

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E**  
**AGRONEGÓCIO**

**SANDRA REGINA DA SILVA PINELA**

**O TRANSBORDO DE GRANÉIS SÓLIDOS NOS PORTOS MARÍTIMOS DO SUL**  
**DO BRASIL: ANÁLISE SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA LOGÍSTICA**

**TRANSHIPMENT OF SOLID BULK CARGOES IN THE SEA PORTS OF**  
**SOUTHERN BRAZIL: ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF LOGISTICS**  
**EFFICIENCY**

**TOLEDO**

**2018**

**SANDRA REGINA DA SILVA PINELA**

**O TRANSBORDO DE GRANÉIS SÓLIDOS NOS PORTOS MARÍTIMOS DO SUL  
DO BRASIL: ANÁLISE SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA LOGÍSTICA**

**TRANSHIPMENT OF SOLID BULK CARGOES IN THE SEA PORTS OF  
SOUTHERN BRAZIL: ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF LOGISTICS  
EFFICIENCY**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento Regional e Agronegócio.

Orientador: Prof. Dr. Weimar Freire da Rocha Júnior.

Co-orientador: Prof. Dr. Homero Fernandes de Oliveira.

**TOLEDO**

**2018**

**SANDRA REGINA DA SILVA PINELA**

**O TRANSBORDO DE GRANÉIS SÓLIDOS NOS PORTOS MARÍTIMOS DO SUL  
DO BRASIL: ANÁLISE SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA LOGÍSTICA**

**TRANSHIPMENT OF SOLID BULK CARGOES IN THE SEA PORTS OF  
SOUTHERN BRAZIL: ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF LOGISTICS  
EFFICIENCY**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento Regional e Agronegócio.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Weimar Freire da Rocha Júnior  
Orientador

---

Prof. Dr. Juan Carlos Ayala Calvo  
Universidade de La Rioja – Espanha

---

Prof. Dr. Alain Hernández Santoyo  
Universidade de Pinar del Río - Cuba

---

Prof. Dr. Claudio Antonio Rojo  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Cascavel

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Piacenti  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus Toledo

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Gabriel Pinela Fernandes e Tereza da Silva Pinela (*in memoriam*), por transmitir e internalizar valores morais e éticos sólidos, além do amor incondicional.

Às minhas amadas filhas Amanda Pinela da Silva e Camila Pinela da Silva, que são a razão da minha busca eterna de evolução pessoal e profissional.

Ao Marcos Roberto Bombacini, que mesmo tardiamente, mostrou nos momentos mais difíceis da minha enfermidade, que o amor e o cuidado não me abandonaram.

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e instituições me apoiaram para a realização desse trabalho, mas primeiramente quero agradecer a Deus pela providência e proteção.

Ao Professor Dr. Weimar Freira da Rocha Júnior, que me orientou neste trabalho, pela amizade e confiança, aos desafios oferecidos, com ética e saber científico, meus sinceros agradecimentos.

Ao professor Dr. Homero Fernandes de Oliveira, a minha gratidão pelas sugestões valiosas e fonte permanente de estímulo à preparação deste trabalho.

Agradeço imensamente ao professor Dr. Juan Carlos Ayala Calvo, por me acolher de forma extraordinária na Espanha e oferecer condições para que o meu conhecimento sobre o objeto dessa pesquisa fosse ampliado, através do qual estendo os agradecimentos aos professores: Pilar Vargas Montoya, Idana Salazar Montoya, Alfonso Jesús Gil López e à colega Beatriz Pérez-Aradros Muro.

À professora Marcia Carla Pereira Ribeiro e ao empresário Erlon Pinela Riva, pelo apoio à realização da visita técnica ao Porto de Paranaguá, meus agradecimentos.

Agradeço às administrações dos Portos de Paranaguá (APPA) e de São Francisco do Sul (APFS), por prontamente autorizar e ceder profissionais para acompanharem as visitas técnicas nos portos e concederem entrevistas.

À Autoridade Portuária de Gijón, representada pelo senhor Alejandro Coto González, por oportunizar a visita técnica às instalações do porto, meus agradecimentos.

Meus sinceros agradecimentos às empresas da Espanha que gentilmente me receberam em suas instalações portuárias: Pérez Torres Marítima SL, que atua nos portos Puerto de Ferrol e A Coruña, representada pelos senhores Santiago Menéndez Iglesias e Jorge Rico Caramés; Arvagonzales S.A., que atua no porto de Gijón, representada pelo senhor Alfonso de Riva.

Minha gratidão à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), em particular, ao PGDRA, pela oportunidade de realização de qualificação docente; à CAPES, pelo apoio ao período de estágio na Espanha; à Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Toledo, em particular, aos colegas docentes do Núcleo de Ciências Humanas, Letras e Sociais Aplicadas, pelo meu afastamento para dedicação exclusiva ao projeto da Tese; à Universidade de La Rioja, Espanha, em particular, ao Departamento de Economia e Empresa, pelo acolhimento e por conceder recursos físicos e tecnológicos para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores e equipe técnica do PGDRA, em particular, à Roseli Lotte e Clarice Theobald Stahl, pela competência e dedicação demonstrada durante a realização do doutorado, minha gratidão.

Aos colegas de turma, pela seriedade, apoio e verdadeira amizade que demonstraram desde o início da caminhada do doutorado, gratidão imensa.

Aos amigos, em particular, ao professor Amarildo Jorge da Silva e professora Mariana Sbaraini Cordeiro, que apoiaram de forma especial essa minha qualificação profissional, meus agradecimentos.

Aos meus familiares, minha gratidão pela força e motivação, apesar das minhas ausências.

*“Aprendi com as primaveras a me deixar cortar e voltar sempre inteira.”*

Cecília Meireles

PINELA, Sandra Regina da Silva. O transbordo de granéis sólidos nos portos marítimos do sul do Brasil: Análise sob a ótica da eficiência logística. 2018. 154 f. Tese (doutorado) – Unioeste, Toledo, 2018.

## RESUMO

O comércio internacional de mercadorias e serviços cresceu de forma expressiva no decorrer da década de 2000 e manteve o ritmo nos últimos anos. O transporte marítimo representou 80% das operações de comércio exterior em 2013, o que implica em considerar os portos locais estratégicos para a movimentação e transbordo das mercadorias. No Brasil, o setor Agropecuário constitui os principais produtos da Balança Comercial, em que os granéis agrícolas figuram como os mais movimentados nos portos. Ainda, 64% do total de grãos produzido no país se concentram nos estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, que enviam grande parte dos carregamentos para os portos do Sul do Brasil. Pela natureza da carga envolver grandes volumes e baixo valor agregado, as instalações portuárias buscam operar com maior rapidez e segurança. Por isso, o presente estudo tem como objetivo analisar a eficiência técnica dos portos marítimos do Sul do Brasil, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), com enfoque na atividade logística de transbordo de granéis sólidos na faixa do cais, para identificar possíveis ineficiências. Para tanto, são considerados os pressupostos e parâmetros teóricos sobre logística e eficiência técnica. Os dados empíricos, que se referem ao período de 2010 a 2016, foram obtidos por meio de pesquisa ao Sistema de Informações Gerenciais (SIG), da Agência Nacional de Transportes Aquaviário (Antaq) e consulta aos relatórios do Plano Mestre dos portos da Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR). Também, em julho e agosto de 2016 realizou-se visitas técnicas nos portos de Paranaguá e São Francisco do Sul e entrevistas não estruturadas com os seus gestores de logística. As variáveis do modelo DEA foram determinadas por meio do método estatístico de Análise dos Componentes Principais (ACP), que se mostrou efetivo para reduzir o número de variáveis e atender ao requisito de proporcionalidade do modelo DEA, bem como para solucionar o problema da presença de *outliers*. A abordagem BCC se mostrou adequada para medir a eficiência dos portos, por considerar variação de escala, não assumir proporcionalidade entre *inputs* e *outputs* e ser considerada uma abordagem mais realista do que o DEA-CCR. Os principais resultados mostraram que existe uma estrutura hierarquizada para a operação dos portos marítimos brasileiros, moldada pelo ambiente institucional, cuja regulamentação é delimitada por Ato do Poder Executivo e o gerenciamento das atividades é realizado pelos operadores portuários. O transbordo na faixa do cais foi considerado um estágio crítico na logística de distribuição física internacional. O fator determinante da ineficiência desses portos foi o tempo demasiado de estadia dos navios. Para o alcance de 100% de eficiência, os portos necessitam aumentar a quantidade de atracções e para que isso ocorra, são necessárias estratégias de gestão ou investimentos em ativos para melhorar a rapidez do transbordo. O ganho de eficiência dos portos do Sul do Brasil permitirá maior competição com os demais e proporcionará maior desenvolvimento da região.

**Palavras-chave:** Logística. Eficiência. Fronteira de Ineficiência. Portos marítimos. Granéis sólidos.

PINELA, Sandra Regina da Silva. Transshipment of solid bulk cargoes in the sea ports of southern Brazil: Analysis from the perspective of logistics efficiency. 2018. 154 f. PhD Dissertation – Unioeste, Toledo, 2018.

### ABSTRACT

International trade in goods and services has grown significantly along the 2,000s decade and kept up in recent years. Maritime transport accounted for 80% of foreign trade operations in 2013, which implies specialized locations to move and transship goods, with maritime ports being strategic points in the global logistics chain. In Brazil, the agricultural sector is the main product in the trade balance, in which agricultural bulk is the busiest product in ports. Yet, 64% of the total produced in the country is concentrated in the states of Mato Grosso, Parana and Rio Grande do Sul, which send a large part of the shipments to the ports of the Southern Region of Brazil. This type of cargo is characterized by large volumes, and low added value. As a result, the port facilities seek to operate quickly and safely. Thus, the present study aims to analyze the technical efficiency of the southern Brazilian seaports by means of Data Envelopment Analysis (DEA), focusing on the logistic activity of transshipment of solid bulk in the dock area, to identify possible inefficiencies. For this, the theoretical assumptions and parameters on logistics and technical efficiency were used. The empirical data, which comprise the period from 2010 to 2016, were obtained through a survey of the Management Information System (GIS) of the National Waterway Transportation Agency (Antaq), and consult the reports of the Master Plan of the Ports Secretariat of the Presidency of the Republic (SEP/PR). Also, in July and August, 2016, there were technical visits in Paranaguá and São Francisco do Sul ports and unstructured interviews with their managers were carried out. The variables of DEA Model were determined by the statistical method Principal Component Analysis (PCA) which proved to be effective for the reduction of variables, in order to meet the proportionality requirement of the DEA model, as well as to solve the problem of the presence of outliers. The DEA-BCC method proved to be adequate to measure port efficiency, by considering scale variation, not assuming proportionality between inputs and outputs, and being a more realistic approach than DEA-CCR. The main results showed that there is a hierarchical structure for the operation of Brazilian seaports, shaped by the institutional environment, whose regulation is delimited by the Executive Branch Act and the management of the activities is carried out by port operators. Transshipment in the dock area was considered a critical stage in international physical distribution logistics. The determining factor of inefficiency of these ports was the high length of stay of ships. To achieve 100% efficiency, ports need to increase the number of berths and for this to happen, and for that to happen, management strategies or asset investments are needed to improve the speed of transshipment. The gain in efficiency of the ports of the South of Brazil will allow greater competition with the others and will provide greater development of the region.

**Keywords:** Logistics. Efficiency. Inefficiency Border. Sea Ports. Solid Bulk.

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1	OBJETIVOS .....	20
1.1.1	Objetivo Geral.....	20
1.1.2	Objetivos Específicos.....	20
1.2	PRESSUPOSTOS DE PESQUISA.....	20
1.1.3	Estrutura da Tese.....	22
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	23
2.1	LOGÍSTICA .....	23
2.1.1	Atividades Logísticas .....	26
2.1.1.1	<i>Instalações ou Armazenagem</i> .....	28
2.1.1.2	<i>Inventário ou Estoques</i> .....	30
2.1.1.3	<i>Abastecimento ou Aquisições e Compras</i> .....	31
2.1.1.4	<i>Transporte</i> .....	32
2.1.1.5	<i>Informação</i> .....	34
2.2	SERVIÇOS LOGÍSTICOS COMO VANTAGEM COMPETITIVA.....	34
2.2.1	Competitividade: Conceitos e Definições .....	36
2.2.2	Vantagem Competitiva: Características Gerais.....	37
2.3	PORTOS MARÍTIMOS: OPERADORES LOGÍSTICOS.....	39
2.3.1	Serviços Logísticos-Portuário.....	40
2.3.2	Atividades Logísticas Portuária .....	42
2.4	EFICIÊNCIA .....	46
2.4.1	A Eficiência como medida de desempenho da Logística Portuária .....	50
2.4.1.1	<i>Principais Abordagens para Medir a Eficiência Portuária</i> .....	52
2.5	ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA): PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS	53
2.5.1	Modelos DEA CCR.....	55
2.5.2	Modelos DEA BCC.....	58
3	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS PORTOS DO SUL DO BRASIL</b> .....	62
3.1	A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO.....	62
3.2	CARACTERÍSTICAS DOS PORTOS MARÍTIMOS DO SUL DO BRASIL NA MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS.....	67
3.2.1	Porto de Paranaguá.....	68
3.2.2	Porto de Antonina.....	70

3.2.3	Porto de São Francisco do Sul .....	71
3.2.4	Porto de Imbituba.....	73
3.2.5	Porto do Rio Grande.....	75
3.2.6	Porto de Porto Alegre .....	77
3.2.7	Porto de Pelotas.....	78
3.2.8	Resumo das Principais Características dos Portos do Sul do Brasil .....	80
4	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	81
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	81
4.1.1	Universo de Pesquisa e Amostra.....	81
4.2	PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS.....	83
4.2.1	Observação não participante.....	84
4.2.2	Entrevistas.....	85
4.3	ABORDAGEM DEA UTILIZADA PARA MEDIR O DESEMPENHO DOS PORTOS .....	86
4.3.1	O processo de seleção das variáveis para redução dos <i>inputs</i> .....	91
5	<b>ANÁLISE E DISCUSSÕES</b> .....	94
5.1	O PROCESSO LOGÍSTICO DA OPERAÇÃO DE TRANSBORDO NOS PORTOS DO SUL DO BRASIL.....	94
5.2	DESEMPENHO OPERACIONAL DOS PORTOS.....	96
5.2.1	Quantidade de atracações .....	97
5.2.2	Peso da Carga.....	99
5.2.3	Tempo de operação.....	100
5.2.4	Tempo do navio atracado.....	100
5.2.5	Tempo de estadia da carga e espera para atracar .....	101
5.2.6	Tempo de espera para iniciar a operação e para desatracar .....	103
5.3	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA O MODELO DEA .....	104
5.3.1	Análise dos Componentes Principais para determinar os <i>inputs</i> do modelo DEA ..	106
5.4	APLICAÇÃO DO MODELO DEA.....	108
5.4.1	Alvos e Folgas.....	111
5.4.2	<i>Benchmarks</i> .....	112
5.4.3	Pesos das variáveis.....	113
5.4.4	Fronteira invertida.....	115
5.4.5	Eficiência Composta Normalizada.....	116
5.5	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS .....	118

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	124
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	129
	<b>APÊNDICES</b> .....	144
	<b>ANEXOS</b> .....	147

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Análise dos Componentes Principais  
ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários  
ANTO - Porto de Antonina  
APPA - Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina  
APSFS - Administração do Porto de São Francisco do Sul  
ATRA – Tempo atracado da carga  
BCC - Banker, Charnes e Cooper  
CARG – Peso da carga bruta  
CARRE - Carregamentos efetuados  
CCR - Charnes, Cooper e Rhodes  
CIDASC - Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina  
CNAP - Comissão Nacional para Assuntos de Praticagem  
CNU – Método Compensatório de Normalização Única  
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento  
CONAPORTOS - Comissão Nacional das Autoridades nos Portos  
CONFIS - Conselho Fiscal  
CONSAD - Conselho de Administração  
CSCMP - *Council of Supply Chain Management Professionals*  
CSGS - Complexo de Silos de Granéis Sólidos  
DEA - *Data Envelopment Analysis* ou análise envoltória de dados  
DEPORT - Departamento de Operações Portuárias  
DFI – Distribuição Física Internacional  
DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil  
DISILOS - Divisão de Silos  
DMU - *Decision Making Units* ou unidades tomadoras de decisão.  
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes  
ESPE – Tempo de espera para atracar  
ESTA – Tempo de estadia da carga  
IACS – *International Association of Classification Societies*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IMBI – Porto de Imbituba

IP4 - Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte  
KMO - Kaiser-Meyer-Olkin  
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
MARAD – *Maritime Administration*  
MDIC – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços  
MHC - *Mobile Harbor Crane*  
MT - Ministério dos Transportes  
MTPA - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil  
NAVI – Quantidade de atracações  
OGMO - Órgão de Gestão de Mão de Obra  
OMC – Organização Mundial do Comércio  
OPER – Tempo de operação da carga  
PARA – Porto de Paranaguá  
PDZ - Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto  
PELO – Porto de Pelotas  
PERM - Permanência no porto  
PIB – Produto Interno Bruto  
PNDPH - Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária  
PTAL – Porto de Porto Alegre  
RGDE - Porto do Rio Grande  
SCM - *Supply Chain Management*  
SCPar – Santa Catarina Parcerias  
SEP/PR - Secretaria dos Portos da Presidência da República  
SFA - *Stochastic Frontier analysis* ou análise da fronteira estocástica  
SFSU – Porto de São Francisco do Sul  
SIAD – Sistema Integrado de Apoio à Decisão  
SIG - Sistema de Informações Gerenciais  
SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*  
STS - *Ship-to-shore*  
SUPRG - Superintendência do Porto do Rio Grande  
TCP - Terminal de contêineres de Paranaguá  
TEDE – Tempo de espera para desatracar  
TEIO – Tempo de espera para iniciar a operação  
TEU - *Twenty Foot Equivalent Unit*

TUP - Terminal de uso privado

UNCTAD - *United Nations Conference on Trade and Development*

VIF - Fator de Inflação da Variância

VLOC - *Very Large Ore Carrier*

ZP - Zonas de Praticagem

4PL - *Fourth-Party Logistics*

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades básicas da logística nos processos-chaves de negócios. ....	28
Quadro 2 – Tipos e dimensões de navios graneleiros. ....	43
Quadro 3 - Principais agentes que atuam nos portos e suas responsabilidades. ....	45
Quadro 4 - Principais elementos de infraestrutura dos portos marítimos do Sul do Brasil. ....	80
Quadro 5 – Portos Marítimos do Sul do Brasil que movimentaram granéis sólidos entre 2010-2016.....	83
Quadro 6 – Principais referências de análise de eficiência portuária com DEA.....	89
Quadro 7 – Nomenclatura para identificar os portos e as variáveis do modelo DEA.....	104

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do modelo de análise da eficiência dos portos marítimos do Sul do Brasil.....	21
Figura 2 - Fronteira de produção e eficiência técnica.....	47
Figura 3 – Eficiências Técnica, Alocativa e Econômica.....	49
Figura 4 - Representação das fronteiras CCR e BCC com orientação para <i>output</i> e <i>input</i> .....	59
Figura 5 – Estrutura hierárquica do Ambiente Institucional dos portos brasileiros - 2016. ....	66
Figura 6 – Configuração da fronteira invertida .....	87
Figura 7 – Modelo DEA Preliminar.....	90
Figura 8 – Modelo DEA Final a partir da Análise de Componentes Principais.....	109
Figura 9 – Principais processos e resultados da análise.....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Dados operacionais dos portos do Sul do Brasil para transbordo de granéis sólidos – 2010 a 2016 .....	96
Tabela 2 – Matriz de Correlação entre as variáveis independentes do modelo.....	105
Tabela 3 – Medida KMO e teste de esfericidade de Bartlett’s .....	107
Tabela 4 – Indicadores da variância total explicada do método de extração ACP.....	107
Tabela 5 – Cargas fatoriais da matriz de componente rotado.....	107
Tabela 6 – Valores resultantes do modelo DEA Final.....	109
Tabela 7 – Eficiência padrão dos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016.....	110
Tabela 8 – Alvos para o alcance da eficiência nos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016. ....	112
Tabela 9 – Matriz dos <i>benchmarks</i> para a eficiência dos portos do Sul do Brasil – 2010 a 2016.....	113
Tabela 10 – Fatores nulos para o alcance da eficiência dos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016.....	114
Tabela 11 – Fronteira invertida para os portos ineficientes do Sul do Brasil, 2010 a 2016...	115
Tabela 12 – Eficiência composta normalizada dos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016 ....	116

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos, o comércio mundial de mercadorias e serviços aumentou em média 7% ao ano, com destaque para o período de 2011. Os países em desenvolvimento elevaram a sua participação nas exportações de 34% para 47% entre os anos 1980 e 2011. E, por vários anos, o comércio mundial cresceu em média quase duas vezes mais rápido do que a produção mundial, o que reflete a crescente proeminência das cadeias de abastecimento internacional (OMC, 2013).

No Brasil, o comércio internacional se configura como opção estratégica do governo para estimular a economia e conforme Braun, Lima e Cardoso (2007), devido à postura defensiva no que se refere ao mercado agrícola mundial, têm sido promovidos meios para facilitar o desenvolvimento do setor Agropecuário.

De acordo com a *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD, 2014), grande parcela das operações de exportação e de importação se concentra no modo de transporte marítimo, que representou 80% das operações de comércio exterior em 2013. Isso explica a importância dos portos para dar fluidez às entradas de insumos e saídas de produtos das regiões e países.

Conforme Sousa Júnior et al. (2013), os portos são locais de entrada e saída de riquezas, abrigo de embarcações e mercadorias, fonte de suprimentos para as atividades realizadas acerca da costa marítima, ponto estratégico de segurança das nações e um importante elo da cadeia logística mundial.

Os portos são considerados entrepostos regionais dinâmicos e estações inevitáveis de transbordo de cargas e processos logísticos. O fluxo intenso de mercadorias, pessoas e informações exigem uma gestão logística eficiente para o alcance de múltiplos propósitos, os quais envolvem sistemas de transporte, estoques e armazenagem, tecnologia de informação, entre outros.

Ante o exposto, é possível dizer que as operações portuárias envolvem atividades logísticas essenciais para o comércio internacional, onde produtos de grande importância para as economias das nações são movimentados nessas instalações, como é o caso dos produtos agrícolas no Brasil.

No quadriênio de 2010 e 2014, as exportações brasileiras representaram 11% do PIB a preços correntes, sob a ótica da produção (IBGE, 2016). A participação da Agropecuária neste

período foi de 4,4% da produção total do país e contribuiu com 5% do Valor Adicionado, cujos principais destinos foram os países da Ásia e Europa. Os grãos agrícolas figuram entre os principais itens da produção total da economia brasileira e estão classificados na pauta de exportação como granéis sólidos.

O sistema agroindustrial da soja, composto pelo grão, farelo e óleo respondeu por 20,4% do total das exportações em 2015, o que permitiu colocar o país como líder de vendas nesse segmento (MAPA, 2016; MDIC, 2016). O Brasil também se destaca na exportação de outros granéis agrícolas, o açúcar da cana, o milho e o café.

Os portos brasileiros foram avaliados em diversos trabalhos, como os de Rios (2005), Fontes (2006), Wanke, Barbastefano e Hijjar (2011), Peixoto (2013), Martins (2015), Rios (2015) e Pires (2016). Para esses autores, houve perdas de eficiência que podem estar relacionadas à falta infraestrutura ou superdimensionamento de recursos, serviços de cais e aduaneiros lentos e burocráticos, entre outros, ou seja, estão ligadas a aspectos técnicos e de gestão logística.

Sob a ótica da produção de grãos no Brasil, cujo escoamento de parcela significativa da produção é realizado via portos do Sul, torna-se conveniente verificar os aspectos de eficiência desses portos, tendo em vista que produtos como os granéis sólidos demandam por instalações específicas, tais como: áreas mais amplas no cais, armazéns, estocagem, navios e calado, equipamentos flexíveis e ágeis para carga e descarga, entre outros.

Assim, devido à importância dos portos do Sul do Brasil na movimentação de granéis sólidos, a pergunta de pesquisa que suscita é: **Quais as principais causas de ineficiências nas atividades logísticas de transbordo de granéis sólidos dos portos marítimos do Sul do Brasil, que possam representar perda de desempenho quanto às atracções para esse tipo de carregamento?**

Para uma melhor identificação das ineficiências dos portos é necessário medir os aspectos de eficiência. Essa tarefa é possível pela Análise Envoltória de Dados (DEA), que permite verificar a eficiência comparativa de organizações complexas, e por meio de um conjunto de possibilidades de análises parece bastante apropriado para medir a eficiência portuária.

Em relação às atividades logísticas, apesar de Sousa Júnior et al. (2013) considerarem uma especificação limitada, para defini-las tomou-se como referência o que López e Poole (1998) denominam de “cadeia logístico-portuária”, que são realizadas nos portos para integrar terra-mar. Com base nessa abordagem, os processos de carga e descarga na faixa do cais representam uma atividade crítica do momento da entrega das mercadorias aos clientes e, por

isso, foi considerada neste estudo. Milan e Vieira (2011) consideram um conceito mais amplo, que envolve as atividades realizadas nos locais de origem das mercadorias aos portos e deles aos locais de destino, porém não está no escopo desta Tese.

Quanto ao tipo de carga, a escolha dos graneis sólidos parece bastante pertinente por representar uma classificação de mercadorias que, segundo Menegazzo e Fachinello (2014) é a mais movimentada nos portos brasileiros.

A pesquisa se justifica em função do argumento de que um sistema portuário ineficiente e caro pode gerar custos adicionais significativos para uma série de empreendimentos produtivos (UDERMAN, ROCHA E CAVALCANTI, 2012). Ainda, segundo Uderman, Rocha e Cavalcanti (2012), Milan e Vieira (2011), a forma como um porto opera pode afetar o desenvolvimento de uma região.

Sob a perspectiva do desenvolvimento econômico, o apontamento das ineficiências dos portos deve servir de base para projetos de melhorias para a elevação da eficiência e como consequência, os custos logísticos deverão ser reduzidos, o que permitirá preços menores dos produtos, principalmente dos alimentos. Esse resultado diz respeito ao que Hoffmann (1995) aponta como segurança alimentar para a população, que ocorre na medida em que há disponibilidade de grande variedade de alimentos.

O efeito da redução dos preços dos produtos de primeira necessidade irá refletir em melhores condições de acesso pela população de baixa renda, que vive na linha abaixo da pobreza, refletindo a importância do estudo sob a perspectiva social.

Sob o enfoque empresarial, o desenvolvimento da pesquisa permitirá conhecer os processos logísticos dos portos, fazer apontamentos que servirão de base para a tomada de decisões sobre o uso dos recursos e níveis de serviços. Além disso, os dados e informações resultantes sobre a infraestrutura e operações logísticas portuárias servirão de base para o planejamento mais assertivo dos recursos pelos agentes econômicos e governos. Academicamente, a importância do estudo concentra-se na discussão de conceitos e técnicas que servirão de motivação para novas pesquisas e ampliação do conhecimento.

A eficiência dos portos pode promover a elaboração e execução de projetos de novos negócios ou a ampliação dos existentes e isso deve significar mais empregos e melhor capacitação das pessoas envolvidas, o que levará a mais rendas e tributos. Sob essa perspectiva, o estudo se justifica para o programa de pós-graduação pelo qual a pesquisa está vinculada.

## 1.1 OBJETIVOS

Para responder à questão de pesquisa e explicar o que se almeja alcançar, os objetivos foram formulados e explicitados conforme a seguir.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência técnica dos portos marítimos do Sul do Brasil, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), com enfoque na atividade logística de transbordo de granéis sólidos na faixa do cais, para identificar possíveis ineficiências.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever as principais características dos portos marítimos do Sul do Brasil, com base nos dados operacionais, referentes às atividades de transbordo de granéis sólidos na faixa do cais.
- b) Determinar as variáveis de *input* e *output* para serem analisadas no modelo DEA, sob o enfoque da logística.
- c) Medir a eficiência comparada entre os portos do Sul do Brasil e apontar os problemas de ineficiência existentes.

## 1.2 PRESSUPOSTOS DE PESQUISA

De acordo com Caixeta-Filho (1996), as principais causas de aumento dos custos logísticos no Brasil decorrem em função da perda de eficiência no escoamento da produção por conta dos gargalos na infraestrutura e gestão logística. Kussano e Batalha (2012, p. 630) aproximaram o valor desses custos em torno de 35% do faturamento das empresas. Segundo Fuller et al. (2001), nos Estados Unidos da América, que possui dimensões geográficas similares às do Brasil, os custos logísticos estão em torno de 8% do valor do produto entregue.

Tendo em vista os valores da balança comercial brasileira, o escoamento das mercadorias para o mercado internacional é relevante para a economia do país. Sob a ótica de produção, esse fluxo representou 24,7% do Produto Interno Bruto (PIB), a preços correntes (exportações 11% e importações 13,67%), no período entre 2010 e 2016 (BRASIL, 2017).

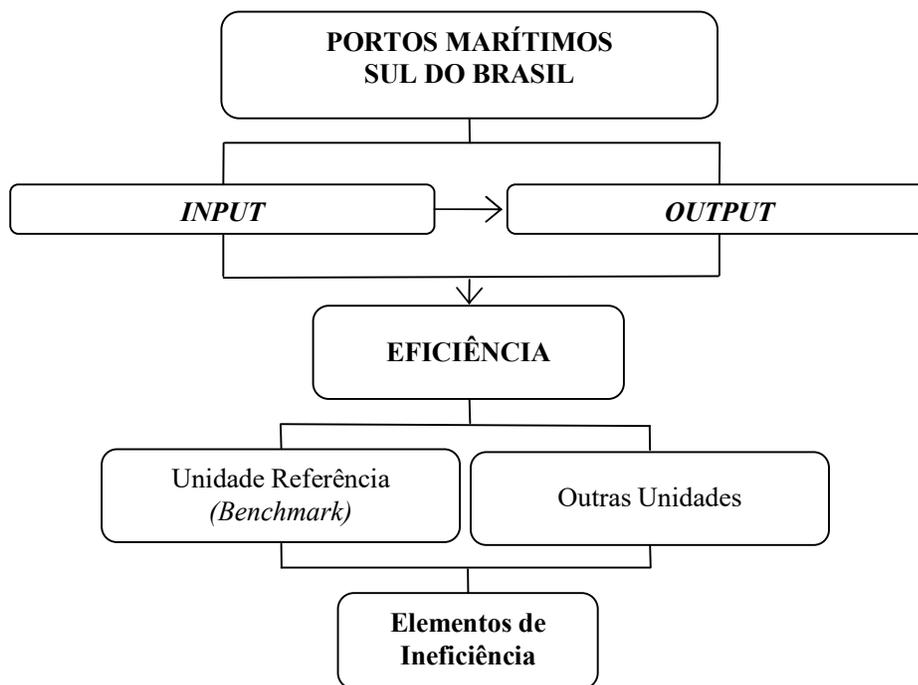
Nesse processo, os portos representam um ponto de transbordo inevitável e a eficiência em suas operações deve ser uma constante.

Diante desses dados, os pressupostos da pesquisa foram organizados com os seguintes argumentos:

a) Sob o ponto de vista econômico, o porto é considerado eficiente se for capaz produzir mais embarques e desembarques, em determinado período de tempo, sem empregar unidades adicionais de recursos materiais e humanos disponíveis.

b) É possível fazer uma definição simplista de eficiência relacionando-a com a produtividade, ou seja, um porto eficiente será aquele com maior produtividade em relação aos outros portos.

**Figura 1 – Fluxograma do modelo de análise da eficiência dos portos marítimos do Sul do Brasil**



Fonte: Elaborado pela autora

A definição dos pressupostos de pesquisa permitiu estabelecer a estrutura de análise, representada pelo fluxograma constante na Figura 1, em que o objeto de estudo se configura como os portos do Sul do Brasil. A partir disso, se estabeleceram as variáveis de entradas (*input*) e saída (*output*), cuja interação apontará o nível de eficiência dos portos, as unidades de referência (*benchmark*) e os elementos de ineficiência encontrados à luz da teoria.

### **1.1.3 Estrutura da Tese**

Para atingir os objetivos e com base na estrutura de análise, o estudo foi subdividido em seis capítulos, sendo o primeiro esta introdução, que apresenta uma visão panorâmica do tema abordado, o problema, a justificativa, os objetivos, os pressupostos de pesquisa e a estrutura do trabalho. O capítulo 2 se refere à fundamentação teórica, que foi dividido em cinco seções para abordar os conceitos e definições sobre logística, as suas principais atividades e os serviços logísticos como elemento-chave de competitividade, que serviu de base para tratar as operações logísticas dos portos. Esse capítulo também se refere à eficiência, com destaque para a logística portuária, e os princípios fundamentais do método DEA, que foi abordado para o desenvolvimento da análise. O capítulo 3 expõe a forma de organização dos portos marítimos do Sul do Brasil. No capítulo 4 estão descritos os procedimentos metodológicos e no capítulo 5 se aplica a análise DEA, com abordagem BCC, cujos resultados são discutidos à luz da teoria exposta no capítulo 2. Por fim, o capítulo 6 aborda as principais conclusões extraídas da pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem o propósito de descrever conceitos e definições sobre logística e eficiência, cujos princípios teóricos serviram de referencial analítico para elucidar características presentes nas operações portuárias.

A escolha do tema se deve à complexidade existente nas atividades dos portos, por envolverem intenso fluxo de mercadorias e informações, caracterizado como um processo logístico capaz de atender agentes de diversas cadeias de suprimentos, o que implica em buscar a máxima eficiência.

### 2.1 LOGÍSTICA

A função logística teve início nas operações militares e ao longo dos anos alcançou significativa importância no setor industrial (ISLAM et al., 2012). Segundo Rodrigues (2000) durante as últimas décadas do século XX ocorreram diversos fatores que contribuíram para destacar o papel da logística dentro das organizações, como o aumento dos custos de distribuição nos anos 1970, o barateamento dos sistemas de informação durante a revolução tecnológica dos anos 1980, o acirramento da competição na economia global nos anos 1990, combinado com o avanço nas telecomunicações.

Lambert, Cooper e Pagh (1998) explicam que o termo “logística empresarial” já recebeu diversas denominações, tais como: distribuição, logística de canal ou *marketing*, administração de materiais, sistema de resposta rápida, logística industrial, entre outras. Segundo Christopher (2002), o conceito elementar de logística consiste em um processo gerencial estratégico para adquirir, armazenar, movimentar mercadorias e informações, tendo como propósito atender pedidos a baixo custo, ou seja, maximizando o lucro.

De acordo com Hesse e Rodrigue (2004), as atividades logísticas estão inseridas nas funções principais das organizações, sendo elas: a distribuição física, que se refere ao conjunto de atividades para movimentar os materiais do ponto de produção até os pontos de venda e/ou consumo; e a gestão de materiais, que diz respeito às atividades de manufatura dos diferentes estágios da cadeia de suprimentos. De acordo com Vieira (2013), a distribuição física ocorre sempre no sentido dos fornecedores para os clientes e, no caso de esses agentes

estarem localizados em países distintos, ela é tratada como Distribuição Física Internacional (DFI).

Conforme Ballou (2006), Christopher (2002) e Bowersox e Closs (2001), as atividades logísticas estão associadas ao fluxo físico e financeiro de uma organização. Novaes (2001) considera também o fluxo de informações e documentos. Segundo Beamon (1999), esses movimentos devem ser contínuos e agregarem valor em cada etapa das operações, permeando toda a cadeia produtiva. A definição de logística que considera todos esses elementos foi apresentada pelo “Council of Supply Chain Management Professionals”, como sendo:

The process of planning, implementing, and controlling procedures for the efficient and effective transportation and storage of goods including services, and related information from the point of origin to the point of consumption for the purpose of conforming to customer requirements. This definition includes inbound, outbound, internal, and external movements. (CSCMP, 2013, p. 117)

A interpretação da definição de logística permite observar a presença de um conjunto de atividades coordenadas, cujo fluxo ocorre por um sistema de retroalimentação contínua. Na definição também está explícita a busca por usar os recursos da forma mais adequada e atendimento à demanda, ou seja, operar livre de falhas.

O conceito de logística é amplo, por isso torna-se importante a definição da responsabilidade operacional dessa área, que segundo Bowersox e Closs (2001) diz respeito à disponibilidade de matérias-primas, produtos em processamento e estoques de produtos acabados.

Conforme Ballou (2006) e Christopher (2002), a integração das áreas de suprimento, apoio à produção e distribuição física deve levar à disponibilidade, cuja consequência é a redução das rupturas nos fluxos e, assim, fazer com que as mercadorias alcancem seus destinos nas condições físicas e custos adequados.

Em suma, a abrangência de responsabilidade implica considerar a logística como um processo de gerenciamento estratégico, concebido para integrar informações, estoque, armazenagem e transporte, cujo propósito é adquirir, movimentar e armazenar insumos, produtos e informações, assegurando níveis de serviços adequados aos clientes, desde o ponto de aquisição até o consumo, com custo razoável (BALLOU, 1995; ALVES, 2001; BOWERSOX e CLOSS, 2001; CHRISTOPHER, 2002; FLEURY e WANKE, 2003).

Conforme o CSCMP (2013), a logística integrada consiste na visão abrangente da cadeia de suprimentos, efetivada por processo único e gerenciada por uma entidade. Sob essa perspectiva, a gestão é colocada como elemento-chave da logística. Para Bowersox e Closs

(2001), o alcance da competência logística é determinado pela coordenação e o inter-relacionamento das atividades funcionais de uma organização.

