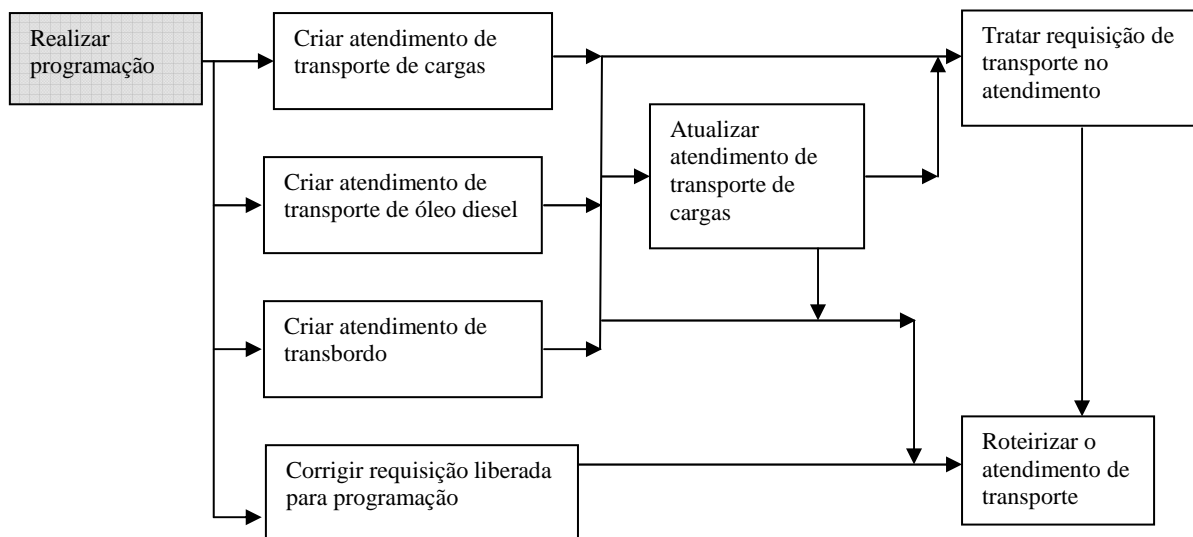


Figura 11 – Processo de programação de cargas.
Fonte: Adaptado de Petrobras (2009).

Criar atendimento de transporte de carga – neste processo, o principal objetivo é assegurar a programação das RT's liberadas para programação. O início do processo ocorre quando a RT é liberada para programação, podendo ser normal ou emergência. Em seguida, seleciona-se a embarcação a ser programada e a data prevista de saída do porto. A saída desse processo é a geração de um atendimento que é impresso e entregue no porto.

Atualizar atendimento de transporte de cargas – o objetivo deste processo é assegurar a programação das RT's liberadas para programação após a criação de atendimento / programação da embarcação. O processo inicia quando a RT é liberada para programação e verifica-se que há um atendimento / programação em aberto, onde ela pode ser incluída. Para RT's de desembarque é feita uma verificação da área de convés disponível para a

unidade solicitante e, caso não haja área de convés disponível, a RT não é programada naquele momento. Por outro lado as RT's de embarque ou desembarque que tem área de convés disponível são inseridas o atendimento / programação que pode ser disponibilizado para embarque ou enviado para o comandante, caso a embarcação já esteja cumprindo a programação ou atendimento fora do porto.

Criar atendimento de transporte de óleo diesel – Visa assegurar a programação do fornecimento de óleo diesel para as UM's. O processo inicia quando o cliente abre um registro solicitando óleo, a partir desse momento é criada uma RT de fornecimento e identificada uma embarcação viável para ser reprogramada, em seguida pode-se criar uma nova programação, para embarcações que estão abastecendo, ou atualizar uma programação existente, para embarcações aguardando programação. Ao final da execução do processo é gerado ou atualizado o atendimento que é enviado ao comandante da embarcação.

Criar atendimento de transbordo – assegura a programação de transbordo entre as UM's. O processo inicia quando a RT de transbordo são liberadas para programação, são verificadas, as embarcações disponíveis para realização da operação. Emitindo-se ao final um atendimento ou uma atualização de atendimento ao comandante embarcação.

Tratar requisição de transporte no atendimento – assegura o atendimento das requisições de transporte programadas que não serão transportadas. Quando há uma solicitação de tratamento de uma RT que já foi programada, é feita uma verificação do tipo de tratamento que deve ser dado para a requisição, em seguida pode-se cancelar, liberar para programação ou suspender a RT, observando nesta o tratamento dado. Por fim caso haja necessidade o atendimento/programação é roteirizado e disponibilizado para o comandante da embarcação.

Roteirizar atendimento de transporte – visa garantir o cumprimento da programação de acordo com o melhor roteiro, considerando custo e atendimento as RT's até a data mais tarde definida pelo cliente. O processo é iniciado quando a programação está concluída e não será mais alterada antes da saída da embarcação, por fim o atendimento é roteirizado e disponibilizado ao comandante da embarcação.

Corrigir requisição liberada para programação – objetiva dar tratamento às RT's liberadas que não serão programadas. O processo inicia quando há uma solicitação de alteração da RT já liberada para programação, neste momento, é verificado o tipo de tratamento que será dado para RT, podendo-se cancelar, mudar o status ou alterar itens, de acordo com as informações contidas na solicitação de alteração.

Realizar Embarque - Visa garantir o embarque das cargas, o processo é iniciado com o planejamento da operação portuária de acordo com a chegada das embarcações no porto. A operação portuária pode ser de descarregamento, quando necessário, ou de carregamento de convés e acordo

com a programação. Após o carregamento a embarcação é liberada para seguir o roteiro pré-definido. Este processo está ilustrado na Figura 12 abaixo.

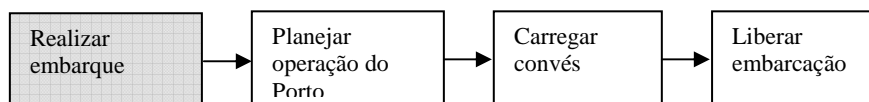


Figura 12 – Processo de embarque das cargas.

Fonte: Adaptado de Petrobras (2009).

Planejamento e carregamento das embarcações - Ao designar uma Embarcação de Apoio Marítimo - EAM para a entrega de determinada carga, o setor de Transporte Marítimo leva em consideração, dentre outros, os seguintes aspectos, visando à segurança da operação:

- Características e limitações da EAM;
- Tipo da carga (peso, volume e forma);
- Características e restrições operativas dos guindastes das UM, caso haja;
- Condições meteorológicas esperadas;
- Destinatário;
- Roteiro: Cargas destinadas às últimas UM's não devem atrapalhar ou interferir no fornecimento para as primeiras;
- Tipo de UM: navio sonda, FPSO, FSO, SS, entre outras; e
- Localização da UM.

Para tal, é necessário que as UM, ao efetuarem a RT informem as restrições que possam vir a afetar a operação, tais como: restrições nos guindastes, nas comunicações, no treinamento/qualificação do pessoal, etc. Após a designação da EAM e sua atracação no terminal, é informado ao comandante a relação de carga a ser embarcada, seu destino e o roteiro que deverá ser seguido. Também deverão ser fornecidos a previsão meteorológica e o posicionamento das bóias cegas, UM's e monobóias. (Petrobras, 2007).

Ao receber estas informações o comandante é iniciado o plano de estiva da carga no convés. O plano de estiva deve retornar à equipe de terra em tempo hábil, de modo a possibilitar um embarque rápido e seguro.

Embarque das Cargas - O embarque da carga seca é feito pelos guindastes do cais, de acordo com o plano de estiva, elaborado pela EAM, em seguida equipe de convés da EAM, faz o controle do carregamento. Neste momento a documentação é conferida e os contêineres, cestas, bags, skids e suas eslingas são inspecionadas.

Transporte de Cargas Diferenciadas - O transporte de tubos, risers e equipamentos de ancoragem, merece atenção diferenciada, com a devida preparação do convés para seu carregamento, onde a sequência de retirada junto a UM deve ser previamente conhecida para que sejam evitadas passagens desnecessárias sobre a carga, passando pelo posicionamento da

EAM de maneira que minimize o efeito das vagas no balanço, até a lingada final executada pelo pessoal do convés.

Liberar embarcação – este processo tem como objetivo disponibilizar para a embarcação toda a documentação necessária para a entrega da carga embarcada. O processo inicia quando a programação roteirizada é enviada para a embarcação, constando horário de saída desta. Em seguida a programação é atualizada pelo comandante da embarcação com os dados do carregamento, assinado e devolvido para a administração do porto. Por fim é feito o apontamento da embarcação e inicia-se o cumprimento da programação.

Realizar desembarque - este processo, conforme mostrado na Figura 13, visa garantir a correta distribuição e destinação da carga desembarcada.

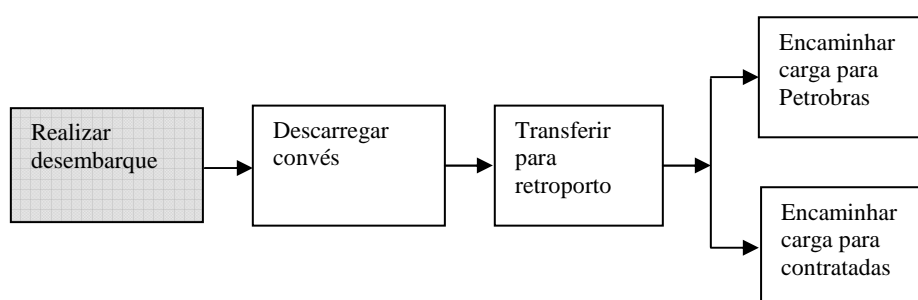


Figura 13 – Processo de movimentação de cargas.
Fonte: Adaptado de Petrobras (2009).

Este processo inicia-se com o descarregamento das cargas provenientes das UM's do convés da embarcação, em seguida são transferidas para o retroporto onde são encaminhadas para seus proprietários (Petrobras ou empresas contratadas).

Em resumo os principais recursos utilizados para movimentação de carga são guindastes, empilhadeiras e caminhões, basicamente existem duas áreas destinadas à armazenagem das cargas, denominadas de retroárea e pré-embarque, sendo que a primeira é utilizada para armazenamento temporário das cargas antes de seguir para o pré-embarque que é o local onde as cargas são embarcadas. Há a necessidade também de espaço no armazenamento para as cargas que retornam da embarcação, chamadas de *backloads*, cujo tempo de permanência no terminal deve ser o mínimo possível de forma a não comprometer a operação das cargas destinadas ao embarque. A Figura 14 mostra um fluxo esquemático da operação com cargas num terminal de apoio *offshore*.

Diante dos cenários operacionais apresentados percebe-se, claramente, que em função de um aumento no volume de cargas movimentadas, a geração de informações e documentos são aumentados na mesma proporção, podendo ocasionar filas, atrasos, falta de espaço para armazenagem etc., o que gera uma conseqüente sobrecarga na capacidade operacional do terminal.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

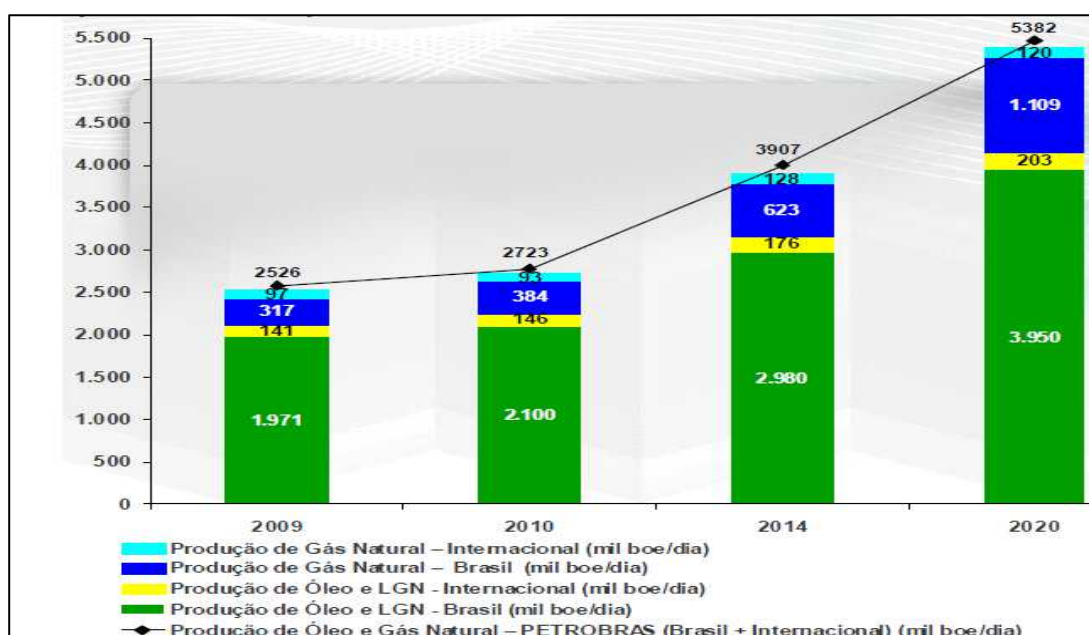
Neste capítulo busca-se, entre outras informações, apresentar a inserção das atividades de apoio *offshore* na cadeia de logística de óleo e gás.

Entre as atividades necessárias à exploração e produção de petróleo no mar, Spiegel *et al.* (2011) destacam a logística *upstream* e *downstream*, sendo que a primeira refere-se as operações de apoio as UM's e a segunda a segunda às atividades desenvolvidas para levar o combustível ao consumidor final.

Diante de um anunciado crescimento, considerando o destaque que vem sendo dado a partir das discussões sobre o potencial do pré-sal, as empresas começaram a esbarrar nas limitações da infraestrutura portuária nacional, uma vez que as operações *offshore*, em função do grande número de atividades, vêm demandando um número cada vez maior de suprimento, que por sua vez são transportados por embarcações que demandam infraestrutura portuária específica para operarem.

Para melhor ilustrar esse cenário de crescimento, o gráfico 2 apresenta a produção de óleo e gás da Petrobras nos anos de 2009 e 2010, e mostra uma estimativa para os anos seguintes, indicando uma visão clara de crescimento de produção, o que consequentemente impulsiona os demais elos da cadeia logística.

Gráfico 2 – Produção de Óleo, LGN e Gás Natural – Brasil e Exterior



Fonte: Petrobras – PNG 2011-16

3.1. Logística de Suprimento de Óleo e Gás

Segundo Ballou (2006) a logística trata da criação de valor – valor para os clientes e fornecedores da empresa, e valor para todos que têm nela interesses diretos. Uma gestão logística eficiente interpreta cada atividade na cadeia de suprimentos como contribuinte do processo de agregação de valor

A cadeia de suprimentos do petróleo no Brasil caracteriza-se por ser extremamente complexa, possuindo uma grande quantidade de unidades operacionais (refinarias), um sistema de transportes abrangente (dutos, terminais, navios) e uma ampla área de atuação no mercado, desde a extração do petróleo até a distribuição dos derivados, passando pela importação e exportação de petróleo e subprodutos. (Lord, 2010).

Ao mesmo tempo, é explicado por Lord (2010) que existe ainda uma grande variação de complexidade urbana e industrial do mercado consumidor, com demanda bastante variada de tipo e qualidade de produtos, prazos, frequência, local e quantidade de entrega. A política de maximizar a produção de petróleo e de derivados fortalece ainda mais a necessidade de se ter uma cadeia logística integrada e otimizada.

Assim, além de atuar como produtoras de petróleo de e derivados, as empresas do setor também atuam como grandes consumidoras de outros tipos de matérias-primas e serviços de diversas naturezas, possuindo para isso uma vasta rede de fornecedores e prestadores de serviços.

É fato que a cadeia logística de suprimento de óleo e gás merece destaque, processo que une mercado, refinarias, negociantes e produtores e é visto como um difícil e complexo comércio de transporte e estocagem. Neste sentido, Aas *et al.* (2009) comentam que um importante desafio da logística *upstream* é o suporte às operações a um custo eficiente.

Como o petróleo é um produto nobre e de grande importância para a economia mundial e fonte de energia das mais viáveis do ponto de vista econômico, a dependência dos países em relação a sua produção é considerável e gera grandes impactos nas economias quando há variações dos seus preços. Assim, a cadeia de suprimentos de petróleo, com seus modos de transporte e suas estruturas de apoio em terra, formam um sistema logístico complexo que está sujeito a vários riscos operacionais, legais e de mercado, que podem afetar o nível de serviço.

A cadeia logística de suprimento de óleo e gás no Brasil é composta basicamente pelo transporte Marítimo e dutoviário, recebimento e armazenamento pelos terminais e transferência destes para as refinarias. Uma vez que petróleo está nos tanques, considera-se que produto está entregue. (Sousa, 2007).

Conforme ilustrado na Figura 15, as atividades da cadeia logística do petróleo podem ser subdivididas nos seguintes grupos:

- Carregamento do navio para o porto;
- Viagem do porto de carregamento para o terminal;
- Descarregamento no terminal; e
- Armazenamento no terminal e transferência do terminal para a refinaria.

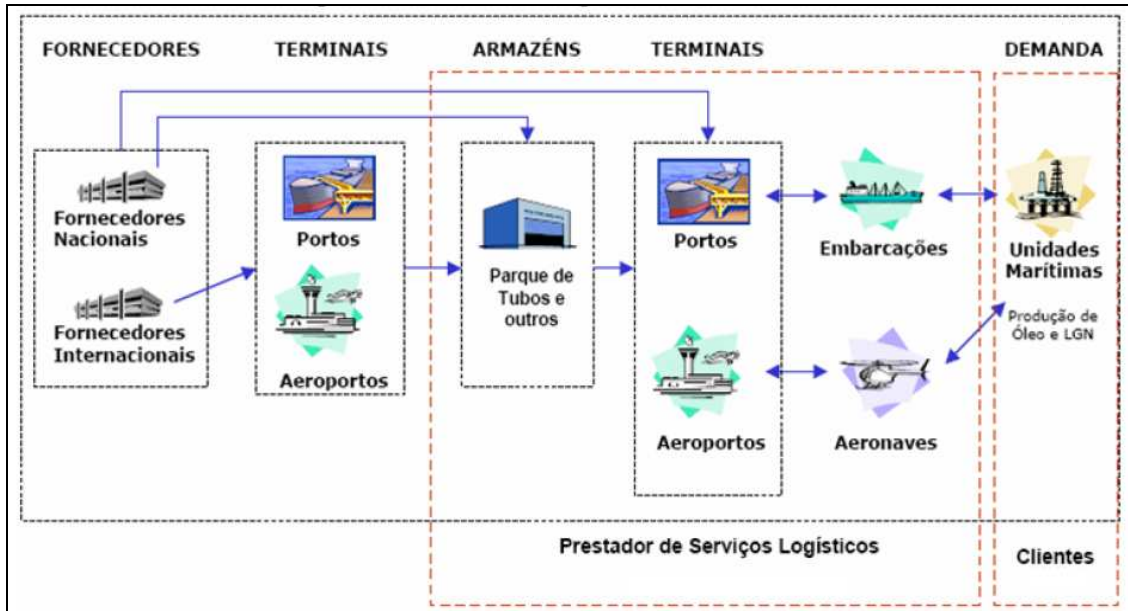


Figura 15 – Cadeia Logística de Petróleo.
Fonte: Spiegel *et al.* (2011)

Considerando apenas a cadeia de suprimentos atrelada ao apoio às operações *offshore*, que é foco deste estudo, pode-se extrair da cadeia representada na Figura 15 e analisar a situação a partir da Figura 16, onde é destacada a logística de atendimento às UM's dentro universo de exploração e produção.

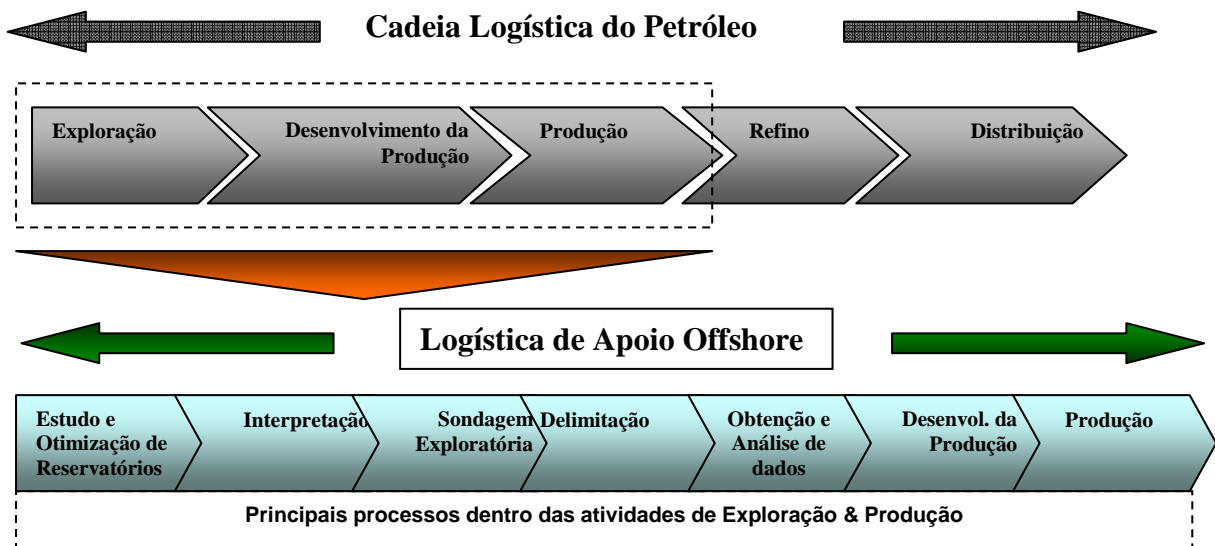


Figura 16 – Fluxo de processos para atendimento da Logística de apoio *offshore*.
Fonte: Adaptado de Sousa (2007)

Aas *et al.* (2009) definem a logística *offshore* como sendo o suprimento de sondas de perfuração e unidades de produção com os suprimentos necessários ao seu funcionamento.

Analisando a Figura 16 fica evidente o campo de atuação da logística de apoio *offshore*, considerando que a área de E&P (exploração e produção) é subdividida em exploração, desenvolvimento da produção e produção, tem-se outras subdivisões, que representam etapas fundamentais até a obtenção do óleo e/ou gás ao final do processo. Para cada uma dessas atividades, em maior ou menor grau de intensidade, diversos recursos são utilizados (*supply boats*, barcos de sísmica, plataformas, sondas, entre outros) os quais são igualmente dependentes de suprimentos, equipamentos e infraestrutura portuária para que possam realizar suas atividades.

3.2. Definição e Classificação de Portos e Terminais Portuários

Uma definição geral para porto é apresentada por Alderton (2008), como sendo um abrigo natural ou artificial para os navios, munido de instalações necessárias ao embarque e desembarque de mercadorias e de passageiros.

Bichou e Gray (2005) definem porto como uma instalação em que a transferência de cargas e de passageiros, assim como a manutenção de embarcações são garantidas. Comentam ainda que outras definições são atribuídas às atividades portuárias, que vão além da movimentação de cargas, armazenamento e elos logísticos, com o objetivo de incluir as atividades relacionadas a empresas que participam do comércio marítimo.

Goes Filho (2012) apresenta em seu estudo que os portos apresentam algumas características principais em comum, a saber:

- Facilidade de acessos terrestres;
- Profundidades adequadas aos navios que a eles se destinam;
- Instalações de acostagem para os navios;
- Facilidades para movimentação de carga;
- Abrigo para os navios;
- Áreas de estocagem adequadas para a carga que se destinam a atender.

De forma geral, a Tabela 3 sugere uma classificação de como portos podem ser distribuídos quanto a sua função e suas características principais:

Tabela 3 – Classificação dos portos quanto a sua função

Tipos	Profundidade (m)	Equipamentos	Caract. Principais
Carga Geral	10 a 12	Guindastes e empilhadeiras	Armazéns e pátios
Militares	8 a 11	Equipamentos de reparo/diques secos	Amplas saídas marítimas
Pesca	6 a 9	Frigoríficos e fábricas de gelo	Ampla extensão de acostagem
Minérios e Fertilizantes	20 a 24	Correias transportadoras, recuperadoras/carregadeiras de navio e viradores de vagão	Amplas áreas de estocagem/acostagem contínua ou descontínua
Petroleiros e Produtos Químicos	25 a 27	Instalações de bombeamento/oleodutos	Acostagem descontínua

Fonte: Adaptado de Goes Filho (2012)

Outra classificação é proposta pela UNCTAD (2002), a qual descreve que os portos podem ser classificados de acordo com as gerações de desenvolvimento na qual, as funções, as atividades e as estruturas organizacional, operacional, institucional e gerencial diferem enormemente. De acordo com esta classificação, existem três gerações, que são determinadas pelo desenvolvimento das políticas e da estratégia portuária, pelas diferenças de escopo das atividades e pelo nível de expansão e de integração, a saber:

1ª geração até 1960 – nesta geração os portos desenvolviam simplesmente atividades de conexão entre os sistemas de transporte terrestre e marítimos e as principais atividades e investimentos nos portos visavam exclusivamente a movimentação e o armazenamento de cargas.

2ª geração de 1960 até 1980 – os portos são caracterizados pelo trabalho em conjunto das entidades governamentais e da autoridade portuária. As atividades desenvolvidas nos portos desta geração vão além das operações tradicionais, agregando diversas ações que passaram a ser realizadas no porto e em sua área de influência, como a embalagem e identificação das cargas e também a distribuição física. Esta geração marca o início do gerenciamento dos serviços portuários direcionado ao consumidor, mas ainda sem maiores preocupações com relacionamento de longo prazo.

3ª geração após 1980 – esta geração é marcada pelo rápido desenvolvimento do transporte de contêineres e o surgimento dos sistemas de transporte intermodais. As atividades de produção e transporte passaram a ser articuladas para formar uma rede de abrangência internacional.

Com o avanço da informática e do desenvolvimento de novas pesquisas, Silva (2010), destaca uma nova tendência na organização e gerenciamento dos grandes portos e constatou o surgimento de uma quarta geração de portos, também já proposta pela UNCTAD. Ou seja, portos dotados de agilidade gerencial e operacional, interligados por modernos sistemas de informação e controle.

A Tabela 4 apresenta de forma mais sintetizada as quatro gerações propostas pela UNCTAD.

Tabela 4 – Classificação de Portos Proposta pela UNCTAD

Classificação dos Portos	Principais Funções Desempenhadas
1ª Geração	Acessos marítimos, transferências de mercadorias, armazenagem e entrega ao navio.
2ª Geração	Atividades de primeira geração, acrescidas de: <ul style="list-style-type: none"> • Atividades industriais e comerciais; e • Centro e serviços portuários.
3ª Geração	Atividades de segunda geração, acrescidas de: <ul style="list-style-type: none"> • Estruturação da comunidade portuária; • Fortalecimento de vínculos entre Porto-Cidade-Usuários; • Serviços extra-portuários; • Estrutura de Sistemas de Informação; • Centro de Logística.
4ª Geração	Atividades de terceira geração, acrescidas de: <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de processamento industriais; • Clusters ou condomínios portuários-industriais; • Redes de negócios

Fonte: Adaptado de Ferreira (2012)

Uma evolução considerada muito importante na área portuária é a transformação do porto em plataforma logística. Para Ferreira (2012) essa é uma mudança que tem como finalidade concentrar as atividades, tornando a distribuição otimizada e, como resultado, gerar uma redução de custos logísticos.

3.3. Transporte Marítimo

A principal função do transporte marítimo é promover a ligação entre regiões produtoras e consumidoras de insumos e produtos. Isso inclui transporte de matérias primas tais como minério, óleo bruto, carvão, grãos e insumos para a produção agrícola, bem como produtos manufaturados, desde as regiões produtoras até os centros consumidores.

De acordo com Assis (2012), o transporte marítimo sempre desempenhou um papel fundamental no comércio internacional, e envolve, nos dias de hoje uma extensa rede com inúmeras rotas marítimas. Todavia, deve ser observado que o transporte marítimo é apenas uma parte da cadeia logística que liga terminais portuários, centros de armazenagem e transbordo, bem como outros modais de transporte: dutos, rodovias, ferrovias e hidrovias.

O processo de globalização, segundo Mendes (2007), levou à redefinição das cadeias de suprimento, fazendo do transporte marítimo um elo vital para a garantia do abastecimento dos elementos da cadeia.

A principal vantagem do modal marítimo, de acordo com Saraceni (2006), é a sua capacidade individual de transportar, em grandes quantidades, quaisquer cargas, sólida ou líquida, sejam essas embaladas, unitizadas ou a granel. Neste caso, proporciona elevada economia de escala quando são cobertas grandes distâncias.

A indústria do petróleo possui um perfil comum às demais indústrias de extração mineral, onde as fontes estão geralmente distantes dos centros de consumo, muitas vezes em outro continente. Portanto, os grandes volumes movimentados, o valor relativamente baixo do óleo, tornam o uso do modal marítimo quase obrigatório para o transporte de petróleo e derivados, (Saraceni, 2006).

O transporte marítimo de cargas vem deixando de ser uma questão de importância secundária e puramente operacional para entrar de forma definitiva no centro das discussões e decisões estratégicas.

No tocante ao apoio logístico *offshore*, a tecnologia desenvolvida para lidar com o ambiente de exploração marítimo baseava-se em duas estratégias: manter os equipamentos em terrenos firmes ou deslocá-los às áreas alagadas. Neste caso, foram utilizadas desde aterros até embarcações, estruturas flutuantes e estruturas marítimas fixas. Esta segunda estratégia levou à criação de ilhas artificiais ou plataformas de trabalho nas quais pudessem ser instalados os equipamentos de perfuração, coleta e transporte do petróleo. E com o distanciamento dos poços da costa foram necessárias novas tecnologias para a criação de infraestruturas cada vez mais auto-suficientes capazes de tornar as unidades marítimas dependentes apenas das atividades de suprimentos, (Mendes, 2007)

Em qualquer terminal é fundamental que haja uma interação harmônica entre os diferentes modais de transporte de modo que um não atrapalhe a eficiência do outro. Neste sentido Shein (2010) argumenta que não é suficiente investir apenas nas embarcações, nos equipamentos de movimentação, pessoal e informatização se também não ocorrerem progressos nos outros modos de transporte e na infraestrutura de escoamento.

Shein (2010) comenta que a tendência dos portos tem sido a crescente busca da redução de custos e de burocracias, visando a uma melhoria da rotação das cargas e de navios no porto, com a integração em cadeias logísticas e a concentração da gestão de terminais portuários de vários portos em grandes grupos de operadores.

3.3.1 Embarcações de Apoio *Offshore* - *Supply Boats*

De acordo com Aas *et al.* (2009), para assegurar uma produção contínua as instalações *offshore* precisam de suprimento regular e o único meio de realizar

esta tarefa é fazendo uso das embarcações de apoio, que por sua vez representam um elevado custo na cadeia logística *offshore*. Aqueles autores ainda comentam que usualmente estas embarcações são alugadas pelas companhias de petróleo e na prática é destas empresas a responsabilidade pela programação e roteirização dos *supply boats*, o que não ocorre na Petrobras, onde a própria empresa programa e informa os pontos de entrega das cargas.

Por sua vez as embarcações de apoio, de acordo com Aneichyk (2009), têm a função primária de transportar suprimentos para as plataformas e outras estruturas *offshore*. Estas embarcações transportam cargas dos terminais de apoio até as instalações e estas cargas/suprimentos são divididas em duas categorias:

- Carga de convés (deck cargo) - são tubos, equipamentos e cargas em contêineres, que são transportadas no convés da embarcação; e
- Graneis (bulk cargo) – podem ser uma variedade de produtos transportados em tanques separados abaixo do convés.

Neste sentido, Mattos (2009) salienta que dependendo das características da operação as embarcações são utilizadas em diferentes etapas da atividade petrolífera. As embarcações empregadas no apoio marítimo *offshore* devem possuir grande capacidade de manobra, visando posicionamento próximo as unidades atendidas. Devido a essa necessidade recursos foram incorporados a estas embarcações: Hélices e lemes gêmeos (menor diâmetro na curva de giro), *Bow thruster* (propulsor lateral de proa), sistema de lemes independentes (posicionamento dos lemes em qualquer ângulo), *Stern thruster* (propulsor lateral de popa), central de manobras computadorizadas (manobras realizadas por “*joystick*”) e o *Dynamic Position* (Posicionamento Dinâmico).

Apresenta-se a seguir a classificação das embarcações usadas comumente no mundo para atendimento às operações *offshore*.

1. Navio de Suprimento a Plataforma (PSV – *Platform Supply Vessel*) – embarcações que transportam óleo combustível, água potável, produtos químicos, água industrial, tubulações e ferramentas especiais.
2. Navio de Suprimento (SV – *Supply Vessel*) – navio de apoio a plataforma menor que o PSV.
3. Reboque e Manuseio (AHTS – *Anchor Handling Tug Supply*) – Embarcação que medem cerca de 110 metros de comprimento e potência (HP) de 6.000 a 20.000, atuam como rebocador, manuseio de âncoras e transportes de suprimentos (tubos, água doce, óleo, lama, salmoura, cimento, peças, etc.).
4. Combate a Incêndio e SOS (*Fire Fighting*) – São basicamente embarcações que possuem bombas e canhões de incêndio com capacidade de aplicar jatos à vazão de 9.000 m³ de água por hora, para

atender em caso de emergência, as solicitações de socorro e incêndio em plataformas e/ou embarcações.

5. Estimulação de Poços (*Well Estimulation Vessel*) - São embarcações dotadas de “plantas” para aplicação de injeção de agentes químicos, visando monitorar e melhorar a produtividade dos poços e linhas em operação.
6. Lançamento de Linha (PLSV – *Pipe Laying Support Vessel*) – São embarcações que lançam e recolhem linhas no mar, utilizadas para conectar as plataformas a sistemas de produção de petróleo.
7. Passageiro (CB – *Crew Boat*) - Embarcação utilizada para trocas de turmas nas plataformas, incluindo embarcações de alta velocidade.
8. Suporte às Operações de ROV – Veículo de Operação Remota (RSV – *ROV Support Vessel*) – São embarcações equipadas com sistemas de posicionamento dinâmico, além de outras instalações utilizadas nas operações com veículo de operação remota.
9. Suporte a Mergulho (DSV – *Diving Support Vessel*) – São embarcações de apoio às operações de mergulho de “superfície” ou saturado, dotados de vários equipamentos especiais (sino de mergulho, câmaras de saturação, guinchos especiais etc).
10. Embarcação suporte a derramamento de óleo (OSRV – *Oil Spill Recovery Vessel*) – Utilizado no combate ao derramamento de óleo dotado de especificações que permitem trabalhar na mancha de óleo, em atmosfera onde a evaporação do petróleo produz gás natural, por isso é dotado de sistemas elétricos blindados para evitar a produção de faíscas. Possui equipamentos para recolher o óleo derramado e armazenar num tanque a bordo. A capacidade de combater o derramamento pode ser criada num PSV ou AHTS.

A Figura 17 apresenta as principais embarcações de apoio que atendem às demandas das unidades marítimas. Cabe destacar nesta Figura a presença de um navio aliviador próximo a plataforma, o qual tem por objetivo esgotar o óleo produzido pela plataforma e levá-lo a terra para processamento. Esta etapa, porém faz parte da cadeia produtiva de escoamento do petróleo, conforme já evidenciado anteriormente no subitem 2.1.

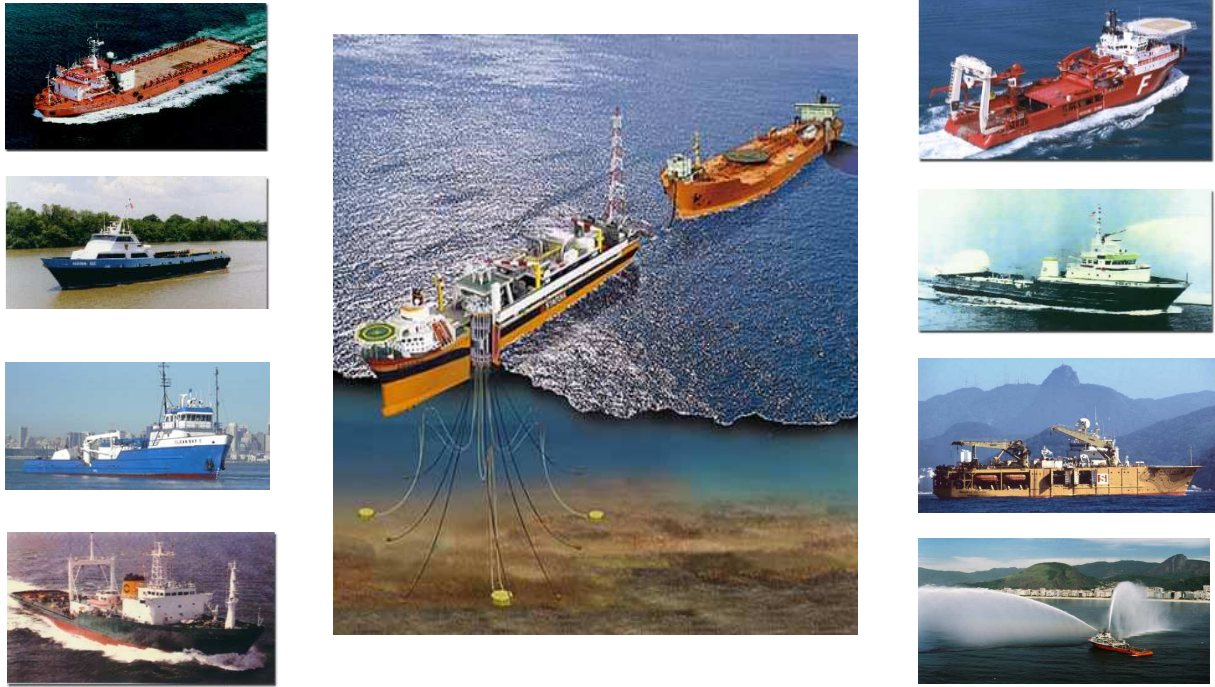


Figura 17 – Principais embarcações de atendimento as unidades marítimas
 Fonte: Adaptado de Petrobras (2010)

Em relação às condições de mar, operações de carga e descarga entre uma embarcação e uma unidade marítima são operações que dependem fundamentalmente das condições do tempo. O tamanho de onda significativa (SWH – *Significant wave height*) é a medida usada para quantificar as condições do tempo para operações de suprimento, (Aneichyk, 2009). A SWH é definida pela altura média de um terço da crista da maior onda, por questões de segurança e pelas características das embarcações, não são permitidas operações de carga e descarga quando SWH excede a 4 metros. A Figura 18 apresenta um exemplo de uma embarcação de apoio em condições de mar adversas.



Figura 18 – Embarcação de apoio em condições adversas.
Fonte: Aneichyk (2009, p.15)

3.3.2. Terminais de Apoio *Offshore*

Considerando o estudo a partir de uma atividade portuária, faz-se necessário uma breve distinção entre terminais portuários e portos. Segundo Silva *et al.* (2010) um porto é definido como um local onde uma embarcação recebe ou deixa suas cargas ou passageiros, já um terminal de apoio *offshore* consiste de uma área de atracação capaz de garantir o carregamento dos mais diversos tipos de carga em embarcações distintas que transportam simultaneamente diferentes tipos de carga acondicionadas de formas variadas.

Assim, a principal diferença entre um terminal de apoio *offshore* e um porto é o fato do primeiro ser um elo da cadeia de suprimentos de Exploração e Produção, com o objetivo de minimizar o risco de rompimento da cadeia de suprimentos para as unidades marítimas, enquanto que o segundo é um nó de um sistema de transporte multimodal.

As operações de apoio *offshore* caracterizam-se principalmente pelo carregamento e descarregamento de itens de suprimento e equipamentos para plataformas e sondas. De forma geral as cargas são compostas por granéis sólidos e líquidos, cargas gerais, água, fluidos especiais, produtos químicos materiais de ancoragem, linhas flexíveis e alimentos, (Silva, 2010).

A Figura 19 apresenta embarcações de apoio marítimo prestando atendimento a uma unidade marítima de perfuração de poço.



Figura 19 – Atendimento de *supply boat* a uma unidade marítima
Fonte: Lima (2008, p.2)

3.4. Capacidade Operacional e Indicadores de Desempenho em Terminais Portuários

De acordo com Brito (2007), capacidade é o volume que um sistema é capaz de atingir em um período específico de tempo. A criticidade de um planejamento de capacidade aumenta em função do tempo necessário para implementar uma expansão. Se a capacidade de uma operação pode ser ampliada em poucos dias, uma planejamento para os próximos 5 anos pode ser desnecessária, porém para ampliações que exijam meses ou anos, como as ampliações portuárias, planejar o aumento dessa capacidade passa ser fundamental.

No entanto, para Wilker (2010) o desequilíbrio entre a capacidade e a demanda pode trazer consequências econômicas desastrosas para a organização. Sendo que o desafio é harmonizar, em todos os níveis, o grau de capacidade produtiva com o nível de demanda a ser atendida com o menor custo possível, sendo assim, fundamental o planejamento e controle da capacidade produtiva.

Por sua vez, para Petrobras (2009), no contexto portuário *offshore* referente às embarcações de apoio, é considerada capacidade das embarcações, o tempo disponível em dias para atendimento às UM's, que é o ciclo de viagem, descontados os tempos de navegação, tempos entre UM's e tempos no porto.

Quanto a classificação de capacidade, Wilker (2010) destaca que, esta pode ser classificada em: capacidade instalada, de projeto, efetiva ou de carga e realizada.

- Capacidade instalada: É a quantidade máxima que um sistema produtivo pode produzir ininterruptamente desconsiderando as perdas. Portanto, é a capacidade produtiva obtida numa jornada de trabalho de 24 horas ignorando as paradas para manutenção e perdas decorrentes de erros de programação da produção.
- Capacidade disponível ou de projeto: refere-se à capacidade máxima de um sistema produtivo numa jornada de trabalho sem considerar as perdas envolvidas.
- Capacidade efetiva ou de carga: capacidade efetiva é a capacidade disponível subtraídas das perdas planejadas dessa capacidade. As perdas planejadas são: *setups* (tempo de preparação), manutenções preventivas, auditorias da qualidade, trocas de turnos, intervalos de operações, etc.
- Capacidade realizada: é a capacidade real em determinado período. Ou seja é a capacidade resultante da subtração das perdas não planejadas da capacidade efetiva. As perdas não planejadas são: ausência de matéria-prima, funcionários, energia, máquinas; deficiências de qualidade, manutenção corretiva, etc.

Em relação aos indicadores de desempenho operacional estes representam características de produtos e processos, que são utilizados para controlar e melhorar a qualidade do desempenho destes ao longo do tempo, Arruda *et al.* (2008). Os indicadores de desempenho viabilizam a busca da melhoria contínua da qualidade dos produtos e serviços e da produtividade da empresa, elevando a satisfação dos clientes, sua competitividade e ainda sua participação no mercado.

Segundo ANTAQ (2003) o desempenho portuário é o resultado dos procedimentos operacionais das instalações portuárias, no carregamento e descarga de mercadorias e no atendimento aos navios e veículos terrestres. A produtividade é importante para o planejador portuário, pois é por meio desta informação que ele determinará se o porto necessita de mais infraestrutura para atendimento da demanda.

De acordo com ANTAQ (2003) os indicadores de desempenho medem:

- a intensidade de carga de trabalho, dada pelas quantidades movimentadas ou pelo volume de atendimentos realizados;
- a eficácia ou o grau em que o serviço atende aos padrões estabelecidos de adequação, suficiência e fidelidade aos objetivos, consideradas as demandas dos usuários e clientes;
- a eficiência, medida através da produção ou grau de produtividade na oferta do serviço, em termos de rapidez ou velocidade e presteza;
- a qualidade: entendida como satisfação, confiança e segurança do serviço ao cliente, atendendo suas necessidades e desejos;

- a economicidade, dada pelo nível dos preços dos serviços, possibilitando sua comparação com outros portos e a análise evolutiva, inclusive no que se refere à variação dos diversos componentes com os preços totais.

Os indicadores de desempenho, de acordo com a ANTAQ (2003) têm por finalidade a avaliação da qualidade dos serviços ofertados e da satisfação dos clientes-usuários. Possibilitando avaliar o relacionamento entre a qualidade dos serviços com a satisfação das necessidades e desejos dos usuários.

Os indicadores de desempenhos possuem, entre outras, as seguintes características:

- Estão expressos em unidades de medida das mais significativas para aqueles que irão utilizá-los, servindo para fins de avaliação de resultados ou para subsidiar a tomada de decisão;
- São compostos de um número ou percentual para indicar a magnitude (quanto) e de uma unidade de medida, que dá ao número ou percentual um significado (o quê);
- Servem para detectar causas e efeitos de ações operacionais e administrativas;
- Permitem qualificar os serviços em cada porto, fazer comparações evolutivas de desempenho de cada terminal ou conjunto de berços, a comparação entre terminais e conjuntos de berços de um mesmo porto, ou entre portos distintos, possibilitando monitorar a evolução do processo, com o estabelecimento de *benchmark*.

Para Spiegel *et al.* (2011) a eficiência de um porto deve minimizar a permanência da embarcação, ou seja, a soma da atracação, tempo de operação e liberação do navio. Esta eficiência seria ainda avaliada de acordo com o desempenho operacional, a infraestrutura existente e o grau de segurança vinculado à operação.

Em relação ao desempenho operacional Spiegel *et al.* (2011) identificam que a taxa de carga e descarga depende dos seguintes fatores:

- Tipo de carga;
- Tipo e tamanho da embarcação;
- Disponibilidade e tamanho da equipe de estivadores;
- Grau de mecanização; e
- Métodos utilizados na manipulação de cargas.

Neste sentido, a compreensão dos indicadores relativos aos portos e terminais demanda um conhecimento preliminar do espaço econômico em que o porto

está inserido, ou seja, o seu ambiente externo, que é caracterizado segundo ANTAQ (2003), pela descrição dos fluxos de comércio ou do mercado dos portos concorrentes e das possibilidades de crescimento industrial entre outras.

3.5. Simulação Computacional e Modelagem de Processos

O objetivo deste item é apresentar alguns conceitos relativos ao campo da simulação. As definições são apresentadas segundo a visão de diversos autores, porém é sabido que estes conceitos não são únicos. Entretanto, os conceitos apresentados são considerados essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

3.5.1. Definições

A técnica de simulação de acordo com Machado e Yonamine (2003) envolve a criação de modelos para representar partes de sistemas das mais variadas áreas do conhecimento, de forma comprovar hipóteses por meio de testes no modelo, mediante cenários possíveis, reduzindo os custos e os riscos de testes de campo envolvendo a operação real desses sistemas.

Para Pinho *et al.* (2009) o uso da modelagem constitui para os gestores de processo uma importante ferramenta para embasar a tomada de decisão. A identificação das variáveis do modelo e o grau de complexidade e robustez que o modelo deve apresentar são questões cujas respostas não são simples. Neste sentido, para efetivamente auxiliar no processo de tomada de decisão, a etapa da modelagem deve ser executada da melhor forma possível.

Uma das primeiras definições de modelagem é criticada por Pidd (1996) pela sua simplicidade, ou seja, quando Ackoff e Sacieni publicaram em 1968 seu trabalho sobre fundamentos da pesquisa operacional, definiram simulação como sendo uma “representação da realidade”, porém tal definição ignora o motivo pelo qual o modelo está sendo construído. Uma vez que a pessoa que está modelando deve ter em mente os objetivos do modelo, para não deixar escapar partes importantes da realidade e ao final concluir que a modelagem de nada serviu.

Assim Pidd (1996), a partir de suas pesquisas, apresenta uma evolução das definições sobre o que vem a ser um modelo. “Um modelo é uma representação da realidade projetado para algum propósito definido”. Esta definição também é criticada por estar incompleta, uma vez que não contextualiza a modelagem dentro da administração. Neste sentido, Pidd (1996) gerou uma nova definição: “Um modelo é uma representação da realidade que é planejada para ser usada por alguém no entendimento, mudança, gerenciamento e controle desta realidade”. É lembrado neste caso que um modelo nunca será igual a realidade, pois caso contrário, teríamos duas realidades e não um modelo, logo, a partir dessa premissa Pidd (1996) gera uma nova definição: “Um modelo é uma representação de parte da realidade vista pelas pessoas que desejam usá-la para entender, mudar, gerenciar e controlar aquela parte da realidade”.

Por fim, Pidd (1996) propõe um refinamento desta definição, uma vez que um modelo envolve a percepção, na qual, muitos de nós movimentamos a vida com um conjunto de considerações que formam nosso arranjo mental, o que leva a portar modelos mentais informais do mundo. No entanto, estas considerações pessoais não cabem num modelo de tomada de decisão gerencial, com isso chegou-se a seguinte definição: *“Um modelo é uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade”*.

No entanto, outros autores utilizam conceitos diversos para definir modelos de simulação. Para Chwif e Medina (2006), um modelo de simulação é uma abstração da realidade, que se aproxima do verdadeiro comportamento do sistema, mas sempre mais simples que o sistema real.

Gottfried (1984) define simulação como sendo uma atividade por meio da qual se pode obter inferências a respeito do comportamento de um sistema, por meio de um modelo correspondente, cuja relação de causa e efeito são as mesmas que ocorrem no sistema em estudo.

Banks *et al.* (1998) descrevem um modelo como sendo uma representação de um sistema real. Porém, imediatamente, surge uma preocupação sobre limites ou fronteiras do modelo que supostamente representam o sistema. Neste caso, os autores acrescentam que o modelo deve ser complexo o suficiente para responder às questões levantadas, mas não muito complexo.

Freitas Filho, (2008) por sua vez considera como completa a definição que simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua avaliação.

Kelton *et al.* (2007) descrevem que a simulação refere-se a uma ampla coleção de métodos e aplicações para imitar o comportamento de sistemas reais, geralmente em um computador com o software apropriado.

Obviamente que as definições acima não são exaustivas, os autores e estudiosos desse assunto buscam a cada dia complementa-las e torna-las mais completas, adequando cada um a sua necessidade de estudo.

3.5.2. Objetivo da Simulação e da Modelagem de Sistemas

A simulação é um dos diversos métodos existentes utilizados para estudar e analisar sistemas, o qual não compreende somente a construção do modelo, mas todo o método experimental. Para Freitas Filho (2008), a simulação computacional permite os estudos sejam desenvolvidos sobre sistemas que ainda não existem, levando ao desenvolvimento de projetos eficientes antes que qualquer mudança física tenha sido iniciada.

De acordo com Pinho *et al.* (2009) a modelagem pode ser usada para um melhor entendimento e representação uniforme da empresa; suporte ao projeto de novas partes da organização ou até para apoiar o controle e monitoramento das operações da empresa.

A técnica de simulação e seus conceitos básicos são, em geral, facilmente compreensíveis e justificáveis, para todos os envolvidos no processo de tomada de decisão. Para Freitas Filho (2008), em contraste com modelos de otimização, um modelo de simulação é executado ao invés de resolvido. As diferenças dessas duas abordagens implicam que o modelo simulado permite análises quase que a todo instante, à medida que novas indagações sobre o comportamento do sistema são criadas.