De acordo com o CSCMP (2013), o escopo da gestão logística é constituído pela coordenação e otimização de todas as atividades correlatas e delas com outras funções, como o marketing, fabricação, vendas, finanças e tecnologia da informação. As áreas em que a logística atua diretamente são: abastecimento e aquisição; planejamento e programação de produção; embalagem e montagem; e serviço ao cliente.

Segundo Ballou (1995), Alves (2001), Gomes e Ribeiro (2004), a gestão logística está presente no planejamento e execução organizacional, nos níveis estratégico, operacional e tático. Assim, de acordo com Marchesini e Alcântara (2014), a definição de logística deixa de ser reduzida à ideia de “silo ou área vertical” ou esfera funcional e alcança a esfera horizontal dos processos-chave de negócio.

Além da integração interna, conforme Handfield e Nichols (1999), a integração de atividades deve ocorrer interfirmas, mediante melhorias nas relações da cadeia de suprimentos, o que irá favorecer o alcance de vantagem competitiva sustentável. O propósito principal da gestão logística com esse agrupamento, segundo Lambert, Cooper e Pagh (1998) é obter maior relacionamento com o usuário final, o que levará ao maior poder na cadeia de abastecimento.

Para tratar a logística integrada, torna-se importante estabelecer o significado de cadeia de suprimentos, porém, é comum serem encontrados conceitos sobrepostos na literatura sobre o tema, cuja tentativa de esclarecê-los será apresentada a seguir.

Lambert, Cooper e Pagh (1998) explicam que a definição de logística apresentada pelo CSCMP foi modificada em 1998 no intuito de situá-la como uma subárea da gestão da cadeia de suprimentos e destacar que os dois termos não são sinônimos. Vieira (2013) atribui à amplitude de abrangência o motivo de diferenciação, e explica que a gestão da cadeia de suprimentos é maior do que a logística.

De acordo com o CSCMP (2013), os agentes logísticos, representados pelos fornecedores, prestadores de serviços e clientes, são considerados elos da cadeia de suprimentos, que atuam nos intercâmbios materiais e informativos do processo logístico, desde a aquisição das matérias-primas até a entrega dos produtos acabados ao usuário final.

O termo *Supply Chain Management* (SCM) ou gerenciamento da cadeia de suprimentos, foi introduzido originalmente por consultores no início da década de 1980 e, a partir do início da década de 1990, ganhou a atenção do meio acadêmico, o qual se dedicou a

dar estrutura para a SCM, ou seja, procurou incorporar a estrutura de rede e os diferentes fluxos realizados entre os seus atores (LAMBERT, COOPER e PAGH, 1998).

Dada a importância da área, a partir de 2004, os membros do *Council of Logistics Management* expandiram o escopo de suas competências e formaram o *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2016). A partir disso, segundo Bowersox, Closs e Cooper (2007), Ballou (2006), Fleury e Wanke (2003), Lambert, Garcia-Dastugue e Croxton (2005), a área passou a exercer influência direta na eficiência e eficácia de toda a cadeia.

Dessa forma, segundo o CSCMP (2016), a gestão da cadeia de suprimentos, além de planejar e gerenciar todas as atividades envolvidas no fornecimento e aquisição, conversão de todas as atividades logísticas, inclui coordenar e colaborar com os agentes ou parceiros no canal.

Chopra e Meindl (2011) consideram como fator crítico de coordenação ou gestão da cadeia de suprimentos o fato de muitas empresas trabalharem ilhadas, dentro e fora de seus limites organizacionais, o que pode explicar grande parte das rupturas de fluxos e que leva às falhas de sincronismo entre a demanda e o escoamento de estoques.

Em essência, de acordo com CSCMP (2016), a gestão da cadeia de suprimentos é uma evolução do conceito de logística integrada para o inter-relacionamento de todas as atividades da cadeia, ou seja, integra a gestão da demanda e o fornecimento dentro e entre empresas. Segundo Lambert, Cooper e Pagh (1998), após o reconhecimento das diferenças entre essas áreas, o desafio está em determinar a forma de implementar com sucesso o gerenciamento da cadeia de suprimentos, o que coloca a gestão logística novamente em evidência.

A partir dos conceitos supracitados é possível afirmar que as operações portuárias, entendidas como gestão logística podem ser consideradas elos de diversas cadeias de suprimentos.

### **2.1.1 Atividades Logísticas**

Segundo o CSCMP (2013), a logística como subárea da SCM permite englobar processos desde as fontes iniciais de suprimento até a entrega para o consumidor final e oportuniza condições para avaliar os custos totais da cadeia. Essa preocupação está presente no trabalho de Lewis e Culliton (1956), que indicaram a necessidade de reagrupamento das atividades tradicionais das firmas, principalmente em torno do processo de distribuição. A motivação foi incorporar no cálculo do custo total os valores referentes à unitização,

embalagem, inventários e outros processos, além dos gastos com transporte, não incorporados na atividade principal da empresa e que são consideradas prioritárias para a logística.

Conforme Ballou (1995), as atividades logísticas primárias são: o transporte, a manutenção de estoques e o processamento de pedidos. Elas contribuem com a maior parcela do custo total logístico e, segundo Fleury, Wanke e Figueiredo (2007), a sua importância diz respeito à influência no atendimento da crescente necessidade de trocas de excedentes entre produtores especializados.

Para Ballou (1995), as atividades logísticas secundárias são aquelas que servem de apoio, sendo elas: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, obtenção, programação de produtos e manutenção de informação.

A literatura aponta mudanças na função logística a partir do momento em que foi considerada parte integrante da SCM, porém, segundo Marchesini e Alcântara (2014), essas alterações não são caracterizadas de forma precisa ou não se discute quais modificações ocorreram em seu escopo, no âmbito das empresas.

Na tentativa de preencher essa lacuna, Lambert, Cooper e Pagh (1998) e Croxton et al. (2001) apresentaram oito processos-chaves de negócios, sob os quais a gestão logística deve atuar e, a partir dos quais, Marchesini e Alcântara (2014) identificaram as atividades logísticas que devem ser executadas em cada um dos processos (Quadro 1).

As atividades logísticas descritas no Quadro 1 consistem em prover condições para operacionalizar os processos (capacitações) relacionados aos custos, às falhas e à gestão logística. Na maior parte dos processos, estão presentes os elementos relacionados aos fluxos e serviço ao cliente.

De acordo com Razzolini Filho (2001), as capacitações logísticas dizem respeito ao conjunto de competências desenvolvidas para ligar estratégias e infraestrutura, como: conhecimentos, habilidades e práticas, associadas à integração e operação de processos.

Conforme Chopra e Meindl (2011), o foco da gestão logística deve estar nas atividades que levam ao equilíbrio as duas diretrizes organizacionais conflitantes: a eficiência em custos e a alta capacidade de resposta ao cliente.

**Quadro 1 - Atividades básicas da logística nos processos-chaves de negócios.**

Processo-Chave	Atividades logísticas
Relacionamento com Clientes	1) Prover informações sobre capacitações e custos logísticos. 2) Desenvolver capacitações logísticas competitivas. 3) Identificar o valor criado pelo serviço logístico.
Relacionamento com Fornecedores	4) Prover o cálculo de custo logístico. 5) Definir as exigências logísticas impostas aos fornecedores.
Serviço ao Cliente	6) Definir marcadores de falhas logísticas. 7) Fornecer informações e capacitações logísticas para recuperação de falhas no serviço ao cliente. 8) Participar dos projetos de procedimentos de resposta para eventos padronizados, consideradas as capacitações logísticas.
Gestão da Demanda	9) Fornecer informações adequadas às necessidades logísticas, destacando restrições e capacitações logísticas. 10) Identificar formas de entregar serviços logísticos flexíveis. 11) Identificar potenciais rupturas de fluxo e atuar de forma efetiva na sua ocorrência.
Atendimento de Pedidos	12) Manter capacitações e custos logísticos adequados. 13) Participar na avaliação de competências centrais do processo. 14) Operacionalizar o ciclo de pedido.
Gestão do Fluxo	15) Prover capacitações logísticas e custos necessários para operacionalizar tempo de atravessamento adequado e flexibilidade no nível desejado. 16) Analisar capacitações e custos logísticos para postergação.
Desenvolvimento e Comercialização de Produtos	17) Conhecer restrições e capacitações logísticas para novos produtos. 18) Prover custos logísticos associados ao suprimento, manufatura e distribuição de novos produtos. 19) Identificar implicações logísticas nos canais de distribuição.
Gestão de Retorno	20) Analisar e desenvolver a rede logística reversa. 21) Definir procedimentos de entradas de produtos e rotas de coleta. 22) Informar custos logísticos para logística reversa. 23) Operacionalizar o ciclo de retorno.

Fonte: Adaptado de Marchesini e Alcântara (2014)

Gallegos (2014) descreve alguns componentes essenciais das atividades logísticas, sendo eles: instalações ou armazenagem, inventário ou estoques, abastecimento ou aquisição e compras, transporte e informação. As definições desses elementos serão apresentadas a seguir.

#### 2.1.1.1 Instalações ou Armazenagem

As instalações referem-se aos espaços físicos nos quais, segundo Gallegos (2014), as mercadorias são armazenadas. De acordo com Bowersox e Closs (2001), o foco na alocação de recursos deve estar em consonância com os objetivos gerais do negócio, ou seja, deve apoiar decisões de curto prazo (operacionais) e/ou as de longo prazo (projetos). Assim, determinar o tamanho, o número de armazéns e a sua localização é um esforço para maximizar a eficiência e produtividade.

Segundo Franzoni e Freitas (2005), os armazéns atuam como elemento capacitador de resposta rápida e leva à agilização do fluxo de produtos. Para os autores, isso se deve aos serviços realizados possibilitarem uma redução nos estoques ao longo da cadeia de suprimentos. Uma das estratégias para o alcance desses objetivos é a centralização.

Conforme Gallegos (2014), decidir sobre centralizar armazéns pela utilização de espaços maiores, com o propósito de alcançar economias de escala e reduções na capacidade de resposta aos clientes, é um esforço inevitável. Por outro lado, os custos podem aumentar, o que levaria a decisões de descentralizar armazéns. O arranjo ideal depende da importância dos estoques para a empresa e a disponibilidade de recursos que ela detém para esse fim.

O tamanho do armazém influencia a eficiência. Segundo Ballou (2006), alguns fatores devem ser levados em consideração nas decisões quanto à dimensão, sendo eles: o nível de serviço ao cliente; o tamanho dos mercados servidos; a quantidade de produtos comercializados; o volume dos produtos; o sistema utilizado na movimentação de materiais; a duração do processo de operação; o arranjo físico do estoque e a necessidade de corredores para circulação; a área administrativa no armazém; os tipos de estruturas, suporte para produtos ou prateleiras; o nível e o padrão da demanda.

De acordo com Costa e Galdino (2012), a necessidade de espaço para a armazenagem aumenta na medida em que crescem o nível de serviço e os mercados atendidos. Para Francischini e Gurgel (2004), de uma forma geral, maiores espaços serão necessários no caso de agrupamento das funções de apoio aos armazéns, como as atividades administrativas. Porém, isso comumente ocorre nos seguintes casos: (i) produtos grandes; (ii) alta taxa de processamento (*picking*); (iii) tempo de produção longo; (iv) sistemas manuais de movimentação; e (v) incerteza na demanda.

Conforme explica Gameiro (2003), em operações produtivas sazonais, a concentração da produção em determinados períodos exige maior capacidade de armazenagem e a falta de instalações de grandes dimensões pode afetar significativamente a rentabilidade do negócio.

Segundo Costa e Galdino (2012), Francischini e Gurgel (2004) existe uma forte relação entre o tamanho do armazém, tipo de material movimentado e o equipamento utilizado. Para Francischini e Gurgel (2004), o projeto de instalações deve levar em conta as necessidades básicas das principais categorias de produto, no sentido de serem providenciados recursos de infraestrutura, como corredores, docas, baias de estocagem horizontais e verticais, entre outros. Ainda, segundo Slack, Chambers e Johnston (1997), o projeto deve estar atrelado aos pedidos emitidos, projeções de vendas e giros de estoque.

### 2.1.1.2 Inventário ou Estoques

De acordo com Gallegos (2014), a diretriz inventário diz respeito à incerteza na demanda e está relacionada aos estoques. Para Bowersox, Closs e Cooper (2007), a principal interface entre os fluxos de coordenação e de operação de uma firma é o gerenciamento de estoques, cujo objetivo é planejar e coordenar suprimentos de produtos acabados desde a produção até a expedição para os clientes. Por isso, essa atividade logística tem grande importância para a eficiência de toda a cadeia de suprimentos.

Ballou (1995), Bowersox, Closs e Cooper (2007) explicam que o controle de estoques exerce grande influência na rentabilidade da empresa, pois absorve capital que poderia estar sendo aplicado de outras maneiras. A gestão do fluxo se preocupa com o tempo de atravessamento ou redução do tempo de entrega e com a flexibilidade para atender aos pedidos, o que implica ser necessário analisar uma possível postergação para reduzir as incertezas.

Segundo Lambert, Cooper e Pagh (1998), o termo Postergação (*Postponement*) se refere à estratégia de atrasar a entrega do produto, com a intenção de reduzir o risco da antecipação logística. Porém, segundo Baker (2007), quando isso não for possível, a manutenção de estoques mais altos se faz necessária e pode ser a única opção para enfrentar instabilidades na cadeia de suprimentos.

Apesar de reduzir o desempenho em custos, Ballou (1995), Bowersox e Closs (2001) recomendam a manutenção de estoques de segurança para garantir a disponibilidade de produto e maior capacidade de resposta ao cliente. Baseados na ideia de incertezas, Fleury e Wanke (2003) explicam que os estoques de segurança são uma antecipação da colocação do pedido e necessários para conciliar a taxa de consumo dos produtos, não totalmente previsível, e o tempo de resposta, que pode oscilar.

Para Martins e Alt (2000), os estoques possuem a função de regular o fluxo de negócios. De acordo com Ballou (1995), independente do ramo de atividade da empresa, os estoques possuem algumas finalidades específicas, sendo elas: (i) melhorar o nível de serviço; (ii) incentivar economias na produção; (iii) permitir economias de escala nas aquisições e transporte; (iv) servir de proteção contra aumento de preços; (v) proteger contra as incertezas na demanda e no tempo de ressuprimento; e (vi) oferecer segurança contra contingências.

Sob a perspectiva dos processos-chave constantes no Quadro 1, os estoques se relacionam diretamente com a gestão da demanda, o atendimento de pedidos e a gestão do fluxo. Apesar disso, Fleury, Wanke e Figueiredo (2007) elencam alguns motivos pelos quais

os níveis de estoque devem ser reduzidos, sendo eles: (i) a dificuldade em gerir níveis de estoques para a variedade crescente no número de produtos; (ii) o elevado custo de oportunidade de capital, devido ao estoque manter empatado um valor que poderia ser aplicado em outro bem ou empresa; e (iii) a redução do capital circulante líquido, tendo em vista que muitas empresas buscam maximizar seus indicadores do valor econômico adicionado.

Sabet, Yazdani e Leeuw (2017) assumem que o determinante para a decisão de manter ou não estoques é o ciclo de vida dos produtos, pois no caso de ele ser baixo não é recomendado estocar produtos acabados, pois essa situação implica em ser ágil e responsivo.

Quanto às estimativas de custos total anual de estoque, Ballou (1995) afirma que podem chegar a 25% do valor médio dos produtos e para manter estoques, Martins e Alt (2000) classificam três categorias de custos, sendo elas: (i) custos diretamente proporcionais aos estoques; (ii) custos inversamente proporcionais aos estoques; e (iii) custos independentes da quantidade armazenada. Os custos diretamente proporcionais aos estoques são aqueles que crescem à medida que o volume de estoque aumenta. Segundo Martins e Alt (2000), eles podem ser divididos em custos de capital e de armazenagem, pelos quais se enquadram os gastos com aluguel, mão de obra, perdas, obsolescência, furtos e roubos.

Os custos inversamente proporcionais aos estoques são aqueles que diminuem proporcionalmente ao aumento do estoque médio. Para Ballou (1995), eles estão associados à aquisição de quantidades para repor estoques e Slack, Chambers e Johnston (1997) os denominam de custos de obtenção (para itens comprados) e de preparação (para itens produzidos). Para Ballou (1995), Slack (1997), Martins e Alt (2000), os custos independentes ou fixos, são aqueles que independem da quantidade estocada.

Quanto às políticas de estoques, Fleury e Wanke (2003) argumentam que elas estão atreladas à visibilidade da demanda e aos tempos de respostas das operações, para planejar ou reagir à demanda. Essa é uma tarefa considerada complexa porque, segundo Fleury e Wanke (2003), diz respeito ao estágio da cadeia em que a informação é gerada para a tomada de decisão. Ainda, segundo Dias (2011), o custo de obter previsão da demanda pode não ser compatível com a política de estoques.

### 2.1.1.3 Abastecimento ou Aquisições e Compras

O abastecimento diz respeito à delimitação acerca das compras ou aquisição de bens ou serviços e significa decidir sobre quais tarefas devem ser terceirizadas, dado que não

correspondem à atividade nuclear da empresa e/ou geram custos. A subcontratação pode agilizar as entregas, mas os custos devem aumentar e a autonomia gerencial pode ficar ameaçada (GALLEGOS, 2014).

Das e Narasimhan (2000, p. 18) definem a competência de aquisição ou compra como a “capacidade de estruturar a base de fornecimento em alinhamento com as prioridades de produção e negócios da empresa”. Segundo Costa e Galdino (2012), compras é a função responsável por questões de preço, prazo, material promocional, giro de estoque, e outras demandas de negociação com os fornecedores. Além disso, para Costa e Galdino (2012), essa função deve organizar as condições de pagamento e verificar os melhores fornecedores.

Sob o enfoque da gestão logística, essa função é relevante para definir as exigências impostas aos fornecedores e determinar os custos logísticos, pois segundo Costa e Galdino (2012), por meio dela a organização é suprida de bens e serviços, além de oferecer apoio para um preço final do produto mais competitivo.

González-Benito (2007) divide o conceito de aquisição em dois níveis intra-organizacionais, sendo eles: alinhamento estratégico e eficácia em aquisição. Sob essa perspectiva, Baier, Hartmann e Moser (2008) assumem que a gestão do abastecimento tem se tornado a função de maior importância para a efetiva competição nos mercados globais e, com base na teoria da competência da produção<sup>1</sup>, sugerem o ajuste relativo entre estratégia de negócios e estratégia de compras (alinhamento estratégico) e entre estratégia de compra e práticas de compras (eficácia de compra), para o alcance do desempenho financeiro superior.

O alinhamento estratégico, segundo González-Benito (2007), refere-se ao encaixe entre a estratégia comercial e as prioridades competitivas de compra. A eficácia em aquisição diz respeito ao ajuste entre as prioridades competitivas de compra e as suas atividades.

Por fim, de acordo com Baier, Hartmann e Moser (2008), se a função de aquisição for estrategicamente integrada pode efetivamente atuar como forma de obtenção de vantagem competitiva organizacional, que diz respeito ao valor criado pelo serviço logístico.

#### 2.1.1.4 Transporte

Para Ballou (2006), na logística empresarial o transporte é um componente-chave para o alcance da eficiência, por absorver, em média, de um a dois terços dos custos na

---

<sup>1</sup> A competência da produção foi definida por Cleveland, Schroeder e Anderson (1989) como a capacidade do fabricante de apoiar e processar uma estratégia de negócios específica para o mercado de produtos.

movimentação de mercadorias. Para Rothengatter (1996), a falta de infraestrutura de transporte pode ser motivo de restrição para o crescimento de uma região.

O transporte de cargas consiste em infraestruturas que compreendem um conjunto de vias dedicadas aos diversos modais, terminais de carga e descarga, estruturas de processamento e transferência, estacionamentos, entre outros. Os meios de transporte de cargas são: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Cada um deles possui uma estrutura de custos e características operacionais específicas que os tornam mais adequados ou não para determinados tipos de produtos e operações (WANKE e HIJJAR, 2009).

Souza et al. (2013) esclarecem que os elementos principais dos gastos com o transporte de cargas estão relacionados aos combustíveis, pedágios e custos de manutenção da frota, os quais compõem o preço do frete e, de acordo com Gameiro (2003), é fundamental na logística do produto, pois em negócios com margem de ganho reduzida, uma pequena variação na taxa de frete pode significar forte perda de rentabilidade.

A sazonalidade coloca em evidência o conflito entre a eficiência em custos e a alta capacidade de resposta ao cliente. Caixeta-Filho (2001) discute o caso da produção agrícola, em que estoques compulsórios de mercadorias em determinados períodos do ano e a falta de armazéns podem levar ao uso de fretes com preços desestabilizados e significativamente mais altos.

Uma alternativa estratégica para reduzir custo é o uso de economias de escala, que segundo Gallegos (2014), é utilizada nos transportes com o propósito de movimentar grandes volumes mediante meios econômicos. Ainda, de acordo com Lambert, Cooper e Pagh (1998), o envio de cargas fracionadas de diversos fornecedores localizados próximos às instalações que prestam serviços de unitização de cargas, como os armazéns, e as despacham em lotes maiores para longas distâncias, oferecem grande economia em relação ao custo do frete. Apesar disso, essa prática muitas vezes implica em redução de velocidade, o que afeta negativamente a capacidade de resposta ao cliente.

Rothengatter (1996) expõe que, além dos custos com o frete, serviços insuficientes afetam negativamente a eficiência e a competitividade em transportes de carga e passageiros. Conforme Ballou (2006), para maximizar resultados em transportes alguns elementos essenciais devem ser levados em consideração, tais como: a agilidade (tempo em trânsito), a confiabilidade (variabilidade do tempo em trânsito) e o custo.

### 2.1.1.5 Informação

De acordo com Gallegos (2014), a informação é o elemento da logística que afeta direta e indiretamente toda a cadeia de suprimentos, devido à função de coordenar e maximizar a rentabilidade da cadeia, assim como apoiar cada etapa de suas operações diárias. Esse elemento se diferencia dos demais por não ser excludente em relação aos objetivos de desempenho, pois se for adequado oferece maior capacidade de resposta e maior eficiência.

Para Bowersox e Closs (2001), as informações acerca dos clientes fluem pela empresa por meio das atividades de vendas, previsões e pedidos, sendo processadas para compor os planos de compras e produção. A coordenação eficiente do fluxo de informação é elemento-chave para a elevação do nível de serviço a um custo razoável (BALLOU, 1995). Essa tarefa é responsável pela movimentação dos produtos por toda a cadeia de suprimentos.

A integração de fornecedores com a Tecnologia da Informação (TI) promove um gerenciamento responsável pelo fornecimento porque permite compartilhar informações acerca do mercado e cobertura contra risco (CLOSS e SAVITSKIE, 2003; MELLAT-PARAST e SPILLAN, 2014).

Para Lee, Padmanabhan e Whang (1997), a integração de TI ajuda na redução do efeito chicote, que geralmente afeta a cadeia de suprimentos a montante, principalmente em mercados de rápida mudança. Para Sabet, Yazdani e Leeuw (2017) nesse ambiente, o processo de troca de informações se torna mais relevante quando a importância do produto/serviço fornecido para a empresa se torna maior.

## 2.2 SERVIÇOS LOGÍSTICOS COMO VANTAGEM COMPETITIVA

Os serviços logísticos são apontados como fator-chave da interação das empresas com seus clientes (BALLOU, 1995; BAIER, HARTMANN e MOSER, 2008; MARCHESINI e ALCÂNTARA, 2014).

Conforme Mathieu (2001) a combinação chamada de “servitização” ocorre quando as manufaturas adicionam serviços aos produtos. Em alguns casos, segundo Kotler (1998), é um processo de criação de valor para o cliente, por meio de solução integrada que atenda suas necessidades. Por isso, Mathieu (2001) define os serviços não apenas como um processo de apoio aos produtos ou pós-venda, mas sim como o apoio das ações dos clientes em relação aos produtos fornecidos.

De acordo com Aharonovitz e Vieira (2014), a relação de troca vai se tornar mais ampla se a atenção à logística for maior, porque outros critérios além de preço e qualidade passam a ser considerados, sendo eles: qualidade, confiabilidade, flexibilidade e tempo de provisionamento. No entanto, segundo Slack, Chambers e Johnston (1997), esses fatores podem gerar objetivos que compitam entre si.

Em relação à qualidade, Garvin (1984) categorizou cinco abordagens, sendo elas: (i) transcendental, como sinônimo de excelência inata ou um serviço de excelência; (ii) baseada em manufatura, que se refere a proporcionar serviços sem erros; (iii) baseada em usuário, que assegura adequação do serviço ao propósito especificado pelo usuário; (iv) baseada em produto, que garante um conjunto de características mensuráveis e precisas; (v) baseada em valor, definida em termos de custo e preço.

Quanto à confiabilidade, Slack, Chambers e Johnston (1997) consideram-na atrelada ao desempenho. Para esses autores, evitar falhas é imprescindível no sentido de manter a confiabilidade e essas falhas podem estar relacionadas a quaisquer das abordagens categorizadas por Garvin (1984).

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (1997), a confiabilidade é inerente à entrega e significa a capacidade da empresa em cumprir prazos. Sob essa perspectiva, os autores explicam que a empresa deve atender ao fator flexibilidade, que diz respeito à capacidade de mover-se facilmente nos requisitos impostos pelos clientes.

Segundo Lambert, Cooper e Pagh (1998), os serviços logísticos são compostos por fatores que as entregas sejam efetuadas no prazo, redução dos prazos de entrega, produtos colocados para o cliente em boas condições e tratamento eficaz dos problemas referente aos fluxos logísticos.

O conjunto de elementos que definem os serviços logísticos demonstra que as abordagens de qualidade apresentadas por Garvin (1984) são consideradas, pois diz respeito à busca contínua de otimização dos recursos para atender a demanda satisfatoriamente, entregar produtos funcionais, no prazo, adequados em termos de custo e preço, ou seja, operar livre de falhas.

Não obstante, também faz parte do escopo dos serviços logísticos a confiabilidade, pois conforme Beamon (1999), Ballou (2006), Bowersox e Closs (2001), Novaes (2001), Christopher (2002) e CSCMP (2013), por meio da logística busca-se fluxos físicos, financeiros, de informações e de documentos que agreguem valor em cada etapa das operações e permeiam toda a cadeia produtiva. Esse esforço diz respeito a evitar falhas e

proporcionar flexibilidade, conforme sugerido por Slack, Chambers e Johnston (1997) para o alcance da confiabilidade.

No contexto dos serviços logísticos é possível notar a presença de aspectos voltados para assegurar a competitividade, cujos conceitos se desdobram em vários níveis e serão tratados a seguir.

### **2.2.1 Competitividade: Conceitos e Definições**

De acordo Deniz, Seçkin e Cüreoğlu (2013, p. 465), competitividade origina-se do latim *competer*, que significa a participação de um negócio em mercados rivais. Para Azevedo (2000), é uma característica do agente, mas diz respeito à capacidade de uma firma crescer e sobreviver de modo sustentável.

Kupfer (1991, p. 14) explica que a competitividade “é função da adequação das estratégias das empresas individuais ao padrão de concorrência vigente no mercado específico”. O efeito dessa relação causal é considerado por Kupfer (1991) como um fenômeno *ex post*, não captado pelo desempenho corrente da firma e indica a competitividade da empresa no passado, o que torna impossível uma avaliação *ex ante*, de forma inequívoca.

O mapeamento das expectativas dos agentes em relação às alterações no padrão de concorrência no futuro, segundo Kupfer (1991), pode ser realizado por meio de estudos prospectivos, cujos resultados servirão para avaliar a adequação das estratégias adotadas pelas empresas no presente.

Segundo Porter (1990), o desempenho de um negócio depende da habilidade em gerir as vantagens competitivas. Uma estratégia tradicional adotada pelas empresas consiste em obter vantagem por meio de produção mais eficiente em relação aos custos, comparada à concorrência. Nesse caso, são incorporadas práticas de economia de escala, padronização de produtos e processos e o acesso preferencial às matérias-primas. É conhecida como estratégia de liderança em custos e pode levar à prática de melhores preços no mercado.

A outra estratégia apontada por Porter (1990) consiste em tornar os produtos diferentes perante os clientes. Daí a denominação de estratégia de diferenciação. Ela permite criar a sensação de exclusividade e assim, explorar a qualidade intrínseca, os aspectos do tempo de entrega e a robustez do produto e/ou serviço.

Para os arranjos agroindustriais, Farina (1999) apresenta uma análise de suas relações sistêmicas e explica que a competitividade possui algum significado no âmbito empresarial,

mas em relação às nações, a clareza acerca desse fenômeno é impossível de se atingir, tendo em vista que nem todas as indústrias de um país são competitivas.

Porter e Van der Linde (1995) definem a competitividade no nível meso ou agregado, como a produtividade média da indústria ou o valor criado por unidade de mão de obra para cada unidade de inversão de capital. Para Mcfetridge (1995), em longo prazo, a competitividade de uma indústria reflete a rentabilidade da operação de suas empresas em mercados abertos.

No nível micro econômico, a discussão versa sobre a competência das empresas para impulsionar a competitividade das indústrias e estas, por sua vez, a das nações. Sob essa perspectiva, Haguenaer (1989) organiza os conceitos em duas formas: a do desempenho, que expressa a participação de mercado (*market share*) de uma firma; e da eficiência, que diz respeito à relação insumo-produto praticada pela firma.

Para Huggins, Izushi e Thompson (2013), no âmbito regional, a competitividade pode ser definida como a capacidade das regiões de alcançar crescimento econômico em relação a outras regiões, numa etapa global similar de desenvolvimento econômico, dentro de seu país ou bloco continental.

Segundo Delbari et al. (2015), muitas são as discussões sobre competitividade enquanto fator-chave para a criação de competência no sentido de contribuir para a prosperidade nacional. No entanto, o desafio é compor os interesses da comunidade e nação na sua concepção. Por isso, esse tema é considerado complexo e com diversos pontos de vista.

### **2.2.2 Vantagem Competitiva: Características Gerais**

Segundo Brito e Brito (2012), o debate teórico sobre vantagem competitiva é limitado no sentido de oferecer uma definição completa ou aplicável, porém destacam que a questão mais importante é saber quais aspectos e variáveis de desempenho revelam o valor criado pela empresa.

A partir de uma pesquisa sobre o desempenho de mais de seis mil empresas americanas, pertencentes a quase trezentos setores industriais, Brito e Brito (2012) constataram que a vantagem competitiva não é tão rara, conforme defende Powell (2001), e essa situação não se alterou ao longo dos vinte anos em análise, o que permite questionar a ideia de desaparecimento gradual da vantagem pela hipercompetição.

Conforme Blyler e Coff (2003), componentes dinâmicos e sociais influenciam a maneira como é reconhecido o valor criado por parte dos atores envolvidos. Para Rumelt,

Schendel, Teece (1991), a capacidade do gestor para tomar decisão gerencial sob processos de fricção e incerteza no contexto social irá refletir o desempenho organizacional.

Para Brito e Brito (2012), a manifestação mais direta da criação de valor é a apropriação do lucro e a parcela entre a disposição do cliente a pagar e o preço cobrado pela empresa, ou seja, o valor capturado pelo cliente impacta positivamente no desempenho e pode ser mensurado em crescimento da participação de mercado. Ainda, Brito e Brito (2012) concluem que uma empresa com vantagem competitiva pode ter lucratividade e apresentar um crescimento superior.

Um dos maiores objetivos das empresas é alcançar a eficácia organizacional, que segundo Venkatraman e Ramanujam (1986), inclui aspectos sociais e ambientais impostos por sua relação com os grupos de interesse no negócio. No entanto, os fatores de desempenho para o alcance de vantagem competitiva estão diretamente relacionados com o tempo de provisionamento, que segundo Slack Chambers e Johnston (1997), é definido como um critério competitivo que afeta os demais fatores, pois uma entrega rápida implica em maior qualidade dos serviços, pode reduzir os custos dos processos e o cumprimento dos prazos favorece a manutenção da confiabilidade. Assim, o tempo torna-se a variável fundamental para a escolha dos serviços logísticos.

Conforme o CSCMP (2013), o tempo total que decorre entre a colocação de uma encomenda pelo fornecedor e o recebimento pelo cliente consistem no período necessário para transmitir, processar e preparar pedidos, assim como o trânsito das mercadorias. Para Ballou (1995), o tempo médio de entrega é um fator significativo para a eficiência nos serviços logísticos, porque existe uma variabilidade que não pode ser desconsiderada, pois impacta diretamente nos demais componentes do serviço logístico, principalmente os relacionados à confiabilidade.

O gestor logístico atua como um provedor de serviços de logística, nas várias etapas da cadeia de suprimentos (CSCMP, 2013) e essa função comumente é terceirizada. Conforme Aharonovitz e Vieira (2014), esse profissional (pessoa física ou jurídica) atua de acordo com a necessidade das empresas em retirar operações de suas atividades nucleares, cujo propósito é agregar valor ao produto por meio de serviços especializados e mais rápidos.

A terceirização é alternativa para buscar níveis maiores de serviços logísticos, cujas estratégias podem ser variadas. Conforme a CSCMP (2013), a terceirização total ou parcial das operações logísticas, também conhecida como “3PL”, inicialmente indicava a terceira parte do contrato de transporte, mas evoluiu para o conceito de serviços integrados, no sentido

de fornecer transporte, armazenagem, *cross-docking*<sup>2</sup>, gerenciamento de inventário, embalagem e encaminhamento de frete.

Os serviços de integração logística geralmente são terceirizados devido à sua complexidade. Essa modalidade é denominada pela CSCMP (2013) de *Fourth-Party Logistics* ou “4PL”, que significa atuar como integrador da cadeia de suprimentos. O propósito é o de reunir e gerenciar os recursos, capacidades e tecnologia para oferecer uma solução logística abrangente. De acordo com Ballou (1995), os custos logísticos representam de 4% a mais de 30% do faturamento das empresas, o que torna a terceirização nessa área cada vez mais atrativa.

Sob o enfoque dos serviços logísticos como fonte de vantagem competitiva, na próxima seção serão discutidas as principais características de operação dos portos marítimos, que atuam como operadores logísticos em ambiente competitivo.

### 2.3 PORTOS MARÍTIMOS: OPERADORES LOGÍSTICOS

Marad (2008) resume a definição de um porto como o lugar que recebe tráfego de navios, nos quais cargas são carregadas ou descarregadas, referentes às mercadorias que entram e/ou saem do país. Por isso, Vieira (2013) argumenta que essas instalações executam atividades de distribuição física internacional. Cullinane e Wang (2006) agregam na definição os serviços, tendo em vista que os portos são essencialmente provedores desse tipo de atividade, em particular para as embarcações, cargas e transportes terrestres.

De acordo com Vieira e Kliemann Neto (2016), a classificação de portos se dá conforme a inserção na rede de transporte marítimo mundial e está atrelada a ideia de “centro de conexões” ou *hub*, que entre as principais características estão: a regularidade de atuação no transporte internacional; grande quantidade de transbordos; e a crescente participação no mercado portuário.

Vieira e Kliemann Neto (2016) estudaram diferentes taxonomias para classificar os portos e concluíram que as abordagens mais difundidas os diferenciam pelos seguintes aspectos: o grau de desenvolvimento; o modelo de titularidade e de gestão; e a inserção na rede global de transporte marítimo. Para Akabane, Gonçalves e Silva (2008), o modelo de titularidade e gestão é imposto pelo sistema portuário nacional e determina a forma de atuação do porto.

---

<sup>2</sup>*Cross-docking* é um termo em inglês que significa o processo de distribuição em que a mercadoria recebida é redirecionada sem uma armazenagem prévia (CSCMP, 2013).

De acordo com Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a presença ativa de um agente público central, que planeja toda a infraestrutura, instalações portuárias e serviços é inadequada para atender às necessidades de seus usuários. Conforme Brooks e Cullinane (2007), esse é o motivo pelo qual os governos centrais passaram a transferir a gestão das instalações e serviços portuários para agências públicas regionais ou municipais ou organizações não-governamentais, grupos de usuários ou empresas privadas.

A parceria público-privada é uma estratégia considerada por Wanke e Barros (2015) como economicamente viável, devido aos altos investimentos necessários para operar um porto marítimo. Porém, para que essa estratégia possa ser implantada, os autores explicam que é fundamental o porto atingir uma escala mínima de produtividade, o que implica em maior aporte de capital, pois segundo Cullinane e Khanna (1999) está relacionada à adoção de tecnologias mais modernas.

Para Wanke e Barros (2015), a participação do governo federal é necessária no sentido de que seja assumida a responsabilidade pela expansão das áreas portuárias e realizadas melhorias nos acessos. A gestão dos fluxos de cargas deve ficar sob a incumbência dos operadores de terminais privados, que possuem maior flexibilidade para a tomada de decisões do que os agentes públicos.

A estrutura organizacional dos portos se molda a partir das interações entre os agentes, que obriga um arranjo mais adequado para atender as suas necessidades e implica em considerar o porto como fornecedor de serviços logísticos.