Quanto a aplicação, o campo da simulação é muito amplo, Cwhif e Medina (2006) dividem em dois grandes setores as áreas de aplicação, a saber: manufatura e serviços. Por sua vez Freitas Filho (2008) sugere que modelos de simulação possam ser aplicados a inúmeros sistemas, entre eles: sistemas de produção; sistemas de transportes e estocagem; sistemas computacionais; sistemas administrativos e sistemas de prestação de serviços diretos ao público.

Machado e Yonamine (2003) descrevem que como em outras abordagens de modelagem, a simulação computacional é utilizada pelo seu reduzido custo quando comparada com a mudança física direta, que pode impactar em retrabalhos com perdas muito grandes. Portanto, a idéia básica é ter uma ferramenta para auxílio a tomada de decisão, isto é , a simulação busca ser uma base para inferir questões do tipo *what if*. Neste sentido a Figura 20 mostra o conceito de simulação como base para experimentação.

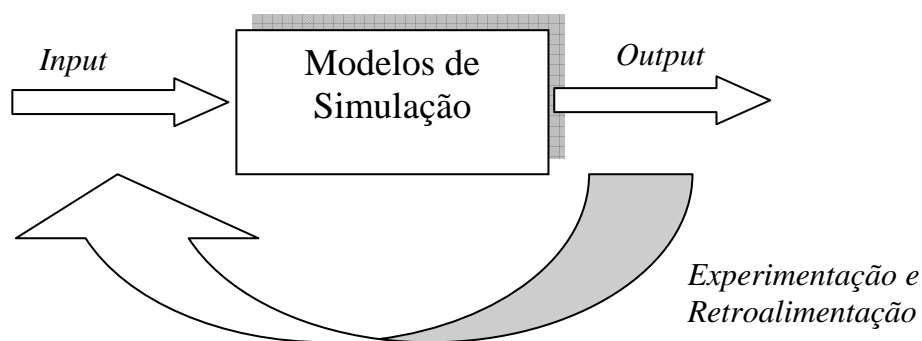


Figura 20 – Esquemático Conceitual de Simulação.
Fonte: Adaptado de Machado e Yonamine (2003 p. 9)

Machado e Yonamine (2003) resumem em seu trabalho, algumas características em relação aos sistemas na qual o uso da simulação é recomendado:

- *Dinâmicos*: de uma forma geral os sistemas tendem a se comportar como processos estocásticos, isto é, tendem a ter um comportamento variável ao longo do tempo. Logo, esta variação pode estar associada a

fatores controláveis, que exigem um tratamento estatístico para que se possa simular seu comportamento.

- *Interativos*: esse tipo de sistema possui componentes que interagem entre si, afetando o comportamento do sistema como um todo.
- *Complicados*: para que seja válida uma análise por meio de uma ferramenta de simulação, o problema deve ser complexo, envolvendo um número de complicações tal que não seja trivial a resolução deste por técnicas mais diretas.

Quanto a classificação dos modelos de simulação, Kelton e Sadowski (2002), apresentam em três dimensões distintas, que podem servir de auxílio para o pesquisador:

- *Estática ou dinâmica*: estáticos são modelos que visam representar o estado de um sistema em um instante que suas formulações não consideram a variável tempo, enquanto que modelos dinâmicos são formulados para representarem as alterações de estado do sistema ao longo do tempo da simulação.
- *Discreta ou Contínua*: modelos discretos são aqueles em que o avanço da contagem de tempo na simulação se dá na forma de incrementos, na qual seus valores podem ser definidos em função da ocorrência dos eventos ou pela determinação de um valor fixo. Nestes casos só é possível determinar os valores das variáveis de estado do sistema nos instantes de atualização da contagem do tempo. Nos modelos contínuos o avanço do tempo na simulação dar-se-á de forma contínua, o que possibilita determinar os valores das variáveis a qualquer instante.
- *Determinística ou Estocástica*: Modelos determinísticos são os que em suas formulações não são utilizadas variáveis aleatórias, ao passo que os estocásticos fazem uso de uma ou mais dessas variáveis.

Guerra *et al.* (2010) propõe que a simulação deve descrever o comportamento dos sistemas, neste sentido, comentam que as seguintes etapas são usualmente empregadas no desenvolvimento dos modelos de simulação de modo a garantir sua eficiência, a saber:

- *Definição do problema* – é a etapa onde ocorre a definição clara das metas do trabalho, por que se está estudando este problema e quais respostas buscam-se encontrar;
- *Planejamento do projeto* – busca-se verificar a existência de recursos físicos, humanos e técnicos para a execução do projeto;
- *Definição do sistema* – nesta etapa ocorre a determinação das fronteiras, das restrições a serem usadas na definição do sistema e como este funciona;

- *Formulação conceitual do modelo* – nesta etapa é desenvolvido um modelo preliminar de forma gráfica, para definir os componentes, as variáveis e as interações lógicas que constituem o sistema;
- *Projeto experimental preliminar* – é a seleção das medidas de eficiência que serão empregadas, os fatores a serem variados e quais dados precisam ser colhidos do modelo, de forma e em que extensão;
- *Preparação dos dados de entrada* – consiste na identificação e coleta dos dados necessários pelo modelo;
- *Tradução do modelo* – é a formulação do modelo em uma linguagem de simulação apropriada;
- *Verificação e validação* – consiste numa das etapas essenciais do processo. Busca-se a confirmação de que o modelo opera da forma que o analista pretendia e que a saída do modelo é confiável e representativa de um sistema real. A verificação mostra que o programa se desempenhou como esperado e pretendido, fornecendo uma correta representação lógica do modelo. Enquanto que a validação estabelece que o modelo representa de forma válida o sistema do mundo real que está sendo simulado;
- *Projeto final experimental* – visa projetar experimentos que irão gerar as informações desejadas e determinar como cada uma das “corridas” especificadas no projeto serão executadas;
- *Experimentações* – consiste em executar a simulação para gerar os desejados e realizar análises de sensibilidade;
- *Análise e interpretação* – busca-se realizar inferências sobre os dados obtidos pela simulação; e
- *Implementação e documentação* – é a disponibilização e aplicação dos dados utilizados e dos seus resultados obtidos.

A simulação de modelos estocásticos apresenta, a cada execução, um dentre vários possíveis resultados. Para Freitas Filho (2008) a correta condução dessas execuções passa por todo um procedimento e tratamento estatístico obrigatório nesse tipo de abordagem.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Problemas de simulação são comuns no meio acadêmico, no tocante a simulação de terminais marítimos, Batista (2005) em seu trabalho cita algumas publicações que utilizaram linguagens de programação para esta finalidade. Porém, quando o tema é direcionado para a simulação aplicada à terminais de apoio *offshore*, poucos são os trabalhos encontrados na literatura acadêmica. Portanto, buscou-se apresentar pela bibliografia consultada, as publicações acadêmicas que mais se aproximaram do tema em questão.

4.1. Aplicação da Simulação em Terminais Marítimos

No tocante a simulação em terminais portuários, Novaes *et al.* (2003) discutem as vantagens e desvantagens do uso de modelos de filas e simulação em estudo do planejamento de terminais marítimos de contêineres. É abordado que o modelo de filas tem sido amplamente utilizado para estimar tempos médios de espera de navios nos portos e a medida que o manuseio das cargas se torna mais especializado, a modelagem tem se tornado mais complexa.

Machado e Yonamine (2003) apresentam de forma teórica a logística do *downstream* da Petrobras, com foco em fluxos de petróleo e seus derivados, desde a chegada de petróleos aos terminais marítimos e aos terminais terrestres até os pontos de vendas para distribuidoras, grandes clientes ou terminais de exportação. Neste estudo, é desenvolvido um modelo de simulação, com o uso do Arena, representativo da região de São Paulo, onde são analisados os impactos nas decisões a fim de antever o comportamento do sistema sobre diferentes condições operacionais.

Batista (2005) por sua vez busca validar um modelo de simulação aplicável à análise operacional de embarcações de apoio marítimo da bacia de Campos. É utilizado o software Arena para simular o sistema, onde a modelagem representa a movimentação das embarcações, quanto à operação no píer e a criação de filas para atracação no Terminal Alfandegado de Imbetiba, em Macaé-RJ.

Carvalho (2006) propõe analisar as potencialidades e vantagens do uso da modelagem e simulação computacional em operações logísticas complexas como ferramenta de auxílio à tomada de decisões. O estudo foi baseado num estudo de caso no pólo petroquímico de Camaçari-BA, a partir do carregamento e expedição de caminhões com produtos graneis e embalados. Neste caso, a operação foi considerada complexa face ao grande de volume e diversidade de carregamento simultâneo, além do contra-fluxo dos caminhões que foi considerado um fator gerador de risco de acidente de trabalho.

Christiansen *et al.* (2007) escrevem um capítulo sobre transporte marítimo, no *handbook* sobre pesquisa operacional e modelos de simulação. Neste capítulo discutem vários aspectos das operações com transporte marítimo, problemas associados a tomada de decisão e modelos com ênfase na roteirização e

previsões. Os autores apresentam uma revisão sucinta da bibliografia do tema e concluem que relatórios de pesquisa sobre cadeia de suprimento marítima na literatura são escassos. Com relação a cadeia de óleo, os autores apresentam três tipos de modelos: (a) *crude supply* – modelos para geração ótima em tempo curto para previsões de suprimento de óleo cru; (b) *tanker lightering* – modelos de transferência com petroleiros; e (c) *petroleum products distribution* – modelo de simulação desenvolvido para análise de distribuição de produtos pelo mar.

Brito (2007), no entanto, apresenta de forma conceitual como a simulação computacional pode ser utilizada como ferramenta em um estudo de análise de capacidade. São destacados os desafios do processo de planejamento estratégico de capacidade nas organizações, além do exemplo da aplicação da simulação em uma planta de derivados de petróleo a partir do seu processo produtivos até a expedição por meio de um porto de carga geral, onde são indicadas restrições quanto ao número máximo de navios que podem ser atracados e carregados ao mesmo tempo.

Mendes (2007) aborda um problema de roteirização e programação de veículos, incorporando uma nova restrição operacional, aplicado às operações de apoio a exploração e produção de petróleo *offshore*. Neste caso, mais de uma embarcação é requerida para executar suas tarefas de reboque e lançamento de linhas ancoragem. A programação é orientada para minimização dos custos variáveis da operação e dos custos associados ao nível de serviço no atendimento. Para tanto o problema é modelado por meio do algoritmo *branch and cut* acoplado às heurísticas de busca em vizinhança local *branching e variable neighborhood search*.

O porto de Sevilha, considerado no estudo de Cortés *et al.* (2007), é um porto fluvial localizado no rio Guadalquivir, no sul da Espanha, e é o único porto fluvial espanhol. O estudo enfatizou a simulação do transporte de mercadorias, processo esse que começa com o movimento por meio de todo o estuário do rio e termina com as embarcações que chegam ao porto, onde a logística de operações de carga e descarga acontece. A simulação apresentada no trabalho é realizada com o *software* Arena e considera todos os tipos de cargas existentes no porto de Sevilha: contêineres, cereais, cimentos, sucata, ferro, aço e fertilizantes. Foi simulada a navegação pelo estuário do Guadalquivir, o bloqueio, as bacias e as docas do porto, bem como as atividades logísticas nos berços. Após testar vários cenários, pôde-se afirmar que as instalações do porto de Sevilha permitem lidar com a entrada de fluxos logísticos, com exceção de dificuldades momentâneas no tráfego de contêineres.

Hamacher *et al.* (2008), apresentam um modelo de programação matemática para o planejamento estratégico da cadeia de petróleo no Brasil. O modelo contemplou as refinarias e suas unidades de processos, as propriedades dos petróleos e derivados, a logística nacional, incluindo os sistema dutoviário e comercialização. O modelo foi aplicado a uma rede logística composta por terminais terrestres e marítimos, bases de distribuição primárias e secundárias e dutovias.

Com o propósito de analisar a operação do Porto do Rio Grande, Lemke (2008) apresentou seu estudo a partir da simulação com o uso do software Arena. A dissertação foi desenvolvida em vários terminais dentro do complexo portuário de Rio Grande com o objetivo de comparar os resultados obtidos pela técnica de Teoria de Filas com a técnica de simulação, onde foram analisados os intervalos de chegada e os tempos de atendimento das embarcações.

Wanke (2008) realizou análise das estatísticas de espera de navios e nos custos totais de sobrestadia sob diferentes aspectos de alocação de ancoradouro e prioridades de fila, através da utilização da simulação com Arena, com o propósito de redução dos custos de *demurrage* (demora ou retenção no porto, de um navio mercante, além do tempo especificado).

Barros *et al.* (2009) investigam o problema da alocação de navios a berços no complexo industrial portuário marítimo de São Luis. Foi desenvolvido um modelo matemático formalização do problema utilizando-se uma heurística baseada em *simulated annealing* e as soluções foram derivadas a partir de ferramentas de programação linear.

Aas *et al.* (2009) baseiam seus estudos nas operações de apoio *offshore* no Mar do Norte, onde afirmam que as companhias petrolíferas estão gradualmente dando mais foco à otimização de sua logística *upstream*. Entretanto, relatam a existência de poucas pesquisas nesta área e argumentam que deve ser dada mais atenção a um elevado elemento de custo da cadeia de suprimento *offshore*, as embarcações de apoio. No estudo os autores, analisaram os *supply vessels* como meio de transporte de cargas realizando uma análise da logística baseada no seu uso na Noruega.

Os trabalhos apresentados por Ignácio e Neves (2009) e Silva *et al.* (2010) tem características muito similares ao deste estudo, pois apresentam o uso da simulação no dimensionamento da capacidade de um terminal portuário. Sendo que os primeiros abordaram um porto operando com cargas pesadas, minério de ferro, produtos siderúrgicos e carvão, enquanto os demais apresentam um modelo de simulação discreta empregado como ferramenta de apoio à tomada de decisão e ao diagnóstico de operações do Terminal Alfandegado de Imbetiba.

Kaiser (2010) propõe desenvolver uma metodologia estruturada para quantificar o número de embarcações de apoio *offshore* e partidas de barcos de tripulação para atividades no Golfo do México. A rede logística é modelada como um sistema determinístico linear que não varia com o tempo e implementado usando um modelo de entradas e saídas.

Pant *et al.* (2011) descrevem o efeito adverso no fluxo de mercadoria inter-regional que resultam em desordem interna no porto de Catoosa em Oklahoma-EUA. Os autores fizeram uma integração de dois modelos, um baseado nos riscos da inoperabilidade multiregional, o outro nas operações portuárias de chegada de mercadorias, descarga, separação e distribuição. Cada modelo gerou três cenários de desordem no porto e forneceram medidas de impacto das indústrias que usavam as instalações internas do porto.

Sun *et al.* (2012) abordam a importância de terminais de contêineres para a atual economia. Segundo os autores, terminais portuários de contêineres são nós essenciais nas redes de transporte de cargas marítimas. Por essa razão, a eficiência operacional desses terminais na movimentação de contêineres desempenha um papel crucial em uma economia mundial globalizada. Utilizando como justificativa a importância dos terminais de contêineres, o trabalho afirma que modelos e algoritmos foram desenvolvidos para tratar problemas de decisão naqueles terminais de forma a melhorar sua eficiência operacional. Estas ferramentas de apoio à decisão são normalmente utilizadas separadamente para fins específicos. Logo, o objetivo do trabalho foi apresentar uma plataforma de simulação geral, nomeado MicroPort, que visa proporcionar um sistema de modelagem integrada e flexível para a avaliação da capacidade operacional e da eficiência de diferentes modelos de terminais de contêineres.

Neste sentido Carteni e Luca (2012) explanam sobre a diferença entre as abordagens de otimização e simulação quando se trata de um terminal de contêineres e as vantagens que a abordagem de simulação possui. Os autores apresentam o objetivo do trabalho, que foi mostrar diferentes modelos de simulação de eventos discretos para um terminal de contêineres. O foco principal foi sobre qual seria a melhor abordagem para simular a duração do tempo das atividades de movimentação de cargas e que nível de detalhe deve ser perseguido com relação a diferentes horizontes de planejamento que um tomador de decisão tem que enfrentar. Toda a simulação foi realizada no software *Witness*.

Com base no levantamento bibliográfico, até o momento, percebe-se que poucos trabalhos foram desenvolvidos voltados para área de apoio *offshore*. Sendo que a grande maioria dos trabalhos tem como foco o desenvolvimento de modelos para simulação do tempo de espera e alocação nos berços em portos.

No entanto, não foram encontrados até o momento trabalhos que buscam atender ao mesmo objetivo e hipótese deste estudo, qual seja, avaliar a melhor opção para investimentos em terminais de apoio *offshore* a partir da avaliação de seus indicadores de desempenho.

5. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa é definida por Rodrigues (2007) como um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objetiva do conhecimento, de uma maneira sistemática.

A metodologia é um dos pontos que mais requer atenção na elaboração de um trabalho científico, pois o autor necessita informar claramente como, quando e em que condições os procedimentos foram seguidos, informando ainda o período e o local da realização da pesquisa. De forma a permitir ao leitor reconstituir o processamento dos métodos empregados, sendo sintético, claro e preciso.

Para desenvolvimento deste estudo e buscando responder aos objetivos propostos, os procedimentos metodológicos serão, basicamente, divididos em cinco fases:

- a. Revisão da literatura sobre os temas pertinentes a este trabalho, tipo: o gerenciamento da cadeia de suprimentos, o transporte marítimo, a logística de apoio *offshore* e o processo de simulação, onde serão investigados e analisados materiais disponíveis em publicações, dissertações, teses, periódicos especializados e websites, além de pesquisas anteriores realizadas no meio acadêmico referentes ao tema em questão;
- b. Levantamento do problema, onde será realizado um estudo empírico, sendo utilizado o método do estudo de caso, baseado em entrevistas e coleta de dados sobre a operação do terminal de apoio *offshore* em estudo, uma vez que para se obter os dados da simulação é necessária uma busca exploratória para entendimento da operação e criação do modelo;
- c. Elaboração, validação, teste e criação de cenários do modelo de simulação;
- d. Consolidação dos dados dos cenários simulados e avaliação do melhor tipo de investimento a ser considerado no porto; e
- e. Análise dos resultados e conclusão do estudo.

No estudo desenvolvido por Rodrigues (2007), uma pesquisa científica pode ser dividida nas seguintes modalidades:

- Pesquisa de campo - É a observação dos fatos tal como ocorrem. Não permite isolar e controlar as variáveis, mas perceber e estudar as relações estabelecidas.
- Experimental - Objetiva criar condições para interferir no aparecimento ou na modificação dos fatos, para poder explicar o que ocorre com fenômenos correlacionados.
- Bibliográfica - Recupera o conhecimento científico acumulado sobre um problema.

Rodrigues (2007), ainda relaciona os objetivos de cada modalidade de pesquisa:

Pesquisa exploratória

- Proporcionar maior familiaridade com o problema
- Levantamento bibliográfico ou entrevistas
- Pesquisa bibliográfica ou estudo de caso

Pesquisa descritiva

- Fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem interferência do pesquisador
- Uso de técnicas padronizadas de coleta de dados (questionário e observação sistemática)

Pesquisa explicativa

- Identificar fatores determinantes para a ocorrência dos fenômenos
- Ciências naturais (método experimental); ciências sociais (método observacional).

De forma complementar, Marangoni (2010, p. 61) relata em seu trabalho que a pesquisa exploratória tem o objetivo de “explorar ou fazer uma busca em um problema ou em uma situação para prover critérios e maior compreensão”.

Neste sentido, este trabalho tem natureza exploratória uma vez que há necessidade de maior conhecimento sobre a operação do terminal, além disso, há a dificuldade em obter dados e estudos específicos na literatura acadêmica que abordam diretamente este assunto.

Assim, a modalidade de pesquisa é justificada por não terem sido encontrados muitos estudos que abordem o tema central deste trabalho, qual seja, a simulação de um terminal de apoio *offshore*. O que se observa na literatura são trabalhos que abordam terminais de contêineres, granéis, minérios e óleo.

Para a realização de trabalhos acadêmicos, segundo Rodrigues (2007), quanto à forma de abordagem, as pesquisas podem ser divididas em quantitativas e qualitativas.

A abordagem qualitativa, de acordo com Marangoni (2010), o modelo qualitativo, pode ser empregado em pesquisas cujo objetivo seja a descrição da complexidade de um fenômeno, analisar a influência mútua entre as variáveis, compreender os processos e verificar o comportamento dos indivíduos no sistema.

Já a análise quantitativa, para Campomar (1991), procura-se encontrar medidas em populações e quando, por limitação de recursos, isso não se torna diretamente possível, procura-se encontrar essas medidas por meio de

inferência estatística, usando-se amostras de população e testes paramétricos ou não-paramétricos de inferência.

Rodrigues (2007) resume os objetivos da forma de abordagem de uma pesquisa em:

Pesquisa quantitativa

- Traduz em números as opiniões e informações para serem classificadas e analisadas
- Utilizam-se técnicas estatísticas

Pesquisa qualitativa

- É descritiva
- As informações obtidas não podem ser quantificáveis
- Os dados obtidos são analisados de forma indutiva
- A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa

Assim, este estudo terá como base o uso compartilhado das duas abordagens metodológicas, por um lado será necessário utilizar análise qualitativa para obtenção de informações sobre a operação do terminal e por outro lado, a análise quantitativa será necessária para determinação dos tempos e capacidades que abastecem os indicadores operacionais do terminal.

Logo, para obtenção das informações inerentes a operação portuária será utilizada a técnica de Estudo de Caso, que é definida por Yin (2001, p. 32) como, uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre fenômeno e o contexto não estão claramente definidos, podendo haver mais variáveis de interesse do que pontos de dados.

Portanto, neste trabalho, o método de estudo de caso se aplica visto a necessidade de obter informações pertinentes à operação do terminal portuário, onde serão realizadas coletas de dados operacionais para obtenção de dados e parâmetros para a elaboração do modelo de simulação.

6. DESCRIÇÃO DO MODELO

A representação de um modelo a partir da simulação computacional, de acordo com Freitas Filho (2008) deve ser efetuada conforme as etapas descritas no item 3.5.2 do presente trabalho, com o propósito de atribuir maior consistência e organização ao estudo efetuado.

Então, a seguir serão apresentadas as etapas do estudo onde é analisado o cenário que representa a realidade atual do porto estudado. Neste trabalho essa “realidade” será tratada como “cenário atual” e apresentado o modelo de simulação construído para representa-lo. Nesta parte do trabalho será realizada a validação do modelo computacional, para que se tenha um bom nível de certeza de que ele consegue representar a realidade, com o objetivo de verificar como o cenário atual irá comportar-se diante do aumento do número de berços e do aumento de área de armazenagem.

6.1. Formulação e Análise do Problema

O crescente aumento da demanda por serviços logísticos na indústria do petróleo no Brasil vem impactando diversos elos da cadeia de suprimentos, neste sentido, o terminal estudado também vem sofrendo impactos em sua rotina operacional, uma vez que o aumento na quantidade de cargas movimentadas gera um considerável aumento no número de caminhões e barcos, além de demandar mais áreas para armazenagem dessas cargas.

O presente trabalho pondera sobre cinco distintos cenários que serão modelados utilizando simulação computacional. Cada um deles é detalhado e analisado de acordo com as etapas propostas na metodologia constante em Freitas Filho (2008).

Considerando o fluxo de movimentação de cargas de um terminal portuário sob a ótica de processo produtivo, pode-se identificar como dois possíveis “gargalos” o tempo de permanência dos barcos no berço e o total de carga movimentada no terminal. Estas variáveis merecem atenção, pois estão atreladas às medidas de desempenho e conseqüentemente refletem os resultados financeiros do porto.

Portanto, o objeto de estudo é o fluxo operacional no porto, desde o momento do recebimento da carga até o momento em que a carga é liberada e embarcada.

Basicamente, as principais respostas buscadas neste estudo dizem respeito a verificação da melhor opção de investimento no caso de uma ampliação do porto, considerando as opções de aumentar o número de berços ou aumentar a área de armazenagem.

Para execução do trabalho foi considerada a premissa que de acordo com o fluxo atual de operação no terminal, este possui condições de aumentar sua oferta de berços em mais 1 (uma) unidade e também aumentar sua oferta de área de armazenagem em até 40 %.

O presente estudo foca somente o processo de recebimento e movimentação de cargas dentro do porto, além das cargas recebidas das embarcações (*backload*), abastecimento de água e diesel dos barcos. Logo, o trabalho não contempla o processo de atendimento às UM's, referente as rotas das embarcações, origem e destino das cargas e os procedimentos de tratamento das cargas fora da área portuária.

6.2. Planejamento do Projeto

O presente estudo considera cinco distintos cenários independentes que serão modelados por meio de simulação computacional.

O modelo inicial representa o cenário atual. Seu objetivo é a comprovação de que os resultados obtidos no modelo real podem ser repetidos no modelo simulado. A validação deste cenário será comprovada por meio de confrontação dos resultados obtidos no modelo simulado com os resultados obtidos na coleta de dados. Dessa forma, após a validação, quando se tem a confiança de que o modelo computacional reflete a realidade, pode-se realizar experimentos que fornecerão informações cujo resultados serão utilizados nas conclusões do estudo.

O segundo modelo simula a possibilidade de ampliação de um berço no terminal mantendo a atual área de recebimento de cargas. Nele é verificado o impacto nos indicadores de desempenho do porto, e conseqüentemente, qual o reflexo na capacidade de atendimento. Por sua vez, o terceiro modelo relata o modelo anterior com o acréscimo de uma linha extra para abastecimento de diesel, ou seja, permitindo que mais de uma embarcação possa realizar essa operação simultaneamente. O cenário quatro reflete a proposta de aumento de área de armazenagem em 20%, mantendo o número atual de berços. Por fim o cenário cinco extrapola a possibilidade real de aquisição de área contígua ao terminal e propõe um aumento de 40% na área de pátio original.

Dessa forma após o detalhamento de cada modelo serão apresentados os resultados comparativos, buscando subsídios para identificação de qual cenário oferece a melhor opção de investimento.

6.3. Formulação do Modelo Conceitual e Tradução do Modelo

A Figura 21 apresenta um diagrama com o resumo do modelo elaborado. Nele são apresentadas as variáveis que serão consideradas como entrada do sistema bem como as variáveis resultantes.

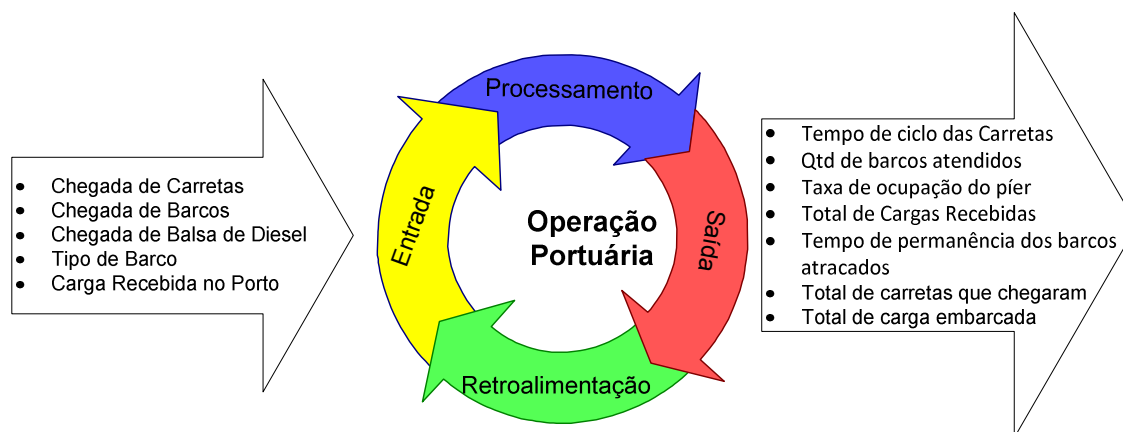


Figura 21 – Simplificação do Modelo Conceitual do Sistema

As principais variáveis de entrada são:

1. Chegada de Carretas – esta variável representa o intervalo de tempo entre a chegada de uma carreta e sua passagem pela portaria do porto.
2. Chegada de Barcos – esta variável representa o intervalo de tempo entre chegadas das embarcações no fundeio.
3. Chegada de Balsas de Diesel – representa o intervalo de tempo entre as chegadas da balsa para abastecimento dos tanques de diesel do terminal. A balsa somente atraca no dolphim e durante seu descarregamento são permitidas todas as operações no porto.
4. Tipo de Barco – as embarcações são carregadas de acordo com sua finalidade. Embarcações tipo AHTS são utilizadas para cargas especiais (ancoragem) e atracam no píer 3, por sua vez barcos tipo PSV podem atracar em qualquer píer que esteja livre (1, 2 ou 3), assim como os barcos classificados como outros. Por sua vez, barcos tipo PSV que carregam cimento, somente podem atracar no píer 1 em função da localização dos silos cimento. Somente é abastecida, com diesel, uma embarcação por vez e quando este barco estiver sendo abastecido não poderá ser efetuada outra operação simultânea de carregamento naquele barco.
5. Carga Recebida no Porto – as cargas foram classificadas em: cimento, produtos químicos, carga geral, ancoragem/cargas especiais e tubos. Carretas que chegam vazias ao terminal, para buscar *backload* são classificadas como sem carga.

As principais variáveis resultantes do sistema são:

1. Quantidade de Barcos Atendidos – informa a quantidade de barcos atendidos mensalmente no porto, somando-se os atendimentos aos 3 berços e dolphin.
2. Taxa de Ocupação do Píer – informa o percentual do tempo em que os berços permaneceram ocupados por alguma operação portuária.
3. Total de Carga Embarcada – informa o total de carga, em toneladas, que foi embarcada de acordo com o tipo de carga classificada.
4. Tempo de ocupação dos Berços – informa o tempo médio que a embarcações permaneceram atracada aguardando seu processo de carregamento.
5. Tempo de Ciclo das Carretas – Informa o tempo médio que as carretas permanecem dentro da área do porto.
6. Total de Carretas que chegaram – Informa o total de carretas que chegaram ao porto.
7. Total de cargas recebidas no porto – informa a quantidade total de cargas que chegaram no porto.

O terminal funciona ininterruptamente 24 horas/dia em três turnos de trabalho, e o recebimento das carretas obedece a ordem de chegada das mesmas. Constatou-se que no período entre 06 horas da manhã e 22 horas ocorre a chegada de carretas, ou seja, havendo maior taxa de utilização dos recursos nesse período. De qualquer forma, para o modelo, foi considerada a movimentação nas 24 horas do dia, num período de 4 meses, abrangendo aproximadamente 100% das carretas recebidas no porto.

As carretas chegam de forma aleatória independente do tipo de carga, ao chegar ao porto o caminhoneiro estaciona fora do terminal e se encaminha a portaria para realização do CVP – Cadastro de Veículos Pesados, que é uma ficha cadastral para identificação do carro, da carga e do motorista. Na sequencia o motorista, já cadastrado, segue para entrada no terminal, seguindo para conferência da carga, pesagem e posterior descarregamento.

As cargas depois de conferidas e pesadas são encaminhadas para seu local de armazenagem, organizado por tipo de carga. Quando há falta de espaço na área a carreta aguarda liberação de área ou descarrega em outro local, ficando esta ação a critério do supervisor de pátio. Após descarga da carreta, o motorista verifica se haverá carregamento de *backload*, em caso afirmativo ele recolhe o produto pesa e sai do porto, caso contrário, pesa a carreta vazia e sai.

A Figura 22 representa um fluxo esquemático do recebimento de cargas via carretas, que é composto pelas seguintes etapas.

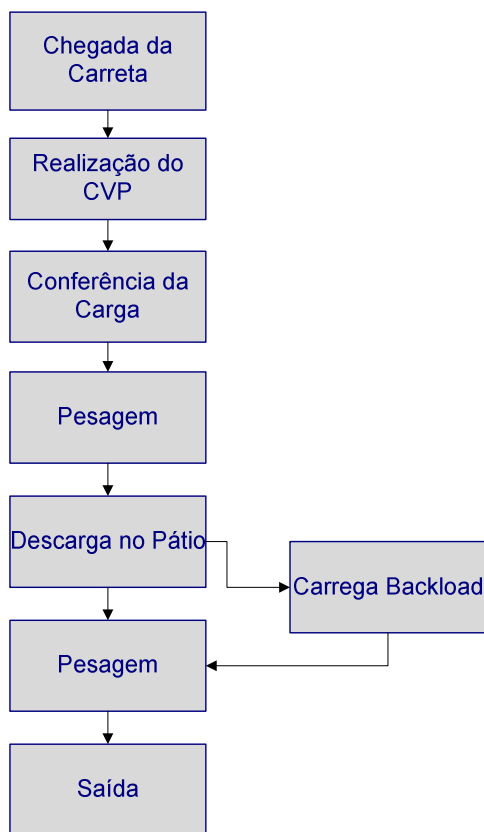


Figura 22 – Representação Conceitual do Recebimento de Cargas

- Chegada da carreta – esta etapa se inicia com a chegada do caminhão na portaria do porto. Nesta fase os motoristas aguardam na ordem de chegada para cadastramento do veículo e carga. Mesmo no caso de veículos pré-cadastrados, o processo é necessário, porém mais ágil.
- Cadastro de Veículos Pesados – CVP – o tempo desta operação é calculado a partir do preenchimento do cadastro até a liberação de acesso. Cabe ressaltar que o não é considerado nesta etapa a fila para entrada no porto.
- Conferência da Carga – nesta etapa são realizadas duas atividades de forma paralela: a conferência física da carga, onde é avaliada a integridade da embalagem e das condições de transporte; e a conferência documental, onde é feita a verificação de nota fiscal, RT's e demais documentos referentes à carga. O tempo deste processo é a soma das duas atividades, uma vez que a carga só é liberada quando os dois processo são executados com êxito.
- Pesagem – neste processo as carretas são pesadas para conferência do peso da carga, e também para verificação do total de carga recebida no terminal. O tempo computado para este processo é iniciado a partir do momento que a carreta sobe na balança até sua saída total.

- Descarga no Pátio – nesta etapa a carga é direcionada para uma área específica de acordo com o tipo de carga e computado seu peso no estoque. O tempo desta etapa é considerado a partir da liberação da carreta pela balança até o descarregamento da varga, incluindo a fila de espera aguardando área de pátio.
- Carrega *Backload* – o tempo desse processo é computado a partir do posicionamento da carreta na área de carregamento até o carregamento completo.

As etapas descritas são executadas de forma sequencial, ou seja, a etapa seguinte somente inicia após a conclusão da anterior.

Contudo, de maneira complementar a Figura 23 representa o fluxo esquemático do embarque de cargas nas embarcações de apoio, que é composto pelas seguintes etapas.

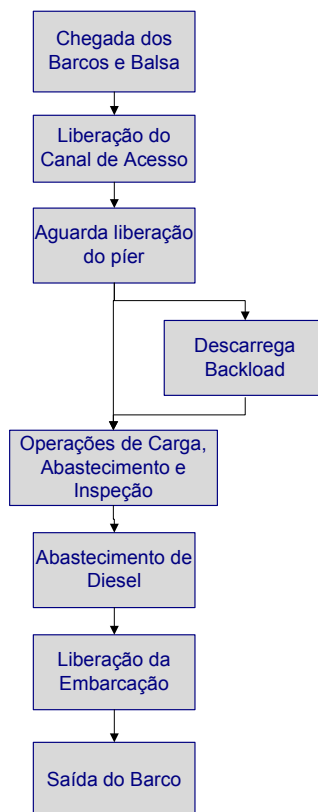


Figura 23 – Representação do Modelo Conceitual do Embarque de Cargas

- Chegada de Barcos e Balsa – esta etapa se inicia com a chegada das embarcações no fundeio e da solicitação de acesso da balsa. Nesta fase

as embarcações sinalizam sua chegada ao porto e aguardam sinal atracação.

- Liberação do Canal de Acesso – este tempo é computado com base nos tempos entre a chamada da embarcação e a chegada o Pilot (prático de navegação) a bordo do barco. O tempo de permanência no fundeio é a soma dos tempos entre a chegada do barco ao fundeio e a liberação do canal de acesso, após a liberação do píer o qual o barco irá atracar.
- Aguarda Liberação do Píer – trata-se do tempo que a embarcação aguarda para atracar, ou seja é o tempo de fila para atracação.
- Desembarque de *backload* – é o tempo necessário para descarregar cargas de retorno das UM's. Cerca de 60% das embarcações desembarcam algum tipo de *backload*. Esta etapa é sempre realizada antes de qualquer outra operação, salvo abastecimento de diesel, que pode ser realizado antes, a depender da disponibilidade da linha de abastecimento e do estoque no tanque.
- Operações de Carga, Abastecimento e Inspeção – são operações distintas, com tempos distintos, estes tempos são computados a partir da chegada da carga ao pré-embarque, para operação de embarque de carga. No caso do abastecimento de água potável para o barco, este é realizado de forma simultânea aos demais processos, quanto a atividade de inspeção, é o tempo gasto para que sejam feitas as vistorias periódicas nos barcos (inspeção da ANVISA, Capitania dos Portos, Petrobras etc).
- Abastecimento de Diesel – é o tempo computado deste a ocupação da linha de abastecimento até a sua liberação. Esta etapa ocorre de forma única para cada barco, ou seja, no porto só há possibilidade de abastecer apenas um barco por vez e o barco que está sendo abastecido, pode por questões de segurança operacional, somente realizar esta operação. Cerca de 40% dos barcos que atracam no porto já chegam abastecidos com diesel, uma vez que realizam esta operação numa monobóia localizada na costa sul do ES.
- Liberação da Embarcação – este tempo é computado entre o término das operações de carga/descarga e abastecimentos e a efetiva saída da embarcação do píer.

De forma análoga à etapa de recebimento de carga, as etapas com as embarcações são executadas de forma sequencial, ou seja, a etapa seguinte somente inicia após a conclusão da anterior, exceto para a operação de abastecimento de água que ocorre de forma paralela a outras operações.

6.3.1. Modelo Computacional

Para o desenvolvimento desse modelo foi utilizado o software Arena 10.0 – versão profissional disponível na Universidade Federal de Espírito Santo – UFES.

Assim, o desenvolvimento do modelo inicialmente foi proposto para simular a situação real do terminal, e posteriormente foram alteradas algumas de suas variáveis para representar os demais cenários.

Logo, o modelo foi desenvolvido em etapas de maneira a facilitar e simplificar o entendimento do fluxo do processo portuário, sendo este dividido em 15 subprocessos, a saber:

1. Chegada e recebimento de carretas
2. Conferência de cargas e documentos
3. Pesagem
4. Movimentação de cimento
5. Armazenagem de tubos
6. Armazenagem de produtos químicos
7. Armazenagem de carga geral
8. Armazenagem de cargas especiais (ancoragem e risers)
9. Fornecimento e movimentação de água
10. Chegada das embarcações no fundeio
11. Operação de diesel no dolphim
12. Operação no píer 1
13. Operação no píer 2
14. Operação no píer 3
15. Processo de backload e retirada de resíduos

No modelo, de forma geral, foram criadas quatro entidades, carretas, barcos, água e balsa de diesel, com intervalos de chegada representados pelas seguintes distribuições estatísticas apresentadas adiante na Tabela 5.

A Figura 24 representa a primeira parte do modelo, onde são criadas as carretas que simulam os materiais que chegam e que saem do porto.

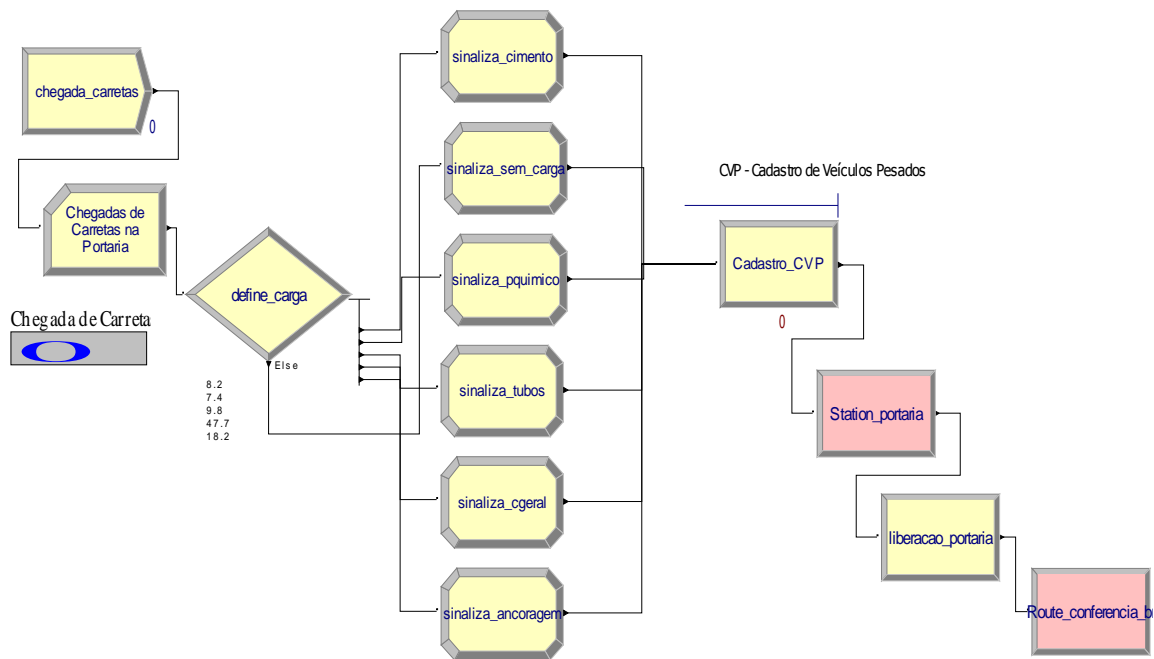


Figura 24 – Processo de chegada e cadastramento de carretas

No tocante à chegada de carretas, após o bloco *create* foi introduzido um bloco *record*, cuja finalidade foi realizar a contagem das entidades que chegam ao sistema. Na sequência foi utilizado um *decide* para realizar a separação por tipo de carga em relação aos percentuais de carga transportada no porto, com base nos históricos levantados, no Gráfico 4 são apresentados os percentuais utilizados.

Em seguida, foram utilizados blocos *assign* com o objetivo de promover a identificação das carretas por tipo de carga, logo foram inseridos dois atributos: *carretas.peso* e *carretas.origem*. Sendo que o primeiro indica a distribuição estatística que representa os pesos das cargas nas carretas e o segundo o tipo de carga transportada. Ao final de cada processo são utilizados blocos *route*, ou seja roteadores, que direcionam a entidade para outro local dentro do processo.

Na continuação do modelo, a Figura 25 apresenta dois blocos *create* que indicam respectivamente a chegada dos barcos ao fundeio e chegada da balsa de diesel.

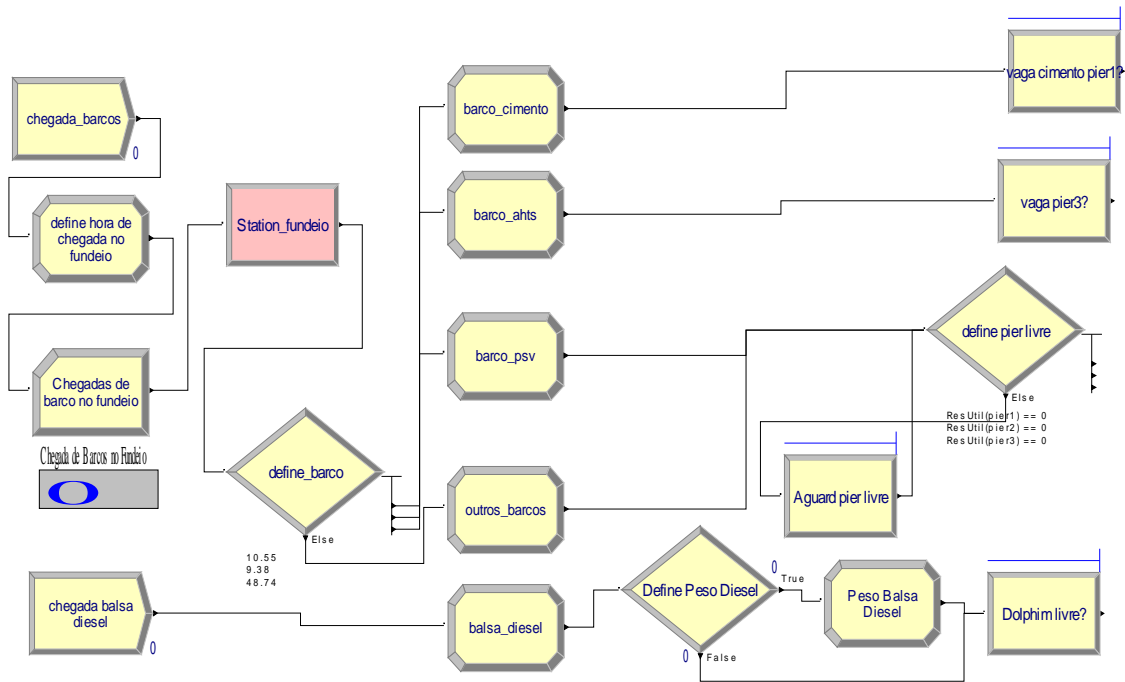


Figura 25 – Processo de chegada de barcos e balsa de diesel

Nesta etapa do processo, foram utilizados os blocos *hold*, cuja finalidade é manter a entidade em uma fila até que uma dada condição seja atendida, neste caso a condição é que haja píer livre para atracação dos barcos ou da balsa, e após a liberação do píer foi utilizado um bloco *delay*, afim de representar o tempo de percurso entre o fundeio e o píer e por fim as entidades são direcionadas aos processos de carga e descarga nos respectivos berços de atracação, figura 26.

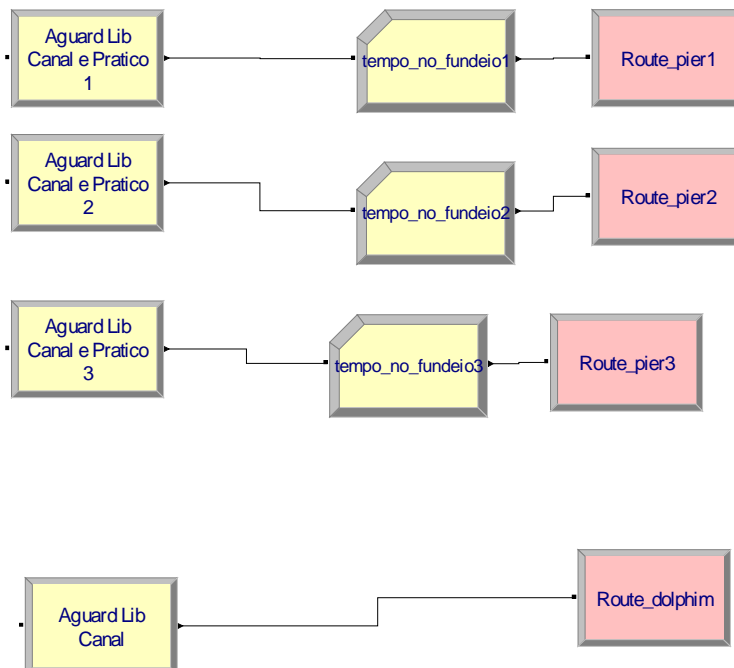


Figura 26 – Direcionamento dos barcos e balsa para o porto

As expressões utilizadas para atendimento das condições de ocupação dos recursos berços são:

- $\text{ResUtil}(\text{pier1}) == 0$
- $\text{ResUtil}(\text{pier2}) == 0$
- $\text{ResUtil}(\text{pier3}) == 0$
- $\text{ResUtil}(\text{pier1}) == 0 \parallel \text{ResUtil}(\text{pier2}) == 0 \parallel \text{ResUtil}(\text{pier3}) == 0$
- $\text{ResUtil}(\text{dolphim}) == 0$

Estas condições foram consideradas juntamente com a aplicação de blocos *decide* uma vez que nem todas as embarcações atracam em todos os berços. Por exemplo, as embarcações de cimento somente carregam no pier1 e as embarcações que irão carregar cargas especiais (ancoragem e risers) somente atracam no pier3, por sua vez todas as demais cargas podem utilizar os 3 berços, quando estiverem vazios. E a balsa de diesel só atraca no dolphim, que tem dedicação exclusiva para esta operação.

A Figura 27 indica a operação de abastecimento de óleo diesel nos tanques em terra do terminal portuário.

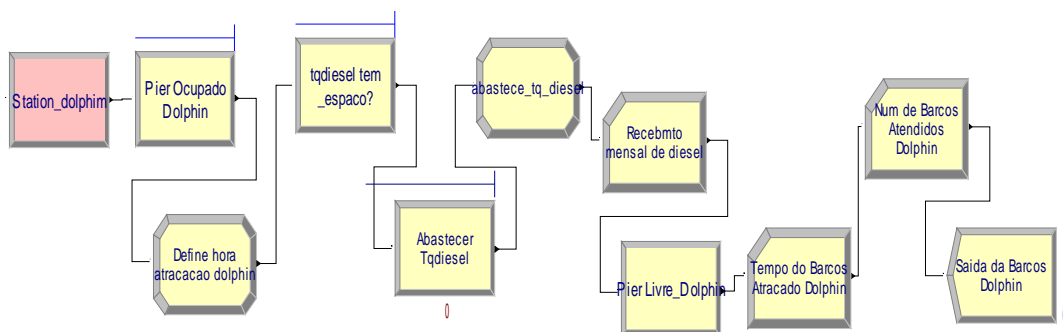


Figura 27 – Processo operacional de diesel no dolpim

Neste processo, foi considerada a possibilidade de abastecer o tanque de diesel do terminal e uma embarcação em ações simultâneas. Por sua vez, não é possível abastecer duas embarcações ao mesmo tempo. Logo, a linha de diesel só é ocupada uma única vez.

As demais etapas do modelo referem-se ao recebimento e movimentação de cargas no porto e a operação de carga e descarga nas embarcações. A Figura 28 indica o processo de recebimento de carreta com cimento.