### **2.3.1 Serviços Logísticos-Portuário**

Para Bichou e Gray (2005), existem muitas organizações envolvidas com a logística e a integração da cadeia de suprimentos dentro e ao redor dos portos. Por isso, de acordo com Heskett (1994), a maneira como o porto atua influencia os níveis de serviços das empresas ou organizações que dele dependem. Vieira (2013) considera esses locais como elos de transbordo entre dois países, e quando os fluxos logísticos ocorrem entre diferentes nações ou continentes, atuam como gestores logísticos de atividades da distribuição física internacional.

Segundo Kussano e Batalha (2012, p. 625), toda operação de transbordo implica em perda de mercadorias, que representam 0,20% em volume. Ainda, os terminais localizados nos portos são responsáveis pela limpeza e secagem de grãos, nas quais podem ocorrer quebras de aproximadamente 0,10% em volume. Assim, quanto maior o número de manuseios e transbordos, maior será a taxa de perda.

Kussano e Batalha (2012, p. 625) apresentaram uma simulação dos custos de transbordo em algumas localidades do interior do Brasil no ano de 2010 e apresentaram valores de R\$ 5,00<sup>3</sup> por tonelada em taxas de transbordo e R\$ 3,90 por tonelada em quebras, para fluxos multimodais.

Além dessas características das atividades portuárias de transbordo, a gestão logística dos portos não é tarefa simples, pois conforme Chang, Lee e Tongzon (2008), existe uma complexidade em suas operações devido às pressões derivadas da abrangência global dos negócios em constante mudança. Nessas circunstâncias, os autores explicam que os clientes impõem requisitos específicos, como custos reduzidos e maior qualidade, com elevada frequência de negociação.

Segundo Ju (2013), a mudança tecnológica impôs o uso de maquinários e equipamentos mais modernos nos portos. Isso permitiu maior agilidade nos processos e estimulou a indústria de navios porta-contêineres. Conforme Cullinane e Khanna (1999), essa modalidade de transporte se dedica à exploração de economias de escala, com benefícios incorporados a partir de carregamentos acima de 1.500 *Twenty Foot Equivalent Unit* ou TEUs.

Para Franzoni e Freitas (2005), o contêiner oferece maiores vantagens e menores custos operacionais quando comparados com outras formas de acondicionamento e transporte. Por isso, de acordo com Ju (2013), essa modalidade domina o transporte marítimo e existe uma tendência das linhas ou rotas utilizarem mais vezes portos que ofereçam preços mais baixos e com maior capacidade para movimentar cargas do que os demais.

Apesar disso, Ju (2013) explica que as pequenas embarcações conseguem praticar preços menores em decorrência dos benefícios de transbordo que são obtidos pelas linhas de navios maiores, o que implica a necessidade de os portos serem mais flexíveis para desenvolverem diferentes estratégias, conforme sugerido por Porter (1990), no sentido de oferecer diferenciação e atender aos diferentes interesses envolvidos.

Ainda sob o aspecto de flexibilidade, as pequenas embarcações geralmente operam em atividades de cabotagem para ligar pontos de origem e destino das mercadorias sem trechos curtos de navegação, que não estejam configurados como de longo curso ou navegação oceânica. Para aumentar a agilidade nos serviços logísticos portuário, Wanke e Hijjar (2009) sugerem maior utilização das Estações Aduaneiras de Interior (EADIs) ou porto seco pelo segmento exportador. Segundo Louzada (2005), essas estruturas de apoio deveriam ser

---

<sup>3</sup> A taxa cambial referente ao dólar americano em 31/01/2018 é de R\$ 3,18.

transformadas em um grande complexo logístico integrado, com manuseio e armazenagem de mercadorias, aduana, industrialização e centro de distribuição.

Segundo Wank e Hijjar (2009), além de proporcionar a simplificação de procedimentos, os portos secos podem oferecer facilidades por estarem localizados próximos aos exportadores, dos quais poderiam ser encaminhadas cargas fracionadas para posterior composição em maior escala, encaminhadas por transporte mais econômico até os portos marítimos. Assim, esses pontos de distribuição no interior devem favorecer o ganho de desempenho portuário em relação à rapidez nos processos.

O local em que os portos estão instalados é um fator preponderante para a escolha dos serviços portuários pelo embarcador de mercadorias. Segundo Bichou e Gray (2005), os portos devem oferecer uma localização única pela qual os membros de diferentes canais (comércio, logística e canais de abastecimento) possam interagir. Para Vieira e Kliemann Neto (2016), a interação entre os agentes define o fluxo de mercadorias e influencia diretamente a atividade portuária.

### **2.3.2 Atividades Logísticas Portuárias**

As atividades desenvolvidas nos portos são estreitamente ligadas à logística e, de acordo com Bichou e Gray (2005), as empresas que atuam nessas unidades cumprem um papel de facilitadores nos canais de logística, como as transportadoras marítimas, operadoras de serviços terrestres e portuários, agentes de cargas e portuários, entre outros. Além disso, são membros do canal de suprimentos, como os transportadores, e associados, como as fábricas e varejistas. Também, participam as instituições públicas, que incluem as autoridades aduaneiras.

Sob o ponto de vista tecnológico, segundo Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a atividade portuária se tornou altamente mecanizada, especializadas em alguns tipos de tráfegos, como os de cargas containerizadas, em substituição às atividades de mão de obra intensiva e, segundo Vieira (2013), de um modo geral, elas podem ser agrupadas em três categorias:

- i) atracação e desatracação dos navios;
- ii) carga e descarga das embarcações, transferências de cargas do cais para os pátios, armazéns e terminais e vice-versa;
- iii) movimentação de entrada e saída das cargas nos pátios, armazéns e terminais.

De acordo com Appa (2016a), a atracação representa a operação de fixar o navio ao cais, com o propósito de realizar carga e descarga de mercadorias, e o processo de afastar a embarcação do cais ou de outro navio é denominado de desatracação. Outro termo com o mesmo significado é acostar, que também diz respeito à navegação junto à costa ou aproximação a ela.

O processo de carga e descarga de mercadorias nos portos é realizado de acordo com o porte do carregamento (produto, embarcação, doca ou berço, etc.), também conhecido como *Deadweight*. Alguns exemplos de embarcações e suas dimensões podem ser verificados no Quadro 2.

O padrão Panamax, segundo o IACS (2012), faz referência ao tamanho limite para transpor o Canal do Panamá, antes da sua ampliação em 2016, cujo calado máximo é de 12,04 metros (39,5 pés). O Novo Panamax é um navio projetado nos planos de expansão do Canal do Panamá, em que as eclusas terão 427 metros (1.400 pés) de comprimento, 55 metros (180 pés) de largura e 18,30 metros (60 pés) de profundidade.

**Quadro 2 – Tipos e dimensões de navios graneleiros.**

Denominação	Capacidade de Carga (tdw*)
Handysize	10.000 a 40.000
Handymax	40.000 a 60.000
Panamax	60.000 a 80.000
Capesize	80.000 a 200.000
VLOC – Very Large Ore Carrier	> 200.000

\* Toneladas de porte bruto (tpb/tdw), correspondente ao que pode ser transportado em carga, combustível e equipagem (*deadweight*).

Fonte: IACS (2012) e PEREIRA et al. (2013).

As dimensões descritas no Quadro 2 reforçam a ideia que, conforme aumenta a capacidade de carga dos navios, aumentam suas dimensões e calado, o que implica em maior capacidade dos portos para atendê-los. Outro fator levado em conta pelo usuário do porto é a gestão do tempo, pois, conforme Zogahib (2008), o custo médio de um navio parado por dia é de US\$ 8,3 mil.

Para executar as operações de carga e descarga, de acordo com Brasil (2013), as atividades realizadas são resumidas em:

a) capatazia: movimentação de mercadorias nas instalações dentro do porto, compreendendo o recebimento, conferência, transporte interno, abertura de volumes para

conferência aduaneira, manipulação, arrumação e entrega, carregamento e descarga de embarcações (quando efetuadas por aparelhamento portuário).

b) Estiva: movimentação de mercadorias nos conveses ou porões das embarcações, incluindo transbordo, arrumação, peação e despeação, carregamento e descarga (quando efetuadas com equipamentos de bordo).

c) Conferência e conserto de carga: contagem, abertura e recomposição de volumes, anotação de características, procedência e destino, verificação, reparo e restauração de embalagens, marcação, remarcação, carimbagem, etiquetagem, assistência à pesagem, conferência do manifesto e serviços correlatos (nas operações de carga e descarga de embarcações).

d) Bloco e vigilância de embarcações: limpeza e conservação, fiscalização de entrada e saída de pessoas a bordo das embarcações e toda a movimentação de mercadorias.

Conforme Vianna Jr (2009) e Vieira (2013), os equipamentos mais utilizados para o processo de carga e descarga são: (i) dalas ou correias transportadoras; (ii) *grab* ou colher mecânica; (iii) grua ou guindaste, que podem estar sob rodas ou trilhos; (iv) pescante ou torre fixa; (v) tubulação ou estrutura de dutos; (vi) pá carregadeira.

De acordo com Marad (2008), os pátios, armazéns e terminais são áreas alfandegadas, habilitadas para a carga e descarga de mercadorias na fronteira terrestre do porto. Esses recintos podem ser operados por empresas privadas ou pela autoridade portuária. No entanto, a administração do porto é responsabilidade dessa última ou da entidade concessionária do porto organizado.

A categorização das atividades portuárias permite identificar a existência de fluxos de mercadorias e informações e, assim, considerá-las como integrantes de processos logísticos, operados por agentes portuários, que de acordo com a Serpro (2006) podem ser classificados pela sua atuação e responsabilidade, descritas no Quadro 3.

Segundo Vieira (2013), os principais tipos de cargas movimentadas pelos agentes portuários são: (i) granel sólido; (ii) granel líquido; (iii) carga geral solta; (iv) carga geral containerizadas. Além disso, Vianna Jr. (2009) acrescenta as cargas *roll-on-roll-off*. A especificação de cada tipo de carga é feita a seguir.

Conforme a (2016a), as cargas a granel são aquelas que não demandam acondicionamento em qualquer embalagem e são subdivididas em granéis sólidos e líquidos. Os primeiros podem ser: minério de ferro, manganês, bauxita, carvão, sal, trigo, soja, fertilizantes, entre outros. Os granéis líquidos podem ser: petróleo e seus subprodutos, óleos vegetais, etanol, etc.

**Quadro 3 - Principais agentes que atuam nos portos e suas responsabilidades.**

Agentes	Responsabilidades
Armadores ou Companhias Marítimas	Empresas proprietárias de navios, cujo objetivo é transportar mercadorias. Responsáveis por equipar, manter e explorar comercialmente as embarcações mercantis. Representam as linhas regulares de navegação que fazem ponto de escala ou atracamento no porto.
Agentes Marítimos	Representam os armadores nas operações portuárias. Responsáveis pelo registro da embarcação antes de ela atracar no porto. Respondem pelas condições do navio, tripulação, acidentes, embarque e desembarque das cargas. Comunicam a Alfândega sobre todas as informações da embarcação.
Agentes Internacionais de Cargas	Pessoa ou empresa que organiza o transporte de mercadorias e formalidades associadas, em nome de um expedidor, incluso o desembarço aduaneiro. Provêm a reserva de espaço no navio, a documentação necessária, as funções de carga e descarga no porto, incluindo os serviços de despachos aduaneiros e transporte terrestre.
<i>Brokers</i> ou Corretores	Pessoa física ou jurídica que, por meio de um contrato de transporte, se compromete em executar ou obter desempenho em relação ao transporte ferroviário, rodoviário, marítimo, aéreo, fluvial ou por uma combinação entre eles.
Despachantes Aduaneiros	Pessoa física ou jurídica, licenciado pela autoridade aduaneira para se ocupar dos processos de liberação de mercadorias de um cliente junto às alfândegas. Também são conhecidos por <i>customs broker</i> .
<i>Non Vessel Operating Common Carriers</i> (NVOCCs)	Empresa operadora de transporte, não armador, responsável por consolidar as cargas marítimas para exportação, cujo propósito é otimizar espaços nos navios e contêineres, por meio do agrupamento de pequenos lotes de mercadorias para pequenos embarcadores.
Estivadores	Pessoa física empregada ou contratada temporariamente para carregar e descarregar navios.

Fonte: Marad (2008),Vieira (2013) e Appa (2016a).

A carga geral se refere às mercadorias, que na maioria das vezes são embaladas e necessitam de arrumação ou estivagem para o transporte, seja ele refrigerado ou não. As mercadorias com embalagem podem ser classificadas como: amarrado/atado (sacarias), bobinas/rolos e caixote aramado. Aquelas que não necessitam de embalagem podem ser: animais vivos e enjaulados, chapas de ferro, madeira ou aço, pedras em bloco, pneus soltos, veículos, tubos de ferro, entre outros (APPA, 2016a).

O contêiner, segundo Appa (2016a), é um grande recipiente ou embalagem de metal, no qual a mercadoria é acondicionada (estufada ou ovada). Ele é transportado lacrado e no local de destino é descarregado e aberto (desovado). Para Marad (2008), é um reboque de caminhão que pode ser desacoplado do chassi e colocado num navio, vagão ou empilhado em um depósito dedicado. O contêiner pode ser ventilado, refrigerado, de topo aberto, de líquido a granel ou equipado com dispositivos internos. As medidas mais comuns são: 20 pés, 40 pés, 45 pés, 48 pés ou 53 pés de comprimento; 8'0" ou 8'6" de largura; e 8'6" ou 9'6" de altura.

Segundo a Appa (2016a) os tipos de contêineres são: (i) carga geral diversificada, em sacas de mercadorias, madeiras, grãos, etc.; (ii) abertos ou *Flat Rack*, com paredes frontais e

usados para cargas compridas ou de forma irregular; (iii) flexível ou *big bag*, usado para acondicionar grânéis sólidos; (iv) frigorífico ou *reefer*, que é equipado com gerador de frio para transportar produtos perecíveis; (v) alta cubicagem ou *high cube* (HC), usados para cargas de alto volume e baixo peso; (vi) contêineres para automóveis; (vii) tanque, para produtos líquidos; (viii) teto aberto ou *open top*, para acondicionar trigo, cimento, etc.

As cargas *roll-on roll-off* referem-se ao transporte sobre rodas, especialmente contêineres ou reboques, que utilizam rampas para embarcar (MARAD, 2008). Segundo Vianna Jr. (2009), os navios destinados a esses carregamentos possuem um sistema de rolagem para carregar e descarregar as cargas, tais como automóveis, caminhões, semi-reboque, reboques ou ferrovia.

A partir do conteúdo abordado nesta seção, ficou patente que a atividade logístico-portuária que se destaca, nos limites do porto organizado, é o embarque e desembarque de mercadorias dos navios, ou seja, o transbordo na faixa do cais. Ainda, o tempo dedicado a essa atividade representa a velocidade das entregas e os atrasos podem restringir a confiabilidade percebida por seus usuários. Por isso, a quantificação de indicadores que representem essas variáveis deve levar à medida de desempenho do porto.

## 2.4 EFICIÊNCIA

Para Corrêa e Corrêa (2004), numa visão mercadológica e pela lógica competitiva, uma organização busca satisfazer as necessidades de seus clientes e de outros grupos de interesse, caracterizado como a eficácia organizacional. Por outro lado, busca atingir objetivos econômicos, que representam a sua eficiência, cujo conceito torna-se relevante no campo da economia por focar no uso dos insumos da produção, dada a natureza limitada e finita dos recursos acessíveis.

Segundo Drucker (1954), a eficiência é definida como a maneira certa de fazer as coisas corretamente, com a menor utilização dos recursos disponíveis. De acordo com Maximiano (2007), ela é uma medida de capacidade de uma organização ou firma, para utilizar os seus recursos de maneira econômica. Samuelson e Nordhaus (2012) ampliam o conceito e a definem como o resultado da utilização mais eficaz possível dos recursos disponíveis em uma economia, de forma a atender o desejo de seus usuários.

De acordo com Coeli e Battese (1999), a eficiência é um conceito relativo, pois compara o que foi produzido, dado os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido

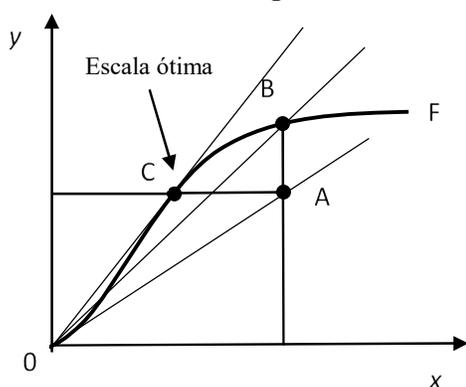
produzido com menos recursos e ainda, os resultados podem se diferenciar em cada período analisado, pois existem influências de diversos fatores, internos e externos.

Segundo Corrêa e Corrêa (2004, p. 159), o nível de desempenho de uma operação é função dos níveis de eficiência e eficácia, cujas medidas podem ser quantificadas por um conjunto coerente de métricas. Para Méndez Sayago, Méndez Sayago, Hernández Escolar (2013), o desempenho pode ser medido de várias formas, sendo uma medida natural a razão entre os produtos de uma firma e os insumos que são utilizados para obtê-los. Porém, o autor destaca que essa medida é afetada pela evolução da produtividade marginal, que significa a elevação do produto, dada uma variação de uma unidade na quantidade de insumo, num determinado período de tempo.

A eficiência pode se apresentar sob dois aspectos principais, a técnica e a alocativa. Para Coelli e Battese (1999), a eficiência técnica está relacionada com a produtividade, em que a proporção de saídas e entradas representa a produtividade e quando se atinge os maiores valores dessa proporção, ou seja, a escala ótima, a eficiência técnica é obtida.

Para demonstrar a distinção entre eficiência técnica e produtividade, Coelli e Battese (1999) utilizaram uma representação gráfica, definida como fronteira de possibilidades de produção, na qual todas as formas viáveis de produção são elencadas. Segundo Rios (2015), tal fronteira é côncava em relação à origem, o que evidencia a premissa de majoração de uma determinada ação em detrimento de outra para o alcance da utilidade.

**Figura 2 - Fronteira de produção e eficiência técnica.**



Fonte: Coelli e Battese (1999)

A Figura 2 ilustra a curva de possibilidade de produção  $F$ , cuja produtividade é representada por meio de uma reta, traçada a partir da origem até determinado ponto, expressada por  $y/x$ , em que  $x$  é a quantidade de insumos e  $y$  a de produtos.

De acordo com Coelli e Battese (1999), se a firma estiver operando no ponto  $A$  e se deslocar para  $B$ , a inclinação da reta será maior, implicando em uma produtividade superior. No entanto, se o movimento for em direção ao ponto  $C$ , que representa uma reta tangente da fronteira de produção, indicaria a possibilidade máxima de produção. Esse movimento, segundo Coelli e Battese (1999), é um exemplo de exploração de economias de escala e o ponto  $C$ , tecnicamente representa a escala ótima. Isso significa que qualquer outro ponto sobre a fronteira de produção, resulta em baixa produtividade.

Segundo Méndez Sayago, Méndez Sayago, Hernández Escolar (2013), as firmas que operam na fronteira de produção são tecnicamente eficientes, por isso a eficiência técnica é definida como a habilidade de se obter o máximo nível de saídas ou produtos, dados os insumos e uma tecnologia fixa, o que significa ser hábil para usar a menor quantidade de insumos para uma quantidade dada de produto. Pires (2016) denomina esse desempenho como eficiência técnica pura.

Conforme Pires (2016), a eficiência técnica pura leva em consideração a fronteira do conjunto de possibilidades de produção, representado por  $F$  na Figura 2, enquanto que a eficiência técnica global assume como referência a fronteira máxima de produtividade, representada pelo ponto  $C$ .

Além da eficiência técnica, Coelli e Battese (1999) definem a eficiência alocativa, que envolve selecionar uma mistura de *inputs*, como trabalho e capital, para produzir uma dada quantidade de *output* com custo mínimo, dado o preço dos *inputs* que prevalecer. Eficiência técnica e alocativa combinadas fornecem uma medida de eficiência econômica global.

Na hipótese de uma empresa produzir  $y$  com o uso dos insumos  $x_1$  e  $x_2$  e a função de produção de fronteira seja  $y = f(x_1, x_2)$ , sob retornos constantes de escala se tem  $1 = f(x_1, x_2)$ , ou seja, a fronteira tecnológica pode ser representada por uma isoquanta<sup>4</sup> unitária  $UU$ , demonstrada na Figura 3. Segundo Farrel (1957), a existência da isoquanta unitária de uma firma totalmente eficiente torna possível quantificar a eficiência técnica.

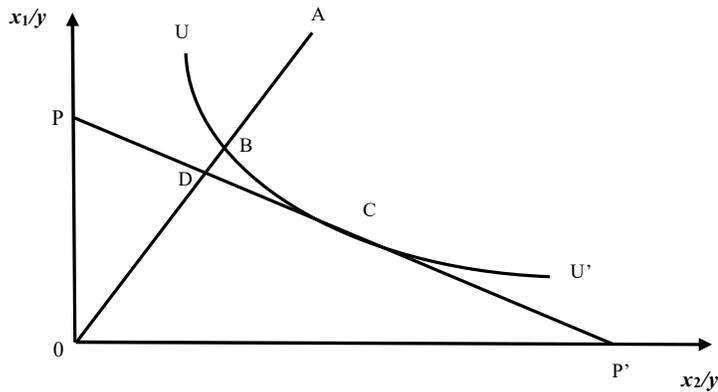
Na Figura 3, o ponto  $A$  representa uma produção da quantidade  $y^0$  com o uso de  $x_1^0$  e  $x_2^0$  e  $OB/OA$  mede a ineficiência técnica, pois representa a razão entre os insumos necessários para produzir  $y^0$  e a quantidade efetivamente utilizada. Destarte, o ponto  $A$  é tecnicamente ineficiente por consumir uma quantidade maior de insumos e o segmento de reta  $BA$  mensura a ineficiência de  $A$ . Segundo Rios (2015), o intervalo quantifica o valor pelo qual todos os

---

<sup>4</sup> Segundo Barros (2003) a isoquanta é o conjunto de combinações de insumos que podem produzir o máximo de produtos e o seu conceito é igual ao da curva de indiferença da Teoria do Consumidor.

insumos poderiam ser proporcionalmente minimizados sem que houvesse prejuízos nas quantidades produzidas.

**Figura 3 – Eficiências Técnica, Alocativa e Econômica.**



Fonte: Coelli e Battese (1999)

O ponto *B* da Figura 3 se encontra sobre a isoquanta e, por isso, possui eficiência técnica, mas não pode ser considerado alocativamente eficiente, e consequentemente possuir eficiência econômica, pois neste ponto a isoquanta não é tangenciada pela reta dos custos dos insumos. Sob essa perspectiva, o ponto *C* possui eficiência técnica e alocativa, tendo em vista estar situado nos limites do segmento de reta *PP'*, assim como na isoquanta *UU'*.

A medida da eficiência total ou econômica é proporcionada por  $OD/OA$  e a razão entre os segmentos de retas  $OD/OB$  medem a ineficiência alocativa, que permite a ocorrência de uma distorção, conforme a verificada no exemplo dos pontos *D*, que possui custos iguais a *C* e apesar de não tangenciar a isoquanta *UU'*, pode ser considerado alocativamente eficiente, já que *B* é tecnicamente eficiente e seus custos são maiores do que *D* e *C*.

Segundo Rios (2015), sob a ótica de orientação aos insumos, a fronteira da função de produção é consequência da fixação da quantidade de produto para um valor mínimo de insumos. Por outro lado, pela ótica de orientação aos produtos, a produção máxima é viável por meio da manutenção de quantidades de insumos fixas.

Para Pires (2016), a ineficiência técnica pura relaxa a hipótese de retorno constante de escala e pressupõe a existência de retornos variáveis de escala, o que permite deduzir a ineficiência de escala.

As medidas de ineficiência técnica e alocativa, definidas como fronteiras de produção, serviram de base para tratar os desvios em relação à reta isoquanta ilustrada na Figura 3. Segundo Farrell (1957), a ineficiência técnica diz respeito ao distanciamento em relação à

fronteira de produção e a ineficiência alocativa refere-se aos desvios da taxa de minimização do custo dos *inputs*.

Conforme Barros (2003), a ineficiência técnica é um caminho dinâmico, caracterizado por mudanças (difusão) ineficientes e surge devido a diversos fatores, como estruturas rígidas ou sub-estruturas, acesso desigual às informações e inércia em relação à adoção de novas tecnologias. Fatores organizacionais também podem ser a causa de ineficiências, principalmente na disputa por interesses.

#### **2.4.1 A Eficiência como medida de desempenho da Logística Portuária**

Em logística, a medida de eficiência pode ser alcançada pelo grau de disponibilidade dos produtos e serviços. Conforme Ballou (2006, p. 25), “produtos e serviços não têm valor, a menos que estejam sob a posse dos clientes quando e onde eles desejam consumi-los”. O elemento nuclear da busca por eficiência logística é o cliente, pois com base no que Camacho-Oliveros (2013) argumenta sobre a importância de atender aos requerimentos dos clientes, a eficácia é relevante, mas a forma como os recursos são usados para dar cumprimento aos requisitos dos clientes, ou seja, a eficiência é essencial.

A logística portuária é um tema bastante difundido na literatura e é tratada a partir da medida de eficiência técnica. Segundo Roll e Hayuth (1993), grande quantidade de fatores influencia o rendimento dos portos, o que torna difícil determinar a sua eficiência. Para Barros (2003), os dois principais elementos que afetam a eficiência da logística portuária são as dimensões dos portos e sua localização. Castillo-Manzano, Gonzáles-Laxe e López-Valpuesta (2013), também concordam que a localização é o fator de maior impacto nos portos.

Os dados da latitude e longitude de um porto são elementos de informação imprescindíveis para o atendimento do tráfego marítimo. Eles condicionam a tomada de decisão dos usuários quanto a atracar ou não no porto, pois, de acordo com Castillo-Manzano, Gonzáles-Laxe e López-Valpuesta (2013), a localização condiciona a navegação e influencia no número de dias extras que algumas rotas impõem aos portos. Ainda, a localização está relacionada ao porte e abrangência, pois quanto maior o porto, maior o seu território, o que implica em maior influência e opções de destinos.

Para Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a presença de indústrias na área de abrangência do porto favorece o aumento da produtividade portuária, porém a falta de infraestrutura de armazenamento e/ou conexões entre os modais de transporte terrestre, podem levar o porto a perder eficiência. Além desses aspectos, segundo Castillo-Manzano,

González-Laxe e López-Valpuesta (2013), um parque logístico pode oferecer maior eficiência ao porto, por dar agilidade na distribuição da cadeia de suprimentos e a proximidade de portos terrestres (porto seco) a grandes portos marítimos lhes dão vantagem competitiva.

Outros elementos, como capital intensivo e propriedade privada, são relevantes na dinâmica portuária, porém, segundo Barros (2003), não oferecem impacto e/ou vantagens significativos. Quanto à autonomia, o autor explica que ela não faz qualquer diferença para a eficiência. Nwanosike, Nicoleta e Warnock-Smith (2012) avaliaram os portos nigerianos para determinar a influência de concessão na eficiência das operações e constataram que essa estratégia não teve efeito no desempenho das instalações portuárias.

Para Barros (2003), os portos de pequeno porte podem ser mais eficientes dos que os grandes, devido à maior flexibilidade nos processos logísticos e custos menores de operação. Nesse sentido, Coto-Millan, Baños-Pino, e Rodriguez-Alvarez (2000) constataram que as economias de escala não têm importância para a eficiência dos portos.

Entretanto, Rios (2005), Martins (2015) e Wanke e Barros (2015) constataram que economias de escala são importantes para o ganho de eficiência dos portos brasileiros. Para Fontes (2006), a melhoria de desempenho é devida à presença de terminais especializados. Ainda, Wanke, Barbastefano e Hijjar (2011) argumentam existir a tendência de os terminais controlados pelo setor privado serem mais eficientes do que aqueles controlados pelo governo. Esse problema também foi apontado por Rios (2015), que verificou alto nível de ineficiência por parte dos portos públicos brasileiros. Por isso, a questão do porte e da propriedade privada é relativa.

Barros (2003) explica que as economias de escala estão associadas às funções múltiplas dos portos marítimos que movimentam contêineres. Estudos em portos dessa natureza, como os de Cullinane e Wang (2006), Sousa Júnior et al. (2013) e Martins (2015), demonstraram que existem ineficiências significativas, com flutuações ao longo do tempo e os fatores logísticos, como a infraestrutura e equipamentos de carga e descarga, são as principais causas desse desempenho.

Dessa maneira, o desempenho dos portos brasileiros está bastante relacionado aos aspectos da tecnologia. Dosi (1982) aponta a tecnologia como um dos fatores explicativos das estruturas industriais e o comportamento competitivo dos setores e das empresas. Ainda, Dosi (1982, p. 147) a define como “conjunto de partes do conhecimento prático e teórico, perícia, métodos, processos, experiências de sucessos e fracassos, dispositivos e equipamentos”.

Esses aspectos são claramente importantes e Barros (2003) destaca que a origem da mudança tecnológica se deu a partir da acumulação do capital, que orientou a adoção da

tecnologia pelas melhores práticas dos portos, o que leva à variação da fronteira tecnológica e segundo Waack (2000), decorre de mudanças no ambiente institucional. Para Barros (2003), esse processo deve proporcionar economias de escala e escopo.

No entanto, os maiores investimentos podem levar ao que Barros (2003) aponta como super-capitalização e que representa um fator de restrição à eficiência portuária e explica a situação de recursos superdimensionados, apontados na maior parte dos trabalhos sobre eficiência portuária.

Barros (2003) explica que a alocação de maiores investimentos em infraestrutura e tecnologias está ligada a estratégias de atração de demanda e segundo Waack (2000), isso pode provocar variação na fronteira tecnológica. Conforme Castillo Manzano, González Laxe e López Valpuesta (2013), esse esforço deve ampliar a influência do porto. Porém, segundo Waack (2000), apesar da demanda influenciar na variação da fronteira tecnológica, a sua alteração depende de mudanças no ambiente institucional<sup>5</sup>.

Segundo Castillo Manzano, González Laxe e López Valpuesta (2013), a influência dos portos também diz respeito à demanda, porque eles estão bastante ligados à dinâmica de seu mercado consumidor no interior e se desenvolvem como centros logísticos. Ainda, os autores mencionam que o número excessivo de parques logísticos acerca dos portos geralmente é tomado como um sintoma de baixa acessibilidade. Esse efeito pode afastar possibilidades de atração da demanda.

#### 2.4.1.1 Principais Abordagens para Medir a Eficiência Portuária

De acordo com Rios (2015), para o cálculo da eficiência portuária existem dois segmentos principais de avaliação. O primeiro a ser tratado diz respeito à mensuração da eficiência técnica ou econômica por meio de técnicas paramétricas, de procedimentos econométricos para estimar a função de produção.

Com relação à medida de eficiência, Méndez Sayago, Méndez Sayago, Hernández Escolar (2013) utilizam o conceito de fronteira determinística ou estocástica, definida como uma medida de caráter radial, em que a máxima contração equi-proporcional em todos os insumos é alcançada, dado o vetor de insumos, mantendo-se o nível de produção. O vetor é considerado tecnicamente eficiente se essa forma de contração dos insumos não for possível.

---

<sup>5</sup> O ambiente institucional determina as “regras do jogo” em uma economia e, segundo Williamson (1996), promove as ações políticas, legais e sociais que comandam o desenvolvimento das atividades econômicas.

Rios (2015) argumenta que nesse segmento a metodologia mais aplicada é a fronteira estocástica (*Stochastic Frontier analysis* ou SFA), que incorpora o erro para captar os choques aleatórios ou ineficiências, mas pode ser de difícil aplicação no setor portuário, por demandar um grande número de dados específicos e de acesso restrito.

O segundo segmento de avaliação diz respeito às técnicas não paramétricas. Méndez Sayago, Méndez Sayago, Hernández Escolar (2013) explicam que para este caso, a fronteira de eficiência é construída mediante métodos de programação linear, que tratam os problemas de utilização de recursos escassos, com o objetivo de determinar a programação otimizada de atividades ou recursos, por meio de métodos quantitativos.

Para Sousa Júnior et al. (2013) e Rios (2015), o método não paramétrico mais utilizado para medir a eficiência relativa dos portos é a Análise Envoltória de Dados ou DEA, sigla do inglês *Data Envelopment Analysis*. Esse método admite decompor a eficiência produtiva em eficiência técnica e de escala. De acordo com Belloni (2000), essa decomposição permite mensurar as magnitudes dos dois tipos de eficiência e estimar o impacto de ações corretivas na redução das ineficiências. Na seção a seguir serão apresentados o conceito e as definições do DEA.

## 2.5 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS (DEA): PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

O método DEA teve origem na teoria microeconômica da produção, cuja técnica foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), basearam-se na medida de eficiência produtiva de Farrel (1957) e na generalização da eficiência de Koopmans (1951), sob a ideia de fronteira de Pareto. Por isso, a técnica recebe menção à fronteira de otimalidade de Pareto-Koopmans.

A unidade fundamental de análise DEA é a firma individual, denominada por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) de unidades tomadoras de decisão ou *Decision Making Units* (DMU). Segundo Roll e Hayuth (1993), as DMUs devem ser homogêneas em relação aos recursos, o que significa apresentarem os mesmos recursos de entrada (*Input*) e produzidas as mesmas saídas (*Output*). De acordo com Cullinane e Wang (2006), essa homogeneidade constitui um pressuposto subjacente fundamental, uma vez que na sua ausência, a relevância da medição de eficiência em qualquer conjunto de DMUs poderia ter sua veracidade questionada. Soares de Mello et al. (2005) também destacam a não suposição funcional prévia entre os recursos e o que foi produzido.

Segundo Dyson et al. (2001), os aspectos que definem a homogeneidade das DMUs são: (a) produzir e ofertar produtos similares, de maneira a possuir *inputs* e *outputs* comparáveis; (b) possuir o mesmo conjunto de recursos disponíveis; e (c) operar em ambientes similares.

De acordo com Charnes, Cooper e Rhodes (1978), as características principais das variáveis componentes do DEA se resumem em: o caráter múltiplo a elas inerente, tanto para os *inputs* quanto aos *outputs*; e a variedade de formas com escala de medidas ordinal que as variáveis podem assumir.

Para Roll e Hayuth (1993), o DEA permite que as qualificações de eficiência relativa se derivem dentro de um conjunto de unidades analisadas e, por isso, não requer o desenvolvimento de padrões pelos quais se mede a eficiência. Ainda, tais padrões podem ser incorporados na análise DEA.

A estrutura do modelo DEA está baseada na construção de uma superfície linear não-paramétrica por partes. Segundo Roll e Hayuth (1993), a comparação de eficiência das unidades é realizada a partir de um “envelope de eficiência” formado pelas mais eficientes do grupo. De acordo com Charnes, Cooper e Rhodes (1978), a medida de eficiência é dada como o máximo de uma proporção de saídas e entradas ponderadas, sujeitas à condição de que as proporções similares de cada DMU sejam menores ou iguais à unidade.

Sob essa perspectiva, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) determinam o conceito de eficiência relativa como um ordenamento ou *ranking*, dos resultados observados de várias DMUs, com diferentes quantidades de insumos envolvidos, o que implica em algumas unidades serem mais como membros de um subconjunto e menos de outros.

A partir dessas definições, o conceito de eficiência considerado é o máximo a ser produzido das unidades mais produtivas, o que difere do conceito de eficácia, que segundo Ferreira e Gomes (2009) é a qualidade daquilo que produz o efeito desejado. Soares de Mello et al. (2005) ressaltam que, esse conceito é subjetivo, por ser baseado em opiniões quanto às expectativas criadas, e reduzido, por considerar apenas o que foi produzido, sem levar em conta os recursos utilizados.

Outro destaque é o conceito de produtividade, pois é a base da modelagem matemática da técnica DEA. De acordo com Ferreira e Gomes (2009), a produtividade é a razão entre o valor produzido e o valor dos insumos, cujo resultado, segundo Soares de Mello et al. (2005) deve ser oriundo da divisão de unidades de medidas diferentes. Assim, o conceito envolve o aproveitamento dos recursos, o que o justifica tê-lo como base do modelo DEA.

Dois modelos são considerados clássicos para o DEA, o CCR assim denominado em reconhecimento à contribuição seminal de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e o modelo aditivo BCC, similarmente denominado em razão da contribuição de Banker, Charnes e Cooper (1984). Um melhor detalhamento sobre essas duas abordagens será feito na seção seguinte.

### 2.5.1 Modelos DEA CCR

O Modelo conhecido na literatura como CCR, em atribuição a Charnes, Cooper e Rhodes, foi introduzido em 1978 para propor uma tecnologia com retornos constantes de escala. Segundo Rios (2015), caracteriza-se pela determinação da eficiência por meio da otimização da razão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*. Para Soares de Mello et al. (2005) e Rios (2015), as condições desse modelo e formalizadas em (1), representam a maximização dos *outputs*; e por (2) propõe minimizar os *inputs*, onde:  $E_o$  é a variável que representa a eficiência da DMU<sub>0</sub>;  $v_i$  e  $u_j$  são os pesos de *inputs*  $i$ ,  $i=1, \dots, r$ , e *outputs*  $j$ ,  $j=1, \dots, s$ , respectivamente;  $x_{ik}$  e  $y_{jk}$  são *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU <sub>$k$</sub> ,  $k=1, \dots, n$ ;  $x_{i0}$  e  $y_{j0}$  são os *inputs*  $i$  e *outputs*  $j$  da DMU<sub>0</sub>.

$$\text{Max } E_o = \frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{i0}} \quad (1)$$

Sujeito a

$$\frac{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}} \leq 1; \quad k = 1, \dots, n$$

$$u_j, v_i \geq 0; \quad j = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m$$

$$\text{Min } E_o = \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \quad (2)$$

Sujeito a

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \geq 1, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$$

Por existir um sistema de valores particulares em cada DMU, segundo Rios (2015), para maximizar a eficiência é necessário definir um conjunto de pesos coerentes com a

realidade, sendo essa uma dificuldade de aplicação para várias DMUs. Em razão disso, Charnes, Cooper e Rhodes (1978) impôs a condição de que todas as unidades tenham uma eficiência inferior ou igual a 1. Ainda, conforme Soares de Mello et al. (2005), para que as variáveis de decisão não apresentem números negativos, é necessário impor a restrição de não negatividade aos pesos.