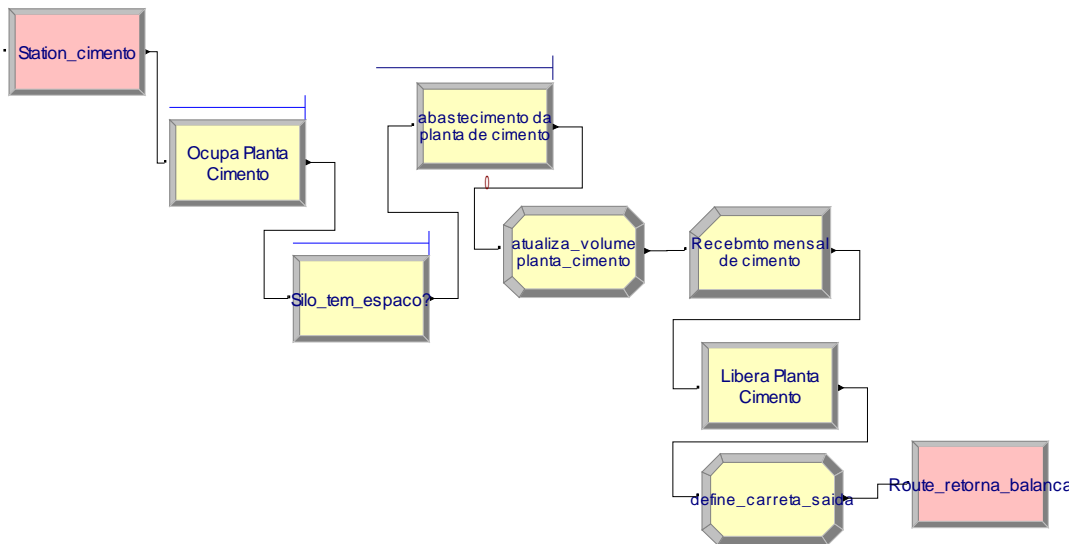


Figura 28 – Processo de recebimento de cimento

Neste processo cabe ressaltar a utilização dos blocos *seize* e *release* para ocupação e liberação da planta respectivamente, assim como a utilização do bloco *route* ao final do processo. Neste caso a utilização do *route* foi considerada em todos os processos após a descarga das carretas, uma vez que as carretas são pesadas na chegada ao porto carregadas e antes da saída vazias. A atualização do volume do silo é feita pela seguinte expressão:

- $\text{silo_cimento} + \text{carretas.peso}$

Onde: *silo_cimento* é uma variável criada para representar o volume do silo e *carretas.peso* representa o total de carga que a entidade carretas está transportando. Logo a cada passagem de uma entidade o volume do silo é acrescido do valor correspondente ao peso da carreta, até o volume máximo do nível do silo, definido pelo bloco *hold* na seguinte expressão:

- $\text{silo_cimento} + \text{carretas.peso} < 360$

Na qual o valor 360 representa a capacidade máxima de armazenagem do silo.

Dentre os dados levantados sobre as demais cargas dois foram fundamentais para elaboração do modelo, quais sejam a distribuição estatística dos pesos e das dimensões das cargas. Dessa forma foi possível inserir tais informações no modelo e nos moldes da expressão usada para atualização do peso no silo de cimento, foi feita a atualização do pátio com os pesos e a área ocupada para cada carga. A Figura 29 representa o recebimento de tubos no porto.

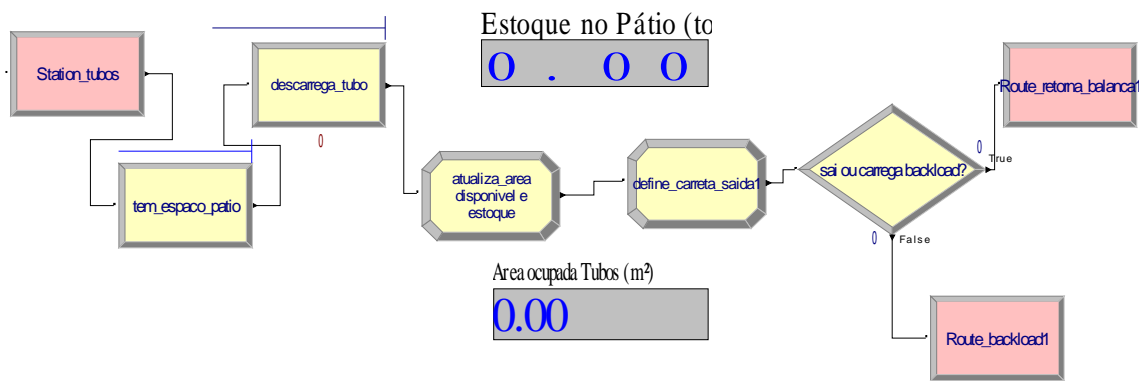


Figura 29 – Processo de recebimento de tubos

Esta mesma configuração foi aplicada às demais cargas, a saber: carga geral, produtos químicos, cargas especiais e *backload* oriundo das embarcações. Apesar de o modelo realizar o controle das variáveis peso e área, para a descarga e a armazenagem dos materiais, somente a variável área foi relevante, uma vez que esta variável foi determinante neste processo, ou seja se não houvesse área de pátio disponível não seria possível descarregar e a carreta aguardaria na fila. A expressão utilizada no bloco *hold* que promoveu o controle da variável área foi:

- $area_tubo + carretas.area < 2533$

Sendo que a variável *area_tubo* representa a área de pátio ocupada e *carretas.area* é o atributo da entidade *carretas* que é somado à *area_tubo* a cada passagem de uma entidade, até o limite de 2533, que representa a área disponível para a armazenagem de tubos.

Para os demais materiais foram utilizadas as seguintes expressões:

- $area_Pquimico + carretas.area < 730$
- $area_Cgeral + carretas.area < 4255$
- $area_Ancoragem + carretas.area < 4913$

Cabe destacar que a área total do porto é de 40.000 m², incluindo edificações, arruamento interno, píeres, tanques e áreas de armazenagem.

No caso de *backload* não houve a necessidade de controle de área, pois o processo para descarga das cargas de retorno é prioritário, independente do local onde serão armazenadas. Pois, é obrigatória a retirada dessa carga para novos embarques.

Diante da necessidade de retirar o *backload* da área o porto, ao final da descarga das carretas, é feita uma checagem sobre a necessidade de transportar *backload*, logo uma carreta que chegou com material poderá sair carregada com *backload*. Assim, ao final do processo foi inserido um bloco

decide, para avaliar a existência de estoque de *backload*, a seguinte condição foi proposta:

- `Estoque_Backload - carretas.backload >= 0`

Onde o `Estoque_Backload` é uma variável que representa o estoque das cargas de retorno que chegaram pelas embarcações, por sua vez `carretas.backload` é um atributo da entidade `carretas`, com a informação dos pesos transportados.

Após o recebimento das cargas no terminal foram considerados os consumos dessas cargas, ou seja, seu embarque para atendimento às unidade marítimas. As Figura 30 e 31 apresentam o processo operacional modelado para o pier3, que será utilizado para representar o fluxo modelado para os demais píeres.

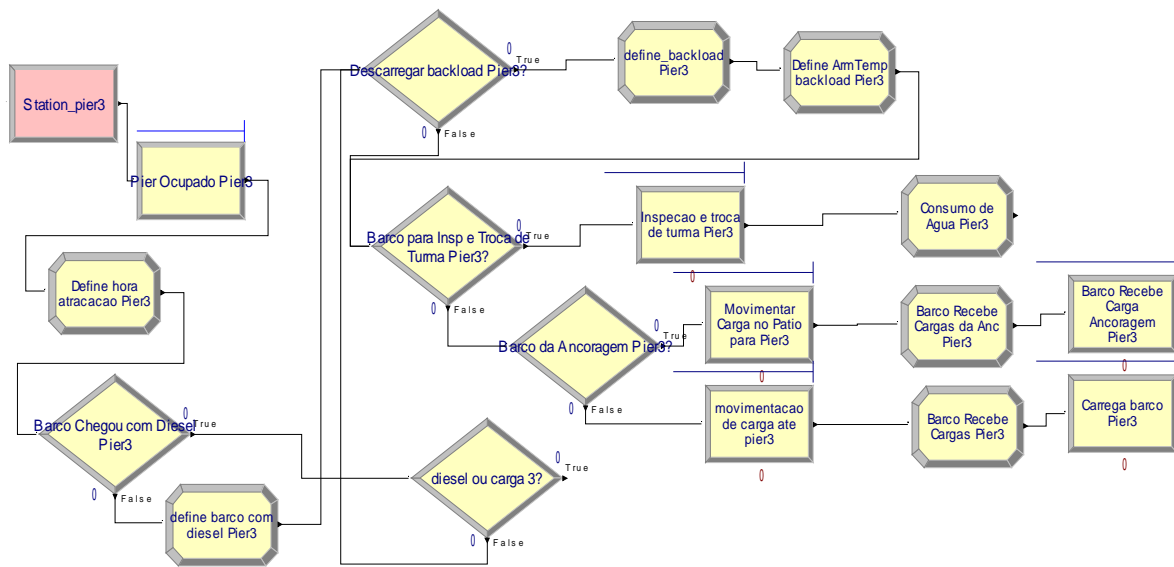


Figura 30 – Processo operacional no pier 3

O processo operacional nos píeres ocorre a partir da chegada da embarcação, neste momento foi utilizado um bloco *seize* para ocupar o recurso pier. A embarcação pode chegar ao porto já abastecida de combustível (tanque cheio) ou necessitando de abastecimento, portanto um bloco *decide* foi utilizado para separar os barcos, foi verificado que 60% das embarcações necessitam abastecer no porto. Cabe destacar, que por questões de segurança operacional, quando ocorre uma operação de abastecimento de diesel nenhuma outra é realizada em paralelo naquela embarcação, ou seja o tempo de permanência do barco é consideravelmente aumentado na utilização do recurso pier.

No terminal existe uma única linha de diesel para atender aos três píeres, dessa forma se o barco ao atracar necessitar de abastecimento e outra embarcação estiver utilizando a linha de abastecimento, o barco que chegou

por último inicia o processo de carregamento de materiais deixando o abastecimento de diesel para o fim do processo.

Na sequencia do processo, antes e iniciar o carregamento de materiais é feita nova verificação sobre a necessidade de descarregamento de backload, sendo que foi verificado que 60% da embarcações trazem cargas de retorno.

Finalizado o processo de *backload*, é feita uma verificação sobre qual tipo de embarcação está atracada, para definição do tipo de carga que será embarcada e dos recursos que serão utilizados.

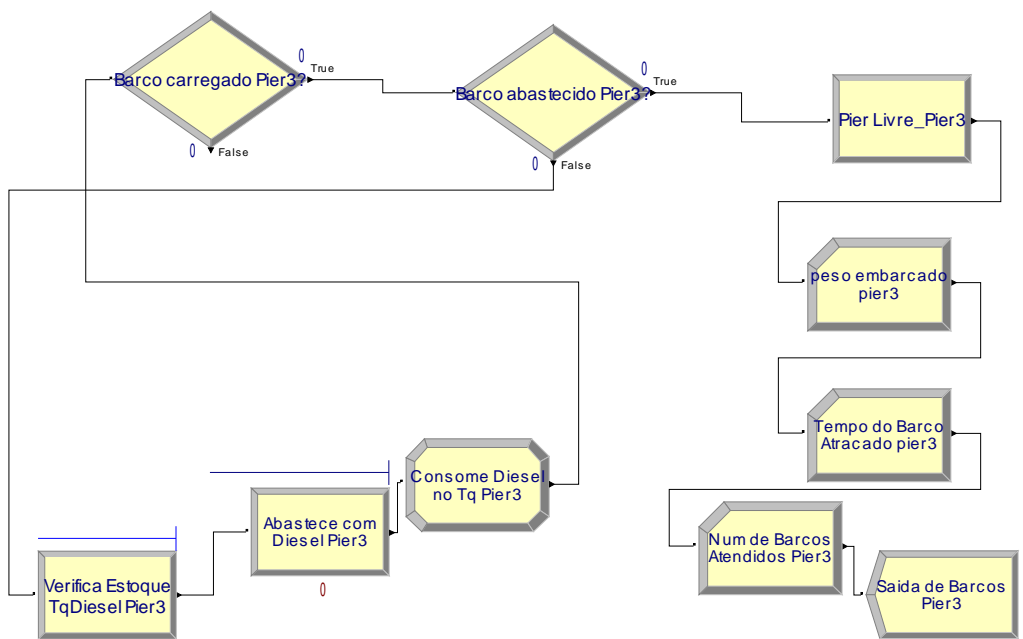


Figura 31 – Processo operacional no píer 3 - continuação

Tanto no processo de carregamento, quanto no abastecimento de diesel e água, para todo material que é embarcado é realizado o seu consumo no estoque, seja na área de pátio ou nos tanques.

O embarque dos produtos é feito em função da área disponível no convés da embarcação, considerando que os barcos transportam vários tipos de cargas, também há uma variação da quantidade de cada tipo de produto que foi embarcado.

Para exemplificar uma embarcação que recebe apenas cargas especiais, seu carregamento obedece as seguintes expressões:

- Tq_agua - barcos.consagua
- area_Ancoragem - barcos.area

- Est_Ancoragem - barcos.embarque
- tq_diesel - barcos.consdiesel

Onde:

Tq_agua: variável que indica o volume do estoque no tanque de água;

barcos.consagua: é um atributo da entidade, barcos, que representa o volume de água consumido pela embarcação;

area_Ancoragem: variável que representa a área ocupada no pátio de estocagem com cargas especiais (ancoragem e riseres);

barcos.area: atributo da entidade, barcos, que representa o total de área ocupada no convés da embarcação pelo material de ancoragem;

Est_Ancoragem: variável que representa peso dos produtos embarcados (cargas especiais) no convés do barco;

barcos.embarque: atributo da entidade, barcos, que representa o total de carga embarcado;

tq_diesel: variável que indica o volume do estoque no tanque de diesel.

barcos.consdiesel: atributo da entidade, barcos, que representa o total de diesel fornecido para a embarcação.

Finalizado o processo de embarque um bloco *release* foi utilizado para liberação do recurso píer. Foram utilizados também blocos *record* para contagem do total de entidades, barcos, que passaram pelo sistema, bem como o tempo de ocupação do recurso píer e a quantidade embarcada de material. O processo é então finalizado com um bloco *dispose*.

6.4. Coleta de Informações e Dados

Joaquim (2005) destaca que a documentação, os registros em arquivos, as entrevistas, a observação direta, a observação participante e os artefatos físicos são importantes como fontes de evidências a serem utilizadas para a coleta de dados necessários ao estudo. Neste trabalho, foram utilizadas as seguintes fontes: relatórios mensais (sistema ERP), registros operacionais (planilhas eletrônicas de controle), visitas e entrevistas com funcionários do porto.

Para definição do fluxo do processo foram utilizados os padrões operacionais existentes, bem como entrevistas com os operadores e gerentes do terminal, além de realização do acompanhamento “*in loco*” de algumas operações.

Os dados utilizados para elaboração do modelo são dados reais obtidos por meio de registros em arquivos e também por meio algumas conferências em campo. Essa coleta ocorreu no período de 01 de outubro de 2012 a 31 de janeiro de 2013.

Em função da estrutura organizacional da empresa e da complexidade do processo existem no terminal além do operador portuário (empresa terceirizada), outras duas gerências operacionais que são responsáveis pela gestão do terminal e suas operações, a saber: uma gerência de operações portuárias e outra de transporte marítimo. Dessa forma, para obter as informações foi necessário envolver várias pessoas dessas gerências, pois uma informação de uma área precisava ser complementada com o registro de outra área. Somente com essa sinergia foi possível obter informações consistentes para realização do trabalho.

Os dados constantes nos registros e relatórios, após sua compilação mostraram-se bem completos uma vez que tinham muitas das informações necessárias para elaboração do modelo, a saber:

- a) Berço de atracação
- b) Chegada da balsa de diesel e volume transportado
- c) Chegada de Barcos
- d) Chegada de carretas
- e) Horário de entrada e saída dos barcos e carretas
- f) Número de lingadas
- g) Ocupação do convés
- h) Peso e dimensões das cargas
- i) Peso embarcado
- j) Tempo de atracação
- k) Tipo de carga
- l) Tipo de embarcação
- m) Volumes embarcados de água e diesel

6.5. Análise Estatística dos Dados Coletados

Após a análise inicial e compilação dos dados, estes serão tratados com auxílio do software MINITAB 16 - *Statistical Software*.

A análise dos dados, tanto da amostra coletada, como dos dados obtidos no modelo de simulação, será efetuada utilizando-se um nível de confiança de 95% e, conseqüentemente α igual a 5%.

Dentre as variáveis analisadas a primeira refere-se a distribuição da chegada de carretas ao porto. As carretas são classificadas quanto ao tipo de carga que transportam, o gráfico 3 apresenta um histograma com os totais de carretas que chegaram no porto no período analisado classificados por tipo de carga. Cabe destacar que a descrição “backload” refere-se a chegada de carretas vazias. Por sua vez o gráfico 4 apresenta a distribuição percentual das chegadas por tipo de carga.

Ao se analisar o intervalo de confiança calculado por peso para cada tipo de carga apresentada no gráfico 4, percebeu-se que os pesos seguem distribuições diferenciadas para cada tipo de carga. Portanto, as amostras não possuem essa característica comum e receberam tratamento distinto.

Gráfico 3 – Histograma de Chegada de Carretas

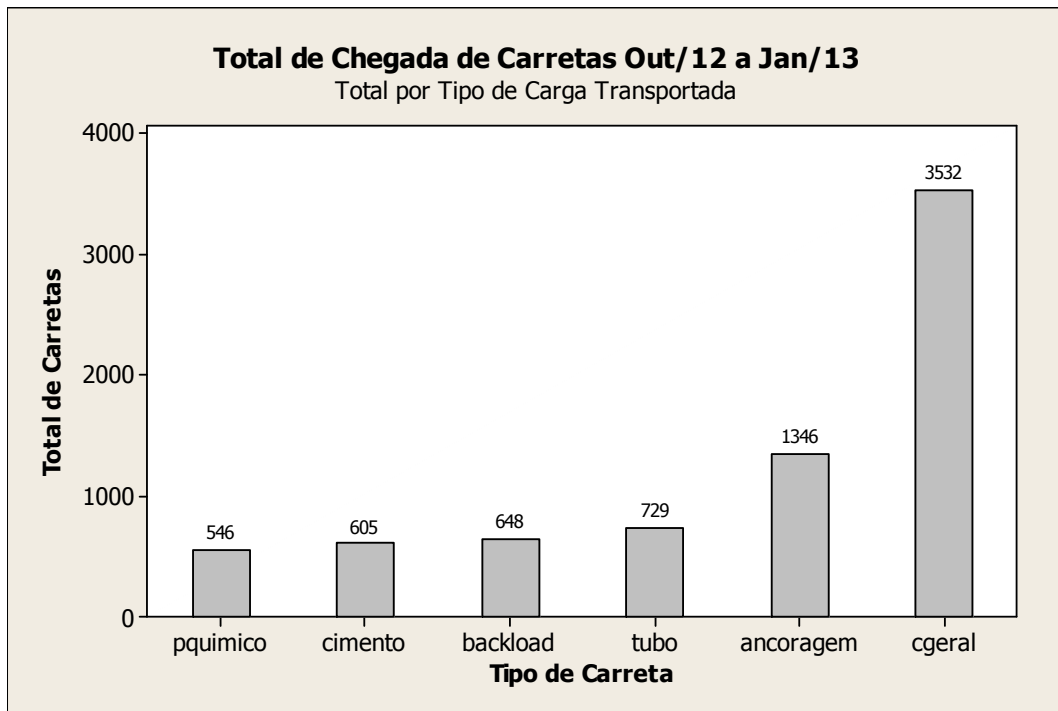
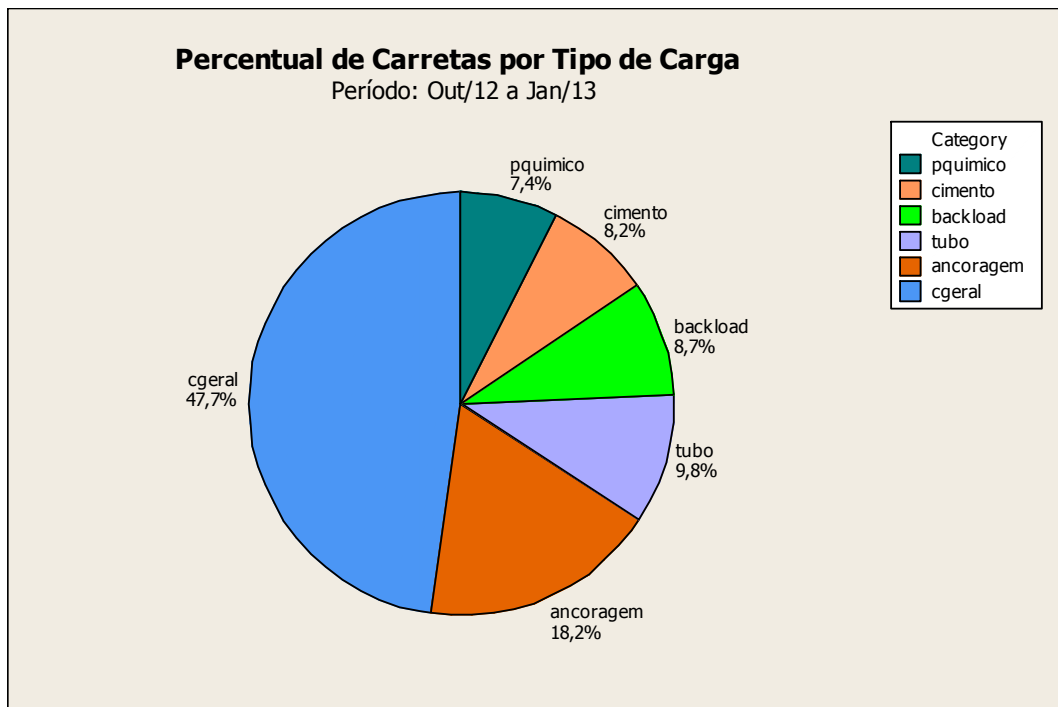
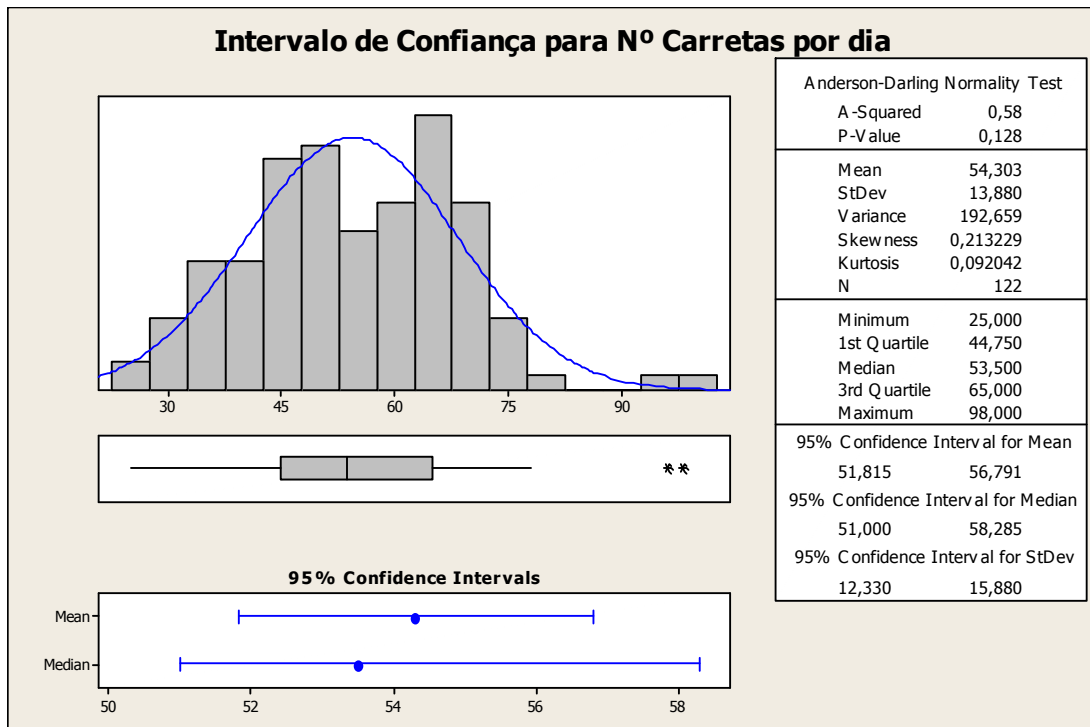


Gráfico 4 – Percentuais de Chegada por Tipo de Carga



Após a identificação da melhor distribuição de probabilidade, foi realizado um teste de normalidade e um resumo estatístico com as informações do intervalo de chegada das carretas, conforme apresentado no gráfico 5.

Gráfico 5 – Resumo Estatístico para Chegada das Carretas



A segunda série de dados analisados, foi referente a a distribuição da chegada de embarcações. As embarcações são classificadas quanto ao tipo de serviço que executam, o gráfico 6 apresenta um gráfico com os totais de barcos que chegaram no porto no período analisado. Por sua vez o gráfico 7 complementa a análise com a apresentação a distribuição percentual das chegada por tipo de barco.

Gráfico 6 – Total de Barcos que Chegaram no Terminal

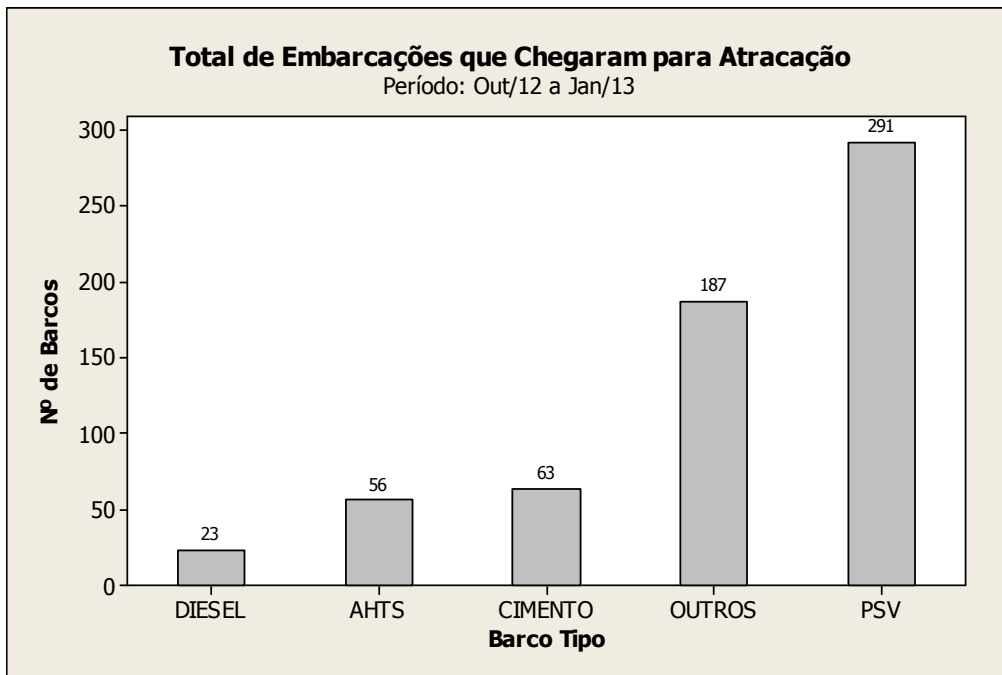


Gráfico 7 – Percentual de Chegadas por Tipo de Barco

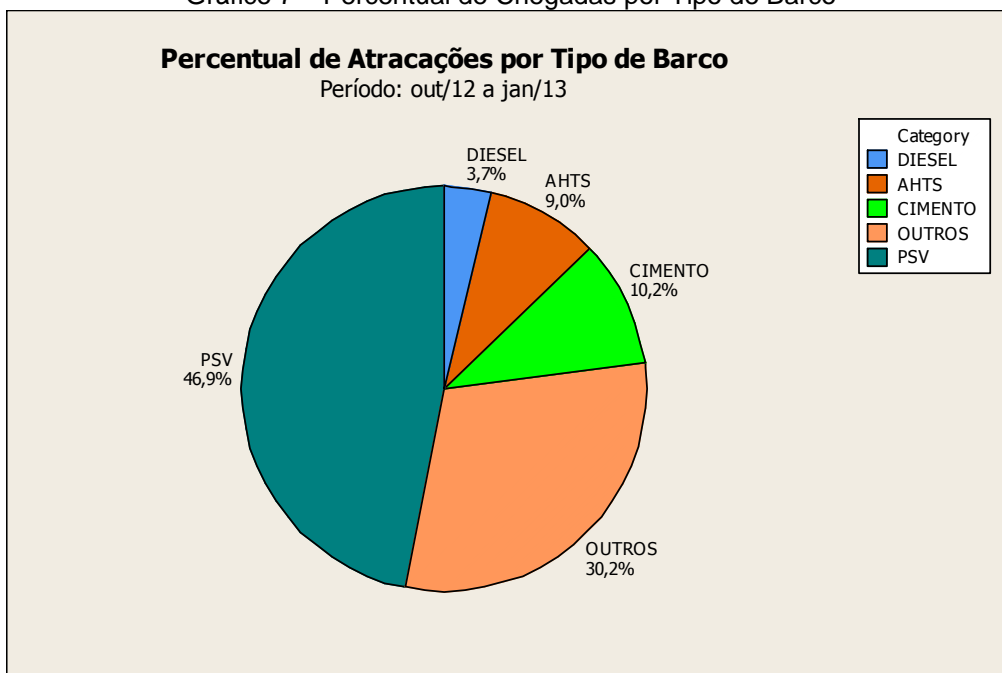
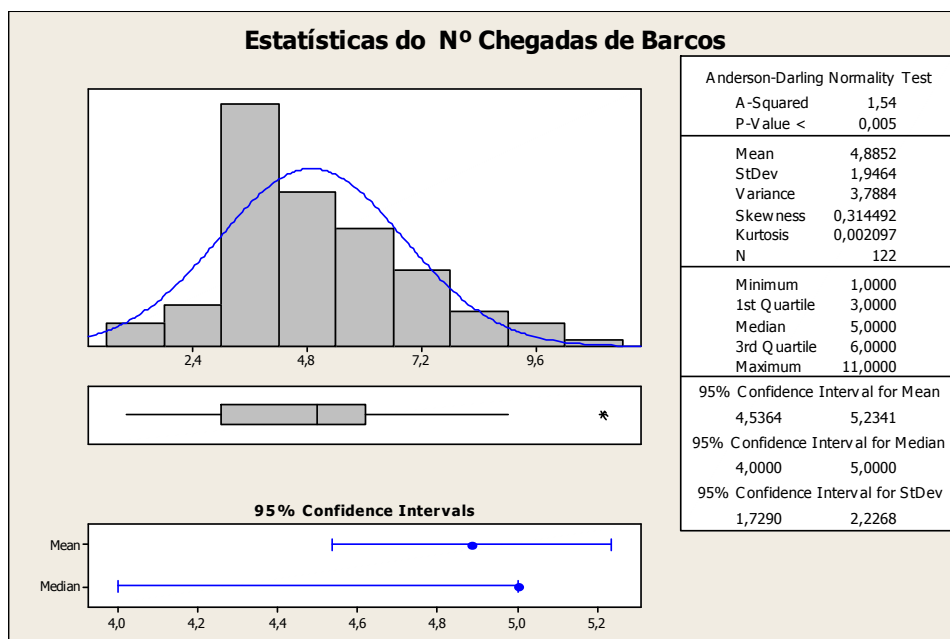
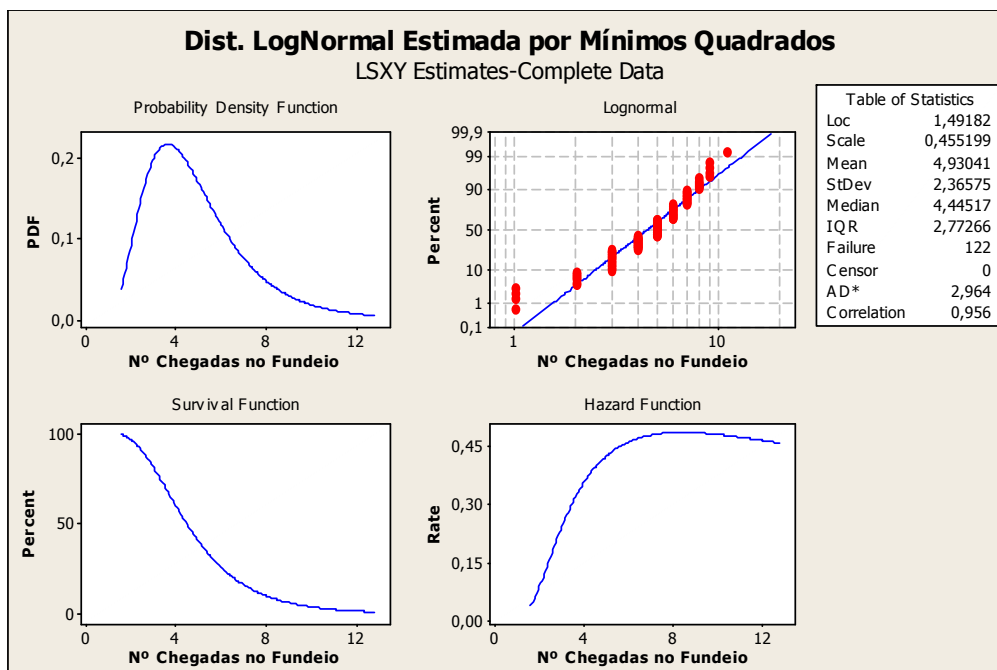


Gráfico 8 – Resumo Estatístico para Chegada de Barcos



Como é percebido no gráfico 8, o P-value é menor 0,05, significando que a distribuição de chegadas dos barcos não segue uma distribuição normal. Neste caso a melhor distribuição apresentada pelo software foi Lognormal conforme indicado no gráfico 9.

Gráfico 9 – Distribuição Lognormal Estimada pelo Métodos de Mínimos Quadrados



Os gráficos 10 e 11 apresentam, respectivamente, as médias dos tempos de atracação por tipo de embarcação e o tempo médio de utilização de cada berço. Percebe-se nesses gráficos que há uma grande variação dos dados, cabendo uma análise estatística cuidadosa na escolha da distribuição que melhor representa a distribuição desses dados.

Gráfico 10 – Tempo Médio de Atracação nos Berços por Tipo de Barco

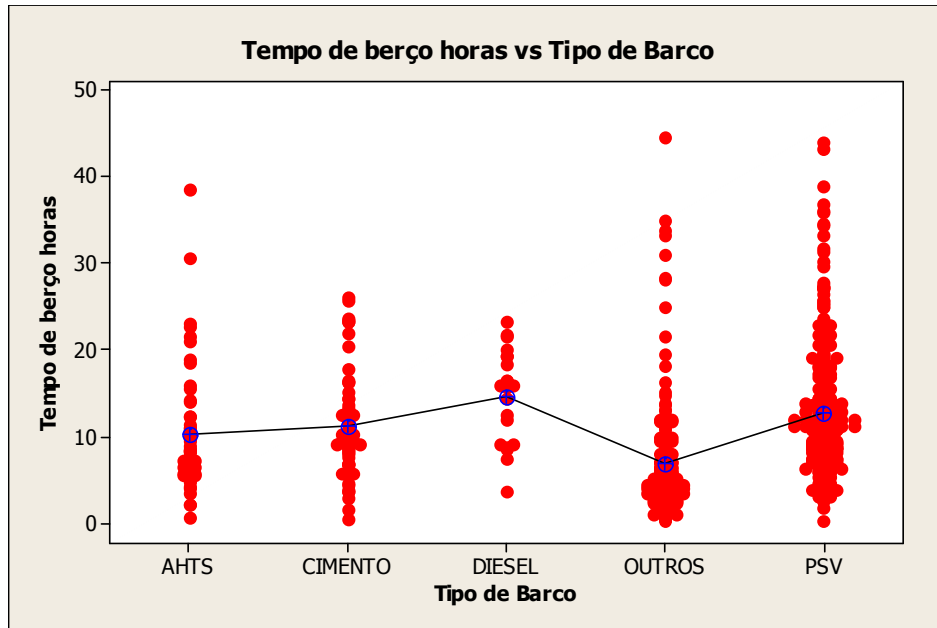
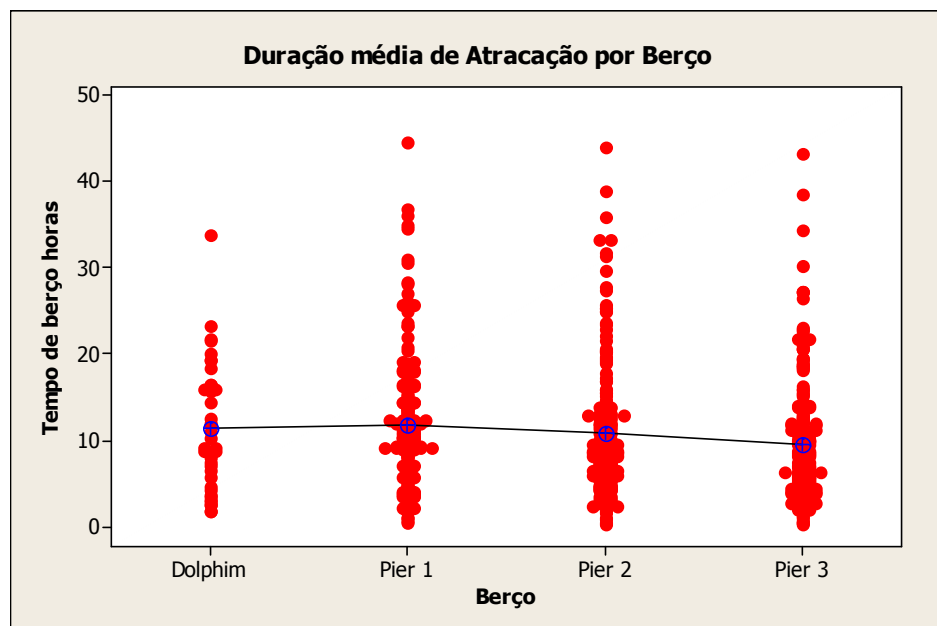


Gráfico 11 – Tempo Médio de Atracação nos Berços



As demais variáveis tratadas no modelo referem-se aos tempos necessários à execução das etapas do fluxo operacional do porto. Neste caso, após obtidos os dados serão calculadas, de forma análoga às duas análises anteriores, quais as distribuições estatísticas que melhor representam os respectivos dados.

A Tabela 5 apresenta as distribuições estatísticas calculadas que serão utilizadas na elaboração do modelo referentes aos tempos de processo e intervalos de chegada.

Tabela 5 – Distribuições de Probabilidade adotadas no Modelo

Atividade	Unidade	Distribuição
Abastece com Diesel Pier1	Hours	LOGN(1.34, 1.75)
Abastece com Diesel Pier2	Hours	LOGN(1.34, 1.75)
Abastece com Diesel Pier3	Hours	LOGN(1.34, 1.75)
Abastecer Tqdiesel	Hours	NORM(14.15 , 5.36)
abastecimento da planta de cimento	Hours	NORM(0.73,0.07)
Aguard Lib Canal e Pratico 1	Hours	LOGN(1.96 , 3.73)
Barco Recebe Carga Ancoragem Pier3	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
Cadastro_CVP	Minutes	NORM(17.94 , 7.21)
Carrega Barco com Cimento Pier1	Hours	NORM(7.30,3.107)
Carrega Barco Pier1	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
Carrega Barco Pier2	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
Carrega barco Pier3	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
chegada balsa diesel	Days	TRIA(1 , 2 , 5)
chegada_barcos	Days	LOGN(4.88 , 1.94)
chegada_carretas	Days	NORM(54.30, 13.88)
conferencia_petrobras	Minutes	TRIA(20.12 , 30 , 56.32)
correcao_NF_ou_RT	Hours	TRIA(0.5, 1.05 , 3.45)
descarrega Ancoragem	Minutes	NORM(24.3 , 6.02)
descarrega Cgeral	Minutes	NORM(24.3 , 6.02)
descarrega Pquimicos	Minutes	NORM(24.3 , 6.02)
descarrega_tubo	Minutes	NORM(24.3 , 6.02)
Inspecao e Troca de Turma Pier1	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
Inspecao e troca de turma Pier2	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
Inspecao e troca de turma Pier3	Hours	JOHN(1 , 1 , 1 , 0.041)
libera_carga para prog_maritima	Minutes	TRIA(2 , 3.5 , 7)
movimentacao de carga ate pier3	Minutes	TRIA(24 , 32 , 34)
Movimentar Carga do Patio para Pier1	Minutes	TRIA(24 , 32 , 34)
Movimentar Carga do Patio para Pier2	Minutes	TRIA(24 , 32 , 34)
Movimentar Carga no Patio para Pier3	Minutes	TRIA(24 , 32 , 34)
pesagem_carreta	Minutes	NORM(0.78 , 1.04)
Prepara Planta de Cimento Pier1	Hours	NORM(1.73,0.73)

6.6. Verificação e Validação

Esta fase da metodologia tem por objetivo validar e verificar o modelo de simulação construído, este é um importante requisito para que se tenha confiabilidade nos resultados fornecidos pelo modelo.

Porém, antes de se efetuar a comparação dos resultados, é importante definir o número de replicações necessárias para que os intervalos de confiança obtidos tenham a precisão desejada.

Para Freiras Filho (2008) na definição do tamanho da amostra ou do número de replicações, o analista inicialmente deve determinar empiricamente um tamanho mínimo de replicações e executar modelo. Neste caso, verifica-se se o semi-intervalo de confiança obtido apresenta limites além dos desejados. Pode-se determinar o valor do semi-intervalo desejado ou executar o modelo com um número de replicações maior. Depois de obtidos os valores simulados, a seguinte equação deverá ser aplicada:

$$n^* = [n * (h / h^*)^2] \quad (6.1)$$

Onde:

- ✓ n^* = a nova estimativa para n ;
- ✓ n = número de replicações já realizadas;
- ✓ h = semi-intervalo de confiança obtido;
- ✓ h^* = semi-intervalo de confiança desejado.

Assim, se a nova estimativa de n calculada for maior que o número de replicações utilizado, deve-se aumentar o número de replicações e repetir o processo até que se obtenha uma estimativa para n menor ou igual à utilizada.

Neste sentido, aplicando-se a técnica apresentada estima-se um número de replicações inicial de 5 (cinco). Porém, de forma complementar à técnica de Freitas Filho (2008), foram utilizadas duas variáveis para validação, ao invés de uma, a saber: nº de chegadas de carretas e nº de chegadas de barcos no fundeio.

Os valores iniciais desejados foram obtidos a partir dos dados reais de entrada no modelo, ou seja a partir das estatísticas de entrada, conforme Tabela 6, logo:

Tabela 6 – One-Sample T – Teste de Intervalo de Confiança para dados reais

Teste de Intervalo de Confiança para dados Reais					
Variável	Nº de dias	Média	Desvio Padrão	Erro em relação a média	Intervalo de Confiança (95%)
Nº Carretas por dia	122	54,3	13,88	1,26	(51,82 ; 56,79)
Nº Chegadas no Fundeio	122	4,885	2,365	0,176	(4,536 ; 5,234)

Portanto, os valores de h desejados para n^0 de carretas por dia e para o n^0 de chegadas no fundeio, são, respectivamente, 2,715 e 0,244, para um intervalo de confiança de 95% sobre a média. A Tabela 7 mostra do teste de intervalo de confiança para 5 replicações.

Tabela 7 – One-Sample T – Teste de Intervalo de Confiança para 5 replicações

Teste de Intervalo de Confiança para as Variáveis de Saída					
Variável	Nº de replicações	Média	Desvio Padrão	Erro em relação a média	Intervalo de Confiança (95%)
Nº Carretas por dia	5	49,8	5,26	2,35	(43,27 ; 56,33)
Nº Chegadas no Fundeio	5	4,547	0,328	0,147	(4,139 ; 4,954)

Aplicando-se a equação 6.1 foram obtidos os seguintes resultados de n^* para as variáveis n^0 de carretas por dia e para o n^0 de chegadas no fundeio, respectivamente: 4,2 e 4,3. Neste caso como os valores obtidos para os semi-intervalos h são menores que os valores desejados h^* para as duas variáveis, considera-se que 5 replicações geram os intervalos desejados para as variáveis de interesse.

Para o cálculo dos intervalos de confiança obtidos na amostra, foram utilizados amostras referente a 122 dias de atividades portuárias e cada replicação no modelo teve uma duração de 720 horas (30 dias), ou seja, a partir de 01/10/2012 a 31/01/2013, estipulando-se um intervalo de confiança de 95%, que é o mesmo adotado no modelo.

Considerando as principais variáveis do modelo, a Tabela 8 apresenta os resultados médios obtidos a partir do modelo com um intervalo de 95% de confiança, comparados aos resultados reais do sistema estudado.

Tabela 8 – Valores Reais Médios *versus* Resultados do Modelo

Medidas de Desempenho	Unidade	Dados Históricos	Modelo Cenário Real 5 replicações
Chegada de carretas	Nº carretas/dia	54,3	50,6
Chegada de barcos	Nº barcos/dia	4,9	4,5
Qtd de carga movimentada	ton/mês	17183,0	18418,8
Taxa de Ocupacao Pier1	%	80,0	82,9
Taxa de Ocupacao Pier2	%	75,0	75,5
Taxa de Ocupacao Pier3	%	75,0	70,4
Tempo médio Atracado Pier1	horas	11,8	12,7
Tempo médio Atracado Pier2	horas	10,8	14,1
Tempo médio Atracado Pier3	horas	9,5	12,7
Movimentação média de água	m³/dia	699,4	580,0
Movimentação média de diesel	m³/dia	178,9	231,6
Nº Médio de atracções (3 berços)	barco/mês	155,0	137,00
Tempo médio de fundeio	horas	36,6	25,20
Total de cargas recebidas no Porto	ton/dia	805,1	961,40

Na Tabela 9, pode ser percebida a importância do desvio padrão dos dados amostrais, a apresentação de alguns valores aparentemente discrepantes em relação aos dados originais, se dá ao fato destes dados históricos

apresentarem valores de desvio padrão elevados. Porém, esses valores estão dentro do intervalo de confiança estipulado, quando comparado aos dados da amostra.

Os testes de intervalo de confiança para chegada de carretas e barcos já foi apresentado no item anterior. Dessa forma serão mostradas na Tabela 9 os testes realizados para as demais variáveis.

Tabela 9 – Teste de Intervalo de Confiança das variáveis de Processo

Teste de Intervalo de Confiança para as Variáveis de Processo					
Variável	Nº de replicações	Média	Desvio Padrão	Erro em relação a média	Intervalo de Confiança (95%)
Qtd de carga movimentada	5	18419	2816	1259	(14923; 21915)
Taxa de Ocupacao Pier1	5	82,9	3,66	1,64	(78,36; 87,45)
Taxa de Ocupacao Pier2	5	75,5	6,45	2,89	(67,48; 83,51)
Taxa de Ocupacao Pier3	5	70,42	6,12	2,74	(62,81; 78,02)
Tempo Atracado Pier1	5	12,656	2,183	0,976	(9,946; 15,366)
Tempo Atracado Pier2	5	14,13	4,46	2	(8,59; 19,67)
Tempo Atracado Pier3	5	12,72	2,74	1,23	(9,32; 16,13)
Movimentação de água ¹	5	17400	0	0	(17400,0; 17400,0)
Movimentação de diesel ²	5	6948	1276	571	(5363; 8533)
Nº total de atracações	5	137	14,8	6,62	(118,63; 155,37)
Total de cargas recebida	5	28842	2210	988	(26098; 31586)
Tempo medio de fundeio	5	25,23	10,8	4,83	(11,82; 38,64)

* NOTA 1 * Por se tratar de vazão contínua de água o valor no sistema é constante (17400 m³/mês aprox. 25 m³/h que é a vazão de abastecimento do tanque pela concessionária.

* NOTA 2 * Neste caso o volume movimentado de diesel encontrado na simulação é em média 231,6 m³/dia, com um intervalo de confiança de (178,8 ; 284,4).

Neste sentido, à luz das comparações e análises das variáveis apresentadas neste item, conclui-se que o modelo simulado oferece credibilidade e pode representar o sistema real. Assim, pode-se dar continuidade ao estudo e proceder com as análises do modelo com o objetivo de extrair informações suficientes que atendam aos objetivos propostos neste estudo.

6.7. Proposição e Execução dos Cenários

Finalizada a etapa de validação do modelo, tem-se a possibilidade de realizar experimentos que forneçam informações sobre as consequências em efetuar modificações no cenário atual.

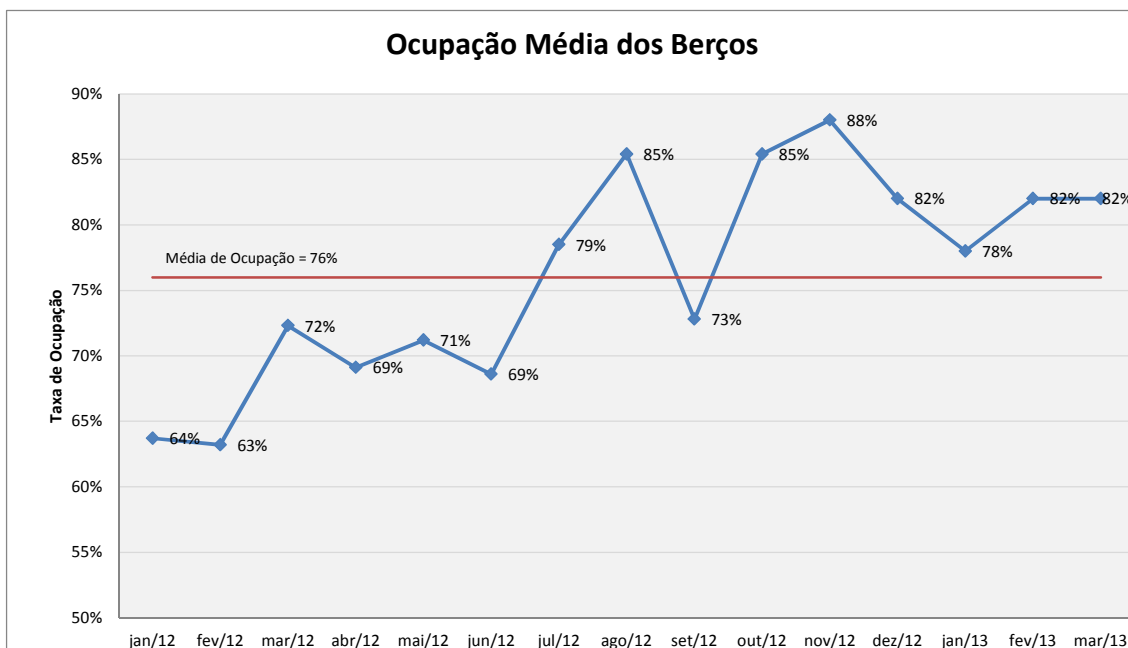
Considerando o atual cenário de crescimento de demanda por serviços de apoio logístico *offshore*, sobretudo na região sudeste do Brasil, a cerca das novas descobertas e continuidade de exploração dos campos existentes, as empresas estão cada vez mais empenhadas em ofertar estes serviços garantindo assim uma continuidade operacional. Dessa forma, considerando sempre a possibilidade de aumentar o desempenho operacional do porto, por meio de melhoria da infraestrutura, ou seja, no sentido de investir recursos onde haverá maior retorno num menor intervalo de tempo, algumas discussões já foram feitas referentes ao terminal estudado, porém duas serão aqui adotadas, a saber:

- Aumentar um berço de atracação, por meio da ampliação do cais; e

- Aumentar a área de armazenagem (pátios), considerando a possibilidade de adquirir área externa contígua ao porto.

Como exemplo da situação que encontra-se o terminal, o gráfico 12 mostra a taxa de ocupação média dos berços, onde pode ser claramente identificada uma utilização acima do limite recomendado, indicando que qualquer desvio nas operações irá causar descontinuidade operacional na movimentação de cargas.