Soares de Mello et al. (2005) explicam que os modelos de multiplicadores demonstrados em (1) e (2) determinam os coeficientes (peso) dos produtos e dos recursos, considerados um problema de programação fracionária para cada DMU. Por isso, devem ser equacionados para um problema de Programação Linear (PL), o que implica igualar o denominador da função objetivo a uma unidade. Assim, o conceito de dualidade é utilizado para demonstrar a generalização dos modelos multidimensionais, conforme formulado em (3).

$$\text{Max } E_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \quad (3)$$

Sujeito a

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^r v_i x_{io} &= 1 \\ \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} &\leq 0, \forall k \\ v_i, u_j &\geq 0, \forall i, j \end{aligned}$$

De acordo com Soares de Mello et al. (2005), o modelo primal definido em (3), segundo Guerreiro (2006), deve minimizar o consumo de insumos em dado nível de produção e expressado pela maximização do somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos. Conforme Soares de Mello et al. (2005), a partir desse modelo é possível desenvolver o modelo dual, também conhecido como envelope.

Para Soares de Mello et al. (2005) e Guerreiro (2006), o modelo dual busca os valores do  $k$ -ésimo ângulo ( $\lambda_k$ ) para minimizar o ângulo ( $h$ ), sendo  $\lambda_k$  a contribuição da DMU $_k$  na formação do objetivo da DMU $_o$ , ou seja, as DMUs com  $\lambda_k$  não nulo são os *benchmarks* da DMU $_o$ , ou ainda, um  $\lambda$  igual a zero significa que a DMU correspondente não é *benchmark* para a DMU em análise. De acordo com Soares de Mello et al. (2005), no modelo dos multiplicadores os pesos  $v_i$  e  $u_j$  são as variáveis de decisão e no modelo envelope são  $h$  e  $\lambda_k$ . Para Rios (2015), por serem duais, os modelos (3) e (4) possuem a mesma importância para a função objetivo. Esses argumentos estão representados na Equação (4).

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } h_o \tag{4} \\
 \text{Sujeito a} & \\
 & h_o x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \\
 & -y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \\
 & \lambda_k \geq 0, \forall k
 \end{aligned}$$

Para Rios (2015), a função objetivo apresentada em (4) é definida pelo valor que deve ser multiplicado por todos os *inputs* de forma a colocar a DMU em análise na fronteira de eficiência. O primeiro conjunto de restrições refere-se à redução necessária em cada entrada para que a fronteira definida pelas DMUs eficientes não seja ultrapassada. O segundo grupo de restrições irá garantir que redução nos *inputs* não altere o nível dos *outputs* da DMU.

De acordo com Soares de Mello et al. (2005), as DMUs que estiverem limitadas pela fronteira Pareto eficiente, ou seja, 100% eficientes e sem folgas, são consideradas fortemente eficientes. No entanto, existem aquelas que fazem parte da fronteira não Pareto eficiente, ou seja, 100% eficientes e com folgas e consideradas fracamente eficientes. Uma das vantagens do modelo CCR é oportunizar a identificação de folgas nas DMUs, como o caso de uma unidade 100% eficiente permanecer na região viável de produção, mesmo depois de se reduzir *inputs* ou aumentar *output*, o que pode significar ela estar superdimensionada.

Com relação às folgas, Soares de Mello et al. (2005) argumentam que, para o modelo DEA CCR orientado a *inputs*, elas ocorrem quando:  $\sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k - y_{j0} = 0$  para *outputs*; e  $h_o x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k = 0$  para *inputs*, com valores ótimos de  $h_o$  e  $\lambda_k$ , respectivamente

Segundo Cullinane e Wang (2006), existe análise alternativa orientada para *output*, a qual se preocupa com a forma de maximizar as saídas, mantendo as quantidades das entradas, dentro de um determinado conjunto de variáveis. O modelo linearizado CCR, dessa orientação está em representado em (5).

$$\text{Min } h_o = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \quad (5)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} = 1$$

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k$$

$$u_j, v_i \geq 0, \forall j, i$$

Conforme Soares de Mello et al. (2005), as variáveis de decisão são as mesmas do modelo orientado a *input*, com a diferença na medida de  $h_o$ , que neste caso, representa o valor pelo qual todos os produtos devem ser multiplicados, mantidos constantes os recursos para a DMU<sub>0</sub> alcançar a fronteira eficiente. Por isso,  $h_o > 1$  e a eficiência é  $1/h_o$ . Ainda, as duas orientações fornecem o mesmo valor de eficiência, mas com  $\lambda$ 's diferentes.

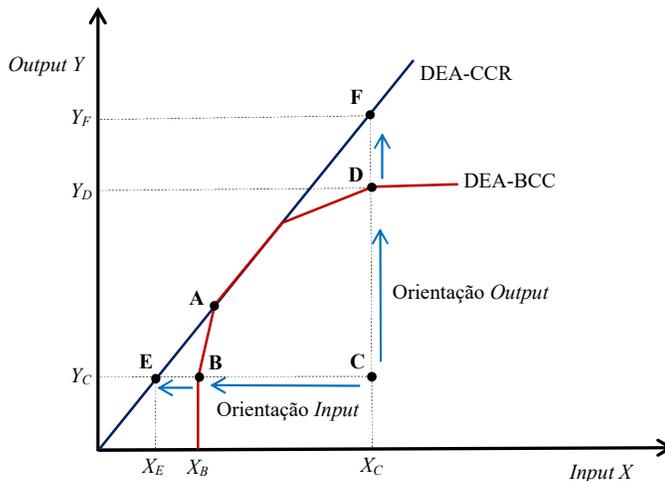
### 2.5.2 Modelos DEA BCC

O modelo DEA-BCC foi estendido por Banker, Charnes e Cooper (1984) e, de acordo com Cullinane e Wang (2006), assume a hipótese de retornos variáveis à escala. Angulo-Meza et al. (2007) consideram situações de eficiência de produção com variação de escala e não é assumida a proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Segundo Guerreiro (2006), essa característica diz respeito a uma variação positiva no *input* que pode promover acréscimos não proporcionais no *output*, ou até mesmo um decréscimo.

De acordo com Cullinane e Wang (2006), a suposição de retornos variáveis à escala é mais realista do que a do modelo DEA-CCR e as representações de fronteira de produção são diferentes. Segundo Guerreiro (2006), o modelo DEA-BCC faz suposição de competição imperfeita, gerando uma fronteira linear convexa por partes ou a fronteira de Pareto.

Na Figura 4, pela qual se considera o uso de um único *input* (X) para a produção de um único *output* (Y), as características dos dois modelos podem ser verificadas.

Figura 4 - Representação das fronteiras CCR e BCC com orientação para *output* e *input*.



Fonte: Adaptado de Wanke (2012).

Por apresentar a fronteira convexa, Soares de Mello et al. (2005) consideram que o modelo BCC permite que DMUs com *inputs* de baixo valores tenham retorno crescente de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala. No modelo do Envelope, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional. A modelagem matemática que representa o modelo BCC, orientado para *output* é formulada em (6).

$$\text{Max } h_o \quad (6)$$

Sujeito a

$$x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-h_o y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

A lógica da orientação a *input* considera a minimização do  $h_o$ , conforme (7).

$$\text{Min } h_o \quad (7)$$

Sujeito a

$$h_o x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$$

$$-y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$$

$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$$

$$\lambda_k \geq 0, \forall k$$

De acordo com Soares de Mello et al. (2005), os duais dos problemas de programação linear constantes nas Equações (6) e (7) deverão gerar os modelos BCC dos Multiplicadores, cujas variáveis serão  $u^*$  e  $v^*$ , associadas à condição:  $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$  e interpretados como fatores de escala. Essas variáveis são representadas pelas Equações (8) e (9).

$$\text{Max } E_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} + u^* \quad (8)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u^* \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, u^* \in \mathcal{R}$$

A lógica de orientação a *input* é representada por:

$$\text{Min } E_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + v^* \quad (9)$$

Sujeito a

$$\sum_{j=1}^s u_j y_{j0} = 1$$

$$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + v_* \leq 0, \forall k$$

$$v_i, u_j \geq 0, v_* \in \mathcal{R}$$

Por fim, segundo Angulo-Meza et al. (2007), no modelo BCC a DMU eficiente é aquela que, na escala que opera, aproveita melhor os *inputs* de que dispõe. Enquanto no modelo CCR, é aquela que apresenta o melhor quociente de *outputs* com relação aos *inputs*, sem considerar a escala em que opera.

Existem outros modelos além do DEA-CCR e DEA-BCC, como os de Medidas Específicas, Super Eficiência, Free Disposal Hull ou FDH, Cone Ratio. No entanto, por não fazerem parte do propósito desta Tese não serão abordados.

Diante ao exposto neste capítulo, foi possível entender que os portos devem ter atenção especial à logística no sentido serem eficientes por apresentar uma produtividade em níveis ótimos e assegurar um nível adequado de serviços de apoio aos seus usuários (COELLI e BATTESE, 1999; MATHIEU, 2001; AHARONOVITZ e VIEIRA, 2014).

Conforme Lambert, Cooper e Pagh (1998) e Croxton et al. (2001), a gestão do fluxo faz parte dos processos-chaves dos negócios, em que o tempo de atravessamento torna o principal fator para o alcance das capacidades logísticas, necessárias para manter a flexibilidade e custos logísticos no nível desejável. Nas operações portuárias, as atividades realizadas no cais para carregar e descarregar os navios impacta diretamente no nível de serviço e diz respeito ao momento crítico de transbordo da logística de distribuição física internacional. Por isso, o enfoque para a escolha das variáveis a serem analisadas foi dado a essas atividades.

A partir desta revisão também foi possível levantar os métodos mais utilizados para medir a eficiência portuária e se verificou que o método DEA é bastante adequado para esse propósito, cujo conteúdo da modelagem será especificado no capítulo 5, que trata dos procedimentos metodológicos.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DOS PORTOS DO SUL DO BRASIL

Este capítulo foi organizado para descrever as principais características de organização dos portos marítimos do Sul do Brasil que movimentaram grânéis sólidos no período de 2010 a 2016 e expor a maneira como eles se inserem no sistema portuário brasileiro. Para isso, primeiro foram apresentadas algumas especificações sobre a organização dos portos no âmbito nacional e, em seguida, as principais características dos portos da região Sul.

#### 3.1 A ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO

Com relação à classificação dos portos, de acordo com Vieira e Kliemann Neto (2016), eles se diferenciam quanto ao grau de desenvolvimento do porto, ao modelo de titularidade e de gestão, e como se insere no transporte marítimo global. Para Akabane, Gonçalves e Silva (2008), o modelo de titularidade e gestão é imposto pelo sistema portuário nacional e determina a forma de atuação do porto.

De acordo com Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a presença ativa de um agente público central, que planeja toda a infraestrutura, instalações portuárias e serviços é inadequada para atender às necessidades de seus usuários. Conforme Brooks e Cullinane (2007), esse é o motivo por que alguns governos passaram a transferir a gestão das instalações e serviços portuários para agências públicas regionais ou municipais ou organizações não-governamentais, grupos de usuários ou empresas privadas.

A parceria público-privada é uma estratégia considerada por Wanke e Barros (2015) economicamente viável, devido aos altos investimentos necessários para operar um porto marítimo. Porém, para que essa estratégia possa ser implantada, os autores explicam que é fundamental o porto atingir uma escala mínima de produtividade, o que implica em maior aporte de capital.

Para Wanke e Barros (2015), a participação do governo federal é necessária no sentido de que seja assumida a responsabilidade pela expansão das áreas portuárias e realizadas melhorias nos acessos. A gestão dos fluxos de cargas deve ficar sob a incumbência dos operadores de terminais privados, que possuem maior flexibilidade para a tomada de decisões do que os agentes públicos.

Tendo em vista que a forma como os portos se organiza tende a afetar o desempenho de suas operações, nos próximos parágrafos serão apresentados alguns aspetos da organização dos portos no Brasil.

A regulamentação dos portos brasileiros é delimitada por Ato do Poder Executivo, conforme Art. 2º da Lei nº 12.815 de 5 de junho de 2013, que ordena a exploração direta e indireta pela União e as concessões. Conforme Brasil (2013), os principais elementos que constituem a operação de um porto estão listados a seguir.

a) Porto organizado: bem público, construído e aparelhado para atender às necessidades de navegação, movimentação de passageiros ou mercadorias e armazenagem, cujo tráfego e operações estejam sob a jurisdição de autoridade portuária.

b) Área destinada às instalações portuárias: infraestrutura de proteção e de acesso ao porto organizado.

c) Instalação portuária: dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros e mercadorias.

d) Terminal de uso privado (TUP): explorado mediante autorização e localizado fora da área do porto organizado.

e) Estação de transbordo de cargas: explorada mediante autorização, localizada fora da área do porto organizado e utilizada exclusivamente para operação em embarcações de navegação interior ou cabotagem.

f) Instalação portuária pública de pequeno porte: explorada mediante autorização, localizada fora do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros ou mercadorias em embarcações de navegação interior.

g) Instalação portuária de turismo: explorada mediante arrendamento ou autorização, utilizada em embarque, desembarque e trânsito de passageiros, tripulantes, bagagens, insumos para o provimento/abastecimento de embarcações de turismo.

Segundo Brasil (2013), para a exploração portuária o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto (PDZ) deve ser desenvolvido e respeitado. Para isso, a Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR, 2009) explica que deve ser organizado em todos os portos um conselho consultivo de autoridade portuária, com representatividade paritária do poder público, da classe empresarial e dos trabalhadores.

De acordo com a Portaria nº 414, de 30 de dezembro de 2009, o PDZ é um instrumento que visa estabelecer estratégias e metas para o desenvolvimento racional e a otimização do uso das áreas e instalações do porto organizado. O plano leva em consideração os aspectos social, econômico e ambiental para a sua elaboração (SEP/PR, 2009).

A portaria supracitada informa que os portos devem elaborar o PDZ, aprová-lo no Conselho de Autoridade Portuária (CAP) e encaminhar à Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR) e Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). O horizonte temporal do PDZ deve ser de dez anos para planejamento de médio prazo e vinte anos para as ações de longo prazo.

Nos portos organizados existem áreas alfandegadas, que segundo Brasil (2013), são instalações organizadas para lidar com as atividades de exportação e importação, sob cumprimento de legislação específica, delimitada pelo Ministério da Fazenda, por meio das repartições aduaneiras. Essas entidades têm acesso livre a quaisquer dependências do porto, instalação portuária, embarcações e locais de estoque ou armazenagem.

Segundo Brasil (2013), a autorização para exploração portuária ocorre mediante celebração de contrato, precedida de licitação ou chamada pública para o caso das concessões de instalações fora da área do porto organizado. As condições de operação dos portos são disciplinadas pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e a coordenação integrada dos órgãos e entidades públicos portuários é realizada pela Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR).

A administração portuária inclui a responsabilidade de garantir o cumprimento das leis, regulamento e contratos. Ela pode ser exercida pela União, delegatária ou concessionária, denominada de Autoridade Portuária. Também, essa organização deve garantir o bom uso das instalações e promover o seu aparelhamento no sentido de obter eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente (BRASIL, 2013).

O operador portuário é responsável pelo gerenciamento das atividades portuárias, subordinadas às normas estabelecidas pela ANTAQ, que envolve agenciar os proprietários das mercadorias, os armadores, o trabalhador portuário, o órgão local de gestão de mão de obra do trabalho avulso e a autoridade aduaneira. A sua pré-qualificação é realizada pela administração portuária, que tem o prazo de quinze dias para submeter à apreciação da SEP/PR e cuja apuração leva trinta dias para ser realizada. É permitido que as associações dos trabalhadores portuários avulsos, registrados de acordo com a Lei 12.815/2013, se estabeleçam como operadores portuários (BRASIL, 2013).

Segundo a SEP/PR (2015), todo porto organizado deve ter um órgão para a gestão da mão de obra do trabalho portuário, constituído de um conselho de supervisão e uma diretoria executiva, que administrará, por meio de estatuto, as relações de trabalho tanto dos trabalhadores efetivos quanto dos avulsos. Apesar disso, o órgão não responderá por prejuízos

causados pelo trabalhador avulso aos seus tomadores de serviços ou terceiros, o que implica em negociação prévia entre esses agentes.

O Órgão de Gestão de Mão de Obra (OGMO) deve organizar e manter o cadastro e registro dos trabalhadores (efetivos e avulsos). Os trabalhadores avulsos devem manter cadastro atualizado e sua efetivação dependerá de disponibilidade de vaga, por ordem cronológica de inscrição e habilitação prévia, com treinamento realizado por entidade indicada pelo OGMO.

De acordo com Brasil (2013), a Lei 12.815/2013 estabelece a manutenção e segurança dos canais de navegação, bacias de evolução, fundeio<sup>6</sup> e berços de atracação, bem como as sinalizações, ampliação de áreas portuárias, remoção de material submerso, escavação ou derrocamento do leito, são funções tratadas pelo Programa Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária II (PNDPH II), implantado pela Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR) e Ministério dos Transportes (MT). Esses serviços podem ser contratados para atender mais de um porto, pela administração pública e a duração dos contratos é de dez anos, sem prorrogação.

À Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR) ficaram atribuídas as leis gerais e específicas relativas a portos fluviais e lacustres, antes sob a responsabilidade do MT e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), exceto as relativas às instalações portuárias de pequeno porte (BRASIL, 2013).

Segundo a SEP/PR (2015), os portos marítimos recebem essa definição por receberem embarcações de linhas oceânicas, mesmo se a localização geográfica for fluvial. Os portos fluviais são aqueles que operam linhas de navegação de uma mesma região hidrográfica ou com comunicação por águas interiores, geralmente são enquadrados na categoria de Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte (IP4).

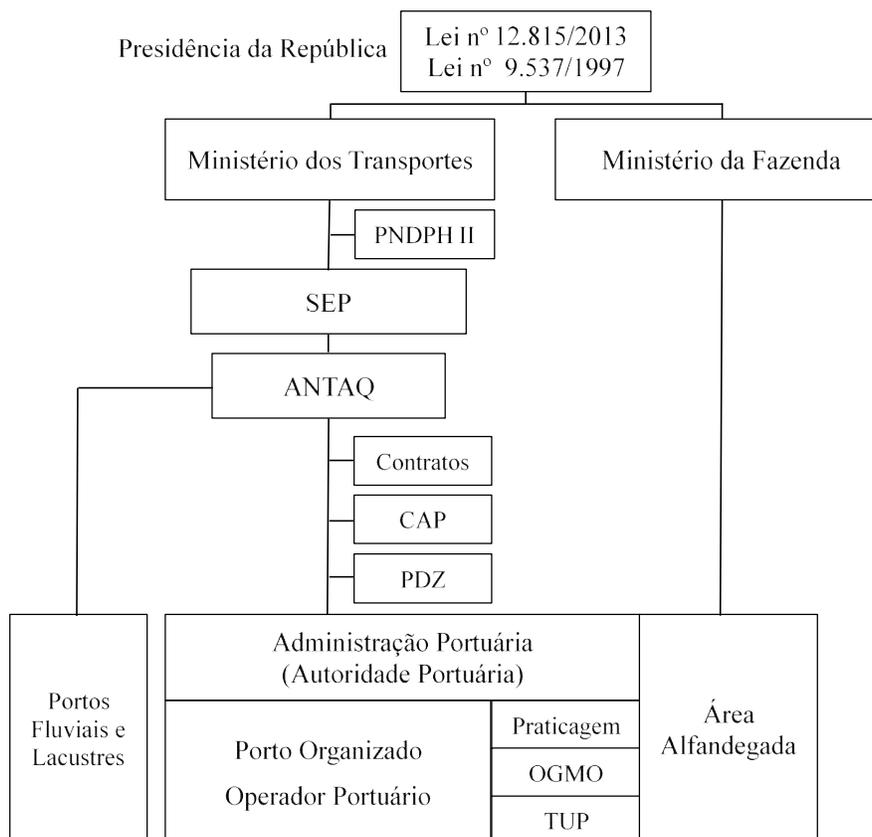
De acordo com a SEP/PR (2015), para a integração das atividades desempenhadas pelos órgãos e entidades públicas presentes nos portos e instalações portuárias, foi instituída a Comissão Nacional das Autoridades nos Portos (Conaportos) pelo Decreto nº 7.861, de 6 de dezembro de 2012. A comissão é coordenada pela SEP/PR e composta por duas subcomissões: Técnicas, criadas para subsidiar e auxiliar a deliberação de metas de desempenho da Conaportos nos portos; Locais, encarregadas de desenvolver, examinar e propor matérias de competência das autoridades locais nos portos.

---

<sup>6</sup>Fundeio ou fundeadouro refere-se ao local previamente aprovado e regulamentado pela autoridade marítima, no qual o navio lança âncora.

A Figura 5 resume a estrutura hierárquica das instituições que moldam a organização portuária no Brasil.

**Figura 5 – Estrutura hierárquica do Ambiente Institucional dos portos brasileiros - 2016.**



Fonte: Elaborado pela autora (2016).

O Conselho de Administração (Consad) é um órgão de deliberação coletiva, de existência obrigatória e funcionamento permanente nos portos, cujo funcionamento está previsto no estatuto da organização que administra o porto. Também é obrigatória a formação do Conselho Fiscal (Confis) para prestação de contas ao Tesouro Nacional.

A Praticagem é uma atividade portuária que envolve conhecimentos sobre a área de navegação (trechos da costa, portos, estuários de rios, baías, lagos, rios, terminais e canais onde há tráfego de navios). Ela é regulada pela Lei de Segurança da Navegação nº 9.537/1997, cujo objetivo é o alcance de maior eficiência e segurança na navegação, garantia de proteção à sociedade e preservação do meio ambiente (SEP/PR, 2016).

De acordo com a SEP/PR (2016), o prático é o profissional especializado, com experiência e conhecimentos técnicos de navegação e de condução e manobra de navios, bem

como das particularidades locais, correntes e variações de marés, ventos e limitações dos pontos de acostagem e os obstáculos submersos. No Brasil, existem aproximadamente 400 práticos atuando na prestação de serviços de assessoria aos comandantes das embarcações, para uma navegação segura. Eles podem ser organizados em associações ou contratados por empresas. Esse serviço é considerado atividade essencial nos portos e deve estar permanentemente disponível nas Zonas de Praticagem (ZP) estabelecidas.

Para a regulação de preços, abrangência das ZPs e medidas de aperfeiçoamento relativas a este serviço, o Governo Federal instituiu a Comissão Nacional para Assuntos de Praticagem (CNAP), por Decreto nº 7.860, de 06 de dezembro de 2012. Ela é constituída por representantes dos Ministérios da Defesa, Fazenda, Transportes, SEP/PR e ANTAQ.

A estrutura de governança dos portos busca estabelecer maior eficiência nas operações portuárias, porém, segundo Wanke e Hijjar (2009), o acesso aos seus portos, juntamente com o escoamento dos produtos desde as regiões do interior são considerados restrições críticas da logística portuária. Os autores realizaram estudo sobre a percepção dos 250 maiores exportadores do setor de insumos do país com relação às operações porto a porto, cujo resultado indicou perda de desempenho na qualidade da infraestrutura física do transporte marítimo, assim como o aumento da burocracia para a exportação.

Diante do exposto, a próxima seção foi elaborada para apresentar as possíveis ineficiências nos serviços logísticos dos portos marítimos do Sul do Brasil.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DOS PORTOS MARÍTIMOS DO SUL DO BRASIL NA MOVIMENTAÇÃO DE GRANÉIS SÓLIDOS

Os indicadores da eficiência logístico-portuária podem ser representados por elementos de infraestrutura e operacionais. De acordo com Sousa Júnior (2010), o canal de acesso, bacia de evolução, cais, píer, armazém e silo formam a infraestrutura portuária. Segundo Barros (2003), Castillo-Manzano e Gonzáles-Laxe e López-Valpuesta (2013), juntamente com a localização, esses elementos são considerados como os de maior impacto para a eficiência dos portos e se configuram importantes indicadores para a sua gestão logística.

Aspectos de infraestrutura estão bastante discutidos na literatura sobre eficiência portuária, como os trabalhos de Rios (2005), Cullinane e Wang (2006), Wanke, Barbastefano e Hijjar (2011), Sousa Júnior et al. (2013), Rios (2015) e Wanke e Barros (2015). Dessa

forma, na próxima seção se faz uma breve explanação sobre as principais características relacionadas à infraestrutura dos portos marítimos do Sul do Brasil, que movimentaram granéis sólidos no período de 2010 a 2016.

### 3.2.1 Porto de Paranaguá

De acordo com a SEP/PR (2013a), o Porto de Paranaguá se localiza no Estado do Paraná, à margem sul da baía de Paranaguá, pertence ao município de mesmo nome, com latitude 25°30,1'S e longitude 48°31'W. A área do Porto Organizado<sup>7</sup> é de 424,50 quilômetros quadrados e a área total de 2.350 quilômetros quadrados.

A gestão é realizada pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (Appa), criada pelo governo do estado em 1947 e que em 2014, por meio da Lei n.º 17.895, de 27 de dezembro de 2013, regulamentada pelo Decreto n.º 11.562/14, foi transformada em empresa pública. A partir de então, ficou responsável pela gestão dos portos paranaenses, por meio do Convênio de Delegação n.º 037/2001, celebrado entre o Estado do Paraná e a União em 11 de dezembro de 2001, que vigorará até 1º janeiro de 2027, com possibilidade de prorrogação (APPA, 2016).

Na área do porto organizado são movimentados os seus principais produtos, sendo eles: soja, farelo, milho, sal, açúcar, fertilizantes, contêineres, congelados, derivados de petróleo, álcool e veículos. A área de abrangência alcança, além do Paraná, os estados de São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rondônia. Inclui o Paraguai, com a oferta de um entreposto de Depósito Franco<sup>8</sup> em suas instalações (APPA, 2016).

De acordo com Appa (2016), a extensão total do cais público do Porto de Paranaguá mede 3.131 metros, distribuídos em 27 locais de atracação. Conforme a SEP/PR (2013a), além desses, uma área 220 metros de extensão é destinada para atracar operações *roll-on roll-off*. De acordo com a SEP/PR (2013a), dentre os berços de atracação, oito são utilizados para a movimentação de granéis sólidos, cujo calado varia entre 8,7 a 12,7 metros de profundidade, o que permite navios de 200 a 245 metros atracarem. Além do cais comercial, segundo a

---

<sup>7</sup> A área se refere às instalações portuárias: ancoradouros, docas, cais, pontes e píeres de atracação e acostagem, terrenos, armazéns, edificações e vias de circulação interna, bem como pela infraestrutura de proteção e acesso aquaviário ao porto, tais como guias-correntes, quebra-mares, eclusas, canais, bacias de evolução e áreas de fundeio que devam ser mantidas pela Administração do Porto (Lei 8.630/93).

<sup>8</sup>De acordo com a Receita Federal do Brasil (Ministério da Fazenda), o regime aduaneiro especial de Depósito Franco permite a armazenagem de mercadoria estrangeira em recinto alfandegado para atender ao fluxo comercial de países limítrofes com terceiros países (Art. 499 do Regulamento Aduaneiro).

Appa (2016) e SEP/PR (2013a), faz parte da infraestrutura do porto 3 píeres, com extensão total de 1.338 metros, utilizados para carga e descarga de inflamáveis, graneis líquidos e fertilizantes.

De acordo com a Appa (2016), o acesso marítimo e fluvial do porto é realizado pelo canal da Galheta, que possui entre 150 a 200 metros de largura, numa extensão de aproximadamente 32 quilômetros. A barra de entrada é definida nas Cartas Náuticas de Marinha sob os n.º 1.821 e 1.822, com 13 a 15 metros de profundidade. O leito do canal é em areia, que restringe a navegação de graneleiros para até 78 mil toneladas. A bacia de evolução, nas quais os navios fazem as manobras, possui uma largura de 500 metros e calado com as mesmas dimensões dos berços. Quanto aos fundeadouros, eles são compostos por doze áreas, com calados de 6 a 17 metros.

O acesso terrestre pode ser realizado pela rodovia BR-277, que também faz conexão com as vias BR-116, PR-408, PR-411 e PR-410. Pela ferrovia o acesso é feito pelo segmento ferroviário denominado “Corredor do Paraná/Santa Catarina”, operado por uma malha de extensão aproximada de 2,2 mil quilômetros, administrada e operada pela empresa Rumo Logística. Quanto ao transporte aéreo, o acesso mais próximo está localizado no município de São José dos Pinhais a 80 quilômetros de distância, realizado pela rodovia BR 277 (DNIT, 2013).

O modal dutoviário é utilizado para movimentar produtos derivados de petróleo e está ligado ao porto por uma extensão de 90 quilômetros. Ele é operado pela Petrobras/Transpetro, que tem como propósito interligar o terminal de inflamáveis do porto com a refinaria Getúlio Vargas, em Araucária/PR.

De acordo com a Appa (2016), o porto possui um pátio de triagem, com capacidade de 1,4 mil caminhões, que descarregam nas moegas do Complexo de Silos de Granéis Sólidos (CSGS). A partir do quilômetro zero da rodovia BR-277 há uma malha estrutural de vias de acesso de 30 quilômetros de extensão e 7 metros de largura, com pavimentação rígida. Ela liga os terminais de Silos, de onde as cargas são direcionadas para os navios por meio de correias transportadoras.

A área de armazenagem do porto é constituída por 1 terminal público e 10 arrendados ou privados. A capacidade estática de ensilagem é de 1,5 milhões toneladas e os armazéns comportam 421 mil metros cúbicos de carga. Nos terminais operam 10 guindastes do tipo *shiploaders*, com capacidade de movimentar entre 800 e 1.500 toneladas por hora e além desses carregadores de graneis, o porto dispõe de 1 guindaste para carga geral, 9 móveis e 7 para carregamentos de contêineres.

### 3.2.2 Porto de Antonina

O Porto de Antonina é considerado como uma instalação complementar às operações do Porto de Paranaguá, cuja administração é nucleada pela Appa. Está localizado na Baía de Paranaguá, a uma distância de 17,7 quilômetros de Paranaguá, com latitude 25°26'30"S e longitude 48°41'30"W.

A área do porto organizado foi definida pelo Decreto nº 4.558 de 30 de dezembro de 2002 e segundo a Appa (2016), totaliza 328 quilômetros quadrados, dos quais 256 mil metros quadrados se situam no terminal Barão de Teffé e 72 mil metros quadrados no Terminal Ponta do Félix. As instalações portuárias, as infraestruturas de proteção e acesso aquaviário consistem na área do porto e está constituída por: 1 píer com 65 metros de extensão e 6 metros de profundidade; 1 Pera<sup>9</sup> Ferroviária com 83 mil metros quadrados, com a malha ferroviária desativada; 1 Pátio de Serviços com 102 mil metros quadrados; e área de 87 mil metros quadrados para expansão.

De acordo com a SEP/PR (2013) e Appa (2016), o Porto de Antonina está equipado com: 1 guindaste pórtico elétrico, 2 móveis para grandes carregamentos e 1 guindaste para carga geral; 15 empilhadeiras convencionais e 01 de alto desempenho; 4 carregadeiras; 1 trator com potência de 55 *Horse-Power* (HP); 1 balança rodoferroviária de 100 toneladas.

Dados da Appa (2016) demonstram que o porto movimentou no período entre 2001 a 2010 um volume de cargas que totalizou 6 milhões toneladas, equivalentes a 603 mil toneladas por mês. Nos anos de 2003 e 2004 foram mais de 1 milhão toneladas de mercadorias por ano e, a partir de 2011 até 2013<sup>10</sup>, o volume se manteve em 1,3 milhões de toneladas anuais. Os principais produtos movimentados pelo porto são: produtos congelados, fertilizantes e minérios de ferro.

Segundo a Antaq (2012a), no conjunto de infraestrutura do terminal Ponta do Félix estão instalados 8 armazéns, com capacidade total de 18 mil metros cúbicos de mercadorias e um pátio com área de 7,7 mil metros quadrados. No terminal Barão de Teffé, a área do pátio é de 102,5 mil metros quadrados. Como alternativa de armazenagem, o porto dispõe de dois armazéns infláveis, instalados no terminal Ponta do Félix, com capacidade de 2 mil e 3,6 metros quadrados, respectivamente.

---

<sup>9</sup> Pera é uma via férrea acessória, de traçado curvilíneo, destinada a inverter a posição do trem.

<sup>10</sup>Os dados sobre a movimentação do Porto de Antonina foram coletados no endereço eletrônico do Porto, que disponibiliza os volumes dos anos de 2001 a 2013. Os volumes movimentados posteriormente foram somados ao total dos dois portos, Paranaguá e Antonina.

De acordo com a Appa (2016), o porto possui um cais desativado e opera com o Terminal Ponta do Félix, que possui uma área de 263,8 m<sup>2</sup>, com extensão de cais de 360 metros. Nele estão disponíveis dois berços para a atracação, com calado de 9,10 metros de profundidade.

O acesso ao porto por via marítima é feito pelo canal da baía de Paranaguá, num percurso de 16,2 quilômetros, a partir de Paranaguá, com largura mínima de 110 e 130 metros nos trechos curvos. Nas proximidades da bacia de evolução existe a Ilha Catarina, de formações rochosas, que além de restringir a largura do canal, também afeta o calado dos berços de atracação. Por isso, o calado máximo está estabelecido em 5,89 metros (19,0 pés), para navios com o comprimento até 155 metros (APPA, 2016).

De acordo com SEP/PR (2013), a bacia de evolução está segmentada em duas áreas, uma que compreende toda a área em frente ao cais do Terminal Ponta do Félix e a outra próxima ao canal de acesso. A primeira possui aproximadamente 620 metros de extensão e 340 metros de largura, com profundidade em torno de 9,5 metros. No entanto, pelo fato da segunda área estar próxima às formações rochosas da Ilha Catarina, a largura da bacia de evolução se reduz a 70 metros, com calado de 7,1 metros, que delimita essa medida para o porto. Para o fundeio, são delimitadas 12 áreas, com comprimento de até 180 metros e calado de 7 a 13,1 metros.

O acesso terrestre ao porto é realizado pela rodovia PR-408, que está ligada à BR-277 (elo para o Porto de Paranaguá e Curitiba, capital do Paraná e desse ponto para outras regiões, como Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mercosul). Esta rodovia é de pista simples, com várias passagens de pedestres, ferrovia, rios, etc. A PR-410, também é conhecida como “Estrada da Graciosa”, faz a liga Antonina à BR-116, que é uma importante via de ligação com São Paulo. Porém, por possuir declive e sinuosidade significativos, restringe o tráfego para veículos de carga (DNIT, 2013).

### **3.2.3 Porto de São Francisco do Sul**

O Porto de São Francisco do Sul está localizado à margem leste da baía de Babitonga, no município de São Francisco do Sul, Santa Catarina, com latitude 26°14'15”S e longitude 48°37'59”W. A gestão é realizada pela autarquia do Governo do Estado de Santa Catarina, Administração do Porto de São Francisco do Sul (APSF), com delegação renovada em 28 de novembro de 2013, vencida em 30 de novembro de 2015, e em processo de análise na

Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR)<sup>11</sup> para ser convertida em caráter permanente.

Segundo a SEP/PR (2012), a área do porto organizado totaliza 971,88 quilômetros quadrados e abrange, além das instalações portuárias, a infraestrutura de proteção e acesso aquaviário. Os principais produtos movimentados no porto em dezembro de 2015, segundo a Administração do Porto de São Francisco do Sul (APSFS, 2015), foram: grãos, produtos siderúrgicos, fertilizantes, adubos, produtos químicos inorgânicos, madeira e alumínio. A área de abrangência do porto alcança, além de Santa Catarina, o Paraná, Rio Grande do Sul e algumas regiões do Mercado Comum Sulamericano (Mercosul).

Segundo a APSFS (2015), o cais público tem extensão contínua aproximada de 1,5 mil metros, com 780 metros de acostagem e profundidade de 14,5 metros. Os terminais arrendados operam na modalidade multiuso e são operados pelo Terminal Babitonga, com acostagem de 225 metros de comprimento e calado máximo de 11 metros. No conjunto de cais estão distribuídos 7 berços de atracação, exceto o terminal privado o calado é de 12 metros, que permitem o atracamento de navios de 260 a 384 metros de comprimento. Ainda, no cais público são reservados dois berços para a movimentação de granéis sólidos (grãos agrícolas e fertilizantes).

De acordo com a APSFS (2015), o canal de acesso possui 15 quilômetros (9,3 milhas) de extensão, e largura que varia entre 160 e 240 metros de largura e 14 metros de calado. De acordo com Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA, 2017), a bacia de evolução possui 620 metros de largura, profundidade de 11 a 19 metros e amplitude de maré de 2 metros. O fundeio é formado por seis áreas, marcadas pela carta náutica 1804, da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN), com profundidade que varia entre 5 e 28 metros.

O porto possui terminais que constituem o corredor de exportação, administrados pelas empresas Terlogs, Bunge e pela empresa pública Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC). A Terlogs opera em uma área de 40 mil metros quadrados, com 13 balanças ferroviárias e rodoviárias e opera com uma capacidade total de armazenagem de 140 mil toneladas de granéis sólidos (SEIBEL, 2010; APSFS, 2015).

A Bunge opera com uma planta de extração de soja para o processamento de até 1,7 mil toneladas por dia, em uma área de 125 mil metros quadrados, com capacidade de expedição de até 1,5 mil toneladas por hora de granéis sólidos e mil toneladas por hora de

---

<sup>11</sup> Informações disponíveis em: <[http://www.apsfs.sc.gov.br/?page\\_id=46](http://www.apsfs.sc.gov.br/?page_id=46)>. Acesso em: 15/06/2016.

óleo de soja. A capacidade de armazenagem é de 200 mil toneladas de grãos sólidos e 45 mil toneladas de óleo de soja (SEIBEL, 2010; APSFS, 2015).

Segundo a APSFS (2015), a CIDASC opera o Terminal Graneleiro Irineu Bornhausen, cuja recepção é composta por 3 balanças, com capacidade de carregar até 120 vagões e 150 caminhões por dia, duas moegas rodoferroviárias, ambas com fluxo de 500 toneladas por hora. De acordo com Seibel (2010), a capacidade de armazenagem é de 110 mil toneladas para grãos sólidos e 9 mil metros cúbicos para óleos vegetais.

De acordo com SEP/PR (2012), a armazenagem se situa na área retroportuária, na qual estão instalados 6 armazéns para grãos agrícolas, com capacidade de 339 mil toneladas de carga, 11 tanques para óleo vegetal, com capacidade de 37 mil metros cúbicos, 5 tanques com capacidade estática de 9 mil metros cúbicos e 5 silos que totalizam 30 mil toneladas de grãos sólidos.

Segundo MTPA (2017), os equipamentos portuários para movimentar os grãos vegetais consistem em: 2 carregadores de navios, 2 correias transportadoras, 3 moegas rodoviárias e 2 ferroviárias.

O acesso terrestre ao porto é realizado pela rodovia BR-280, que liga o porto à Joinville (SC) e também dá acesso à rodovia BR-101. Pelo modal ferroviário, o acesso é realizado pela estrada de ferro que liga São Francisco do Sul à Mafra (SC), em bitola métrica, distante a 167 quilômetros e que se conecta com São Paulo (SP), Porto Alegre (RS) e a rede ferroviária do Paraná no sentido Oeste. Segundo SEP/PR (2012) e MTPA (2017), o porto não possui pátio de triagem na zona primária.

O acesso marítimo ocorre pelo canal da baía de Babitonga. A ligação com o transporte aéreo é realizada por Joinville, distante a 60 quilômetros, e por Navegantes a 100 quilômetros. Outra opção é o aeródromo de São Francisco do Sul, que fica distante 8 quilômetros do porto e possibilita o uso de pequenas aeronaves particulares (SEIBEL, 2010).

### **3.2.4 Porto de Imbituba**

Segundo SEP/PR (2012a) o Porto de Imbituba está localizado no Centro Sul do estado de Santa Catarina, na Latitude 28°14'S e Longitude 48°40'O, em uma enseada aberta abrigada por molhe, com área total de 1,55 quilômetros quadrados. A gestão é realizada pela empresa pública estadual SCPar Porto de Imbituba S.A., subsidiária do único acionista, SC Participações e Parcerias, desde 2012.

As cargas predominantes no porto são: soja, milho, arroz, barrilha, bobinas de aço, cargas de projeto, contêineres, coque, clínquer, fertilizantes, outros grãos agrícolas, hulha betuminosa e sal. A área de abrangência envolve dois dos principais portos do país, Santos (SP) e Rio Grande (RS), num raio de 500 quilômetros.

Quanto à infraestrutura, segundo a SEP/PR (2012a), o porto dispõe de dois cais. O lado leste está formado por 660 metros de extensão, com dois berços de atracação e a oeste, com um berço, mede 245 metros. Os berços possuem uma profundidade que varia de 11,3 a 11,5 metros. Além desses pontos de atracamento, o porto dispõe de uma rampa *roll-on roll-off*, cuja profundidade é de 7,8 metros. Para movimentar os granéis sólidos, o porto possui uma esteira que liga os pátios de armazenagem ao cais. Um dos berços possui 245 metros de extensão e é destinado ao recebimento de mercadorias dessa natureza, compartilhado com as de carga geral.

Segundo SEP/PR (2012a), o Porto de Imbituba tem capacidade de operar 7,5 milhões de toneladas e 450 mil TEUs, com potencial de expandir em até 15 milhões de toneladas. Em 2016 o porto movimentou 40% a mais que em 2015 e foi considerado o período de maiores índices de operação registrados. Para realizar os transbordos para os navios, o porto está equipado com 2 carregadores de navios *ship-to-shore* (STS), 1 *shiploader*, 7 guindastes portuários móveis, do tipo *Mobile Harbor Crane* (MHC) e 1 plataforma para granel líquido.

Na zona primária do porto estão os armazéns de granéis líquidos, com capacidade de estocar 8,8 mil metros cúbicos, com 3 tanques ligados aos berços por meio de tubulações. Nesta área também se encontram 8 instalações para armazenar granéis sólidos, que totalizam 83,7 mil metros quadrados de área. O maior espaço é operado por empresa privada para movimentação de coque de petróleo, onde opera um pátio mecanizado com capacidade estática de 120 mil toneladas e descarga de 1,5 mil toneladas por hora.

Segundo SEP/PR (2012a), dois terminais arrendados para uma empresa privada estão disponíveis para a armazenagem de contêineres e carga geral, com capacidade de 152,7 mil e 53,7 mil metros quadrados, respectivamente. Ainda, existe uma área de 87,5 mil metros quadrados disponível para ser explorada em armazenagem de cargas.

De acordo com a SEP/PR (2012a), a área de fundeio para os navios comerciais é externa ao porto e possui uma profundidade de 13 m, com fundo de areia. A área interna é reservada para emergência e usada somente sob permissão da Autoridade Marítima. A bacia de evolução se situa sob abrigo do molhe de proteção, com 315 metros de largura e, apesar de possui 17 metros de profundidade, o calado máximo permitido é de 11,01 metros, o que limita

o tamanho máximo dos navios para 330 metros. No entanto, os navios maiores de 225 metros devem fazer o giro fora da bacia de evolução.

De acordo com a SCPar (2016), o acesso terrestre ao porto é feito por meio da rodovia estadual SC-435, que permeia o centro urbano de Imbituba e dá acesso à BR-101, considerada como uma das principais rotas do país com o Mercosul, mas com alto nível de tráfego, principalmente no período verão, quando o fluxo de turistas às praias é intenso. Por via férrea é feito por uma linha com extensão total de 164 quilômetros, cuja bitola é métrica, interligando a região carbonífera e cerâmica de Santa Catarina ao porto. No trecho de acesso ao porto a extensão é de 50,3 quilômetros, com 15 passagens de nível. Já o acesso aéreo é realizado a uma distância de 105 quilômetros, onde está situado o Aeroporto Internacional Hercílio Luz, em Florianópolis, capital do estado.

### **3.2.5 Porto do Rio Grande**

O Porto do Rio Grande está localizado ao sul do Estado do Rio Grande do Sul, nas margens do canal de ligação entre a Laguna dos Patos e o oceano Atlântico, com latitude 32°07'S e longitude 52°05'W. A administração desse porto é feita pela Superintendência do Porto do Rio Grande (Suprg), Autarquia Estadual vinculada à Secretaria da Infraestrutura e Logística do Estado do Rio Grande do Sul, criada pela lei 10.722 de 18 de janeiro de 1996 (ANTAQ, 2012b; SUPRG, 2016).

De acordo com a Suprg (2011), o porto possui 3,02 mil metros de extensão e 18 berços para a atracação em três zonas portuárias, denominadas de: Porto Velho, Porto Novo, Superporto. Ainda, existe uma área de expansão portuária localizada à margem esquerda do canal ao norte denominada São José do Norte. Conforme a SEP/PR (2013d), as bacias de evolução se encontram: uma em frente ao Porto Velho, uma no Porto Novo e duas no Superporto.

Segundo a Suprg (2011), a extensão do Porto Velho é de 640 metros de comprimento, com 4,6 metros de profundidade, dividido em sete áreas destinadas à carga geral de navegação do interior, ensino e pesquisa, turismo, lazer e passageiros. Também, essa área é reservada para atividades pesqueira, militar de serviços. Na área do Porto Velho estão instalados 5 armazéns de 5,7 mil metros quadrados.

O Porto Novo possui uma extensão de 1,9 mil metros de comprimento e 9,4 metros de profundidade. Além da área de expansão, ele se divide em sete segmentos: (1) Turismo, (2) lazer e preservação ambiental; (3) Militar; (4) Carga geral; (5) “*Roll-On Roll-Off*”; (6)

Fertilizantes; (7) Construção e reparo naval. A capacidade de armazenagem na área é 60 mil toneladas de granéis agrícolas. Para armazenar fertilizantes, o Porto Novo possui uma área de 10 mil metros quadrados e 11 mil metros quadrados para carga geral e 75 mil metros quadrados para contêineres. Também estão instalados 6 armazéns automotivos, com capacidade total de 33 mil toneladas e um pátio para veículos de 101 mil metros quadrados (SUPRG, 2011). De acordo com a SEP/PR (2013d), no Porto Novo estão disponíveis 3 guindastes sobre rodas, 5 descarregadores automáticos de navio e mais 5 guindastes diversos.

O Superporto é constituído por treze áreas, com extensão de 3,89 mil metros e profundidade de 5,2 a 12,8 metros. Nesse local operam onze terminais privados. O local é destinado à movimentação de diversos tipos de produtos e serviços, incluídos os granéis sólidos. Também serve de ligação entre o Porto do Rio Grande e São José do Norte, uma zona residencial e industrial da região (SUPRG 2011). Segundo a Antaq (2012b), além de estar bem estruturada para o armazenamento de contêineres, essa área possui grande capacidade para armazenar granéis sólidos (ANTAQ, 2012b).

De acordo com a Surpg (2016), no Superporto operam 7 guindastes com capacidade de carregar 3 navios simultaneamente. Possui veículos e equipamentos para transporte de contêineres, cujo pátio tem capacidade de operar 20 mil TEUs. Ainda, de acordo com a Antaq (2012b), nesta área estão alocados 46 tratores e 4 guindastes de pátio.

Segundo a Surpg (2016), no ano de 2015 o Porto do Rio Grande movimentou 23,58 milhões toneladas de mercadorias, com mais de 97% destinadas à exportação. De acordo com a SEP/PR (2013d, p. 8), existe predominância de carregamentos para granéis sólidos, sendo que a soja, o farelo de soja e o trigo se destacam, por representarem 50% dos embarques. De acordo com a SEP/PR (2013d), na zona primária do porto estão instalados armazéns para carga geral, celulose, veículos e cargas de projeto, que totalizam 62,8 mil metros quadrados de área. Além dessas instalações, o porto possui silos com capacidade de armazenar 60 mil toneladas de produtos.

De acordo com a SEP/PR (2013d), o canal de acesso possui 500 metros de extensão e se divide em três ramos: Porto Velho, com largura de 100 metros e calado de 5,18 metros; Porto Novo, com extensão de 5,1 quilômetros, largura de 150 metros e calado de 9,14 e 9,44 metros; e Superporto, com extensão de 16 quilômetros, largura mínima de 200 metros e calado de 12,8 metros.

Conforme a Suprg (2016), a área de fundeio está dividida em sete segmentos, porém em apenas cinco é possível lançar âncora. O primeiro possui 190 metros de comprimento e calado máximo de 12 metros, o segundo tem a mesma medida de comprimento e permite

navios com calados de 9,14 metros (30 pés). Os demais segmentos medem 120, 190 e 225 metros de comprimento, respectivamente, todos com calado de 6,7 metros, respeitadas as condições de fundeio por se tratarem de área de preservação ambiental.

De acordo com a SEP/PR (2013d), o acesso por vias aquáticas é realizado por meio da Laguna dos Patos e do sistema navegável das Lagoas dos Patos e Mirim. Conforme Dnit (2013), o acesso ferroviário é realizado por uma única linha, que possui aproximadamente 273 quilômetros de extensão, em bitola métrica. Essa linha, que liga Rio Grande a Bagé (RS), está integrada à malha que interliga a região sul e São Paulo. A linha férrea que adentra o Porto do Rio Grande faz o mesmo percurso da BR-392 e, no porto, ela se ramifica para atingir várias áreas e percorre um total de aproximadamente 10 quilômetros.

A rodovia BR 101 está ligada diretamente ao porto e as BR-392 e RS-734 o conecta com a BR-471 e esta, por sua vez, interliga a BR-116 que dá acesso aos outros estados do país (IBGE, 2010). A conexão aérea se dá por meio do Aeroporto Regional, situado aproximadamente a 10 quilômetros do porto (SEP/PR, 2013d; SUPRG, 2016).

### **3.2.6 Porto de Porto Alegre**

O Porto de Porto Alegre está localizado na margem esquerda do Lago Guaíba, na cidade de mesmo nome, com latitude  $30^{\circ}1'37,31''S$  e longitude  $51^{\circ}12'52,23''W$ . A área do porto tem uma extensão de 3,99 mil metros quadrados.

Segundo SEP/PR (2013b) o cais acostável tem uma extensão de 7,55 mil metros, divididos em três áreas: Mauá, Navegantes e Marcílio Dias. O primeiro atende as funções administrativas, de turismo e lazer do porto. O cais Marcílio Dias possui duas faixas para expansão e também é dedicado às atividades de turismo e lazer. No cais Navegantes encontram-se as áreas de abrigo de embarcações e movimentação das cargas, sendo elas: carga geral, granéis sólidos e líquidos, bem como uma faixa para expansão. Esse cais possui uma extensão de 3,27 metros, com profundidade de 6 metros e dois berços de atracação que totalizam 250 metros. Na área de granéis sólidos, o calado é de 5,18 metros (17 pés) e a extensão é de 300 metros livres.

De acordo com a SEP/PR (2013b), na área de armazenagem estão instalados 25 armazéns para carga geral e granéis, com 70 mil metros quadrados de extensão. No cais Mauá, o total de área para armazenagem é de 33,84 mil metros quadrados, com capacidade de 180,4 mil metros cúbicos, tendo quase 7 mil metros quadrados utilizados para a estação naval do corpo de bombeiros, garagem e oficina de veículos da autoridade portuária. No cais

navegantes estão dispostos 10 armazéns com área total de 38,3 metros quadrados e capacidade estática de 229,7 metros cúbicos e 68 mil toneladas de carga.

Os equipamentos portuários consistem em: 3 guindastes pórticos de tamanhos distintos e capacidades que variam de 5,6 a 40 toneladas; 1 guindaste esteira de 50 toneladas e 1 sobre rodas de 27 toneladas; 1 guindaste do tipo *Takraft*; 10 empilhadeiras com garfo frontal e lateral, com capacidade que varia de 1,8 a 23 toneladas; 3 pás carregadeiras com capacidade de 1,5 a 3 metros cúbicos; 1 trator de 30 HP; 7 rebocadores, 2 balanças rodoviárias (SEP/PR, 2013b).

O fundeio está situado em frente ao cais Mauá e a bacia de evolução, e os calados são de 6 e 7 metros de profundidade, respectivamente. A bacia de evolução tem 500 metros de largura e 6 metros de profundidade. Ela se estende ao longo dos cais Mauá e Navegantes.

O acesso aquaviário pode ser feito somente durante o dia, por hidrovia, que forma uma rota de ligação entre os portos de Porto Alegre e do Rio Grande, que segundo a Suprg (2016), possui extensão de 310 quilômetros de distância, com calado que varia entre 2,5 e 5,18 metros de profundidade. De acordo com a SEP/PR (2013b), a navegação noturna pelos canais da Lagoa dos Patos é restrita para embarcações com mais de 111 metros de comprimento, como é o caso dos navios graneleiros.

O acesso terrestre é realizado por 6 rodovias: BR-101, BR-116, BR-208, BR-290, BR-386 e BR-448, sendo uma delas triplicada, duas duplicadas e duas em pista simples, com velocidade variando entre 80 e 100 quilômetros por hora. Por ferrovia, o acesso é feito por uma linha que possui aproximadamente 33 quilômetros de extensão, em bitola métrica. Entretanto, o ramal de acesso ao porto está interrompido para esse modal (DNIT, 2013).

### **3.2.7 Porto de Pelotas**

O Porto de Pelotas está localizado no município de mesmo nome, região meridional do estado do Rio Grande do Sul, à margem esquerda do canal de São Gonçalo, que faz ligação entre a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos, com latitude 31°46'56''S e longitude 52°20'05''W. A área total do porto é de 749 mil metros quadrados, divididas em 8 segmentos, constituídos de áreas para os terminais multipropósito, administração, manutenção e cais (SUPRG, 2016).

Segundo SEP/PR (2013c), a infraestrutura do cais é constituída pelo Porto Público e o Terminal de contêineres da empresa CIMPOR. A área do Porto Público é dividida em dois segmentos, o Cais Comercial e a Doca, onde estão instalados três berços para a atracação. O

primeiro possui uma extensão de 500 metros, com profundidade de 6 metros, no qual são movimentadas as cargas, e a Doca, com extensão interna de cais de aproximadamente 400 metros, e externa de 80 metros, utilizada apenas para embarcações de recreação. O Terminal da CIMPOR é de uso privado, possui um píer de quase 20 metros de extensão e 2 dolphins de atracação, com profundidade de 6 metros.

De acordo com SEP/PR (2013c), na área do Porto Público estão instalados três armazéns com capacidade de 6 mil metros quadrados. No Terminal da CIMPOR estão onze silos, dez verticais com capacidade total de armazenagem de 7 mil toneladas e um horizontal de 105 mil toneladas. Ainda, nove tanques capazes de armazenar 15 mil toneladas no total. Na área retroportuária, opera o Terminal da CIMPOR e, conforme SEP/PR (2013c), naquele local estão instalados seis silos verticais e três silos horizontais com capacidade de 5 mil toneladas. Os principais produtos movimentados no porto são o clínquer, coque, fertilizantes e granéis agrícolas.

Segundo a Surpg (2016), os equipamentos utilizados para movimentar as cargas no Porto de Pelotas consistem em: dois autos guindastes sobre esteiras, com capacidade de até 50 toneladas; uma balança rodoviária para 60 toneladas; seis empilhadeiras, com capacidade de 2 a 6,8 toneladas; um guindaste pórtico com capacidade de 10 toneladas, quatro pás carregadeiras com capacidade de 1,5 a 3 metros cúbicos de carga.

De acordo com a Suprg (2016), o acesso terrestre é feito pela rodovia BR-293, cujo percurso é delineado pela fronteira sul do estado do Rio Grande do Sul e que se conecta com a BR-290 para chegar à Argentina. As vias BR-471 e 392 permitem acesso ao centro do estado, sendo a primeira de ligação com a fronteira do Uruguai. A BR-116 também faz conexão com o porto e o liga ao centro do país.

Segundo SEP/PR (2013c), o acesso ao porto por ferrovia poderia ser feito por uma malha de extensão que cobre uma extensão de 214 quilômetros, com bitola métrica. No entanto, o ramal de acesso ao porto está interrompido e não ocorre transporte por esse modal.

De acordo com Suprg (2016), o acesso hidroviário é realizado pelo canal São Gonçalo, com 12 quilômetros de extensão e 5,2 metros de calado. O fundeio ocorre na bacia de evolução, que possui 250 metros de largura e 500 metros de comprimento. Conforme SEP/PR (2013c), as condições de acesso hidroviário não permitem que navios oceânicos naveguem, por restrições de calado e largura do canal, que é de apenas 40 metros.

O resumo dos principais elementos relacionados à infraestrutura dos portos pode ser verificado na próxima seção, cujas informações são bastante relevantes para analisar a eficiência dos portos.

### 3.2.8 Resumo das Principais Características dos Portos do Sul do Brasil

A partir do levantamento das características dos portos, descrito na seção anterior, foi possível elaborar um resumo dos componentes relacionados à infraestrutura e acesso, conforme Quadro 4.

**Quadro 4 - Principais elementos de infraestrutura dos portos marítimos do Sul do Brasil.**

Infraestrutura		Portos						
		Paranaguá	Antonina	São Francisco do Sul	Imbituba	Rio Grande	Porto Alegre	Pelotas
Cais (m)		3.131	450	1.500	905	6.430	7.550	980
Berço (un)		27	2	7	3	18	2	3
Calado (m)		8,7 a 12,7	9,1	12	11,3 a 11,5	4,6 a 12,8	5,18 a 6	6
Bacia de Evolução	Largura (m)	500	70 a 620	620	315	120 a 225	500	250 a 500
	Profundidade (m)	8,7 a 12,7	7,1 a 9,5	11 a 19	17	4,6 a 12,8	6	5,2
Fundeio (m)		6 a 17	7 a 13,1	5 a 28	13	6,7 a 12	6 a 7	5,2
Acesso Aquaviário	Largura (m)	150 a 200	110 a 130	160 a 240	N/A	100 a 200	500	250 a 500
	Extensão (km)	32	16,2	15	N/A	0,5	310	12
	Profundidade (m)	13 a 15	7,1	14	N/A	10 a 18	2,5 a 5,18	5,2
Acesso Terrestre	Rodoviário	BR-277	PR-408	BR-280	SC-435	BR-101; BR-116; BR-208; BR-290; BR-386; BR-448	BR-101; BR-392; BR-734	BR-293; BR-471; BR-392
	Ferroviário Extensão (km)	2.200 km	Desativado	167 km	164 km	273 km	33 km	Desativado
Pátio triagem		Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Silos (t)		1500000	Não	30000	Não	60000	Não	112000
Armazéns		421.000 m <sup>3</sup>	18.000 m <sup>3</sup>	339.000 t	120.000 t	62,85 m <sup>2</sup>	410.100 m <sup>3</sup>	6.000 m <sup>2</sup>

Fonte: SEP/PR (2012, 2012a, 2013, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d), APSFS (2015), APPA (2016), SCPAR (2016), SUPRG (2016), MTPA (2017).

Os dados do Quadro 4 não serviram diretamente para a elaboração do modelo DEA, mas foram utilizados como elementos complementares da análise.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

No mundo acadêmico, a pesquisa científica consiste da realização de um estudo planejado, cujo método de abordagem e rigor metodológico são as marcas de uma investigação científica, pela qual o pesquisador terá condições de encaminhar a resolução dos problemas e/ou questões de pesquisa. A preocupação está em comprovar a validade e utilidade do conhecimento nos diversos âmbitos da sociedade (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 14).

O propósito deste capítulo é explicar os procedimentos metodológicos da pesquisa, para definir o método e o tipo de pesquisa, os procedimentos para a coleta, o tratamento e a análise dos dados.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Refletir sobre um problema sob a perspectiva científica, de acordo com Marconi e Lakatos (2003), constitui-se de um procedimento formal para conhecer a realidade ou descobrir verdades parciais. Conforme a referência anterior, o conjunto das atividades sistemáticas e racionais, que permite planejar caminhos, detectar erros e auxiliar nas decisões do cientista é denominado de método, que pode ser dedutivo ou indutivo. Segundo essas autoras, a diferença básica entre as duas abordagens se resume na inserção da probabilidade no método indutivo. Isso permite encerrar a informação não presente nas premissas.

A delimitação da pesquisa quanto à sua natureza, diz respeito à teoria de investigação e a aplicação prática deve gerar novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência (GIL, 1994; PRODANOV e FREITAS, 2013). Em relação aos objetivos, caracteriza-se como explicativa pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o universo de pesquisa apresentado a seguir.

#### **4.1.1 Universo de Pesquisa e Amostra**

Os portos marítimos do Brasil foram identificados como o universo desta pesquisa. A amostragem, que segundo Mattar (1996, p. 128) tem o propósito de validar os dados por meio

da coleta de elementos da população, isso se deu em função das cargas que os portos movimentam e a importância delas para a economia nacional.

De acordo com o IBGE (2015, p. 19), os produtos do setor Agropecuário representaram aproximadamente 5% do Produto Interno Bruto (PIB), a preços de mercado e a soja (grão, farelo e óleo) tem papel de destaque. Segundo a Conab (2016), esse produto representa 45% da produção total de grãos do país. Na safra de 2014/15, de acordo com a Conab (2016), 64% da produção estão concentradas nos estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul. O Mato Grosso se localiza na região norte do país, porém, de acordo com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC, 2016), grande parte da produção é enviada para exportação pelos portos do sul do Brasil, sendo eles a amostra da pesquisa.

Por ser responsável pela conexão terra-mar, a atividade de transbordo na faixa do cais delimitou o objeto de pesquisa, assim como o tipo de carga movimentada, cuja escolha se deu em razão dos graneis sólidos serem considerados por Menegazzo e Fachiunello (2014) como a mercadoria de maior movimentação nos portos brasileiros e que deverá manter a primeira posição por mais de dez anos. Dentre os produtos que compõem os graneis sólidos, destacam-se os adubos e fertilizantes utilizados na produção agrícola, cuja procedência é, em grande parte, do mercado externo.

Os graneis sólidos são caracterizados por grandes volumes de carregamentos para o alcance de economias de escala, tendo em vista seu baixo valor agregado. Em função disso, os portos devem se organizar de maneira a oferecer condições de infraestrutura e capacitações logísticas adequadas a essa demanda, ou seja, possuir grandes armazéns, operar com equipamentos especializados, berços apropriados para receber navios maiores, proporcionar rapidez e segurança, entre outros.

Os portos marítimos da região Sul do Brasil fazem parte do sistema portuário nacional, que segundo a SEP/PR (2015, p. 4), é constituído por 37 portos públicos, sendo 19 instalações administradas pela União (Companhia Docas) e 18 delegadas aos municípios, estados e consórcios públicos.

A região Sul do Brasil é formada pelos estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e nela estão instalados nove portos marítimos, sendo eles: Porto de Paranaguá, Porto de Antonina, Porto de São Francisco do Sul, Porto de Itajaí, Porto de Itapoá, Porto de Imbituba, Porto de Laguna, Porto do Rio Grande, Porto de Porto Alegre e Porto de Pelotas.

Os portos de Itajaí, de Itapoá e de Laguna não apresentaram registros referentes à movimentação de granéis sólidos no período analisado. Os principais produtos do Porto de Itajaí são referentes à carga geral, em sua maioria containerizadas, assim como o Porto de Itapoá, que é privado. O Porto de Laguna opera apenas com produtos da pesca. Por não se enquadrarem como objeto de análise desta Tese, esses portos foram desconsiderados.

Portanto, a amostra se configurou como não probabilística, por tipicidade, que segundo Vergara (2004), se constitui pela seleção de elementos que o pesquisador considera representativos. Dessa forma, foram escolhidos sete portos marítimos para serem analisados (Quadro 5), por movimentarem granéis sólidos no período de 2010 a 2016, cujos dados estão disponíveis no Sistema de Informações Gerenciais da Antaq.

**Quadro 5 – Portos Marítimos do Sul do Brasil que movimentaram granéis sólidos 2010-2016.**

Nº	Instalação Portuária	UF
1	Porto de Paranaguá	PR
2	Porto de Antonina	PR
3	Porto de São Francisco do Sul	SC
4	Porto de Imbituba	SC
5	Porto do Rio Grande	RS
6	Porto de Porto Alegre	RS
7	Porto de Pelotas	RS

Fonte: Dados da pesquisa

No capítulo 4 as instalações portuárias em análise foram situadas no contexto do sistema portuário brasileiro, assim como apresentado um resumo descritivo dos aspectos relacionados à localização, estrutura organizacional, dimensões físicas, acessos, infraestruturas e tecnologias.

#### 4.2 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

De acordo Severino (2002), os procedimentos operacionais para a coleta de dados devem ser traduzidos em técnicas cuja pesquisa está delineada. Então, para a coleta, registro e análise dos dados, os processos-básicos se resumem em documentação e estudo de campo.

A documentação, segundo Severino (2002), é uma técnica para identificar, levantar e explorar documentos, que serviram de fontes para o objeto da pesquisa e o registro das informações, utilizadas no desenvolvimento da Tese. Esse processo se deu por meio do levantamento de dados secundários referentes aos indicadores de desempenho operacional dos portos marítimos do Sul do Brasil, disponibilizados pelo Sistema de Informações Gerenciais

(SIG) da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), referentes aos grupos de mercadorias do recorte temporal de 2010 a 2016 e dados coletados no período de 22/04/2017 a 01/06/2017.

A estratégia para analisar a eficiência portuária por meio de dados de corte transversal é utilizada em diversos trabalhos, como os de Barros (2003), Cullinane e Wang (2006), Nwanosike, Nicoleta e Warnock-Smith (2012) e, por isso, parece bastante adequada para o que se propõe nesta Tese, principalmente devido aos dados disponíveis serem escassos.

Adicionalmente aos dados do SIG, foram coletadas informações técnicas e de infraestrutura dos portos, constantes nos Planos Mestres, elaborados e disponibilizados pela Secretaria dos Portos da Presidência da República (SEP/PR) e nos endereços eletrônicos de cada instalação portuária, na Internet. Ainda, com o intuito de preencher as lacunas referentes aos dados dos relatórios oficiais, utilizou-se da técnica de estudo de campo, que segundo Gil (2002, p. 53), possui a tendência de “utilizar muito mais técnicas de observação do que de interrogação, [...] muito mais o aprofundamento das questões propostas do que a distribuição das características da população segundo determinadas variáveis”.

O estudo de campo implica em um planejamento mais flexível e, segundo Gil (2002), até permite que os objetivos possam ser reformulados ao longo do processo de pesquisa. Assim, nesta pesquisa foi aplicado por meio de duas estratégias sugeridas por Vergara (2004): a observação não participante e entrevistas.

#### **4.2.1 Observação não participante**

Para a observação não participante, os portos selecionados foram o de Paranaguá, por concentrar o maior volume da região analisada e o Porto de São Francisco do Sul, pela proximidade do primeiro e apresentar uma evolução referente aos carregamentos de granéis sólidos no período. As observações se deram por meio da técnica de aprendizagem acadêmica denominada de visitas técnicas, que segundo Marconi e Lakatos (2003), permite ao pesquisador uma experiência direta com a situação em estudo.

As visitas técnicas foram agendadas por meio dos endereços eletrônicos dos portos, confirmadas por telefone e ocorreram nos dias 08, 10 e 31 de agosto de 2016. No Porto de Paranaguá ocorreram em duas etapas, sendo a primeira na manhã do dia 08 de agosto de 2016, com duração de duas horas, quando foram observadas as instalações administrativas, o cais público, os armazéns e silos do porto. A segunda etapa ocorreu em 10 de agosto de 2016, no terminal de contêineres TCP, com duração de uma hora e trinta minutos, onde foi possível

observar os processos e atividades dos terminais de carga geral, cargas frigorificadas e pátios de armazenagem.

No Porto de São Francisco do Sul, o processo ocorreu no dia 31 de agosto de 2016, no período da tarde e teve duração de três horas. As informações fornecidas pelo técnico que acompanhou as visitas foram anotadas e detalhes das instalações, registrados com fotos.

#### **4.2.2 Entrevistas**

Complementarmente às visitas técnicas, foram realizadas entrevistas com os gestores da logística dos portos, cujo propósito foi o de conhecer os processos de carga e descarga de granéis sólidos. De acordo com Moreira (2002, p. 54), essa estratégia é definida como “uma conversa entre duas ou mais pessoas com um propósito específico em mente”. Segundo Richardson (1999), as entrevistas podem ser não estruturadas ou totalmente abertas, parcialmente estruturadas ou semiabertas, e totalmente estruturadas ou fechadas.

Por não estar no escopo da Tese compreender o comportamento dos entrevistados, mas sim levantar dados técnicos para serem confrontados com os relatórios oficiais ou sanar dúvidas geradas durante as visitas técnicas, optou-se por questões não estruturadas. Sobre essa estratégia, Roesch (1999) sugere ter cautela quanto ao entrevistado poder falar livremente, sem interrupções ou intervenções e isso implica em uma dificuldade maior para tratar e analisar os dados. Para contornar esse problema é importante listar tópicos para conduzir a pesquisa ou transformá-los em questões que orientem a entrevista.

As questões formuladas para os gestores da logística dos portos (APÊNDICE A) seguiram um roteiro de questões abertas, previamente elaboradas em um formato pelo qual as respostas pudessem ser facilmente categorizadas. Para Roesch (1999), por meio desse tipo de coleta de dados o entrevistado possui mais liberdade para expor os fatos e as informações, assim elas tendem ser mais ricas.

A entrevista com os gestores da logística do Porto de Paranaguá ocorreu no dia 08 de agosto de 2016, com duração de uma hora e trinta minutos. Aplicou-se essa técnica em dois gestores, que explicaram todos os processos de movimentação de granéis, a forma como organizam o fluxo das mercadorias, dos veículos, embarcações e pessoas.

No Porto de São Francisco do Sul, por solicitação da administração do porto, houve a necessidade de enviar o formulário da entrevista por correio eletrônico para análise prévia. Assim, no dia 31 de agosto de 2016, a entrevista foi realizada com um funcionário do porto, que expôs as respostas durante a visita técnica.

Os dados das entrevistas foram organizados, classificados, categorizados e confrontados com o arcabouço teórico sobre eficiência portuária, compuseram as variáveis da função objetivo e restrições modeladas para o problema de Pesquisa Operacional, relatado na próxima seção.

#### 4.3 ABORDAGEM DEA UTILIZADA PARA MEDIR O DESEMPENHO DOS PORTOS

De acordo com Bichou e Gray (2005), Cullinane e Wang (2006) e Vieira (2013) os portos são provedores de atividades de serviços logísticos para a integração de diversas cadeias de suprimentos. Segundo Rol e Hayuth (1993), Chang, Lee e Tongzon (2008) e Marad (2008), existe uma complexidade nas operações portuárias que abrangem negócios globais em constante mudança.

Devido a esses argumentos, para o tratamento e análise dos dados desta Tese utilizou-se a técnica Análise Envoltória de Dados (DEA). A razão se deu por esse método possibilitar a conversão de medidas de múltiplos insumos e produtos em uma única medida de eficiência, para ser comparada entre organizações complexas, por meio de observação das melhores práticas. Ainda, conforme orienta Charnes, Cooper e Rhodes (1978), algumas condições para a aplicação do método foi verificada, sendo elas:

- a) as unidades de análise (portos) devem ser comparáveis, que significa realizarem as mesmas tarefas, com objetivos semelhantes.
- b) Os portos devem atuar nas mesmas condições de mercado.
- c) As variáveis (*input* e *output*) devem ser as mesmas, exceto em unidade de medida (intensidade) e escala (magnitude).

As unidades de análise (DMUs) são as instalações portuárias da região sul do país, com características similares e que operam com a atividade de carga e descarga de graneis sólidos. Essa delimitação está coerente com o pressuposto de homogeneidade destacado por Roll e Hayuth (1993) quanto aos requisitos de que as DMUs utilizem os mesmos recursos de entrada e produzam as mesmas saídas. Devido aos portos possuírem operações logísticas complexas, essa delimitação afasta o risco para a correta medição da eficiência.

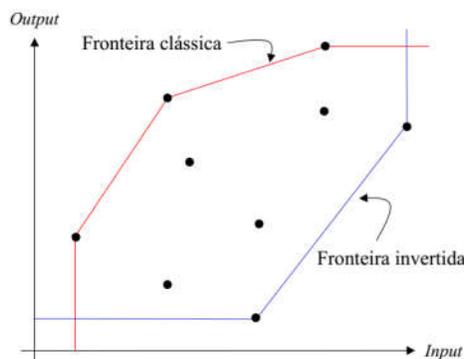
A transformação dos dados dos portos em unidades de análise se deu de forma que os valores por ano de cada um dos portos fossem convertidos em uma DMU. Esse processo resultou em 49 DMUs, que representam sete períodos (2010-2016) para os sete portos, conforme descrito na Tabela 1.

Conforme Soares de Mello et al. (2005), o modelo DEA-BCC atribui 100% de eficiência para a unidade com menor *input* e maior *output*, independente da relação entre eles, o que, segundo Sousa Júnior et al. (2013), resulta numa eficiência relacionada ao tamanho do porto, sem levar em conta a relação com as demais variáveis. Por outro lado, conforme demonstrado na Figura 4, que ilustra as características das duas abordagens, o modelo DEA-BCC é mais benevolente, por considerar DMUs não captadas pela reta do modelo DEA-CCR.

Por ser entendido que as atividades de transbordo de navios operam com retornos variáveis de escala e que o conceito de eficiência está baseado no melhor aproveitamento dos *inputs* pela DMU, o modelo DEA-BCC, orientado para *outputs* parece bastante adequado para a análise desta Tese, principalmente por não ser coerente compensar baixos resultados com a diminuição de *inputs*, como é o caso do DEA-CCR. Ainda, Guerreiro (2006) argumenta que o modelo DEA-BCC admite competição imperfeita, o que faz coerente a explicação de Cullinane e Wang (2006) de este ser um modelo mais realista.