Gráfico 12 – Ocupação Médio dos Berços



Fonte: Adaptado de Petrobras (Relatórios Operacionais)

Na situação atual apresentada, já se percebe a necessidade de ações para suprir novas demandas, uma vez que a estrutura atual encontra-se no limite de sua utilização. Cabe destacar que a análise está sendo feita baseada nos dados operacionais, não sendo consideradas possíveis melhorias no sistema de gestão, que também podem contribuir para melhoria do processo.

Neste sentido, foram desenvolvidos 5 cenários a partir do modelo proposto, a saber:

Cenário 1 – este cenário é o próprio modelo proposto, representa o sistema real, ou seja, são utilizadas as mesmas distribuições e condições do sistema real.

Cenário 2 – neste cenário foi atribuído ao sistema derivado do primeiro modelo um novo berço de atracação (berço 4), totalizando 4 berços. Este novo berço possui as mesmas condições do berço 2, ou seja pode receber qualquer embarcação sem restrições.

Cenário 3 – este cenário é derivado do cenário 2, ou seja o sistema possui 4 berços de atracação, porém a este sistema foi considerada uma linha extra de

abastecimento de diesel. Logo, é possível o abastecimento de até duas embarcações simultaneamente.

Cenário 4 – para este cenário foi considerado a possibilidade de ampliação da área de armazenagem, ou seja, o pátio de armazenagem foi acrescido em 20%. Cabe destacar que este cenário foi proposto dentro das possibilidades reais do sistema real, com áreas contíguas ao porto.

Cenário 5 – uma possibilidade ainda existente seria adquirir áreas não contíguas, porém próximas ao porto. Neste caso, foi proposta uma ampliação de área de armazenagem de 40% em relação ao sistema real.

A Tabela 10 mostra os cenários estudados e onde foram consideradas modificações nas variáveis de processo.

Tabela 10 – Identificação dos cenários propostos no modelo

Variáveis Consideradas	Unidade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Nº de Berços	unid	3	4	4	3	3
Linha de Diesel	unid	1	1	2	1	1
Linha de Água	unid	3	4	4	3	3
Capacidade Tq Diesel	m ³	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Capacidade Tq Água	m ³	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Área de armazenagem	m ²	40.000	40.000	40.000	48.000	56.000

Em todos os cenários as condições de operação foram mantidas, ou seja, não houve alteração nos demais recursos de pátio com a premissa de avaliar exclusivamente o impacto da ampliação de área e do aumento de berços na capacidade operacional do porto.

7. ANÁLISE E RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados do estudo, a partir das técnicas de análise de sensibilidade aplicada a comparação de cenários. O uso da análise de sensibilidade consistirá na modificação do valor de alguns parâmetros do modelo, certificando, a cada alteração, o impacto sobre os valores das variáveis de saída.

Santos (2008) destaca que em relação a validação de uma simulação, a partir da verificação, validação e especificação das condições de uso do modelo, podem ser utilizados quatro tipos de experimentações para interpretação dos resultados, a saber:

- Análise de sensibilidade;
- Comparação de cenários;
- Otimização; e
- Simulação de Monte Carlo

Logo, visando garantir maior consistência na análise dos dados serão utilizadas técnicas consolidadas no âmbito da academia.

7.1. Análise de Sensibilidade

Um fator de significativa importância no sistema logístico *offshore* está relacionado ao custo por tonelada movimentada, este índice está entre os principais indicadores de desempenho de um terminal portuário, e é composto pela soma dos diversos serviços atrelados a movimentação da carga, sendo que no transporte marítimo, na maioria das vezes, este valor é superior aos custos do transporte terrestre e do armazenamento de cargas, mas não significando que é mais ou menos importante, uma vez que as variáveis estão correlacionadas entre si.

Assim, é possível concluir a partir da informação acima que não basta avaliar as variáveis de saída de forma individual, mas sim analisar seu comportamento a partir das demais variáveis do sistema, evitando conclusões precipitadas que podem levar a tomadas de decisão errôneas. Portanto, recomenda-se que as análises sejam realizadas por meio da combinação de experiência, prática de processo e visão sistêmica.

A Tabela 11 mostra os resultados do aumento no número de berços (cenários 2 e 3) e do aumento de área de pátio (cenários 4 e 5) nas variáveis de saída do sistema.

Tabela 11 – Análise de sensibilidade das variáveis de saída a partir da comparação dos cenários propostos

Informações Analisadas	unidade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Taxa de ocupação do píer	%	78,3	70,2	62,1	74,0	78,8
Tempo de ciclo das Carretas no Porto	h	7,9	15,4	14,1	16,0	10,6
Tempo de permanência dos barcos atracados	h	13,7	15,7	12,7	10,5	12,6
Total de Cargas Recebidas no porto	ton	30042,0	30609,6	34483,6	33097,0	33182,0
Total de Carga embarcada	ton	18418,8	23128,0	23145,2	25896,6	20717,6
Qtd de barcos atendidos	Unidade	127,2	134,8	142,8	153,2	131,0
Total de carretas que chegaram	Unidade	1517,6	1612,0	1637,2	1596,4	1621,4

Considerando o aumento de berço, fica evidente que as variáveis sofreram mudanças significativas devido ao impacto direto provocado pelo abastecimento de diesel, uma vez que por questões de segurança somente é possível abastecer uma embarcação de cada vez, e esta ao iniciar o abastecimento não pode realizar outra atividade de carregamento simultaneamente. Logo, considerando a cenário 3 com aumento de um píer, houve uma considerável perda nos níveis de atendimento quando comparados com o cenário 4, face ao compartilhamento da linha de diesel que provocou um grande retardo no atendimento das embarcações, provocando um aumento no tempo de atendimento dos barcos.

Por sua vez os cenários 4 e 5 evidenciam melhorias significativas no tempo de atracação dos barcos acarretando um aumento no número de embarcações atendidas e uma taxa média de 74% de ocupação dos berços, além disso observa-se também um aumento nas cargas recebidas no porto e também nas quantidade de cargas embarcadas.

A partir da estruturação feita na Tabela 8 foi possível relacionar as diversas variáveis com as principais partes do sistema. Essas variáveis de saída têm o intuito de verificar o impacto e a sensibilidade ao longo do sistema, assim abrangendo sua interferência nas principais etapas do processo portuário.

7.2. Análise do sistema a partir dos cenários propostos

Para facilitar o entendimento e a visualização das análises comparativas, as variáveis de saída foram analisadas de acordo com a significância de cada uma delas, assim foram elaborados gráficos agrupando algumas dessas variáveis onde foi possível extrair novas informações a cerca do comportamento do sistema a partir dos cenários propostos.

Antes de iniciar a análise propriamente dita, é importante destacar que numa operação portuária, de acordo com pesquisas e entrevistas realizadas com profissionais experientes na área portuária, é comum uma taxa de ocupação ótima em torno de 75%, uma vez que este percentual permite uma ocupação segura dos berços sem comprometer a capacidade operacional do porto, considerando interrupções para pequenos reparos (guindastes, empilhadeiras, estrutura portuária etc), condições ambientais adversas, filas na entrada do

porto entre outras situações que são passíveis de ocorrer. Assim, taxas de ocupação acima desse percentual podem afetar a segurança, bem como a capacidade operacional do porto e o contrário, taxas menores de ocupação podem refletir numa subutilização do terminal.

Os gráficos 13 e 14 apresentam, respectivamente, o impacto de cada cenário na movimentação de cargas para o carregamento marítimo e na chegada de cargas pelo modal rodoviário, sendo estas operações as de maior relevância financeira na operação do terminal.

Gráfico 13 – Comparativo entre nº de barcos atendidos e taxa de ocupação dos berços

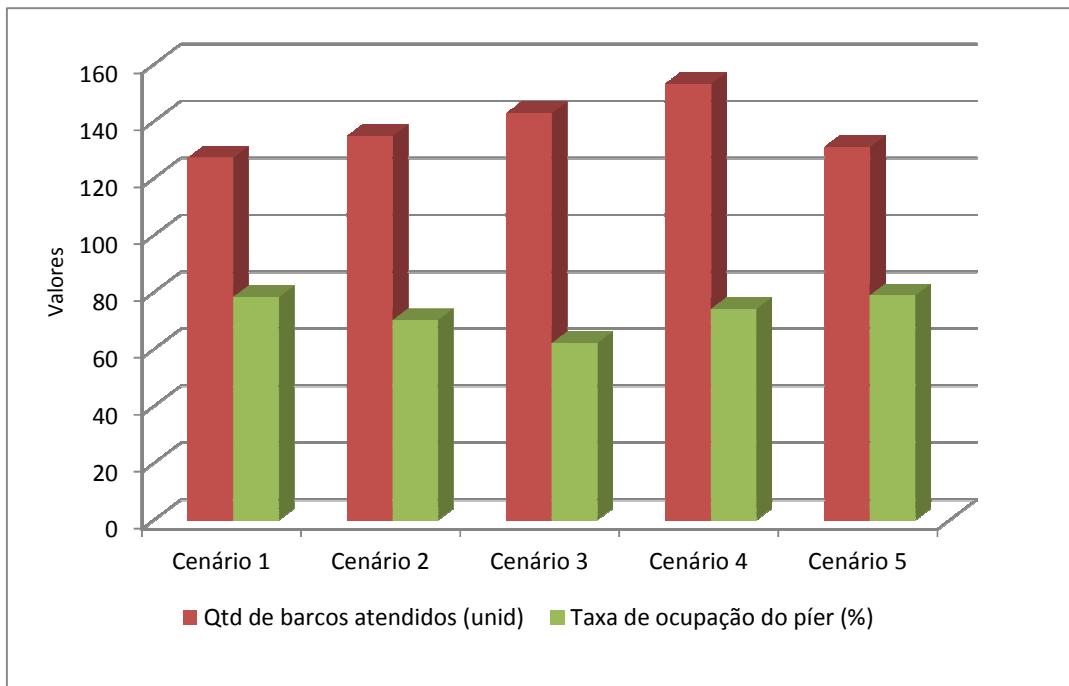
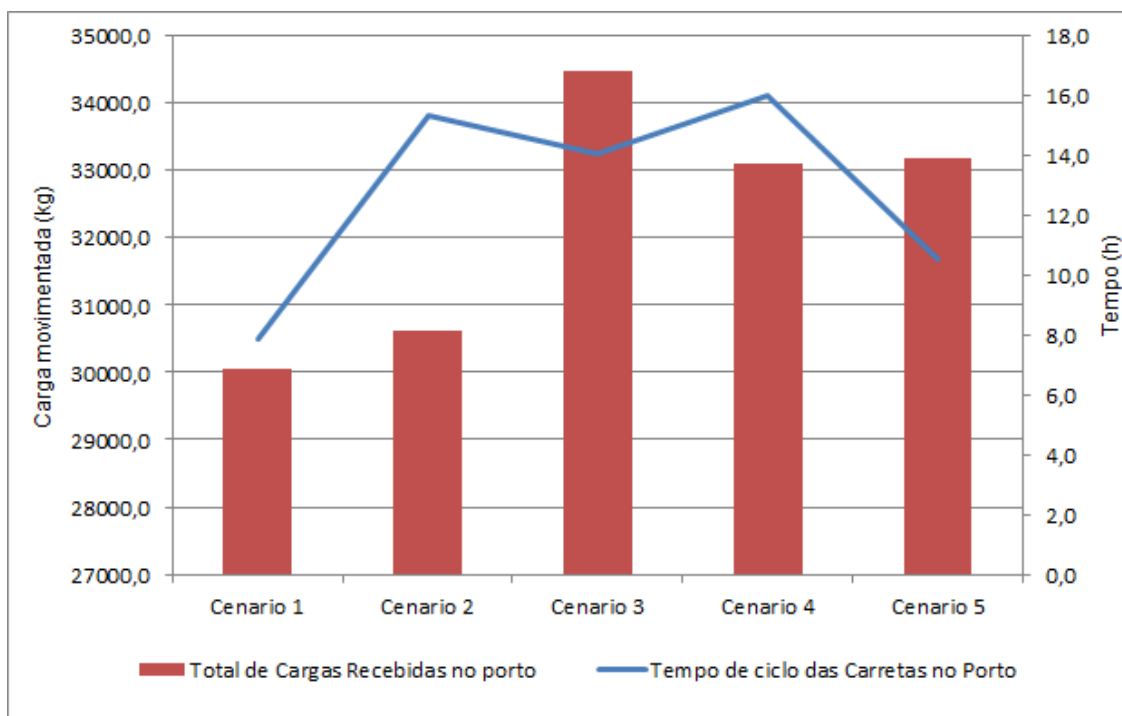


Gráfico 14 – Comparativo entre a chegada de carretas e seu tempo de permanência no porto



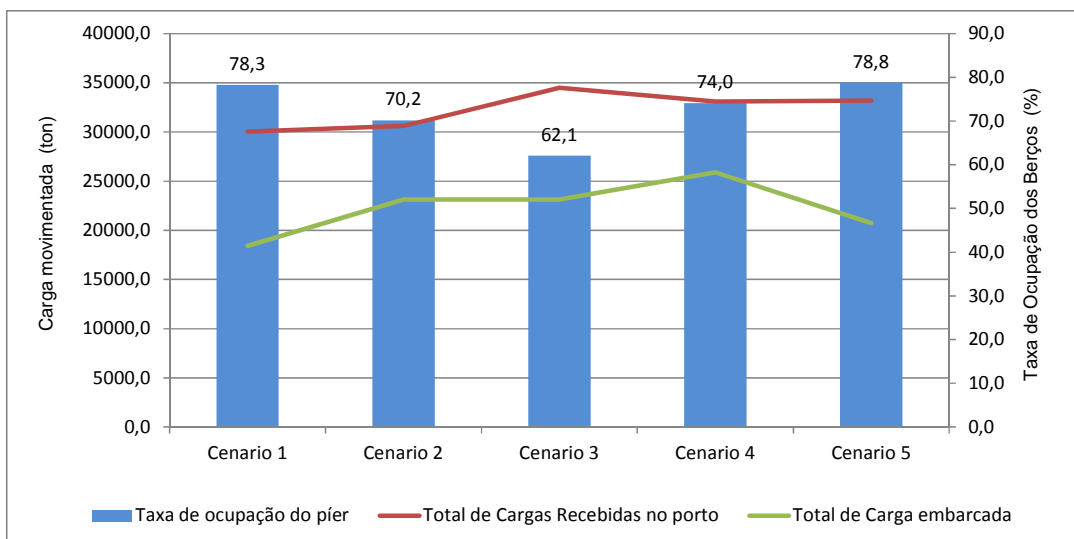
É possível observar no gráfico 13 que a quantidade de barcos atendida no porto, em princípio, tem uma relação direta com a taxa de ocupação dos berços considerando os cenários 2 e 3, uma vez que elevando-se o número de barcos atendidos tem-se uma menor taxa de ocupação dos berços. Porém essa relação direta não se repete quando é analisado o cenário 4, uma vez que apesar do aumento na quantidade de barcos atendidos, é percebida uma estabilização na taxa de ocupação dos berços em relação ao cenário 1, e por sua vez o cenário 5 apresenta uma elevação na taxa de ocupação com uma redução na quantidade de barcos atendidos.

De forma complementar, o gráfico 14 apresenta o recebimento das cargas que chegam pelo modal rodoviário, observa-se um aumento significativo na quantidade recebida no porto a partir do cenário 3, esse fato é explicado pelo aumento da disponibilidade de berços (cenário 3) que aumenta o escoamento de cargas garantindo mais área no pátio, assim como nos cenários 4 e 5 o aumento da área de armazenagem permite maior descarga de produtos. Porém, também é observada uma elevação no tempo de permanência das carretas no porto.

Tais variações nos gráficos 13 e 14 são explicadas pelo compartilhamento de recursos, se por um lado mais barcos estão sendo atendidos (gráfico 13), por outro lado mais carga está chegando, (gráfico 14) e nestes casos os recursos de movimentação de pátio (empilhadeiras, carretas internas e guindastes) são compartilhados e no modelo a preferência de atendimento se dá por ordem de chegada. No entanto, como a premissa desse estudo foi manter a mesma infraestrutura existente e visualizar o impacto apenas do aumento de berço e de área, não foi considerado aumentar esses recursos.

Por sua vez, buscando fazer uma análise mais sistêmica do problema as variáveis foram correlacionadas de forma a apresentar um panorama mais amplo e abrangente dos resultados obtidos na simulação. Assim, o gráfico 15 mostra a correlação entre a taxa de ocupação dos píeres e as cargas recebidas e embarcadas no porto.

Gráfico 15 – Correlação entre taxa de ocupação, cargas recebidas e embarcadas

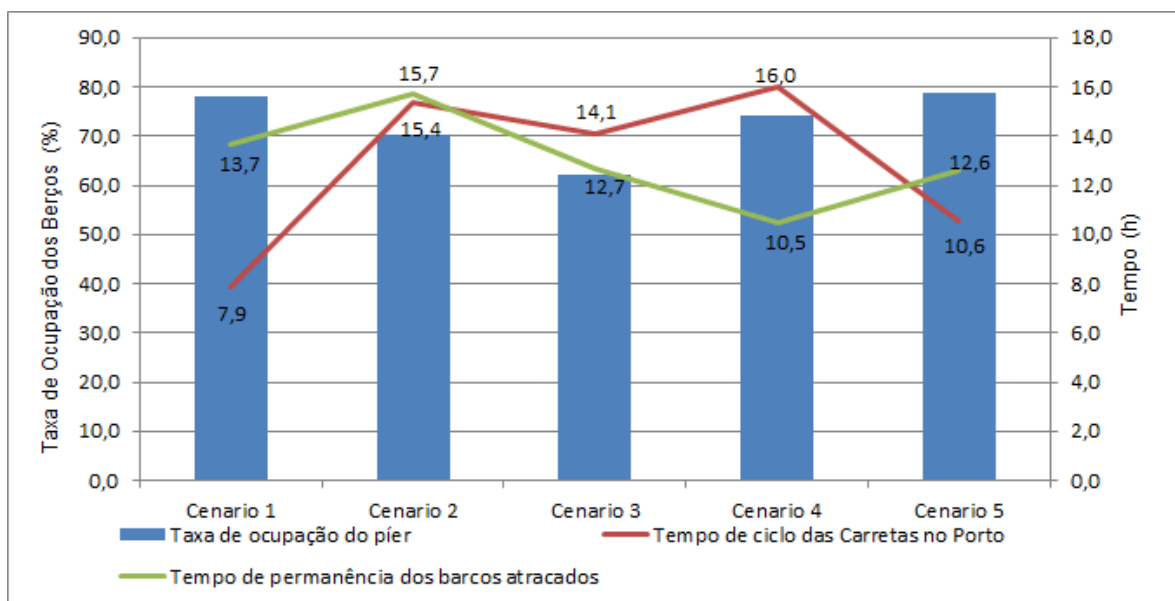


É possível perceber neste caso que nos cenários 1 e 5 as taxas de ocupação dos berços estão acima de 75%, indicando que os berços estão operando no limite da capacidade, por sua vez no cenário 3 o valor de 62% indica uma subutilização dos berços. Neste mesmo sentido observando os cenários 2, 3 e 5 apesar de apresentarem aumento no recebimento de cargas, mostram também uma redução no volume de cargas embarcadas, indicando que as cargas ficam mais tempo aguardando embarque, acarretando perda de capacidade e conseqüentemente aumento da fila das carretas.

Ainda pode ser verificado no gráfico 15, que em relação ao aumento da área de armazenagem, considerando os cenários 1, 4 e 5 percebe-se que ao analisar os cenários 1 e 4 há um ganho de 9,2% na movimentação de cargas recebidas no terminal, em função do aumento da área em 20%. Por sua vez, quando a área é aumentada em 40% (cenário 5) o ganho em relação ao cenário 1 é de 9,5%. Ou seja, praticamente não há ganho significativo de capacidade ao se aumentar a área de 20% para 40%.

No entanto, ao analisar o gráfico 16, que apresenta a correlação entre os tempos de permanência das carretas e embarcações no porto e a taxa de ocupação dos berços, verifica-se que se por um lado em todos os cenários analisados os tempos de permanência das carretas no porto são aumentados, devido ao compartilhamento de recursos de movimentação de carga, por outro lado a taxa de permanência das embarcações tem considerável redução, sobretudo nos cenários 3, 4 e 5, tendo o cenário 4 o melhor tempo entre eles.

Gráfico 16 – Taxa de ocupação dos berços e os tempos de permanência de carretas e embarcações

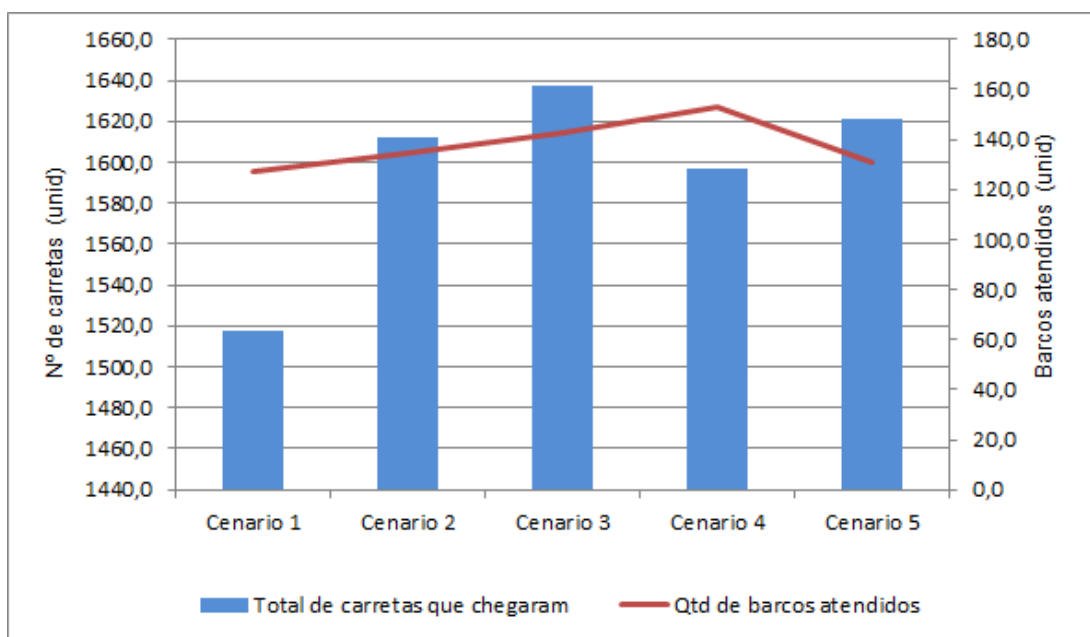


Dado que a taxa de ocupação do berço é fator crítico para um terminal portuário fica evidente que ao se atingir taxas ideais de ocupação dos berços, as unidades marítimas (plataformas e sondas) terão suas requisições atendidas dentro do prazo, uma vez considerando que a taxa de ocupação está diretamente relacionada ao número de embarcações atendidas e esta à capacidade operacional do terminal. Lembrando que esta é a razão de toda essa operação portuária, sem considerar que em função dos elevados custos do transporte marítimo, é fundamental reduzir ao máximo o tempo de ciclo da embarcação, que é a soma de todos os tempos entre a chegada ao fundeio, atracação/desatracação, operação portuária, atendimento a unidade marítima e seu retorno ao fundeio.

Apesar dos tempos evidenciados no gráfico 16 referente a permanência das carretas, o gráfico 17 mostra que a quantidade de carretas é aumentada em todos os cenários, e que no cenário 4 apesar do menor crescimento, cerca de 5% em relação ao cenário 1, foi o que apresentou a maior elevação na quantidade de embarcações atendidas, havendo um aumento na ordem de 17%.

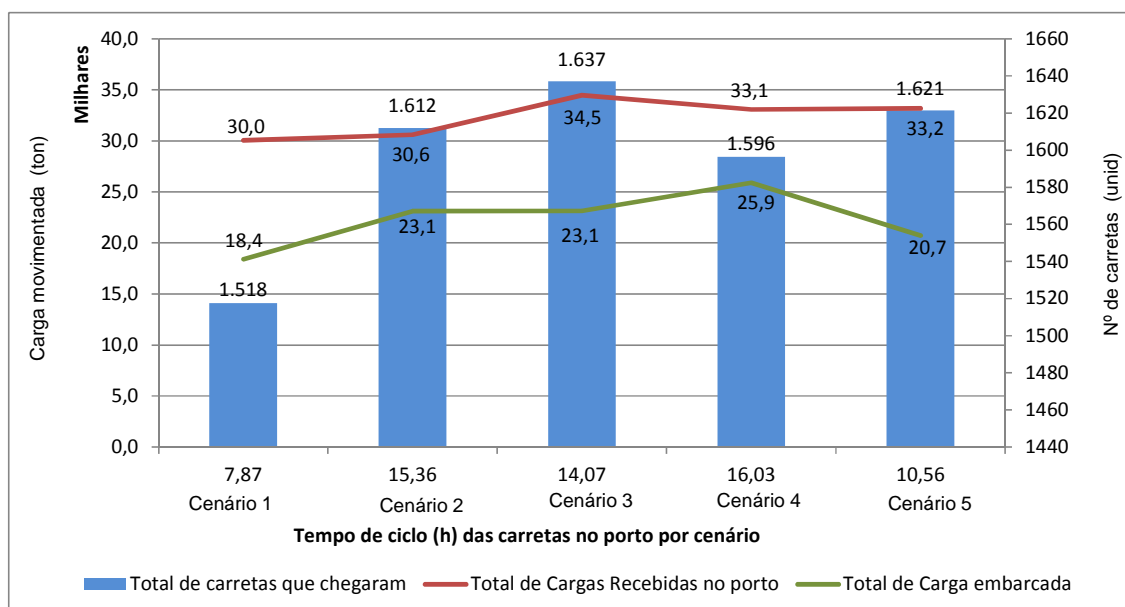
Já os cenários 3 e 5 que apresentaram os maiores índices no recebimento mensal de carretas, não apresentaram os mesmos resultados para o atendimento às embarcações.