O DEA padrão representa uma visão, que segundo Ângulo Meza et al. (2003) é otimista em relação à eficiência das DMUs. Para testar a robustez desse resultado, os autores indicam o cálculo da fronteira invertida, que representa uma visão pessimista das DMUs, pela troca dos *inputs* pelos *outputs* do modelo original. Esse procedimento é válido, pois, de acordo com Melo et al. (2005), uma DMU pode ser eficiente por considerar apenas algumas das variáveis, as que lhes são mais favoráveis. De acordo com Melo et al. (2005), a fronteira invertida é composta pelas DMUs com as piores práticas gerenciais e, por isso, pode ser denominada de fronteira ineficiente. O Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIADv3.0) disponibiliza o cálculo dessa fronteira e ela foi considerada neste estudo.

**Figura 6 – Configuração da fronteira invertida**



Fonte: Soares de Mello et al. (2005)

O confronto entre as visões otimistas e pessimistas, segundo Entani, Maeda e Tanaka (2002), serve para identificar DMUs “falsamente” eficientes e não possuem relação essencial entre elas. Esse procedimento é possível a partir do cálculo da eficiência composta, que conforme Melo et al. (2005) pode ser expressada por:

$$Eficiência_{Final} = \frac{Eficiência_{Padrão} - Eficiência_{Invertida} + 100}{2} \quad 10$$

A eficiência composta ou final, segundo Meza et al. (2005) pode ser normalizada e expressada por:

$$Eficiência_{Normalizada} = \frac{Eficiência_{Padrão} \text{ de cada DMU}}{\text{Maior índice dentre todas as DMUs}} \quad 11$$

O cálculo da eficiência composta e a normalizada é gerado pelo programa SIADv3.0 e considerado neste estudo para identificar a presença de DMUs falsamente eficiente.

Segundo Cullinane e Wang (2006), os objetivos estabelecidos pelos portos, como rentabilidade, aumento na produção, entre outros, geralmente são levados em consideração para definir as variáveis que irão compor a medida de eficiência. No entanto, para a devida seleção das variáveis, Senra et al. (2007) sugerem a validação baseada no conhecimento de especialistas ou em algum método estatístico ou multicritério.

Para o primeiro caso, o Quadro 6 descreve as principais referências desta pesquisa, sobre medidas de eficiência portuária com o uso do DEA, no qual estão descritos os modelos adotados e as variáveis utilizadas.

O conteúdo do Quadro 6 permite observar que as variáveis mais utilizadas estão relacionadas com a infraestrutura e operação dos portos. No entanto, em confronto com as informações obtidas junto aos gestores dos portos e a revisão da literatura sobre logística portuária, se verificou que o tempo de transbordo de um navio no porto tem efeito importante nos *inputs* e *outputs* envolvidos nas operações, o que implica em defini-lo como um fator crítico de controle da gestão logística portuária.

**Quadro 6 – Principais referências de análise de eficiência portuária com DEA.**

Referência	<i>Input</i>	<i>Output</i>	Abordagem DEA
Roll e Rayuth (1993)	Capital Número de funcionários Tipo de Carga	Nível de serviço Movimentação de carga Satisfação dos usuários Número de atracações	CCR
Barros (2003)	Número de trabalhadores Valor contábil dos ativos	Navios Carga movimentada Peso bruto Quebras de cargas a granel Cargas containerizadas Granéis sólidos Granéis líquidos	CCR
Rios (2005)	Número de guindastes Número de berços Área do terminal Número de funcionários	TEU <sup>12</sup>	CCR e BCC
Cullinane e Wang (2006)	Comprimento do cais Área do terminal Guindastes de cais Guindastes de pátio Transportador móvel	Taxa de transferência TEU	CCR e BCC
Wanke, Barbastefano e Hijjar (2011)	Número de berços Área do terminal Estacionamento	Rendimento agregado Embarques carregados	CCR e BCC
Sousa Júnior et al. (2013)	Calado Extensão do berço Capacidade estática	Navios Movimentação horária	CCR
Rios (2015)	Número de dias com precipitação Grau de endividamento Área do pátio Armazenagem coberta Profundidade/Calado Número de portos	Movimentação total Carga geral Despesas gerais e administrativas Custo dos serviços prestados	CCR
Wanke e Barros (2015)	Comprimento do cais Profundidade máxima do cais Número de berços Área de armazenagem Área de pátio Largura do canal Profundidade do canal	Tempo carregamento de sólidos Tempo de carregamento de contêiner Taxa de transferência de carregamento de sólidos Taxa de transferência de contêiner Frequência carregamento sólidos Frequência de contêiner	CCR e BCC

Fonte: Elaborado pela autora

As variáveis do modelo DEA para esta Tese foram definidas a partir do desempenho relacionado às entregas dos granéis sólidos nos portos do Sul do Brasil, cujos valores são oriundos dos dados operacionais referentes ao período entre 2010 e 2016, relacionados ao tempo de entrega, que conforme a Antaq (2017) são definidos conforme a seguir.

<sup>12</sup> TEU é um termo em inglês para contêineres, que se refere a “Twenty Feet Equivalent Unit”.

a) **Tempo de operação da carga:** indicador que corresponde à divisão do tempo de operação em horas (diferença entre a data/hora final de operação e a data/hora de início da operação) e o número de embarcações.

b) **Tempo médio atracado da carga:** indicador que corresponde à divisão do tempo total atracado em horas (diferença entre a data/hora de desatracação e a data/hora de atracação da embarcação no porto/instalação) e o número de embarcações por porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga.

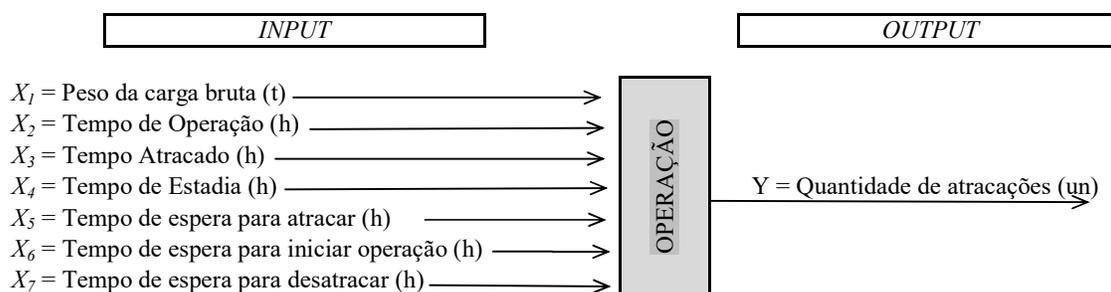
c) **Tempo de estadia da carga:** indicador que corresponde ao tempo de estadia em horas (diferença entre a data/hora da desatracação e a data /hora de atracação).

d) **Tempo de espera para atracar:** indicador que corresponde à divisão do tempo de espera em horas (diferença entre a data/hora da atracação e a data /hora da chegada à área de fundeio) e o número de embarcações por porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga.

e) **Tempo ocioso de espera para iniciar a operação:** indicador que corresponde à divisão do tempo de espera em horas (diferença entre a data/hora de início da operação e a data /hora da atracação) e o número de embarcações por porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga.

f) **Tempo ocioso de espera para desatracar:** indicador que corresponde à divisão do tempo de desatracação em horas (diferença entre a data/hora do final da operação e a data/hora de desatracação) e o número de embarcações por porto/instalação portuária, terminal, berço ou grupo de carga.

**Figura 7 – Modelo DEA Preliminar**



Fonte: Elaborado pela autora

A quantidade de atracações, que representa o *output* do modelo DEA, ficou definida como a delimitação final do fluxo de entrega. As demais variáveis foram consideradas como os recursos de entrada ou *inputs*, conforme demonstrado na Figura 7.

Para executar o modelo DEA preliminar utilizou-se o Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD), desenvolvido por Angulo Meza et al. (2003). A versão 3 do SIAD permite considerar até 100 DMUs e 20 variáveis, equilibradas entre *outputs* e *inputs*. O programa possui uma interface de fácil execução e possibilita agilidade para se determinar a eficiência. A justificativa de seu emprego está nos resultados satisfatórios em vários estudos, como os de Fontes (2006), Sousa Júnior (2010), Peixoto (2013). A inserção dos dados no SIADv3.0 obedeceu à classificação demonstrada na Figura 7.

O resultado do modelo preliminar (APÊNDICE B) se configurou no problema de baixa capacidade de ordenamento das DMUs mencionado por Senra et al. (2007). Por isso, foi necessário realizar a seleção das variáveis para reduzir o número de *inputs* do modelo e efetuar nova simulação para essa nova configuração. A justificativa para esse procedimento será explicada a seguir.

#### 4.3.1 O processo de seleção das variáveis para redução dos *inputs*

De acordo com Senra et al. (2007, p. 192), na abordagem DEA “quanto maior o número de variáveis em relação ao número de DMUs, menor será a capacidade de ordenação pelas eficiências, já que há tendência de muitas DMUs ficarem na fronteira (máxima eficiência)”. Esse fato é caracterizado como uma fragilidade clássica do método, que implica na baixa capacidade de ordenamento das DMUs e, como consequência, a utilidade do modelo como uma ferramenta de avaliação pode ser questionada. Por isso, os autores sugerem restringir o número de variáveis.

Golany e Roll (1989) apresentaram uma técnica para selecionar as variáveis que devem ser excluídas, sem comprometer a eficiência do modelo. O processo se dá em três estágios: (1) *Judgmental-screening*, que se refere à distinção entre variáveis determinantes de eficiência e as explicativas de ineficiência; *Non-DEA quantitative analysis*, que sugere a análise de regressão como ferramenta para determinar a classificação da variável (*input* ou *output*); *DEA based analysis*, sugerido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) para identificar as variáveis que deverão ser excluídas por não agregarem eficiência significativa ao modelo.

Para testar essas formas de seleção, Senra et al. (2007) analisaram cinco métodos, sendo eles: *I-O Stepwise* Exaustivo; Multicritério; Multicritério Inicial e Combinatório por Cenários. O primeiro tem como premissa que a seleção de variáveis deve obedecer ao princípio da máxima relação causal entre *inputs* e *outputs*. A preocupação está focada no aumento da eficiência média com um número limitado de variáveis. Os autores concluíram

que o método tem a desvantagem de não garantir que poucas DMUs estejam na fronteira, o que significa um risco de fornecer baixa capacidade de o DEA discriminar DMUs eficientes e ineficientes.

O segundo método apresentado por Senra et al. (2007), o Multicritério, busca combinar a boa relação causal e a discriminação no modelo DEA. A relação causal é medida por meio de um ajuste à fronteira dado pela eficiência média de todas as DMUs. A discriminação é alcançada quando o número de DMUs com a mesma eficiência é reduzido.

O terceiro método, o Multicritério Inicial, propõe alterar a forma de seleção do primeiro par de variáveis e realizar os passos seguintes iguais ao anterior. Segundo Angulo-Meza et al. (2007), esse procedimento tem a grande desvantagem de fazer várias normalizações sucessivas com diferentes valores de referência, o que pode levar ao exame da combinação ideal das variáveis, mas não à sua escolha.

O quarto procedimento, denominado de método Multicritério Combinatório por Cenários, se diferencia dos demais por incluir todas as variáveis e depois comparar os modelos com diferentes números de variáveis. Ele é desenvolvido em duas fases, sendo a primeira dedicada para construir cenários a serem analisados na segunda.

Além dos métodos acima mencionados, Angulo-Meza et al. (2007) realizaram a escolha de variáveis pelo método denominado como Compensatório de Normalização Única ou CNU, que leva em consideração os valores extremos teoricamente alcançáveis. Os autores (p. 27) explicam que o método CNU “não considera os valores máximos e mínimos efetivamente atingidos para a eficiência e o número de DMUs na fronteira para cada quantidade de variáveis”.

Apesar das características de boa relação causal e poder de discriminação apresentadas pelas técnicas acima mencionadas, excluir variáveis do modelo DEA pode implicar em risco de a análise não se aproximar da realidade. Por isso, a técnica de Análise dos Componentes Principais (ACP) foi a escolhida para a seleção das variáveis, pois permite reduzir os fatores sem alterar a variabilidade das variáveis originais. Além disso, com a aplicação da APC se evita o problema de multicolinearidade entre as variáveis, ou seja, as variáveis que entrarão no modelo não estarão correlacionadas.

De acordo com Mingoti (2005), Young e Pearce (2013), a extração dos fatores pelo método ACP ocorre por meio de combinação linear, que considera a variância total das variáveis. Segundo Lyra et al. (2010), a ACP consiste em fatorar a matriz de dados  $X$ , de maneira que  $X = TL^T + E$ , onde  $L$  é a matriz dos pesos, o operador de transposição  $T$  representa a matriz dos escores, e  $E$  a matriz dos resíduos. A primeira componente da ACP corresponde

ao vetor de maior variância no espaço multivariado e é representada por:  $PC1 = T_1L_1^T$ . O resíduo de  $X$  se obtém ao descontar  $PC1$ , cuja expressão é dada por:  $E_1 = X - T_1L_1$ .

A segunda componente principal da ACP, considerada a melhor aproximação de 1 para  $E_1$  é expressada por:  $PC2 = T_2L_2^T$ , e corresponde à ortogonal de  $PC1$  de vetor com a maior variância no espaço multivariado. O resíduo de  $PC1$  e  $PC2$  é representado por:  $E_2 = E_1 - T_1L_1$ . Na sequência, as componentes irão modelar o vetor de maior variância no espaço multidimensional não modelado pelas  $PCs$  e sempre ortogonais a todas elas.

Assim, os 7 *inputs* do modelo DEA preliminar foram submetidos à Análise dos Componentes Principais, pela qual foram gerados dois fatores. Dessa forma, o modelo DEA ficou configurado com 7 DMUs, 2 *inputs* e 1 *output*, o que representa atender ao requisitos de proporcionalidade entre as DMUs e as variáveis do modelo, conforme sugerem Nunamaker (1985) e Bowlin (1998) para o número de DMUs referente à amostra ser pelo menos três vezes maior do que a soma dos *inputs* e dos *outputs*.

O uso da estatística em combinação com o DEA foi uma estratégia complementar para a análise. De acordo com Cooper, Seiford e Tone (2007), esse procedimento tem sido muito utilizado na literatura e, segundo Senra et al. (2007) os métodos que exigem pouca ou nenhuma informação subjetiva, como os aqui utilizados, são bem adequados para o caso de indecisão ou com grandes dúvidas, mas não deve ser negligenciada a opinião dos especialistas na etapa inicial e depois escolher o método de seleção. Por isso, para a análise se considerou os apontamentos dos gestores de logística entrevistados nas visitas aos portos.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados da aplicação do método DEA. Para atender os objetivos específicos, primeiramente foram levantados os dados operacionais dos portos do Sul do Brasil, em que foram descritos os processos logísticos para o transbordo de granéis sólidos. Em seguida, foram definidas as variáveis do modelo DEA e verificada a proporcionalidade exigida por essa técnica não paramétrica. Determinado o modelo, foi possível analisar a eficiência dos portos e apontar os problemas de ineficiência existentes, sob a orientação teórica, constantes nas considerações gerais sobre os resultados.

### 5.1 O PROCESSO LOGÍSTICO DA OPERAÇÃO DE TRANSBORDO NOS PORTOS DO SUL DO BRASIL

A partir das visitas técnicas e entrevistas com os gestores de logística dos portos de Paranaguá e de São Francisco do Sul foi possível descrever os processos básicos utilizados para a ocorrência de atracções nos portos. Esse procedimento foi complementar à coleta de dados referentes à movimentação de cargas, gerados pelo sistema de informações gerenciais, desenvolvido e processado pela Antaq e alimentado pelas instalações portuárias. Algumas considerações apontadas pelos entrevistados foram entendidas como pertinentes para dar robustez aos resultados da análise e, por isso estão relatadas a seguir.

De acordo com os gestores de logística do Porto de Paranaguá, o sistema de informação gerencial da Appa, responsável pela autorização e liberação dos navios é tido como referência nacional. Nos portos visitados, tanto os carregamentos quanto as descargas são autorizados de acordo com a liberação de atraque dos navios. A ação é coordenada para que ocorram transbordos fracionados, no sentido de evitar congestionamentos de equipamentos dentro e ao redor dos portos.

No Porto de Paranaguá, que se destaca em relação ao volume de mercadorias movimentadas, a carga é agendada desde a origem ao destino, no interior do país. Esse procedimento também foi observado nos demais portos. O ordenamento de saída do pátio de triagem para o transbordo na faixa do cais é planejado de forma que, considerados os demais algoritmos do sistema de liberação de cotas (calculada em função do volume de mercadorias,

número de armazéns, frotas, etc.), a cada 15 minutos seja puxada determinada quantia de veículos.

Conforme o Gestor 1, do Departamento de Operações Portuárias (Deport), do Porto de Paranaguá, “o processo de cotas e ordenamento de saídas proporcionou um aumento de 78% de carregamentos nos últimos anos, pois antes de sua implantação, saíam do pátio 90 caminhões e após a mudança conseguem sair 160 caminhões”.

Ainda, o Gestor 2, da Divisão de Silos (DISILOS), ressaltou a existência de outras demandas para sanar os problemas de fluxo nos portos de Paranaguá e de Antonina, como o controle da quantidade de caminhões que saem do pátio até terminal, aos quais são colocados parâmetros com intervalo para estabelecer o número de caminhões que podem trafegar nesse trecho. O propósito é não causar gargalos no trânsito urbano, ou seja, uma quantidade possível de veículos que caibam no acesso do terminal e vias do porto. Segundo os gestores, o fracionamento das puxadas de cargas ajudou a cadenciar o fluxo das mercadorias.

Tanto no Porto de Paranaguá quanto nos portos de Antonina e de São Francisco do Sul, os gestores consideram que o controle de carregamentos possibilitou melhorias na produtividade. Mas, até o momento das entrevistas não havia sido registrado um histórico para se fazer comparações.

Um dos principais problemas de fluxo, verificado nas visitas técnicas, foi a insuficiente disponibilidade de modais com maior capacidade para os transportes de cargas, como o ferroviário. Os gestores dos portos também mencionaram que esse tipo de transporte pode proporcionar maior fluidez das cargas, além de demandar menos recursos humanos.

Os portos visitados possuem uma regra de cumprimento da prancha média, ou seja, o tempo de ocupação do berço ou doca que o navio leva atracado para realizar o transbordo, que é estabelecida com base nas cotas dos terminais. Caso a meta não seja alcançada, o navio deve desatracar e ir para a área de fundeio e deve se reorganizar para atracar em outra oportunidade. Os custos dessas manobras são cobrados dos terminais pela administração do porto.

O fluxo do transbordo dos grânéis sólidos na faixa do cais ocorre no sentido de exportação e importação. De maneira geral, nos portos do Sul do Brasil, o fluxo de saída é composto por grânéis agrícolas e o de entradas por adubos e fertilizantes.

## 5.2 DESEMPENHO OPERACIONAL DOS PORTOS

O desempenho operacional dos portos marítimos do Sul do Brasil pode ser medido a partir de diversos indicadores. No entanto, com o propósito de apresentar uma delimitação, se definiu objeto de investigação a atividade de carga e descarga, aqui considerada como transbordo na faixa do cais, por se tratar de uma estrutura de transferência, segundo Wanke e Hijjar (2009), faz parte da gestão logística, integra o transporte de cargas e se configura no nível operacional. Outrossim, pela facilidade de acesso aos dados, os indicadores relacionados ao volume, peso e tempo das atracções foram definidos como variáveis para este estudo, cuja descrição consta na Tabela 1.

**Tabela 1– Dados operacionais dos portos do Sul do Brasil para transbordo de granéis sólidos – 2010 a 2016**

Porto	Ano	Atracções (un)	Carga Bruta (em 1.000 t)	Tempo (em 1.000 h)					
				Operação da Carga	Atracado da Carga	Estadia da Carga	Espera da Carga	Espera Início Operação	Espera Desatracar
PARANAGUÁ	2010	861	23.811,64	64,7	78,05	322,78	244,73	0,68	0,74
	2011	841	26.735,60	72,67	88,48	591,63	503,15	1,21	0,74
	2012	922	29.874,84	73,65	96,68	787,67	690,98	0,3	0,85
	2013	896	30.149,85	75,66	95,93	1.084,59	988,66	0,77	1,38
	2014	813	29.596,19	63,57	81,73	539,32	457,59	2,9	3,32
	2015	742	29.475,77	64,06	213,11	1.910,13	1.697,02	8,63	7,32
	2016	775	28.235,58	59,74	521,26	5.712,29	5.191,04	20,96	26,26
ANTONINA	2010	18	185,58	2,76	3,1	6,82	3,72	0,14	0,2
	2011	84	1.102,63	9,67	11,99	44,05	32,06	0,34	0,59
	2012	82	1.161,55	7,73	9,24	46,47	37,23	0,16	0,6
	2013	103	1.537,21	11,01	13,48	48,49	35,01	0,37	0,94
	2014	97	1.472,86	9,45	12,5	25,84	13,34	0,27	0,92
	2015	46	761,06	6,67	17,21	57,4	40,19	0,65	1,84
	2016	54	1.181,50	9,12	43,8	80,81	37,01	1,37	2,31
S. FRANCISCO DO SUL	2010	128	5.282,94	8,45	10,26	48,02	37,76	0,16	0,15
	2011	171	5.369,03	10,62	13,96	53,6	39,65	0,28	0,61
	2012	177	7.011,81	10,43	15,06	51,96	36,9	0,44	2,01
	2013	232	9.318,50	13,99	15,09	67,78	52,68	0,25	0,23
	2014	233	8.868,92	15,4	16,95	56,06	39,11	0,11	0,07
	2015	264	9.851,53	18,44	36,55	177,57	141,02	0,21	0,14
	2016	237	7.719,93	19,17	85,01	299,19	214,18	0,56	0,28
IMBITUBA	2010	63	1.226,98	4,75	6,43	9,15	2,72	0,41	0,46
	2011	86	1.868,32	7,05	9,93	17,62	7,69	0,53	1,23
	2012	63	1.549,21	5,3	6,73	13,78	7,06	0,53	0,35

Porto	Ano	Atracações (un)	Carga Bruta (em 1.000 t)	Tempo (em 1.000 h)					
				Operação da Carga	Atracado da Carga	Estadia da Carga	Espera da Carga	Espera Início Operação	Espera Desatracar
	2013	103	2.106,54	9,94	15,07	32,3	17,23	1,26	0,72
	2014	113	2.560,59	11,26	17,15	34,99	17,84	1,21	0,61
	2015	105	2.650,71	9,62	18,02	25,95	7,94	1,62	0,6
	2016	157	4.153,89	16,89	31,25	62,39	31,15	1,64	1,19
RIO GRANDE	2010	658	6.077,76	24,85	42,4	57,21	14,81	6,75	6,43
	2011	781	8.125,49	32,13	52,67	89,21	36,54	8,99	5,74
	2012	685	7.181,56	29,78	50,78	99,13	48,35	7,72	6,6
	2013	782	9.576,05	34,22	64,86	175,99	111,13	10,4	7,85
	2014	839	10.613,85	37,92	71,09	153,8	82,71	10,07	6,72
	2015	576	10.746,66	26,13	58,34	333,77	275,44	8,43	5,47
	2016	595	9.914,07	26,36	80,4	285,81	205,41	8,41	6,44
PORTO ALEGRE	2010	208	942,17	9,67	13,33	13,36	0,03	1,1	1,01
	2011	138	774,74	5,99	9,4	9,41	0,02	0,53	1,02
	2012	178	898,8	7,3	13,17	13,22	0,05	1,13	0,94
	2013	183	997,08	9,27	16,28	16,58	0,3	2,21	2,05
	2014	177	1.022,65	8,48	13,79	13,88	0,09	1,62	1,53
	2015	132	938,56	7,53	14,53	14,63	0,11	1,7	1,82
	2016	166	1.048,71	8,72	23,62	24,03	0,42	3,13	3,41
PELOTAS	2010	13	32,27	0,41	0,66	0,67	0,01	0,18	0,07
	2011	10	24,9	0,3	0,4	0,43	0,02	0,04	0,07
	2012	6	13,33	0,17	0,23	0,23	0	0,01	0,05
	2013	9	18,55	0,26	0,4	0,44	0,04	0,05	0,09
	2014	19	44,93	0,57	1,05	1,26	0,21	0,31	0,17
	2015	18	49,23	0,6	1,06	1,07	0,01	0,27	0,19
	2016	6	13,79	0,16	0,29	0,3	0	0,08	0,05
TOTAL		14.645	343.876	963	2.113	13.513	11.400	121	114

Fonte: Dados da Pesquisa

O comportamento das variáveis descritas na Tabela 1 será abordado nos próximos parágrafos.

### 5.2.1 Quantidade de atracções

Com relação à variável “Quantidade de Atracações”, no período entre 2010 e 2016, os portos de Paranaguá e do Rio Grande detiveram 74% do total de atracções para o embarque e desembarque de grânéis sólidos, com 5.850 e 4.916 unidades, respectivamente.

O porto de Paranaguá se caracteriza como exportador, pois segundo a Appa (2016), 69% de suas mercadorias foram movimentadas nesse sentido de rota, a importação representa

apenas 30% e 1% são referentes às atividades de apoio, como suprimento de água e combustíveis. A média do número de atracções deste porto, referente ao período de 2010 a 2016, foi de 836 unidades por ano, com maior valor realizado no ano de 2012, correspondente a 922 atracções. Nos anos de 2015 e 2016 ocorreu um decréscimo para 742 e 775 unidades, respectivamente, que segundo os seus gestores de logística, se deve à baixa atividade econômica brasileira no período, tendo reflexo nas atividades dos portos. No entanto, se considerados os pesos das cargas, o desempenho foi mantido.

De acordo com a SEP/PR (2013d, p. 8), no Porto do Rio Grande predomina carregamentos de granéis sólidos, com 50% das mercadorias constituídas por soja, farelos e trigo. As dimensões físicas do porto favoreceram esse tipo de carregamento e, segundo a Suprg (2016), 97% das cargas são destinadas à exportação.

No período de 2010 a 2016 o Porto do Rio Grande apresentou uma média de 702 atracções por ano, com maior valor em 2014 quando foram realizadas 839 unidades. Nos dois últimos períodos de análise o porto sofreu uma queda no número de atracções para 576 e 595 unidades, em 2015 e 2016, respectivamente.

O Porto de São Francisco do Sul deteve 10% do total de atracções realizadas no período e manteve a média de 206 atracções por ano. Conforme os gestores desse porto, o número de atracções deve aumentar devido à realização de obras de dragagem autorizadas pelo Ibama<sup>13</sup> e executadas em agosto e setembro de 2016. O propósito é alcançar 14 metros de profundidade nos canais de acesso da Baía de Babitonga. Não obstante, está elaborado o projeto para a construção de um novo berço (401), de múltiplo uso, cujo objetivo é aumentar em 4 milhões de toneladas por ano a movimentação de mercadorias no porto.

O Porto de Porto Alegre realizou 1.182 atracções entre 2010 e 2016, o que representou uma média de 169 unidades por ano e 8% do total realizado pelos portos. Uma das principais restrições para o aumento das atracções se deve aos trechos dos canais de acesso possuírem balizamento cego e impossibilitarem a navegação noturna. De acordo com a SEP/PR (2013b), a navegação pelos três canais de acesso pode durar até 6,5 horas e, em função desse tempo, a saída dos navios do porto deve ocorrer até por volta das 13 horas, pois ao contrário, devem ficar fundeados na Lagoa dos Patos. Além disso, conforme a SEP/PR (2013b), dos navios que chegam à barra de Rio Grande, em torno de 70% não podem entrar na Lagoa dos Patos e acabam aguardando por permissão fora da barra.

---

<sup>13</sup> Jornal do Porto de São Francisco do Sul, Edição 01, Jul. 2016, p. 01

O Porto de Imbituba, durante o período entre 2010 e 2016 participou com 5% do total das atracções dos portos do Sul que movimentam granéis sólidos, com uma média de 99 unidades por ano. O Porto de Antonina participou com 3% do total das atracções e manteve a média de 69 unidades por ano, apesar das variações ocorridas no período. Em 2013, o porto obteve o seu maior número de atracções, atingindo 103 unidades.

O Porto de Pelotas apresentou o menor número de atracções entre os portos analisados, pois manteve a média de 12 unidades por ano. Em 2014 e 2015 apresentou os maiores valores, quando atingiu 19 e 18 atracções, respectivamente. No entanto, em 2016 o porto realizou apenas 6 atracções.

Assim como o Porto de Antonina, o Porto de Pelotas está localizado distante da costa marítima e os canais de acesso apresentam restrições para navegação que podem ser consideradas relevantes. Na bacia de evolução do Porto de Antonina alguns trechos possuem 70 metros de largura e no Porto de Pelotas o calado é de 5,2 metros de profundidade. Além disso, as dimensões dos cais nesses portos são menores em relação aos demais, com números reduzidos de berços para atracção e calados que variam de 6 a 9 metros de profundidade (Pelotas e Antonina, respectivamente).

As restrições acima mencionadas explicam o pior desempenho dos portos de Antonina e Pelotas em relação aos demais e corrobora com os argumentos de Bichou e Gray (2005) e Vieira e Kliemann (2016) a respeito da necessidade de um porto se localizar em áreas adequadas para que a interação entre membros de diferentes canais logísticos possa ocorrer de forma satisfatória.

### **5.2.2 Peso da Carga**

Com relação aos valores demonstrados na Tabela 1, no período de 2010 a 2016 o Porto de Paranaguá apresentou o maior desempenho em relação à movimentação de granéis sólidos, pois ficou responsável por 58% do peso da carga embarcada. O Porto do Rio Grande deteve o segundo lugar e manteve a média de 18% do volume carregado no período, seguido pelo Porto de São Francisco do Sul, com 15% do total embarcado. O Porto de Imbituba participou com 5%, Porto de Porto Alegre e Porto de Antonina alcançaram 2%, e Porto de Pelotas menos de 1%.

O peso da carga está relacionado com o tipo de embarcação. Assim, quanto maior o tamanho das embarcações, como o padrão Panamax e Novo Panamax, que segundo o IACS (2012) exigem uma profundidade de 12,04 a 18,3 metros, respectivamente, maior devem ser

as dimensões dos berços para atracação, do acesso aos canais, das áreas de fundeio e da bacia de evolução.

Além dos aspectos de infraestrutura, que afetam tanto o número de atracações quanto ao volume de carga embarcado, outro fator a ser levado em consideração é a rapidez dos carregamentos, que pode ser traduzido pela dimensão tempo, conforme apresentado a seguir.

### **5.2.3 Tempo de operação**

De acordo com os dados operacionais da Tabela 1, o Porto de São Francisco do Sul obteve o melhor desempenho quanto à relação entre o peso de carga e hora de operação, pois alcançou um índice médio de 569 pontos no período, que representou o volume de granéis sólidos em toneladas, carregados por hora. Esse indicador demonstra a agilidade da instalação portuária em carregar ou descarregar granéis sólidos. Nos anos de 2010 a 2013 a média desse índice foi de 617 pontos, o que significou perda de produtividade, pois deixou de carregar 48 toneladas por hora.

O Porto de Paranaguá figurou na segunda posição em relação a esse índice, com a média de 420 toneladas de granéis sólidos por hora de operação no período de 2010 a 2016. Porém, nos três últimos anos elevou a média para 466 toneladas por hora (t/h), o que denota ganho de produtividade.

Ao considerar que segundo a Antaq (2017) um porto opera com 744 horas mensais, a diferença entre os índices alcançados pelos portos de São Francisco do Sul e Paranaguá no período, que resultou em 149 toneladas por hora de operação, pode-se constatar que Paranaguá deixou de carregar 1,33 milhões de toneladas de granéis sólidos por ano, ou seja, entre 16 a 22 navios do tipo Panamax.

As demais instalações portuárias obtiveram índices menores, sendo: Porto do Rio Grande igual a 298 t/h; Porto de Imbituba, 254 t/h; Porto de Antonina, 124 t/h; Porto de Porto Alegre, 118 t/h; Porto de Pelotas, 80 t/h.

No sentido de ampliar o raciocínio em relação à rapidez, a variável peso da carga, foi relacionada com as demais variáveis, conforme a seguir.

### **5.2.4 Tempo do navio atracado**

O Porto de São Francisco do Sul manteve os indicadores mais elevados referentes aos carregamentos em toneladas, por hora do navio atracado, pois alcançou nos anos de 2010 a

2014 o índice de 500 pontos. O Porto de Paranaguá figurou na segunda colocação com a média de 319 toneladas por hora de navio atracado. Esse indicador leva em consideração o tamanho do navio, pois o volume de carga dos navios irá condicionar as suas dimensões, ou seja, quanto maior o peso da carga, maior será o navio.

Nos anos de 2011 e 2015, a relação entre essas variáveis no Porto de São Francisco do Sul caiu para 385 e 270 pontos, respectivamente, e mais significativamente no ano de 2016, quando apresentou 91 toneladas por hora de navio atracado e denotou perda de agilidade em 82% da média realizada nos primeiros quatro anos de análise.

Em 2015, o Porto de Paranaguá perdeu desempenho em 57%, com 138 pontos. Em 2016 sofreu queda de mais 61% nesse indicador, atingindo apenas 54 pontos. Isso significou perda de desempenho em relação aos períodos de 2010 a 2014 de 83%.

As médias desse indicador no período para os demais portos foram: 168 pontos para o Porto de Imbituba; 149 para o Porto do Rio Grande; 83 para o Porto de Antonina; 67 para o Porto de Porto Alegre; e 50 pontos para o Porto de Pelotas. A baixa produtividade apontada por esse indicador significa que o porto não foi ágil na operação da carga, o que levou ao navio permanecer mais tempo atracado do que o necessário. Entre outras, essa é uma das causas de aumento do custo de estadia no porto, que será tratado a seguir.

### **5.2.5 Tempo de estadia da carga e espera para atracar**

O tempo de estadia refere-se ao desempenho quanto ao período pelo qual o navio entra no porto, realiza todas as suas operações e sai do porto. De acordo com a Tabela 1, os portos de Paranaguá e Antonina, ambos administrados pela Appa, apresentaram maior tempo de estadia dos navios para o transbordo de grânéis sólidos. Isso pode ser constatado se for considerada a razão entre o peso da carga e o tempo de estadia.

Dessa forma, o Porto de Paranaguá apresentou a média de 37 toneladas por hora no período de 2010 a 2016 e o Porto de Antonina foi igual a 28. Nos demais portos os índices foram maiores, sendo: 103 para o Porto de São Francisco do Sul; 94 para o Porto de Imbituba; 66 para os portos de Porto Alegre e do Rio Grande; 48 para o Porto de Pelotas.

No ano de 2016, exceto o Porto de Pelotas, todos os demais apresentaram redução no volume de carga por hora de estadia e o Porto de Paranaguá reduziu o índice de maneira significativa, pois conseguiu embarcar apenas 5 toneladas de grânéis sólido por hora no período.

Considerada a razão entre o tempo de estadia da carga em 24 horas e a quantidade de atracções do Porto de Paranaguá no ano de 2016, que foi de 7,37 mil horas por atracção, é possível verificar que um navio pode levar até 307 dias para ser carregado com graneis sólidos. A média dos anos anteriores em relação a esse tempo é de 44 dias, isso significa que em 2016 o porto apresentou 263 dias a mais de estadia dos navios. A partir de uma análise superficial desse resultado e com base no custo médio de um navio parado por dia de US\$ 8,3 mil (ZOGAHIB, 2008), é possível concluir que a perda de desempenho do porto de Paranaguá no ano de 2016 pode chegar a US\$ 2 milhões.

Conforme Brito e Brito (2012), a principal implicação do baixo ritmo dos fluxos é a redução da apropriação do lucro pelos agentes de operação portuária, o que afeta o valor dos serviços e representa a parcela entre a disposição do usuário a pagar e o preço cobrado pela administração portuária.

Para os demais portos em análise, os tempos de estadia mais significativos foram: 62 dias para o Porto de Antonina em 2016; 53 dias para o Porto de São Francisco do Sul em 2016; 24 dias para o Porto do Rio Grande em 2015; 17 dias para o Porto de Imbituba em 2016. Os portos de Porto Alegre e Pelotas apresentaram tempos bem inferiores.

O tempo de espera para atracar foi considerado como uma variável componente do tempo de estadia da carga, com índices bastante similares. Por isso, julgou-se desnecessário expor seus indicadores nesta seção.

Segundo os gestores de logística entrevistados, a agilidade nas operações de transbordo na faixa do cais depende de diversos fatores, mas destacaram alguns mais importantes, como: comprimento do cais; número de berços, com profundidade adequada para o recebimento de navios graneleiros; canal de acesso sem restrições para a navegação de embarcações de grande porte; equipamentos multifuncionais, flexíveis e modernos, que permitam atender demandas variadas; estruturas de apoio, como armazéns automatizados, módulos móveis e capacidade para grandes volumes; infraestruturas de acesso terrestre, suficientes e adequadas para movimentar graneis sólidos, como a ferroviária.

Esses elementos dizem respeito aos componentes essenciais da atividade logística, mencionado por Gallegos (2014) e representam parcelas significativas dos serviços logísticos, que conforme Ballou (1995; 2006) Baier, Hartmann e Moser (2008), Marchesini e Alcântara (2014), são necessários para promover a interação dos portos com seus agentes e, neste caso, com os embarcadores.