Gráfico 17 – Correlação entre taxa de ocupação



Cabe analisar a partir do gráfico 18 o comportamento de 4 variáveis de saída simultaneamente, dessa forma os resultados demonstram que tanto o aumento de área quanto o aumento no número de berços influenciam na capacidade operacional do porto.

Gráfico 18 – Correlação entre taxa de ocupação



Todavia, é percebida que os cenários 3 e 4 apresentaram maior influência positiva no modelo, tendo em vista que estes cenários corresponderam a maior quantidade de cargas embarcadas e a maior quantidade de carga recebida por carreta, ou seja quando é feita a relação carga movimentada por número de carretas, estes cenários apresentaram os melhores resultados.

Ainda é possível identificar que apesar do elevado tempo de permanência das carretas no porto, estes cenários despontaram a frente dos demais com melhores resultados na movimentação de carga, tanto no recebimento quanto no embarque, ficando mais evidente a importância de se analisar de forma sistêmica as informações e não tomar uma decisão a partir de uma análise pontual.

Dessa forma, considerando todas as análises realizadas percebe-se que o cenário 4 apresenta vantagens em relação aos demais cenários. No entanto, para evitar conclusões precipitadas, buscou-se fundamentar ainda mais a decisão sobre qual o melhor cenário que atende ao objetivo proposto neste estudo.

Assim, por meio da técnica de matriz de priorização, foi realizada junto com profissionais ligados a operação, que possuem notório conhecimento técnico, uma priorização das variáveis de saída a fim de estipular pesos a essas variáveis e posteriormente ranquear por nível de relevância os cenários modelados, gerando como resultado final o cenário que melhor atende ao objetivo do trabalho, podendo ou não comprovar a escolha do cenário 4 conforme análises apresentadas.

De acordo com Cristofari Júnior *et al.* (2010) a priorização por preferências simples são geralmente conduzidas dentro de entrevistas semi-estruturadas, com indivíduos ou grupo de entrevistados. Neste estudo, a fim de atribuir valores e pesos, foram convidados técnicos operacionais e engenheiros para auxiliar na elaboração da matriz. Houve uma adesão de aproximadamente, 34% do efetivo total convidado de 32 pessoas.

Estes profissionais que participaram da análise foram conduzidos a estabelecer uma pontuação em relação à correlação entre as variáveis de saída, logo essa pontuação ofereceu a oportunidade de quantificar estas variáveis. A pontuação adotada segue a correspondência pré-estabelecida na Tabela 12.

Tabela 12 – Critério de pontuação adotado na matriz de priorização

	Pontuação
Signatificamente mais	10
Mais	5
Igualmente	1
Menos	0,2
Signatificamente menos	0,1

Após definição dos critérios de pontuação foi apresentado aos participantes as variáveis de saída, bem como a matriz a qual deveriam ser atribuídas a pontuação conforme consenso do grupo, a Tabela 13 apresenta a matriz de priorização das variáveis de saída preenchida com as pontuações atribuídas pelo grupo.

Tabela 13 – Matriz de priorização das variáveis de saída do modelo

	Taxa de ocupação do píer	Tempo de ciclo das Carretas no Porto	Tempo de permanência dos barcos atracados	Total de Cargas Recebidas no porto	Total de Carga embarcada	Qtd de barcos atendidos	Total de carretas que chegaram	Soma da linha
Taxa de ocupação do píer		8	6	8	6	6	8	42
Tempo de ciclo das Carretas no Porto	4		6	6	4	4	6	30
Tempo de permanência dos barcos atracados	6	8		8	6	6	8	42
Total de Cargas Recebidas no porto	4	6	4		4	4	6	28
Total de Carga embarcada	6	8	6	8		6	8	42
Qtd de barcos atendidos	6	8	6	8	6		8	42
Total de carretas que chegaram	4	6	4	6	4	6		30
							Total	226

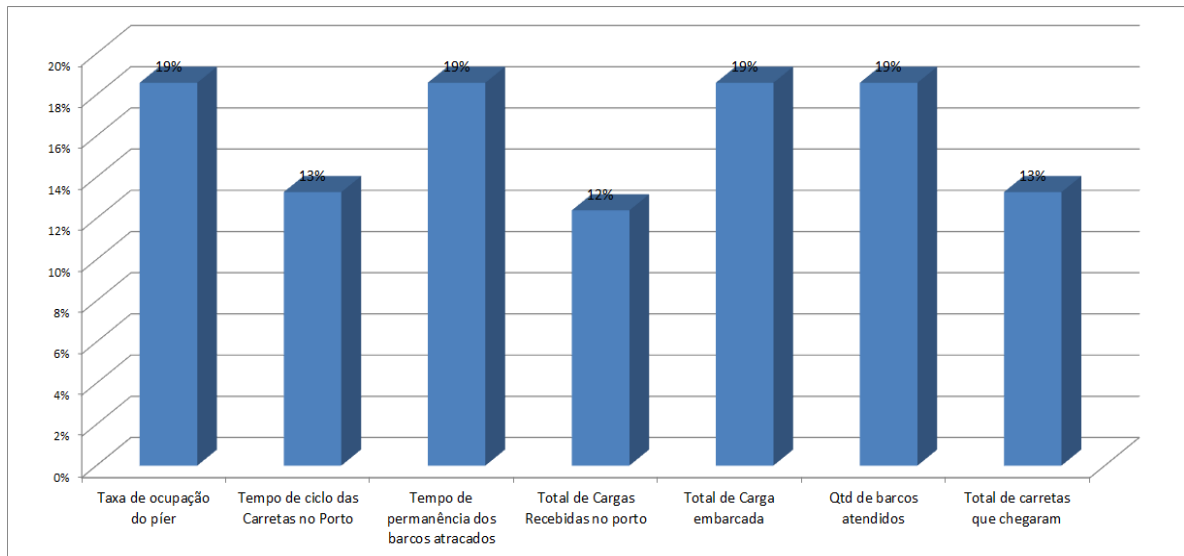
Após análise prévia e preenchimento da matriz, foi gerado como resultado a Tabela 14, onde foi quantificada por ordem de importância, segundo o consenso do grupo, as variáveis de saída consideradas no modelo. Cabe destacar que os participantes não tinham conhecimento dos resultados da simulação gerados para cada um dos 5 cenários.

Tabela 14 – Critério de pontuação adotado na matriz de priorização

	Total	Porcentagem
Taxa de ocupação do píer	42	19%
Tempo de ciclo das Carretas no Porto	30	13%
Tempo de permanência dos barcos atracados	42	19%
Total de Cargas Recebidas no porto	28	12%
Total de Carga embarcada	42	19%
Qtd de barcos atendidos	42	19%
Total de carretas que chegaram	30	13%
Total	226	100%

Dessa forma, apresentando os dados gerados na Tabela 14 em forma de gráfico, temos seu resultado mostrado no gráfico 19.

Gráfico 19 – Priorização das variáveis de saída



Portanto, foram utilizados como pesos os percentuais cada variável, mostrados anteriormente no Gráfico 19.

Após concluído o processo de priorização e atribuídos seus respectivos pesos, foram ranqueados os cinco cenários para cada variável de saída. Assim, os resultados do modelo para cada cenário foram classificados em ordem crescente de acordo com os resultados da simulação, em seguida foram atribuídos valores de 1 a 5 originando a Tabela 15, na sequência os valores de cada variável foi multiplicado pelo respectivo peso e somado às demais variáveis da coluna.

Tabela 15 – Resultado da classificação dos cenários por priorização

Informações Analisadas	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Peso
Taxa de ocupação do píer	3	4	1	5	2	19%
Tempo de ciclo das Carretas no Porto	5	2	3	1	4	13%
Tempo de permanência dos barcos atracados	2	1	3	5	4	19%
Total de Cargas Recebidas no porto	1	2	5	3	4	12%
Total de Carga embarcada	1	3	4	5	2	19%
Qtd de barcos atendidos	1	3	4	5	2	19%
Total de carretas que chegaram	1	3	5	2	4	13%
Total	2,2	3,0	3,9	4,5	3,4	-

Notadamente, conforme apresentado na Tabela 15, o cenário 4 despontou como sendo o de maior relevância para o terminal, comprovando a análise dos resultados gerados pelo modelo.

Então, considerando-se os critérios estabelecidos para comparação, pode-se concluir, dentre os cenários analisados, que o cenário 4 apresenta uma melhor

eficiência de desempenho quando comparados ao cenários original, o cenário 1. Dessa forma, diante da possibilidade de realizar um investimento no terminal, será mais vantajoso para o investidor aumentar a área de armazenagem, uma vez que este investimento trará maiores ganhos de desempenho ao terminal.

8. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados na elaboração deste trabalho, este capítulo apresenta a conclusão e propõe sugestões para trabalhos futuros. Neste sentido, verificou-se que o objetivo do estudo foi alcançado, e por sua vez a hipótese proposta não foi aceita, uma vez que no caso analisado, constatou-se que a ampliação de área de pátio proporcionou maior ganho na capacidade operacional do terminal em relação ao aumento de berço.

Este trabalho considerou alguns conceitos iniciais para balizar os caminhos percorridos, neste caso, adotou-se que um terminal portuário deve ser entendido, em sua estrutura operacional, como uma empresa comum, tratando-se apenas de uma organização dedicada a um campo específico de atuação. Assim, um porto está habilitado a fazer uso das ferramentas e técnicas de gestão já consolidadas em seu uso por empresas nos diversos ramos de atividade.

Neste sentido, o atual ambiente empresarial, muito caracterizado por constantes mudanças e elevada competitividade, tem obrigado as organizações a desenvolverem cada vez mais sua capacidade de adaptação. Logo, o setor portuário, fundamental para o desenvolvimento econômico de um país, e muito afetado no Brasil pela falta de investimentos, vem nos últimos anos buscando tornar-se mais competitivo frente ao longo tempo sem investimentos representativos no setor.

O presente trabalho efetuou seu estudo tomando como referência um terminal de apoio *offshore* localizado na baía de Vitória-ES, que presta atendimento às unidades marítimas da Petrobras em operação na região Sudeste do Brasil, tendo como referência os potenciais investimentos em infraestrutura visando aumento da capacidade operacional do terminal. Estes potenciais investimentos, têm a finalidade de atender à crescente demanda pelos serviços de logística *offshore*.

No terminal estudado foi destacada a possibilidade de incluir um novo berço para atracação das embarcações e o aumento de área de pátio, o que resulta afetar de forma significativa o processo operacional do porto. Então o presente estudo objetivou avaliar os indicadores de produtividade utilizados num terminal de apoio *offshore* a partir da aplicação da técnica de simulação discreta, avaliando a possibilidade de se investir em infraestrutura e indicando dentro dos cenários estudados qual seria a melhor opção para o investidor: aumentar área de armazenagem ou aumentar o número de berços.

A utilização de modelos computacionais em processos portuários não é inédita. Porém, poucos estudos foram relatados sobre terminais de apoio *offshore*, o que implica considerar que este é um campo pouco explorado da simulação, sendo uma ferramenta de grande aplicabilidade e com grande impacto na tomada de decisões gerenciais.

Por meio da comparação dos resultados obtidos e da validação estatística, assegurou-se que o modelo apresenta credibilidade e representatividade, tendo em vista que os valores obtidos estarem dentro do mesmo intervalo de confiança. Logo, diante da constatação que o modelo representa a realidade encontrada no terminal portuário, foi possível efetuar a simulação a partir dos cenários propostos.

Analisando os resultados obtidos com este experimento, constatou-se que o terminal encontrava-se operando no seu limite operacional, e considerando a avaliação dos indicadores de desempenho adotados no porto, cabe destacar ainda que a análise desses índices, de forma isolada, poderia levar á conclusões errôneas. Dessa forma buscou-se realizar análises conjuntas que pudessem ampliar a abrangência dos resultados, propiciando análises com um foco mais sistêmico.

Dessa forma, foram apresentados e modelados 5 cenários, sendo o cenário 1 representando o modelo real, os cenários 2 e 3 representaram o aumento na quantidade de berços, sendo que no cenário 3 foi incluída uma linha extra para abastecimento de diesel, e por fim os cenários 4 e 5 que representaram o aumento de 20% e 40% na área de armazenagem.

Portanto, após processamento dos modelos, foram gerados relatórios e dados referentes às variáveis, por sua vez estas variáveis foram analisadas por meio de uma análise de sensibilidade e posteriormente por meio de análise gráfica, os resultados gerados levaram a conclusão que o cenário 4 (aumento de 20% da área de armazenagem) é o cenário que apresentou os melhores resultados para o desempenho do terminal estudado, sendo a opção investimento que deveria ser escolhida no caso de uma ampliação da infraestrutura operacional.

No entanto, para confirmar essa análise foi escolhida a técnica de matriz de priorização, onde foram apresentadas as variáveis de saída do modelo a um pequeno grupo de profissionais experientes ligados a operação portuária, os quais atribuíram uma pontuação a estas variáveis, que conseqüentemente foram correlacionadas e ranqueadas. Após a definição dos pesos das variáveis, foi gerado um novo *ranking* o qual confirmou o cenário 4 como a melhor opção para investimento no terminal, considerando as premissas adotadas neste trabalho.

Assim, apesar de ser um senso comum que o aumento de berços tende a levar a um aumento de produtividade, esta dissertação mostra que o maior ganho é conseguido quando é realizado o aumento de área no pátio de armazenagem.

Finalmente, concluiu-se que o presente trabalho atingiu os objetivos inicialmente propostos e como sugestões para futuros trabalhos citam-se, por exemplo:

- Incluir no modelo o aumento de recursos de pessoal e físicos, tais como: empilhadeiras, guindastes e balanças;
- Incluir os custos envolvidos no processo operacional, visando dar mais subsidio as decisões a serem tomadas;

- Considerar o período de ciclo das embarcações, pois existem outras variáveis que podem ser consideradas além da chegada e permanência dos barcos no fundeio, a saber: tempo de navegação; condições ambientais, tempo de atendimento às unidades marítimas etc.

REFERÊNCIA

- AAS, B.; HALSKAU, O.; WALLACE, S.W. **The role of supply vessels in offshore logistics**. Maritime Economics & Logistics. Vol. 11, 3, p. 302-325. 2009.
- ALDERTON, P.M. **Port Management and Operations**. 3rd Edition. Lloyd's Practical Shipping Guides. London. 2008
- ANEICHYK, T. **Simulation Model for Strategical Fleet Sizing and Operational planning in offshore Supply Vessels Operations**. Master's degree thesis. Molde University College. LOG950 Logistics. p.54. 2009.
- ANTAQ. **Indicadores de Desempenho Portuário – Sistema Permanente de Acompanhamento de Preços e Desempenho Operacional dos Serviços Portuários**. Cartilha de Orientação. Ministérios dos Transportes. Brasília. 2003.
- ASSIS, L.F. **Transporte Marítimo**. Programa de pós-graduação em Engenharia Portuária. COPPE/UFRJ – Universidade Petrobras. 2012.
- BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Tradução Raul Rubenich. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 616 p. 2006.
- BANKS, J. **Handbook of Simulation**, John Wiley & Sons, Atlanta. 1998.
- BARROS, F., WANKE, P. **Planejamento de capacidade num terminal de contêineres via simulação – Um estudo de caso**. Artigo. 2009. Disponível em. <http://www.ilos.com.br/>.
- BATISTA, B. C. Análise das Operações com Embarcações de apoio *Offshore* na Baía de Campos – RJ. **Tese de M.Sc., Engenharia Oceânica / Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2005. COPPE, Brasil.
- BICHOU, K., e GRAY, R. **A logistics and supply chain management approach to port performance measurement**. Maritime Policy & Management. V.31, n.1, p. 47-67. 2005.
- BRITO, V. **Aplicação de Simulação como Ferramenta de Apoio a Elaboração de Planejamento estratégico de Capacidade**. 2007. Disponível em. <http://www.ilos.com.br/>.
- CALDEIRINHA, V.R., FELICIO, J.A. **The influence of characterizing the performance of ports, measured by operational, financial and efficiency indicators**. Munich Personal RePEC Archive. – MPRA. 2011. On-line: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/30009/>
- CAMPOMAR, M.C. **Do uso de “Estudo de Caso” em pesquisas para dissertações e teses em administração**. Revista de Administração. V.26 n. 3, p. 95-97. São Paulo. Jul/set 1991.
- CARDOSO, L.C. **Petróleo: do poço ao posto**. Rio de Janeiro. Qualitymark Ed. 2005.
- CARTENI, A.; LUCA, S. **Tactical and strategic planning for a container terminal: Modelling issues within a discrete event simulation approach**.

Simulation Modelling Practice and Theory, volume: 21, issue: 1, pages: 123–145. Itália: 2012.

CARVALHO, L.S. **Análise das potencialidades e vantagens do uso da simulação computacional em operações logísticas complexas, como ferramenta de auxílio a tomada de decisões: estudo de caso em uma organização industrial.** Dissertação (mestrado profissional). Escola de Administração – UFBA. 2006.

CAULLIRAUX, H.M., MORAES, A.B., PONTES, B., TARDELLI, E., LADARIO, F., SPIEGEL, T. Logística Portuária – Curso de Logística Portuária. **Grupo de Produção Integrada – Poli & COPPE/UFRJ.** Rio de Janeiro. 2010

CHRISTIANSEN, M.; FAGERHOLT, K.; NYGREEN, B.; RONEN, D. **Maritime Transportation.** Handbook in OR & MS. Vol. 14. Chapter 4. C. Barnhart and G. Laport (eds). Elsevier. 2007.

CHWIF, L. e MEDINA, A.C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações.** 3. ed. São Paulo. Ed. do Autor. 2010.

CORTÉS, P.; MAÑUZURI, J.; IBÁÑEZ, J. N.; GUADIX, J. **Simulation of freight traffic in the Seville inland port.** Simulation modelling practice and theory, volume: 15, issue: 3, pages: 256 -271. Espanha: 2007.

CRISTOFARI JUNIOR, C.A., DE PAULA, I.C., FOGLIATTOC, F.S. **Método de análise de maturidade e priorização de melhorias na gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos.** Revista Produção. v. 20, n. 3, p. 359-377, 2010

FERREIRA, J.J. **Classificação de Portos: Um estudo de caso no Brasil.** xv, 95p., ENC/FT/UnB. 2012.

FREITAS FILHO, P.J. **Introdução a Modelagem e Simulação de Sistemas. Com Aplicações em Arena.** 2ª Edição. Visual Books. 2008.

GAUR, P. **Port Planning as a Strategic Tool: A Typology.** Institute of Transport and Maritime Management Antwerp. University of Antwerp. 2005.

GOES FILHO, H.A. **Dragagem Ambiental.** Programa de pós-graduação em Engenharia Portuária. COPPE/UFRJ – Universidade Petrobras. 2012.

GOTTFRIED, B.S., (1984), **Elements of Stochastic Process Simulation.** New Jersey, Prentice-Hall. 1984.

GUERRA, V.J., TREVISAN, E.F.C., MEDINA, A.C., BOTTER, R.C. **Simulação do Sistema Portuário para Recepção de Minério e Carvão no Porto de Pecém-CE.** XXIII Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore. Anais. SOBENA. Rio de Janeiro. 2010.

HAMACHER, S., RIBAS, G.P., OLIVEIRA, F.C. **Um modelo para o Planejamento Estratégico da cadeia de Petróleo.** PUC-RJ / Deptº. de Engenharia Industrial. 2008.

IGNACIO, A.A.V., NEVES, C. **Análise de capacidade de terminais portuários através da técnica de simulação.** Anais. XXIX ENEGEP. 2009.

JOAQUIM, E.D., **Análise de um Novo Centro de Cirúrgico para o Hospital Universitário Cajuru: Estudo de Caso Baseado em Simulação**

Computacional. Dissertação (Mestrado) Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC/PR. Curitiba. 2005.

KAISER, M.J. **An integrated systems framework for service vessel forecasting in the Gulf of Mexico.** Center of Energy Studies. Louisiana State University. Energy Coast & Environment Buildind. 2010. Disponível em: www.elsevier.com/locate/energy

KELTON, D.W., SADOWSKI, R.P., STURROCK, D.T. **Simulation with Arena.** 4ª ed. New York: McGraw-Hill. 2007.

KENNEDY, O.R., LIN, K., YANG, H., RUTH, B. **Sea-Port Operational Efficiency: An Evaluation of Asian Ports Using Stochastic Frontier Production Function Model.** Journal of Service Science and Management. 2011, 4, 391-399.

LEMKE, N. **Análise das condições operacionais do Porto do Rio Grande utilizando a técnica de simulação.** Dissertação de Mestrado. Centro de pós-graduação em Engenharia Oceânica. 2008.

LIMA, R.M.O. **O mercado de Apoio Offshore.** ABEAM - Associação Brasileira de Empresas de Apoio Marítimo. Navalshore. 20 p. Junho, 2008.

LORD – Laboratório de Otimização de Recursos, de Simulação Operacional e de Apoio a Decisões na Indústria do Petróleo. **Modelagem da Cadeia de Suprimentos.** <http://www.petroleo.ufrj.br/lorde/?q=node/6>, 2010. Acesso em dezembro 2012.

MACHADO, D.V.C.; YONAMINE, J.S.G. **Desenvolvimento de um Modelo de Simulação para Análise da Cadeia de Suprimentos de Petróleo e Distribuição de Derivados da Petrobras na Região de São Paulo.** DEI-POLI/UFRJ – Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2003.

MARANGONI, S.M. **Estudo do canal reverso de alimentos descartados comercialmente no varejo: análise de produtos lácteos.** 2010. 122f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto - USP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

MATTOS, S. **Navios de Apoio Offshore.** Jornal Pelicano (artigo). SAMM - Sociedade Acadêmica da Marinha Mercante. 2009. Disponível em: <http://www.jornalpelicano.com.br/2009/06/navios-de-apoio-offshore/>

MENDES, A.B. **Programação de frota de apoio a operações “offshore” sujeita à requisição de múltiplas embarcações para uma mesma tarefa.** Tese (doutorado) POLI-USP/Deptº de Engenharia Naval e Oceânica. 224 p. 2007.

NOVAES, A.G.; SILVA, V.M.D.; ROSA, H. **Utilização de Modelos de Filas e de Simulação no Planejamento de Terminais Marítimos de Contêineres.** Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFSC. 2003

PANT, R.; BARKER, K.; GRANT, F.H.; LANDERS, T.L. **Interdependent impacts of inoperability at multi-modal transportation container terminals.** School of Industrial Engineering, University of Oklahoma. Transportation Research. p. 722-737. 2011. Disponível em: www.elsevier.com/locate/tre

PETROBRAS. Informações home page. Disponível em: www2.petrobras.com.br. Acesso em 28/06/2013.

PETROBRAS. **Manual para Operações entre Embarcações de Apoio Marítimo e Unidades Marítimas**. MT-3ED-00056. E&P-SERV/US-TA/TC. 2009.

PETROBRAS. **Modelo do Processo de Negócio: Movimentação de Carga para Unidades Marítimas**. Versão 1.0. Escritório de Processos de Negócio. TI/TI-E&P/TIDT-BC/SNEP-BC. 2007

PIDD, M. **Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão**. Porto Alegre. Ed. Bookman. 1996.

PINHO, B., CAPELLI, C., LIMA, L., NASCIMENTO, L., SENNA, P., PAIM, R. **Metodologias e Ferramentas para Simulação de Processos**. Relatórios Técnicos do DIA/UNIRIO, Deptº de Informática Aplicada. Nº 0003/2009.

RODRIGUES, W.C. **Metodologia Científica**. FAETEC/Instituto Superior de Tecnologia em Ciências da Computação do Rio de Janeiro. Paracambi-RJ. 2007.

SARACENI, P.P. **Transporte marítimo de petróleo e derivados**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

SHEIN, D. **Uma Metodologia para o Dimensionamento de Frota de Rebocadores em Terminais Portuários: uma aplicação ao porto do Rio Grande**. Univ. Federal do Rio Grande. Dissertação de Mestrado – Deptº de Engenharia Oceânica. Rio Grande. 2010.

SILVA, V.; LOPES, M.; ARBEX, F.; LOPES, P. **Modelagem e Simulação de um Sistema Portuário: Um estudo de caso para o terminal da Petrobras na cidade de Macaé**. Anais. Rio Oil & Gás Expo and Conference 2010. Rio de Janeiro. 13 a16 de setembro de 2010.

SOUSA, F.N.C. **A Logística no Apoio às Atividades Offshore de Exploração e produção de Petróleo nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Monografia (pós-graduação *lato sensu*) MBA Portos e Logística Empresarial. Universidade Católica de Santos. Paranaguá, 2007.

SPIEGEL, T., ANDRADE, E.A.T., MORAES, A.B.B., CAULLIRAUX, H.M. **Análise da movimentação de carga em uma operação portuária: um estudo de caso**. Anais. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2011.

SUN, Z.; LEE, L. H.; CHEW, E. P.; TAN, K. C. **MicroPort: A general simulation platform for seaport container terminals**. Advanced engineering informatics, volume: 26, issue: 1, pages: 80-89. Singapura: 2012.

UNCTAD. **Transnacional corporations and export competitiveness**. World Investment Report. 2002. Geneva: United.

WANKE, P.; BARROS, F. **Planejamento de Capacidade num Terminal de Contêineres via Simulação – Um estudo de caso**. 2008. Disponível em: http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=id1137&Itemid=74. Acesso em: 20/05/2012.

WILKER, B. **Gerenciamento de Capacidade Produtiva**. Disponível em <http://www.administradores.com.br/producao-academica/gerenciamento-da-capacidade-de-producao/4337/>. 2010. Acesso em 11/04/2013.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** 2ª Edição. Ed. Bookman. Porto Alegre. 2001.