## 5.2.6 Tempo de espera para iniciar a operação e para desatracar

Os tempos de espera para iniciar operação e para desatracar indicam a ociosidade presente nos portos. Sob essa perspectiva, a partir dos dados da Tabela 1 pode ser verificado que os portos de Paranaguá e do Rio Grande foram os que apresentaram maior tempo ocioso e essas variáveis apresentaram o mesmo comportamento no período de 2010 a 2016.

Cabe destacar que o Porto de Paranaguá perdeu desempenho de forma expressiva nos anos de 2015 e 2016, quando apresentou alteração nas horas médias de espera para atracar e desatracar de 3 para 40 horas. O Porto do Rio Grande manteve a média de 24 horas de espera para atracar e 18 horas para desatracar. Esses resultados foram considerados bastante elevados em relação aos realizados pelos demais portos.

O Porto de Pelotas apresentou os menores tempos de espera, que variou de 18 a 24 minutos. O Porto de São Francisco do Sul apresentou a média de menos de uma hora de espera para atracar e 1,5 horas para desatracar. Os demais portos mantiveram a média que oscilou entre 1,3 a 4,6 horas.

A partir dos indicadores analisados nesta seção, foi possível observar o desempenho referente aos tempos de transbordo dos grânéis sólidos na faixa do cais. Os dados demonstraram que os portos de Paranaguá e do Rio Grande perderam desempenho em relação às entregas de mercadorias nos cais entre os anos de 2010 a 2016.

De acordo com Lambert, Cooper e Pagh (1998), entregas no prazo e redução do tempo para efetivá-las são fatores que compõem os serviços logísticos e devem fazer parte da estratégia de operação dos portos. Ainda, para Ballou (1995), o tempo médio das entregas e a sua variabilidade são levados em conta pelo embarcador. Por isso, a demora para carregar e descarregar mercadorias implica que os serviços oferecidos pelo porto sejam considerados insuficientes, e de acordo com Rothengatter (1996) afetam negativamente a eficiência e a competitividade dos transportes de carga.

Assim, sob o enfoque da confiabilidade em relação aos serviços, a eficiência do porto deve ficar comprometida se ele operar com variações no tempo das entregas ou com atrasos. Por isso, os indicadores ora colocados serão considerados como variáveis na análise de eficiência dos portos, tratada a seguir.

### 5.3 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA O MODELO DEA

Para desenvolver o método DEA levou-se em consideração o pressuposto de que o volume de carga e o número de atracções são indicadores de produtividade que, em conjunto com o tempo do fluxo das mercadorias, compõem a capacitação logística dos portos.

O peso das cargas determina o tipo e a capacidade das embarcações, a quantidade de atracções é derivada dos processos que envolvem o fluxo de mercadorias nos portos e, de acordo com Razzolini Filho (2001), esse conjunto de competências deve ser constituído com o propósito de ligar estratégias organizacionais com as de infraestrutura. A partir disso, se estabeleceu e nominou os portos a serem analisados e as variáveis para compor o modelo DEA. Também, foram especificados os termos para identificá-los, conforme o Quadro 7.

**Quadro 7 – Nomenclatura para identificar os portos e as variáveis do modelo DEA**

Portos	SIGLA	Variáveis		SIGLA
Unidades de Tomada de Decisão	DMU	<i>Output</i>	Quantidade de Atracções (un)	NAVI
Porto de Antonina	ANTO	<i>Inputs</i>	Peso da Carga Bruta (t)	CARG
Porto de Paranaguá	PARA		Tempo de Operação da Carga (h)	OPER
Porto de São Francisco do Sul	SFSU		Tempo Atracado da Carga (h)	ATRA
Porto de Imbituba	IMBI		Tempo de Estadia da Carga (h)	ESTA
Porto do Rio Grande	RGDE		Tempo de Espera para Atracar (h)	ESPE
Porto de Porto Alegre	PTAL		Tempo de Espera Iniciar Operação (h)	TEIO
Porto de Pelotas	PELO		Tempo de Espera Desatracar (h)	TEDE

Fonte: Elaborado pela autora

Nunamaker (1985) e Bowlin (1998) recomendam para a modelagem do DEA, que a quantidade de DMUs deve ser pelo menos três vezes maior do que a soma das variáveis, o que desqualifica o modelo composto por oito variáveis e sete DMUs, conforme consta no Quadro 7.

Para o problema de proporcionalidade, Angulo Meza et al. (2007) sugerem ampliar o número de variáveis. Por isso, em função dos dados estarem relacionados a uma série de sete anos (2010 a 2016), se considerou uma DMU para representar cada ano. Dessa maneira, o número de DMUs foi ampliado e o modelo DEA se configurou como: 7 *inputs*, 1 *output* e 49 DMUs.

A simulação resultou em 19 das 49 DMUs apresentarem 100% de eficiência (APÊNDICE B), ou seja, 40% das DMUs estão presentes na fronteira ótima, o que revelou a fragilidade do método DEA de baixo poder de discriminação, além da desvantagem de não

permitir analisar a evolução histórica das DMUs. Por isso, a alternativa sugerida por Angulo Meza et al. (2007) de reduzir o número de variáveis foi levada em consideração.

Entretanto, de acordo com Thanassoulis (2001), a alteração do conjunto de variáveis selecionadas poderá impactar nos resultados. Ademais, extrair variáveis pode levar ao erro de retirar da análise um componente importante, que levaria ao distanciamento da realidade dos portos. A estratégia entendida como a mais prudente para evitar esses problemas foi a de extrair um número reduzido de fatores representativos das variáveis originais, o que é possível pela Análise de Componentes Principais.

Primeiramente, a existência de associação entre as variáveis foi verificada por meio da Análise de Correlação de Pearson, cujos dados foram extraídos dos indicadores operacionais dos portos (Tabela 1) e o sistema computacional utilizado foi o programa SPSS/IBM, versão 24.

**Tabela 2 – Matriz de Correlação entre as variáveis independentes do modelo.**

	CARG	OPER	ATRA	ESTA	ESPE	TEIO	TEDE
CARG	1	0,970**	0,676	0,609	0,600	0,413	0,433
OPER		1	0,634	0,541	0,531	0,448	0,435
ATRA			1	0,977**	0,972**	0,781	0,887**
ESTA				1	1*	0,700	0,848**
ESPE					1	0,690	0,842**
TEIO						1	0,950*
TEDE							1

Determinante = 0,00000545

\* Correlação perfeita positiva

\*\* Correlação forte positiva

Fonte: Elaborada pela autora.

Por meio da matriz de correlação da Tabela 2 se constatou a existência de correlação perfeita positiva entre as variáveis ESPE (tempo de espera para atracar) e ESTA (tempo de estadia). Essas duas variáveis possuem forte correlação com ATRA (tempo de espera para atracar), cuja associação atingiu mais de 97% para ambas e com a variável TEDE (tempo de espera para desatracar), que apresentou índices de 0,848 com ESTA e 0,842 com ESPE.

Os pares ATRA-TEDE e TEIO-TEDE também possuem forte associação, com índices de 0,887 e 0,950, respectivamente. A variável CARG (peso da carga bruta) é fortemente correlacionada com a variável OPER (tempo de operação da carga), cujo índice foi de 97% de associação.

Conforme orienta Santana (2003) a respeito do grau de associação e a tendência de comportamento entre as variáveis, a análise de correlação permitiu verificar a existência do problema de multicolinearidade no modelo. O teste do Fator de Inflação da Variância (VIF)

corroborou com esse resultado ao revelar valores que variaram entre 25,393 a 44,512, o que significa serem muito elevados, quando o ideal é próximo de 1.

A partir desses resultados, para se aplicar a análise dos componentes principais foi necessário escolher entre as variáveis perfeitamente correlacionadas, apenas uma para entrar no modelo. O programa SPSS eliminou a variável ESTA, por considerá-la menos correlacionada com o conjunto dado. Portanto, pareceu bastante pertinente descartá-la do modelo.

### 5.3.1 Análise dos Componentes Principais para determinar os *inputs* do modelo DEA

Após resolver o problema de multicolinearidade, os *inputs* definidos para o modelo DEA foram submetidos à estatística multivariada de Análise dos Componentes Principais (ACP), cujo propósito foi o de desenvolver um modelo parcimonioso para fazer substituição do conjunto original de variáveis fortemente correlacionadas por outro menor, com baixa ou nenhuma correlação.

Com o objetivo de comprovar se a matriz de dados originais cumpre os requisitos mínimos para realizar a análise de componentes principais, foi utilizado o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que segundo Barroso e Artes (2003), é a medida de adequação amostral para indicar se a porcentagem da variância referente aos indicadores é comum e, portanto, explica a existência de fatores subjacentes. De acordo com Barroso e Artes (2003), Piacenti e Lima (2012), o índice KMO oscila entre 0 e 1; se o resultado for inferior a 0,50, o uso da ACP não é adequada; entre 0,51 e 0,60 é regular; entre 0,61 e 0,70 os valores são considerados bons; entre 0,71 e 0,80, ótimo; e entre 0,81 e 1,0, excelente.

Além do teste KMO também se realizou a Prova de Esfericidade de Bartlett (normalidade multivariada), com o objetivo de rejeitar a hipótese nula pela qual a matriz de correlação seria uma matriz identidade. Esta medida toma valores entre 0 e 1 e segundo Mingoti (2007) e Field (2009), um teste significativo possui a medida do *p*-valor menor do que 0,05. Para valores elevados, a análise fatorial para reduzir dados é recomendada. Ainda, o índice do determinante da matriz de correlação deve ser menor de 0,00011.

Os resultados do KMO de 0,703, do teste de esfericidade de Bartlett com nível de significância de 5%, e o determinante da matriz de 0,00000545, mostraram que a matriz original cumpre os requisitos mínimos para se realizar uma análise de componentes principais.

**Tabela 3 – Medida KMO e teste de esfericidade de Bartlett's**

Bartlett's Test of Sphericity	Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	0,703
	Approx. Chi-Square	547,440
	df	15
	Sig.	0,000

Fonte: Dados da Pesquisa.

A Tabela 4 descreve os indicadores da variância total explicada resultantes da aplicação do método ACP.

**Tabela 4 – Indicadores da variância total explicada do método de extração ACP.**

Componente	Autovalores Iniciais			Somadas de extração de cargas ao quadrado			Somadas de rotação de cargas ao quadrado		
	Total	% de	%	Total	% de	%	Total	% de	%
		variância	acumulado		variância	acumulado		variância	acumulado
1	4,448	74,141	74,141	4,448	74,141	74,141	3,334	55,568	55,568
2	1,148	19,141	93,282	1,148	19,141	93,282	2,263	37,714	93,282
3	0,358	5,962	99,244						
4	0,02	0,334	99,578						
5	0,016	0,266	99,844						
6	0,009	0,155	100						

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 4 é observado que os dois primeiros componentes, com um autovalor superior a um, conservam 93,3% da variabilidade total. O primeiro fator explica 74,1% da variabilidade total e o segundo fator 19,1%.

**Tabela 5 – Cargas fatoriais da matriz de componente rotado.**

Variável	Componente	
	1	2
Tempo de Espera para Desatracar (h) - TEDE	0,973	
Tempo de Espera para Iniciar a Operação (h) - TEIO	0,911	
Tempo Atracado da Carga (h) - ATRA	0,852	
Tempo Espera para Atracar (h) - ESPE	0,835	
Peso da Carga Bruta (t) - CARG		0,958
Tempo Operação da Carga (h) - OPER		0,950

Fonte: Dados da pesquisa.

Na matriz de componentes rotados (Tabela 5), os itens com maior afinidade entre si estão agrupados. Ademais, mostra-se a comunalidade, que indica o quão bem estão

representadas as variáveis originais pelo conjunto de fatores selecionados (dois no caso da presente análise).

Em relação ao componente 1, constituído por: tempo de espera para desatracar (TEDE); tempo de espera para iniciar operação (TEIO); tempo atracado da carga (ATRA) e tempo de espera para atracar (ESPE); agrupa as variáveis relacionadas com o tempo em que o navio passa no porto desde sua chegada até a saída do cais. Por esse motivo pareceu adequado denominar a este fator de “permanência no porto” ou “PERM”.

O componente 1 apresentou indicadores com cargas fatoriais altas e o maior percentual de variância explicada (74,1%). Quanto maior o escore fatorial, maior a importância do componente e, por isso, o resultado obtido demonstra que a permanência no porto é um fator bastante significativo para a gestão logística portuária.

Os valores positivos das cargas fatoriais do componente 1 permitem inferir que os índices apontam para a mesma direção, e significa que quando um componente apresentar a tendência de aumento do grau da importância, os demais também irão apresentar o mesmo comportamento. De fato, o aumento da permanência dos navios no porto ocorre em função dos tempos adicionais transcorridos para atracar, de espera para iniciar as operações com as cargas e desatracar.

O componente 2, constituído pelo peso da carga bruta e tempo de operação, parece adequado ser denominado de “carregamentos efetuados” ou “CARRE”, por representar o resultado de carga e descarga de um navio ou transbordo no faixa do cais, num determinado período de tempo. Este componente apresentou 19,1% de variância explicada, com vetores positivos. As observações permitem inferir que quando o peso da carga aumentar, o tempo de operação também irá aumentar e, de fato esse fenômeno é comum de ser observado nas atividades do cais.

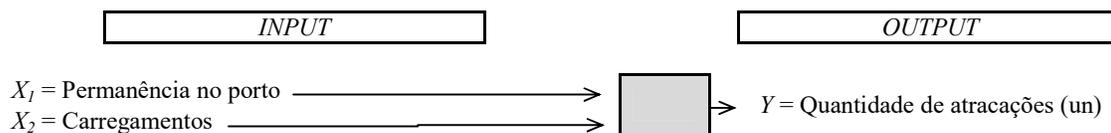
De acordo com a análise fatorial de componentes principais, as variáveis que influenciam a eficiência dos portos podem se agrupar em dois fatores (permanência no porto e carregamentos efetuados), os quais podem facilitar enormemente a compreensão da causa de alguns portos serem mais eficientes do que outros.

#### 5.4 APLICAÇÃO DO MODELO DEA

A configuração final do modelo DEA levou em conta o que sugerem Dyson et al. (2001), Cullinane e Wang (2006) quanto aos portos cumprirem o requisito de homogeneidade,

ou seja, operarem em ambientes similares e possuírem os mesmos conjuntos de recursos disponíveis, além de possuir *inputs* e *outputs* bem representados e comparáveis.

**Figura 8 – Modelo DEA Final a partir da Análise de Componentes Principais.**



Fonte: Elaborado pela autora

Os valores das variáveis resultantes da simulação do modelo DEA final estão descritos na Tabela 6.

**Tabela 6 – Valores resultantes do modelo DEA Final**

Ano	DMU	PERM	CARRE	NAVI
2010	PARA	-0,86819	2,24632	861,0
	ANTO	-0,32018	-0,64845	813,0
	SFSU	-0,43050	-0,20864	922,0
	IMBI	-0,29970	-0,55958	896,0
	RGDE	0,64355	-0,28117	841,0
	PTAL	-0,20529	-0,50254	742,0
	PELO	-0,31467	-0,71302	775,0
2011	PARA	-0,82972	2,59872	658,0
	ANTO	-0,30575	-0,44427	839,0
	SFSU	-0,38759	-0,17205	685,0
	IMBI	-0,23797	-0,50208	782,0
	RGDE	0,71452	-0,03909	781,0
	PTAL	-0,23182	-0,58270	576,0
	PELO	-0,32603	-0,71096	595,0
2012	PARA	-0,88018	2,84238	128,0
	ANTO	-0,31192	-0,48372	233,0
	SFSU	-0,27304	-0,14919	177,0
	IMBI	-0,30671	-0,52761	232,0
	RGDE	0,71721	-0,13747	171,0
	PTAL	-0,19004	-0,56177	264,0
	PELO	-0,33000	-0,71252	237,0
2013	PARA	-0,72066	2,86691	63,0
	ANTO	-0,28485	-0,40172	113,0
	SFSU	-0,51669	0,15704	63,0
	IMBI	-0,23082	-0,42173	103,0
	RGDE	1,04131	-0,04497	86,0
	PTAL	-0,00541	-0,59801	105,0
	PELO	-0,32315	-0,71334	157,0
2014	PARA	-0,46306	2,35198	18,0
	ANTO	-0,29096	-0,43991	97,0
	SFSU	-0,54532	0,17971	82,0
	IMBI	-0,25738	-0,35496	103,0

Ano	DMU	PERM	CARRE	NAVI
	RGDE	0,87026	0,17271	84,0
	PTAL	-0,10415	-0,57097	46,0
	PELO	-0,29466	-0,71783	54,0
2015	PARA	1,16558	2,03591	208,0
	ANTO	-0,11757	-0,60201	177,0
	SFSU	-0,48390	0,31705	178,0
	IMBI	-0,21248	-0,40611	183,0
	RGDE	0,73360	0,00372	138,0
	PTAL	-0,05946	-0,61474	132,0
	PELO	-0,29627	-0,71635	166,0
2016	PARA	6,00213	0,73830	13,0
	ANTO	0,03561	-0,55110	19,0
	SFSU	-0,24355	0,22180	6,0
	IMBI	-0,19864	-0,15760	9,0
	RGDE	0,87513	-0,06699	10,0
	PTAL	0,22255	-0,70147	18,0
	PELO	-0,32315	-0,71591	6,0

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com Melo et al. (2003), a abordagem DEA-BCC com orientação para *output* demonstra a eficiência relativa de uma DMU se ela operar em escala de melhor aproveitamento dos *inputs* de que dispõe. Com base nesse argumento, a eficiência técnica relativa dos portos para cada ano do período entre 2010 e 2016 foi analisada, cujos resultados estão apresentados na Tabela 7 e representam a visão otimista do modelo.

**Tabela 7 – Eficiência padrão dos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016**

DMU	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PARA	<b>1,000</b>						
ANTO	0,087	0,491	0,461	0,563	0,548	0,348	0,309
SFSU	0,615	<b>1,000</b>	0,994	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
IMBI	0,303	0,503	0,354	0,563	0,638	0,795	<b>1,000</b>
RGDE	<b>1,000</b>						
PTAL	<b>1,000</b>	0,807	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	0,619
PELO	0,063	0,058	0,034	0,049	0,107	0,136	0,038

Fonte: Dados da pesquisa.

O resultado do cálculo do DEA padrão, constante na Tabela 7, mostrou que os portos de Paranaguá e do Rio Grande alcançaram a fronteira ótima de eficiência em relação à atividade logística de transbordo de grãos sólidos na área do cais em todo o período analisado. Os portos de São Francisco do Sul e de Porto Alegre também foram destaque, por apresentarem índice de 100% de eficiência relativa para a maioria dos anos.

O Porto de São Francisco do Sul não alcançou a fronteira ótima apenas nos anos de 2010 e 2012. O índice desse último período foi de 99,4%, o que representa bom desempenho.

O Porto de Porto Alegre foi eficiente, exceto no ano de 2011, quando apresentou queda de desempenho para 80,7% e no ano de 2016, cujo índice foi de 0,619 ou 61,9% de eficiência.

Os piores indicadores de desempenho foram observados para o Porto de Pelotas, cujo índice variou de 0,034 a 0,136, que significa 3,4 a 13% de eficiência. Também, o Porto de Antonina não conseguiu alcançar valores satisfatórios, pois manteve a média de 40% de eficiência no período, com índices que variaram de 0,087 em 2010 a 0,563 em 2013, ou seja 8,7 a 56,3% de eficiência. Para o Porto de Antonina foram observados momentos de recuperação de desempenho a partir de 2012, porém com declínio novamente em 2016.

Em suma, pela avaliação do DEA padrão foi possível observar que mais de 50% dos registros de desempenho analisados correspondem à fronteira ótima de eficiência, ou seja, de maneira geral, no período entre 2010 a 2016 os portos do Sul do Brasil foram eficientes em relação à atividade logística de transbordo de granéis sólidos.

O resultado corrobora com os argumentos de Sousa Júnior et al. (2013) sobre a eficiência estar relacionada ao tamanho do porto, pois as instalações com melhor desempenho possuem maiores dimensões relacionadas ao comprimento de cais, local em que os navios são abrigados para carregar e descarregar as mercadorias.

O tamanho do cais influencia a quantidade de atracções dos portos (*output* do modelo DEA). Esta representa a atividade logística de transporte considerada pelos gestores portuários, entrevistados nesta pesquisa, como bastante importante para expressar ganhos de escala, produtividade e determinar a eficiência relativa do porto na entrega de mercadorias. Por isso, a medida de seu desempenho é objeto de permanente controle.

#### **5.4.1 Alvos e Folgas**

Os portos ineficientes poderiam alcançar a fronteira ótima de eficiência a partir de ajustes nos *inputs* e/ou *outputs*. Com o propósito de analisar possíveis adequações, o programa SIAD forneceu o cálculo das diferenças entre o que foi realizado pelos portos e os alvos a serem atingidos para o alcance da eficiência. A partir disso, as diferenças relacionadas ao *output* do modelo foram analisadas, ou seja, verificou-se quanto deveria ser a redução ou o aumento da quantidade de atracções (NAVI) nos portos, demonstrados na Tabela 8.

Os Portos de Paranaguá e do Rio Grande não apresentaram folgas nos *inputs* e *output* no período, cujos alvos a serem alcançados foram iguais ao realizado. Os demais portos indicaram necessidade de aumento no número de atracções para se tornarem eficientes.

**Tabela 8 – Alvos para o alcance da eficiência nos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016.**

DMU	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PARA	-	-	-	-	-	-	-
ANTO	190	87	96	80	80	86	121
SFSU	80	1	-	-	-	-	-
IMBI	145	85	115	80	64	27	-
RGDE	-	-	-	-	-	-	-
PTAL	-	33	-	-	-	-	103
PELO	195	161	172	174	158	114	151

Fonte: Dados da pesquisa.

O Porto de São Francisco do Sul apresentou diferenças em apenas dois anos: 2010 e 2011. O Porto de Porto Alegre também apresentou diferenças em dois anos: 2011 e 2016. Já o Porto de Imbituba não mostrou diferenças somente no ano de 2016, quando obteve 100% de eficiência.

Os portos de Antonina e de Pelotas apresentaram necessidade de aumentar o número de atracções em todo o período, o que implica na condição de ineficiência nos anos de 2010 a 2016.

#### 5.4.2 *Benchmarks*

Para caracterizar os portos usados como referência, o sistema SIAD forneceu os *benchmarks*, determinados pela projeção das DMUs ineficientes na fronteira de eficiência, ou seja, de acordo com Rios (2005), a solução irá identificar as unidades eficientes que servirão de referência para as unidades ineficientes. Segundo Soares de Melo et al. (2003), classicamente, a maneira como se realiza essa projeção é o que determina a orientação do modelo (*input*, *output* ou ambos).

A matriz dos *benchmarks* (Tabela 9) destacou a importância da DMU Porto de Porto Alegre para a eficiência dos demais portos, pois se apresentou como unidade de referência na maior parte dos anos. No período de 2010 a 2012 o Porto de Porto Alegre foi *benchmark* de cinco unidades, exceto dos portos de Paranaguá e do Rio Grande. Em três anos consecutivos (2013, 2014 e 2015) foi referência para os portos de Antonina, de Imbituba e de Pelotas. No entanto, em 2016, período em que a maior parte dos portos apresentou perda de eficiência, o Porto de Porto Alegre passou a ser ineficiente.

**Tabela 9 – Matriz dos *benchmarks* para a eficiência dos portos do Sul do Brasil – 2010 a 2016.**

ANO	DMU	PARA	ANTO	SFSU	IMBI	RGDE	PTAL	PELO
2010	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	RGDE	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
	PTAL	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
2011	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SFSU	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
	RGDE	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
2012	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	RGDE	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
	PTAL	0,000	1,000	1,000	1,000	0,000	1,000	1,000
2013	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SFSU	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	RGDE	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
	PTAL	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000
2014	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SFSU	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	RGDE	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
	PTAL	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000
2015	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SFSU	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	RGDE	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
	PTAL	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	1,000
2016	PARA	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SFSU	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	IMBI	0,000	0,959	0,000	1,000	0,000	0,746	1,000
	RGDE	0,000	0,041	0,000	0,000	1,000	0,254	0,000

Fonte: Dados da pesquisa.

O Porto de São Francisco do Sul serviu de referência para os portos ineficientes no ano de 2011, exceto para Paranaguá e Rio Grande. Em 2016, os portos de Imbituba e do Rio Grande dividiram influência sobre algumas DMUs. Para o Porto de Antonina, o Porto de Imbituba foi *benchmark* com 95,9% e para o Porto de Porto Alegre, o Porto de Imbituba influenciou com 74,6% e do Rio Grande com 25,4%. Além de servir de *benchmark* para o Porto de Antonina e de Porto Alegre em 2016, o Porto de Imbituba foi referência de 100% para o Porto de Pelotas. Cabe ressaltar que os portos de Paranaguá e do Rio Grande, apesar de não alcançarem eficiência pura, devido ao cálculo do DEA padrão, nenhuma outra DMU figurou como seus *benchmarks* no período.

### 5.4.3 Pesos das variáveis

Para anular a arbitrariedade dos pesos e evitar a presença de subjetividade na análise, segundo Soares de Mello et al. (2005), a técnica DEA aceita que cada DMU escolha um

conjunto de pesos que a favoreça em relação às demais, sob circunstâncias de que nenhum peso seja negativo e que qualquer DMU possa usar o mesmo conjunto de pesos para avaliar a sua própria relação de eficiência, cujo resultado não exceda a 1 (um). Ainda, a estrutura matemática do modelo DEA permite que sejam atribuídos pesos zerados a algum *input* ou *output* para que determinada DMU seja considerada eficiente, o que implica essa variável ser desconsiderada na avaliação.

**Tabela 10 – Fatores nulos para o alcance da eficiência dos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016.**

DMU	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PARA	PERM	PERM	PERM	PERM	CARRE	CARRE	CARRE
ANTO					PERM	PERM	
SFSU						CARRE	CARRE
IMBI					PERM		
RGDE		PERM	PERM	PERM	PERM	PERM	CARRE
PTAL					PERM	PERM	
PELO					PERM		

Fonte: Dados da pesquisa.

A simulação do DEA padrão mostrou a presença de pesos zerados para alguns *inputs* e *outputs*, nominados na Tabela 10, que especifica o período e o porto em que isso ocorreu.

Uma das características do DEA, segundo Rios (2005), é de que os pesos são tratados como desconhecidos e serão escolhidos de forma a maximizar a eficiência da unidade observada. Os valores dos pesos geralmente diferem de uma unidade para outra e, segundo Azambuja (2002), esta flexibilidade é relevante para o caso de uma unidade mostrar-se ineficiente ainda que os pesos que lhe são mais favoráveis tenham sido utilizados na sua avaliação.

Por meio da descrição dos fatores nulos (Tabela 10) foi possível observar que o Porto de Paranaguá desconsiderou componentes em todo o período para alcançar a eficiência. O fator PERM foi zerado nos anos de 2010 a 2013 e o fator CARRE nos anos de 2014 a 2016. Para o Porto do Rio Grande, o fator PERM foi desconsiderado nos anos de 2011 a 2015 e CARRE no ano de 2016 e em 2010 não foram observados fatores nulos.

Conforme Rios (2005), em geral, algumas DMUs irão obter maiores pesos nos *inputs* menos utilizados e nos *outputs* que mais produzem. Cabe destacar que a condição de pesos zerados para as DMUs ocorreu com maior frequência em 2014 e 2015. O fator PERM obteve o maior registro de nulidade para os portos alcançarem eficiência nesse período e no ano de 2016, o fator desconsiderado foi CARRE.

Levando em consideração que PERM e CARRE são fatores extraídos pela Análise dos Componentes Principais (ACP), a eliminação deles pode levar a distorções dos resultados quanto à eficiência. Por isso, torna-se relevante se fazer uma análise complementar da eficiência obtida pelas DMUs, o que é possível pelo cálculo da fronteira invertida.

#### 5.4.4 Fronteira invertida

Segundo Soares de Mello et al. (2005), no modelo DEA/BCC uma DMU pode ser chamada de eficiente por *default* ou eficiente à partida, que significa ter obtido o menor valor de um determinado *input* ou maior valor em relação ao *output*. Assim, com o objetivo contrapor o DEA padrão e verificar se alguma DMU pode ter apresentado uma “falsa eficiência”, Entani, Maeda e Tanaka (2002) orientam que seja considerada a visão pessimista pelo cálculo da fronteira invertida, que considera a troca dos *inputs* pelos *outputs* do modelo original de cada DMU (Figura 6). O resultado aponta quais DMUs são ineficientes, conforme pode ser observado na Tabela 11.

**Tabela 11 – Fronteira invertida para os portos ineficientes do Sul do Brasil, 2010 a 2016**

DMU	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PARA	<b>1,000</b>						
ANTO	0,722	0,119	0,073	0,087	0,196	0,391	0,196
SFSU	0,102	0,058	0,034	0,248	0,342	0,495	<b>1,000</b>
IMBI	0,206	0,116	0,095	0,087	0,168	0,171	0,038
RGDE	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	0,822	0,199
PTAL	0,063	0,072	0,034	0,049	0,107	0,136	0,208
PELO	<b>1,000</b>						

Fonte: Dados da pesquisa

A visão pessimista em relação à eficiência (Tabela 11) indicou que o Porto de Paranaguá apresentou “falsa eficiência” para todo o período analisado, pois alcançou 100% da fronteira ótima e também da fronteira invertida. O mesmo ocorreu com o Porto do Rio Grande, exceto para os anos de 2015 e 2016, o que significa que para o cálculo da eficiência desses dois anos não foram atribuídos valores favoráveis aos *inputs* ou *output* para o alcance da fronteira ótima, ou seja, se obteve eficiência pura.

O Porto de São Francisco do Sul apresentou o problema de “falsa eficiência” apenas no ano de 2016, o que significa que, conforme consta no DEA padrão, nos anos de 2011, 2013, 2014 e 2015 atingiu a eficiência pura. Para o Porto de Pelotas, o cálculo da fronteira

invertida confirmou os resultados do DEA padrão, ou seja, foi 100% ineficiente em todo o período analisado.

#### 5.4.5 Eficiência Composta Normalizada

Para melhor discriminação das DMUs, considerou-se o cálculo do índice de eficiência composta normalizada, que conforme Melo et al. (2005) e demonstrado no capítulo 5, consiste na razão entre a eficiência padrão de cada DMU e o maior índice obtido dentre elas, cujos resultados estão descritos na Tabela 12.

**Tabela 12 – Eficiência composta normalizada dos portos do Sul do Brasil, 2010 a 2016**

DMU	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PARA	0,516	0,515	0,509	0,513	0,528	0,537	0,510
ANTO	0,188	0,707	0,706	0,756	0,714	0,514	0,568
SFSU	0,781	<b>1,000</b>	0,997	0,898	0,876	0,807	0,510
IMBI	0,566	0,714	0,640	0,756	0,777	0,871	<b>1,000</b>
RGDE	0,516	0,515	0,509	0,513	0,528	0,632	0,918
PTAL	<b>1,000</b>	0,893	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	0,719
PELO	0,032	0,030	0,017	0,025	0,057	0,073	0,019

Fonte: Dados da pesquisa

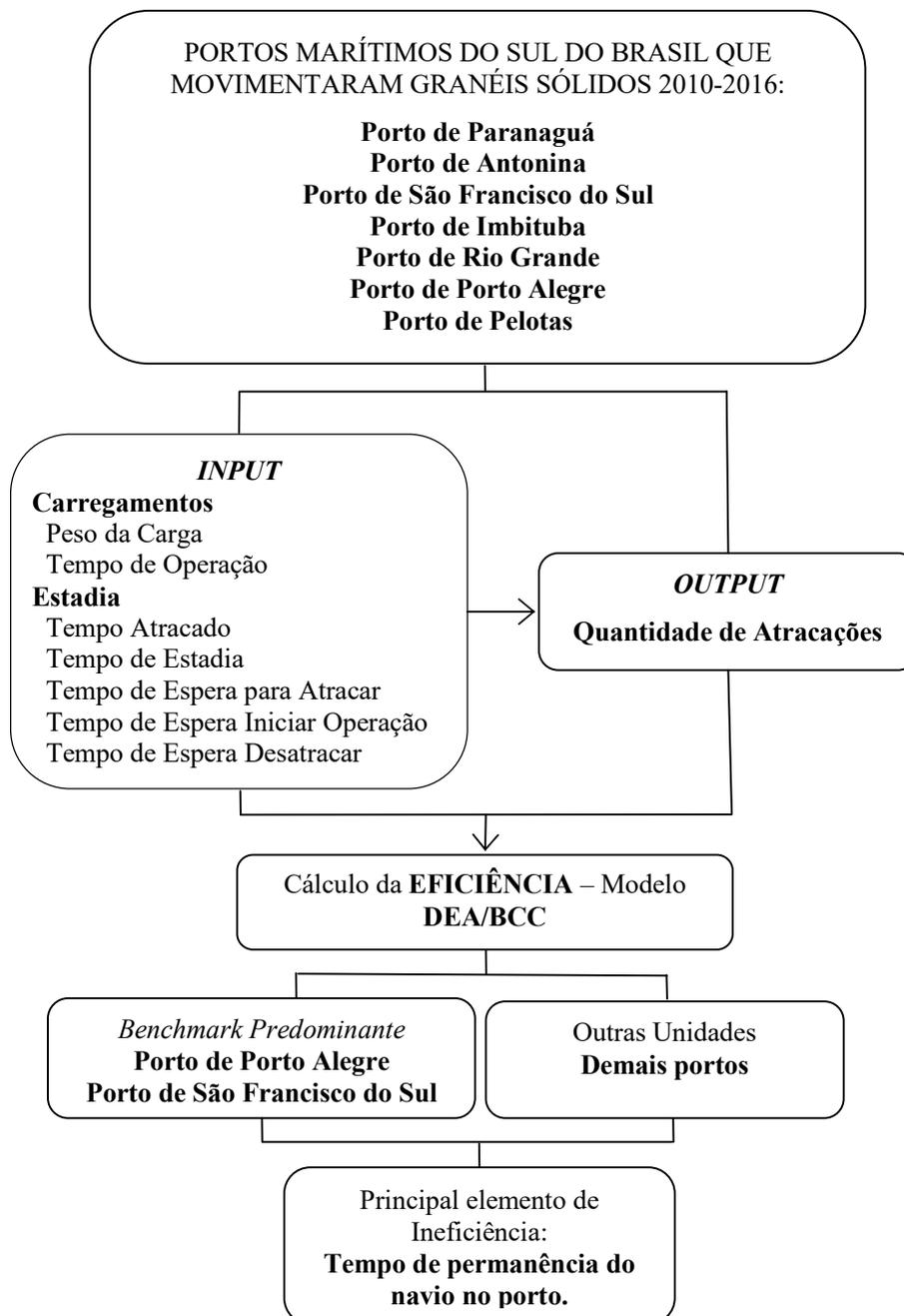
Ao contrário do DEA Padrão, o cálculo da eficiência normalizada resultou na mesma constatação obtida pela fronteira invertida ao mostrar que os Portos de Paranaguá, do Rio Grande e de Pelotas não foram eficientes na atividade de transbordo de granéis sólidos na faixa do cais, no período de 2010 a 2016. Não obstante, foi possível verificar a presença de eficiência pura em: Porto de Porto Alegre nos anos de 2010, 2012, 2013, 2014 e 2015; Porto de São Francisco do Sul em 2011; e Porto de Imbituba em 2016, após apresentar crescimento nesse índice nos anos anteriores.

Destaque deve ser dado ao Porto de São Francisco do Sul, pois, apesar de ter alcançado 100% de eficiência pura somente no ano de 2011, em 2012 obteve o índice igual a 99,7% e manteve a média de 86% nos anos seguintes, exceto para 2016, quando perdeu desempenho ao registrar 51% de eficiência.

Na visão otimista, proporcionada pelo cálculo da fronteira invertida, o Porto de Antonina apresentou a média de 40% de eficiência, e no cálculo da eficiência normalizada, a média aumentou para 59%, com destaque para o período entre 2011 e 2014, quando o porto atingiu mais de 70% de eficiência.

Em relação aos 49 registros de desempenho, gerados pelos 7 portos (Tabela 12) no período de 2010 a 2016, apenas 7 unidades alcançaram 100% de eficiência, ou seja, as DMUs com eficiência pura representaram apenas 14% do total. Esse resultado representa a visão menos otimista em relação aquela demonstrada pelo DEA padrão, que foi igual a 18% das DMUs consideradas eficientes. A Figura 9 resume os principais resultados da análise.

**Figura 9 – Principais processos e resultados da análise.**



Em suma, por meio do DEA-BCC foi possível verificar que a DMU representada pelo Porto de Porto Alegre alcançou os melhores índices de eficiência em relação à atividade logística de transbordo de granéis sólidos na faixa do cais dos portos do Sul do Brasil, o que significa ter sido o porto que obteve o melhor desempenho em relação às atracções e os recursos de entrada disponíveis. O resultado destaca a agilidade e não o tamanho do porto.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESULTADOS

Os resultados obtidos pela aplicação do DEA-BCC demonstraram que os portos mais eficientes foram aqueles que atingiram maior número de atracções no período, como foi o caso dos portos de Paranaguá e do Rio Grande, que obtiveram índices de 100% no DEA padrão nos anos de 2010 a 2016. De fato, esses portos detiveram 74% do número de atracções do período e 76% do volume de granéis sólidos embarcados.

De acordo com Vieira a atracção é parte integrante das atividades portuárias, que segundo Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012) se tornou altamente mecanizada, em substituição ao uso intensivo de mão de obra e isso deveria levar à maior rapidez nos carregamentos. No entanto, os portos de Paranaguá e do Rio Grande, considerados em todo o período como 100% eficientes pelo DEA padrão, apresentaram tempos de operação e carregamentos por hora de atracção do navio bastante elevados em relação às demais DMUs. A distorção se deu em função do método permitir a escolha de pesos que favoreceram os portos de Paranaguá e do Rio Grande em relação aos demais.

A análise da fronteira invertida contrapôs o DEA padrão, pela qual foi possível identificar os portos que atingiram 100% de eficiência pura, ou seja, aqueles que obtiveram o máximo número de atracções por hora de operação com o menor uso dos *inputs* (tempo de fluxo). De fato, a DMU Porto de Porto Alegre obteve eficiência pura em quase todo o período, exceto nos anos de 2011 e 2016, quando atingiu 89% e 72%, respectivamente. Esse porto obteve o melhor tempo de operação do período e o Porto de São Francisco do Sul figurou em segundo lugar nesse desempenho.

O Porto de Porto Alegre apresentou a maior dimensão de cais, apesar de operar com apenas dois berços de atracção. Mesmo assim, essa DMU foi destaque no conjunto de avaliações, pois serviu de referência aos portos ineficientes com maior frequência, por obter o melhor desempenho em relação à razão entre o peso de carga e hora de operação, cujo índice de toneladas de granéis sólidos carregados por hora foi o maior entre as demais DMUs, ou seja, obteve a melhor produtividade do fator CARRE.

Esse resultado diz respeito à comparação do tempo de operação realizado no Porto de Porto Alegre com o do Porto de Paranaguá, realizada anteriormente, em que se constatou Paranaguá ter deixado de atender volumes expressivos de navios no ano de 2016, por ter sido lento nos carregamentos.

Entretanto, o tempo de estadia é uma variável de destaque para os custos logísticos. Sobre esse fator, o Porto de Porto Alegre apresentou um dos menores índices, o equivalente a 4,9% da média realizada pelo Porto de Paranaguá, 13% em relação ao Porto de Antonina, 19% do Porto de São Francisco do Sul e 36% dos portos do Rio Grande e de Imbituba.

O resultado corrobora com que Lambert, Cooper e Pagh (1998) argumentam sobre a importância da redução do tempo de entrega como parte do tratamento eficaz dos problemas relacionados aos fluxos logísticos. Para os autores, isso irá influenciar a capacidade da organização em cumprir prazos. Segundo Slack, Chambers e Johnston (1997) esse problema diz respeito à confiabilidade.

A demora na atividade de transbordo na faixa do cais pode provocar rupturas nos fluxos, o que, segundo Chopra e Meindl (2011) implica em os portos ficarem isolados e perderem desempenho competitivo. Isso significa o distanciamento da adequação das estratégias individuais dos portos com o padrão de concorrência vigente no mercado internacional.

Conforme sugere Cullinane e Khanna (1999), uma alternativa possível para alcançar maior rapidez seria concentrar esforços para a aquisição de tecnologias mais modernas, pois os resultados demonstram que, na escala em que operam, os portos aproveitam da melhor forma os *inputs* de que dispõem. De fato, tanto o componente PERM quanto CARRE, não apresentaram folgas.

A adoção de novas tecnologias diz respeito ao que Ju (2013) argumenta sobre o processo de mudança tecnológica, no qual existe uma tendência de investimentos para o tráfego de navios com maior capacidade de carga para obter ganhos de escala, como os navios porta-contêineres. A respeito disso, observou-se por meio da visita técnica ao Porto de Paranaguá carregamento de graneis sólidos em contêineres.

A justificativa dada pelos gestores para essa prática foi de que essa é uma alternativa viável para embarcar mercadorias especiais, como a soja exportada para o consumo humano nos países da Ásia e do continente europeu, as quais devem atender aos requisitos de rastreabilidade, principalmente no sentido de evitar a contaminação gerada por outros tipos de cargas, como a que ocorre nos navios graneleiros. Outra vantagem apontada pelos gestores foi a possibilidade de cargas retorno, pois os contêineres normalmente voltam carregados.

Além do uso de tecnologias mais modernas, os entrevistados mencionaram como atividade mais importante para manter os agentes portuários atuando no porto, a disponibilidade de espaços para armazenagem. Segundo Costa e Galdino (2012), os armazéns são responsáveis pelo suprimento de bens e serviços dos portos, além de oferecer apoio para um preço final dos serviços mais competitivo. O melhor aproveitamento dos armazéns deve permitir a alocação de recursos financeiros escassos para outras demandas mais deficitárias dos portos e atender melhor as exigências impostas pelos usuários.

Conforme sugere Ballou (1995), manter estoques é uma estratégia usada somente para algumas finalidades específicas. No caso dos portos, mantê-los deve ser uma forma de oferecer segurança contra contingências, apesar de muitos usuários utilizarem os armazéns para apoiar suas políticas de preços e incertezas na demanda.

Melhorar o sincronismo entre a demanda e o escoamento dos estoques é um fator apontado pelos entrevistados como forma de oferecer serviços de valor agregado aos usuários dos portos. De acordo com Bowersox, Closs e Cooper (2007) esse é um objetivo importante para criar interface entre os fluxos de coordenação e operação de uma firma.

Esse esforço é ainda mais relevante para o caso de granéis sólidos, pois segundo Francischini e Gurgel (2004), esse tipo de mercadoria envolve grandes volumes, altas taxa de processamento e são bastante vulneráveis às condições climáticas. Ademais, exige maiores espaços para armazenagem, principalmente para o caso de o escoamento sofrer rupturas de fluxo.

Por serem considerados produtos de ciclo de vida baixo, os granéis sólidos agrícolas devem receber maior atenção em relação ao tempo de escoamento. De acordo com Sabet, Yazdani e Leeuw (2017), mercadorias com essa característica devem ser escoadas de forma ágil, principalmente por apresentarem baixo valor agregado. Essa tarefa torna-se mais difícil por esse tipo de carga exigir navios maiores, que levam mais tempo para ser carregado, o que implica em eles serem considerados locais de estocagem com custos que podem ser irreparáveis.

Na perspectiva da gestão logística portuária, são utilizadas estratégias no sentido de estruturar bases de fornecimento condizentes com a demanda, que conforme Das e Narasimhan (2000) diz respeito à capacidade de decisão de aquisição e/ou compras. Esta ação tem o propósito de alinhar as prioridades da operação do porto aos negócios das empresas que os utilizam. Ademais, Baier, Hartmann e Moser (2008) argumenta que a criação de valor por esses serviços logísticos pode levar a maior vantagem competitiva organizacional.

Com a preocupação de alinhar as decisões dos usuários com as do porto, a maior parte das DMUs analisadas adota um sistema de cotas para carregar ou descarregar. Outra estratégia é a implantação do *LineUp*, que consiste em reuniões organizadas pelas administrações portuárias para definirem, junto com os embarcadores, as prioridades de atracação, principalmente àquelas relacionadas aos navios que aguardam autorização fora da área do porto.

O *LineUp* é um recurso de informação utilizados pelos portos e integra a logística de diversas cadeias de suprimentos. Segundo Gallegos (2014), este pode ser um processo voltado para coordenar a maximização da rentabilidade das cadeias, pois busca estabelecer prioridades e permitir maior agilidade no fluxo, o que demonstra o amadurecimento da gestão portuária em elevar o nível de serviço, conforme sugerido por Ballou (1995; 2006).

O uso dos sistemas de informação integrados permite que os portos compartilhem informações. Segundo Mellat-Parast e Spillan (2014), a Tecnologia da Informação (TI) é um mecanismo bastante eficaz para esse propósito e, conforme Lee, Padmanabhan e Whang (1997), a integração da TI promove a redução do efeito chicote à montante na cadeia de suprimentos. Assim, a implementação do *LineUp* é uma estratégia bastante adequada para reduzir os estoques e melhorar o ritmo de entregas nos portos.

Na pesquisa também foi possível verificar que os portos formam um arranjo de serviços logísticos definidos por meio da terceirização, cujo papel da administração portuária é ser o elo de integração de diversas cadeias de suprimento. Assim, o porto deve ser considerado por seus usuários não somente como um local de armazenagem e transporte aquaviário, mas como aquele que reúne e gerencia recursos, capacidades e tecnologia, no sentido de oferecer soluções logísticas abrangentes de distribuição física internacional.

Também foi possível verificar o modelo de titularidade e gestão dos portos. Conforme mencionado por Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), existe a presença ativa de um agente público central nos portos, conforme verificado na descrição do ambiente institucional dos portos brasileiros (Figura 5), que planeja a infraestrutura e instalações portuárias, baseados nos serviços que os portos irão oferecer. A gestão desses ativos é transferida para a responsabilidade de agências públicas dos governos estaduais ou municipais.

A gestão portuária é realizada com a participação ativa dos operadores marítimos, o que demonstra um nível de confiança bastante importante. Na maioria dos portos, organizações privadas operam terminais, armazéns e equipamentos portuários, na área do Porto Organizado. Essa parceria é defendida por Wanke e Barros (2015) no sentido de dar maior flexibilidade para a tomada de decisões gerenciais.

Sob essa perspectiva, o desempenho dos portos diz respeito ao que Mcfetridge (1995) argumenta sobre competitividade, pela qual o resultado das operações portuárias no longo prazo será reflexo da rentabilidade de seus agentes ou usuários, que pode significar várias cadeias de suprimentos interligadas no mercado global. Por outro lado, de acordo com Núñez-Sánchez e Coto-Millán (2012), a presença de indústrias no entorno dos portos favorece o aumento da sua produtividade. Essa estratégia é bastante utilizada nos países da Europa, na busca de reduzir os custos logísticos.

Os argumentos supracitados reforçam a ideia de integração presente na explicação de Mcfetridge (1995) sobre a competência de um porto para impulsionar a competitividade do setor e da região em que exerce influência. Nesse sentido, Sousa Júnior et al. (2013) analisou a eficiência dos portos do Nordeste brasileiro, pela qual se observou problemas relacionados à gestão. Os autores verificaram que nas maiores instalações, como os portos de Suape e de Pecém, são investidos continuamente recursos para aumentar o número de atracções. Porém, existem ineficiências provenientes de infraestrutura e equipamentos precários, que impedem o atendimento eficiente dos navios de granéis sólidos.

Não obstante, Craveiro (2013) constatou que o Porto de Paranaguá é considerado o maior graneleiro da América Latina, cujo desempenho em volumes só pode ser comparado ao Porto de Santos (região Sudeste), o que faz a região Sul se destacar na economia brasileira. No entanto, o tempo de estadia dos navios neste porto é demasiado longo, se comparado às demais instalações portuárias. Por isso, estratégias de operação, como a automação das atividades da faixa de cais para o transbordo de granéis sólidos e o uso de tecnologias/equipamentos flexíveis, tornam-se bastante importante para manter um fluxo contínuo de mercadorias, o que implica em maior número de atracções.

A relação entre o desempenho do porto e a economia é considerada por Huggins, Izushi e Thompson (2013) como um aspecto da competitividade, promovida pela capacidade da região de alcançar crescimento econômico. Por outro lado, o nível de eficiência técnica relativa dos portos marítimos do Sul do Brasil deve afetar a economia de toda a região, assim como as da área de sua abrangência. Os baixos níveis de eficiência resultantes da análise são preocupantes, pois podem causar problemas de competitividade da indústria regional, principalmente àquelas com produção exportadora.

O destaque para o Porto de Porto Alegre leva a considerar que, apesar da grande dimensão do cais, se comparada com as dos portos do Rio Grande e de Paranaguá, devido às restrições de calado e os problemas de acesso ao porto, os navios que atracam oferecem menor capacidade de carga. No entanto, pelo método DEA foi possível verificar que o Porto

de Porto Alegre demonstrou utilizar seus recursos da melhor forma possível ou que obteve a melhor relação entre o *input* e *output*. Isso significa melhor produtividade ou maior eficiência.

Consideradas as condições de acesso dos portos de Paranaguá, de São Francisco do Sul, de Imbituba e do Rio Grande, melhorar o tempo de embarque e desembarque de mercadorias deverá elevar potencialmente o número de atracções e volumes embarcados. Esse fato deixa em evidência a necessidade de os portos maiores investirem na melhoria do tempo de permanência dos navios, pois foi esse o fator determinante da ineficiência dos portos do Sul do Brasil.

## 6 CONCLUSÃO

Considerando que o Sul do Brasil constitui uma das regiões mais importantes do país na produção agrícola e necessita escoar essas mercadorias para outros países, assim como importar os insumos do mercado externo, os portos marítimos tornam-se pontos inevitáveis de transbordo, que demandam atenção em relação ao seu desempenho. Por isso, esta pesquisa teve por objetivo analisar a eficiência técnica dos portos marítimos do Sul do Brasil, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), com enfoque na atividade logística de transbordo de granéis sólidos na faixa do cais, para identificar possíveis ineficiências.

A revisão de literatura sobre as operações dos portos marítimos, sob a orientação teórica da logística e eficiência, mostrou que a localização de um porto é fator preponderante para a escolha dos serviços portuários pelo embarcador de mercadorias. No entanto, as operações portuárias são complexas por envolver requisitos específicos de mercado global.

A flexibilidade exige a transferência da gestão das instalações e dos serviços portuários para agências públicas regionais ou municipais, como ocorre nos portos do Sul do Brasil. Não obstante, as pressões dos negócios globais levaram os portos a investirem mais em tecnologias modernas, o que implicaria em maior rapidez nas entregas. Essa estratégia favorece o aumento da competitividade das organizações.

O cenário acima exposto permitiu concluir que o porto deve possuir um conjunto de fatores para atender às necessidades de seus usuários e clientes, o que implica em ser eficiente. A partir dos conceitos sobre a eficiência, foi constatado que um porto eficiente significa ser hábil para obter o máximo nível de saídas ou produtos, dados os insumos e uma tecnologia fixa. Essa é uma definição para a eficiência técnica e serviu de base para diversos estudos sobre a eficiência portuária, nos quais a técnica DEA foi muito utilizada. Esses argumentos possibilitaram concluir o primeiro objetivo específico desta pesquisa, que era levantar informações sobre as operações dos portos marítimos, sob o enfoque da logística.

Para cumprir o segundo objetivo específico da pesquisa, os portos marítimos do Sul do Brasil foram situados no contexto do sistema portuário brasileiro e se fez um resumo descritivo dos aspectos relacionados à localização, estrutura organizacional, dimensões físicas, acessos, infraestruturas e tecnologias. Dessa forma, constatou-se que no Brasil a regulamentação dos portos é delimitada por Ato do Poder Executivo, que ordena a exploração por meio de contratos precedidos de licitação para o caso de concessões. O operador portuário

é responsável pelo gerenciamento das atividades do porto e está subordinado à Agência Nacional de Transportes Aquaviário (Antaq). A coordenação integrada dos órgãos e entidades públicos portuários é realizada pela Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR).

Neste contexto, se concluiu que no Brasil existe uma estrutura hierarquizada para as operações portuárias, moldadas pelo ambiente institucional. Os portos marítimos do Sul do Brasil estão inseridos nessa hierarquia e representam 24% do total das instalações, ou seja, somam nove unidades.

Devido à complexidade das operações portuárias, salienta-se que não era intuito desta pesquisa tratar de todas as atividades dos portos. Assim, se verificou que a atividade logística de transbordo na faixa do cais impacta diretamente no nível de serviços dos portos e representa um estágio crítico na logística de distribuição física internacional, que tem como um dos elementos determinantes de eficiência, a rapidez nas entregas. Por isso, a pesquisa se concentrou no levantamento dos dados operacionais dessa atividade, com enfoque no tempo dos fluxos e volumes de carga.

As informações acerca das variáveis operacionais dos portos do Sul do Brasil que movimentaram grânéis sólidos no período de 2010 a 2016, referentes às atividades de transbordo desse tipo de carga, na faixa do cais, foram confrontadas por meio de observações e entrevistas com os gestores de logística dos portos de Paranaguá e de São Francisco do Sul. O resultado desse processo permitiu cumprir o terceiro objetivo específico desta pesquisa e auxiliou o processo de identificação das variáveis que iriam compor o modelo DEA, constante no quarto objetivo específico. Também, foi uma experiência muito rica para ampliar o conhecimento sobre o ambiente operacional dos portos.

A Análise dos Componentes Principais (ACP) foi uma técnica bastante responsiva para o propósito de atender ao requisito de proporcionalidade entre o número de DMUs e às variáveis do modelo, exigido pelo DEA. Além disso, essa técnica contornou o problema da presença de *outliers* que o modelo poderia apresentar. Assim, as variáveis de *input* e *output* do modelo DEA puderam ser determinadas, o que permitiu concluir o quarto objetivo específico.

O método DEA-BCC se mostrou bastante pertinente para o propósito dessa pesquisa, por considerar situações de eficiência de produção com variação de escala e não assumir proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*, além de ser uma abordagem mais realista do que o DEA-CCR. Determinado o modelo, iniciou-se o processo de simulação no programa SIADv3, que gerou os relatórios do DEA padrão, fronteira invertida, eficiência composta normalizada e *benchmarks*.

O resultado das simulações permitiu concluir que os portos necessitam aumentar a quantidade de atracções para alcançarem 100% de eficiência. O Porto de Paranaguá apresentou os maiores indicadores referentes ao número de atracções e peso da carga, seguido pelo Porto do Rio Grande. Esses portos também possuem maiores dimensões de cais e número de berços para atracção. No resultado do DEA padrão, esses dois portos foram considerados 100% eficientes em todo o período analisado (2010 a 2016). No entanto, por meio do cálculo da fronteira invertida se verificou a presença de “falsa eficiência”. Assim, foi calculada a eficiência composta normalizada e se concluiu que os portos de Paranaguá e do Rio Grande foram ineficientes no período para o transbordo de granéis sólidos na faixa do cais.

Por outro lado, o Porto de Porto Alegre, apesar do número de atracções terem sido bastante inferior aos demais portos e possuir restrições de navegação, obteve os maiores índices de eficiência no período analisado e serviu de *benchmark* para os outros portos, em quase todos os anos, exceto em 2011 e 2016. Esse resultado se deve a melhor produtividade do porto, por obter maior relação entre os *inputs* (PERM e CARRE) e *output* (NAVI).

O Porto de São Francisco do Sul foi destaque no ano de 2011, pois alcançou 100% da fronteira de eficiência e considerado *benchmark* para os portos de Antonina, Imbituba, Porto Alegre e Pelotas. Além disso, observou-se pela análise da fronteira invertida que o Porto de São Francisco do Sul obteve altos índices de eficiência no período, exceto no ano de 2016.

O Porto de Imbituba também obteve índices acima de 0,7 pontos (70% eficiência) em quase todo o período, exceto no ano de 2010, quando atingiu apenas 57% de eficiência. No entanto, em 2016, do conjunto de unidades analisadas, o Porto de Imbituba foi o único que alcançou 100% de eficiência.

Cabe destacar que houve perda de eficiência pelos portos nos dois últimos anos de análise, justamente quanto o Brasil vem sofrendo uma crise econômica, com recuo no valor do Produto Interno Bruto (PIB). Portanto, pode-se concluir que, além da falta de agilidade nas entregas, provocada principalmente pelo excessivo tempo de estadia dos navios nas instalações portuárias, fatores macroeconômicos também foram causas de ineficiência dos portos. Ademais, para o aumento do número de atracções, serão necessárias estratégias de gestão no sentido de melhorar a rapidez do transbordo ou investimentos em ativos para esse fim. A partir dessas análises, concluiu-se o quinto objetivo específico desta pesquisa, que era medir a eficiência e apontar os problemas de ineficiência existentes.

Espera-se que os resultados possam contribuir com melhorias na atividade de transbordo dos granéis sólidos nos portos marítimos da região Sul do Brasil e isso corrobore para maior capacitação logística dessas organizações portuárias.

Na perspectiva empresarial, a pesquisa pôde apresentar elementos que deverão servir de base para a tomada de decisão sobre investimentos nos portos. Neste sentido, foi demonstrado que aspectos de infraestrutura e tecnologia, como profundidade dos berços de atracação, acesso facilitado, tamanho do cais, equipamentos modernos e flexíveis, são fatores bastante importantes para melhorar o desempenho dos portos em relação à rapidez do transbordo. Porém, se a gestão for negligente, o porto pode deixar de ser ágil, reduzir o número de atracações e perder eficiência, o que significa o risco de diminuir o nível de confiabilidade para seus usuários e clientes.

Sob o ponto de vista econômico, os resultados da pesquisa comprovam os pressupostos de que os portos considerados eficientes foram aqueles capazes de produzir mais embarques e desembarques de granéis sólidos, sem o emprego de unidades adicionais dos recursos disponíveis. Ainda, foi possível definir de maneira simplista a eficiência técnica dos portos do Sul do Brasil, por meio de comparação das suas produtividades.

Sob essa perspectiva, e considerando que os portos fazem parte da distribuição física internacional de diversas cadeias produtivas, o uso otimizado dos recursos contribui para redução de custos, o que implica na oferta de produtos mais baratos e maior competitividade dos agentes envolvidos.

Quanto à perspectiva social, esta pesquisa mostrou que reduzir custos no transbordo de granéis sólidos deve proporcionar a redução dos preços das mercadorias, o que inclui os alimentos. Isso deve promover maior acesso pela população que vive abaixo da linha de pobreza a esses produtos e deve refletir na melhoria da qualidade de vida dessas pessoas.

Levando em conta a área de abrangência portuária, como no caso dos portos de Paranaguá, São Francisco do Sul e de Rio Grande, que atraem grande parte de carregamentos de grãos produzidos em outras regiões do Brasil e países vizinhos, o aumento da eficiência nos transbordos de granéis sólidos na faixa do cais permitirá maior competição com portos de outras regiões. Esse movimento de atracação pode gerar a criação de novos postos de trabalho, a abertura de novos empreendimentos, o que levará ao aumento da renda das famílias e, conseqüentemente, maior desenvolvimento regional.

Cumprir destacar que, embora não fosse a pretensão esgotar o tema, entende-se que os objetivos desta pesquisa foram atingidos e contribuições foram dadas. Porém, houve limitações no desenvolvimento da Tese, no sentido de ampliar a análise para as demais

atividades fora da faixa do cais, incorporar variáveis relacionadas à infraestrutura e ambiente institucional, estabelecer comparações a partir de arranjos configurados por tamanho dos portos, ou seja, comparar as grandes instalações e as pequenas separadamente, definir *inputs* e *outputs* numa combinação alternativa. Além disso, estender a pesquisa para inserir portos de outros países, cujos aspectos culturais e econômicos são similares, como os da Espanha e Portugal.

Cabe mencionar que outra linha de investigação bastante pertinente para trabalhos futuros é identificar os tipos de capitalização necessários para estruturar a eficiência, com base na expansão para o ganho de escala e elevação do potencial competitivo dos portos, com fomento de financiamentos sustentáveis.

Dar continuidade a este estudo nos próximos anos significa ampliar a análise no espaço temporal, em que novas metodologias podem ser incorporadas, como a Análise Delphi, que servirá para validar a percepção dos gestores de logística dos portos, a Análise de Sensibilidade, que é útil para construir diferentes cenários da produção e analisar o seu impacto no desempenho dos portos. Portanto, a pesquisa sobre a eficiência dos portos do Sul do Brasil não encerra aqui, mas abre oportunidades para trabalhos futuros.

## REFERÊNCIAS

AHARONOVITZ, M. C. S.; VIEIRA, J. G. V. Proposta de modelo multicritério para seleção de fornecedores de serviços logísticos. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 9, n. 1, p. 9-26, Jan./Mar. 2014.

AKABANE, G. K.; GONÇALVES, M. A.; SILVA, T. R. A importância do modelo de autoridade portuária como opção no planejamento logístico: uma pesquisa exploratória. In: VIEIRA, G. B. B.; SANTOS, C. H. S. (org.). **Logística e gestão portuária: uma visão ibero-americana**. Caxias do Sul: EDUCS, p. 49-61, 2008.

ALVES, M. R. P. A. Logística Agroindustrial. In: BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão Agroindustrial**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2001. p. 162-237. Vol 1.

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L., SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; COELHO, P. H. G. SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação Computacional de Modelos de Análise Envoltória de Dados. **Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção**, v. 3, n. 20. Niterói: Universidade Federal Fluminense - Mestrado em Engenharia de Produção, 2003.

ANGULO MEZA, L.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; FERNANDES, A. J. S. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. **Investigação Operacional**, n. 27, p. 21-36, 2007.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Principais portos brasileiros**. 2012. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/Portal>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Porto de Paranaguá**. Dados Gerais. 2012. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Portos/2012/Paranagua.pdf>>. Acesso em 08 Jun. 2016. (a)

\_\_\_\_\_. **Porto do Rio Grande**. Dados Gerais. 2012. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/Portos/2012/riogrande.pdf>>. Acesso em: 08 Jun. 2016. (b)

\_\_\_\_\_. Sistemas de Informações Gerenciais (SIG). Gerência de estudos e desempenho portuário. **Indicadores de desempenho operacional**. 2010 a 2016. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/sistemas/sig/AreaTrabalho.asp>>. Acesso em: 30 mai 2017.

APPA. Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. **Caderno de resultados da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina: 2011-2015**. Paranaguá: APPA, 2016.

\_\_\_\_\_. **Dicionário básico portuário**. 3. ed. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/arquivos/File/APDICCIONARIO.pdf>>. Acesso em: 15 Jun. 2016. (a)

APSFS. Administração dos Portos de São Francisco do Sul. **Estatísticas portuárias 2015**. Disponível em: <<http://www.apsfs.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DEZEMBRO-2015.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2016

AZEVEDO, P. F. Concorrência no Agribusiness. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000. Cap. 4, p. 61-78

AZAMBUJA, A. M. V. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BAIER, C.; HARTMANN, E.; MOSER R. Strategic alignment and purchasing efficacy: an exploratory analysis of their impact on financial performance. **Journal of Supply Chain Management**, v. 44, n. 4, Oct. 2008.

BAKER, P. An exploratory framework of the role of inventory and warehousing in international supply chains. **International Journal of Logistics Management**, v. 18, n. 1, 2007, p. 64-80.

BALLOU, R. H. **Logística empresarial**. Transportes, administração de materiais e distribuição física. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

\_\_\_\_\_. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**. Planejamento, organização e logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. Some models for estimating technical and scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, **Management Science**, n. 30, p. 1078-1092, 1984.

BARROS, C. P. The measurement of efficiency of portuguese sea port authorities with DEA. **International Journal of Transport Economics**, v. XXX, n. 3, Oct., 2003.

BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise Multivariada**. 1. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. v. 1. 151p.

BEAMON, B. M. Measuring supply chain performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v.9, n.3, p.275-292, 1999.

BELLONI, J. A. **Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. 2000. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

BICHOU, K.; GRAY R. A critical review of conventional terminology or classifying seaports. **Transportation Research Part A**, n. 39, p. 95-92, 2005.

BLYLER, M.; COFF, R. W. Dynamic capabilities, social capital, and rent appropriation: tics that split pies. **Strategic Management Journal**, v. 24, n. 7, p. 667-686, 2003.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. **Gestão da cadeia de suprimentos e logística**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, p. 442.

BOWLIN, W. F. Measuring performance: na introduction to Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Cost Analysis*, v. 14, n. 2, 1998, p. 3-27.

BRASIL. **Lei n. 12.815, de 05 de junho de 2013**. Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários. Brasília, 05 Jun. 2013. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm)>. Acesso em: 11 Mai. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. Balança comercial brasileira: Janeiro a dezembro de 2016. Produto por fator agregado acumulado. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>>. Acesso em: 21 jul 2017.

BRAUN, M. B. S.; LIMA, J. F.; CARDOSO, R. D. Inserção mundial e competitividade da agricultura brasileira. **Informe Gepec**, Vol. 11, n. 1, p. 36-50, jan./jun. 2007.

BRITO, R. P.; BRITO, L. A. L. Vantagem competitiva, criação de valor e seus efeitos sobre o desempenho. **RAE**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 070-084, jan./fev. 2012.

BROOKS, M. R.; CULLINANE, K. Introduction. In: Brooks, M.R., Cullinane, K. (Eds.), **Devolution, Port Governance and Port Performance**. JAI Press: Oxford, 2007. 702 p.

CAIXETA-FILHO, J.V. Competitividade do transporte no agribusiness brasileiro. In: CAIXETA-FILHO, J.; GAMEIRO, A. H. (Orgs.). **Transporte e logística em sistemas agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 2001.

CAMACHO-OLIVEROS, M. Análisis no paramétrico de La eficiencia de redes de distribución logística. **Memorias**, v. 11, n. 19, p. 53-60, 2013.

CASTILLO-MANZANO, J. I.; GONZÁLEZ-LAXE, F.; LÓPEZ-VALPUESTA, L. Intermodal connections at Spanish ports and their role in capturing hinterland traffic. **Ocean e Coastal Management**, n. 86, p. 1-12, 2013.

CHANG, Y. T.; LEE, S. Y.; TONGZON, J.L. Port selection factors by shipping lines: different perspectives between trunk liners and feeder service providers. **Marine Policy**, v. 32, n. 6, p. 877-885, 2008.

CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units, **European Journal of Operational Research**, n. 2, p. 429-444, 1978.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: Estratégia, planejamento e Operações**. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2011. p. 519

CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custo e melhoria dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 2002.

CLEVELAND, G.; SCHROEDER, R. G.; ANDERSON, J. C. A Theory of Production Competence. *Decision Sciences*, v. 20, n. 4, 1989, p. 655-668.

COELLI, T.; R., D. S. P.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento de safra. Séries históricas. **Soja Brasil – Safras 1976/77 a 2015/16**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. New York: Springer, 2007.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da produção e operações**. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, W. A. S.; GALDINO, L. Vantagem competitiva por meio da armazenagem. A importância das variáveis logísticas. **ENIAC Pesquisa**, Guarulhos (SP), v. 1, n. 2, p. 197-217, jul./dez. 2012.

COTO-MILLAN, P.; BAÑOS-PINO, J.; RODRIGUEZ-ALVAREZ, A. Economic efficiency in Spanish ports: some empirical evidence. **Maritime Policy & Management**, v. 27, n. 2, 2000

CRAVEIRO, G. L. **Granéis sólidos no Brasil: uma aplicação da análise envoltória de dados (DEA)**. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

CROXTON, K. L.; GARCIA-DASTUGUE, S. J.; LAMBERT, D. M.; ROGERS, D. S. The supply chain management processes. **The International Journal of Logistics Management**, v. 12, n. 2, p. 13-36, 2001.

CSCMP. Council of Supply Chain Management Professionals. **Supply Chain Management**. Terms and glossary. August 2013. Disponível em: <<https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Definitions of Supply Chain Management.** Disponível em: <<https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>>. Acesso em: 02 mai. 2016.

CULLINANE, K.; KHANNA, M. Economies of scale in large container ships. **Journal of Transport Economics and Policy**, University of Bath and The London School of Economics and Political Science, v. 33, n. 2, p. 185-208, Mai. 1999.

CULLINANE, K.; WANG, T. Data envelopment analysis (DEA) and improving container port efficiency. **Research in Transportation Economics**, v. 17, p. 517-566, 2006.

DAS, A.; NARASIMHAN, R. Purchasing competence and its relationship with manufacturing performance. **The Journal of Supply Chain Management**, v. 36, n. 2, 2000, p. 17-28.

DELBARI, S. A.; NG, S. I.; AZIZ, Y. A.; HO, J. A. Measuring the influence and impact of competitiveness research: a Web of Science approach. **Scientometrics**, v. 105, p. 773-788, 2015.

DENIZ, M., SEÇKIN, Ş. N., CÜREOĞLU, M. Micro-economic competitiveness: a research on manufacturing firms operating in TRB1region. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 75, p. 465-472, 2013.

DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2011.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Mapa Multimodal Paraná**. 2013. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/mapas-multimodais/mapas-multimodais/pr.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2016.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of determinants and directions of technical change. **Research Policy**, Amsterdam, v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

DRUCKER, P. F. **The practice of management**. 1st ed. New York: Harper, 1954.

DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E. A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operations Research**, v. 132, n. 2, p. 245-259, 2001.

ENTANI, T., MAEDA, Y.; TANAKA, H. Dual Models of Interval DEA and its extensions to interval data. **European Journal of Operational Research**, v. 136, n. 1, p. 32-45, 2002.

FARINA, E. M. M. Q. Competitividade e coordenação de sistemas agroindustriais: um ensaio conceitual. **Gestão & Produção**, v. 6, n. 3, p. 147-161, dez. 1999.

FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistic Society**, Series A, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envolvória de Dados: teoria, modelos e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 2009. 389 p.

FIELD, A. **Descobrimdo a estatística usando o SPSS**. Tradução de Lorí Viali. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 687p.

FLEURY, P. F.; WANKE, P. Logística no Brasil. In: FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. (Org.). **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. São Paulo: Atlas, 2003. Cap. 2.

FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial: a perspectiva brasileira**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

FONTES, O. H. P. M. **Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F. A. **Administração de materiais e do patrimônio**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

FRANZONI, A. M. B.; FREITAS, S. M. M. **Logística de transporte intermodal**. In: XI Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, Bauru (SP), Brasil, 07 a 09 de nov. 2005.

GALLEGOS, C. A. E. **Diseño y planeación de la cadena de suministro para empresa de comercialización de tractores agrícolas a nivel nacional**. Tesis (Bachiller en Ingeniería Industrial). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2014.

GAMEIRO, A. R. **Índices de preço para o transporte de cargas: o caso da soja a granel**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz" da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

GARVIN, D. A. **Managing quality**. The strategic and competitive edge. 1 ed. New York: The Free Press, 1988.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

\_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega International Journal of Management Science**, v. 17, n. 3, p. 237-1250, 1989.

GOMES, C. F. S.; RIBEIRO, P. C. C. **Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação**. São Paulo: Learning, 2004.

GONZÁLEZ-BENITO, J. A theory of purchasing's contribution to business performance. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 901-917, 2007.

GUERREIRO, A. S. **Análise da eficiência em empresas de comércio eletrônico usando técnicas da análise envoltória de dados**. Dissertação (mestrado em Engenharia Industrial) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

HAGUENAUER, L. **Competitividade**: conceitos e medidas. Uma resenha da bibliografia recente com ênfase no caso brasileiro. Texto para Discussão n. 211. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ, 1989.

HANDFIELD, R. B.; NICHOLS JR, E. L. **Introduction to supply chain management**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1999.

HESKETT, J. L. Controlling customer logistics service. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 24, n. 4, p. 4-10, 1994.

HESSE, M.; RODRIGUE, J. P. The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, v. 12, p. 171-184, 2004.

HOFFMANN, R. Pobreza, insegurança alimentar e desnutrição no Brasil. **Revista de Estudos Avançados**, v. 9, n. 24, 1995.

HUGGINS, R.; IZUSHI, H.; THOMPSON, P. Journal of CENTRUM Cathedra: **The Business and Economics Research Journal**, v. 6, n. 2, p. 155-172, 2013.

IACS. International Association of Classification Societies. Common Structural Rules for Bulk Carrier. Rules. Jul. 2012

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistemas de Contas Nacionais**. Brasil: 2010-2014, n. 52. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 90 p.

\_\_\_\_\_. **Mapas interativos**. Localidade e densidade. 2010. Disponível em: <<http://mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/#idmap=LocalidadesDensidades2010>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

\_\_\_\_\_. **Indicadores IBGE**. Contas nacionais trimestrais. Indicadores de volume e valores correntes. Out./Dez. 2015. Disponível em <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 07 abr. 2016.

ISLAM, D. M. Z.; MEIER, J. F.; ADITJANDRA, P. T.; ZUNDER, T. H.; PACE, G. Logistics and supply chain management. **Research in Transportation Economics**, v. xxx, p. 1-14, 2012.

JU, B. M. **A Game Theoretic approach to analyzing container transshipment port competition**. Tese (Mestrado em engenharia). Departamento da indústria e sistema nacional de engenharia da Universidade de Singapura, 2013.

KOOPMANS, T. C. **Activity analysis of production and allocation**. In: Proceedings of a conference, John Wiley and Sons, New York : 1951.

KOTLER, P. **Administração de marketing**: Análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

KUPFER, D. **Padrões de concorrência e competitividade**. Texto de Discussão n. 265. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ, 1991.

KUSSANO, M. R.; BATALHA, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Revista Gestão da produção**, São Carlos, v. 19, n. 3, p. 639-632, 2012.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p.1-20, 1998.

LAMBERT, D. M; GARCIA-DASTUGUE, S. J.; CROXTON, K. L. An evaluation of process-oriented supply chain management frameworks. **Journal of Business Logistics**, v. 26, n. 1, 2005.

LEE, H.L.; PADMANABHAN, V.; WHANG, S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect. **Management Science**, v. 43, n. 4, p. 546-558, apr.1997.

LEWIS, H. T.; CULLITON, J. W. **The role of air freight in physical distribution**. Boston, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University, 1956.

LÓPEZ, R. C.; POOLE, N. Quality assurance in the maritime port logistics chain: the case of Valencia, Spain. **Supply Chain Management**, v. 3, p. 33-44, 1998.

LOUZADA, C. E. C. **Panorama dos portos secos no Brasil**: Avaliação e perspectiva. Dissertação (Mestrado em engenharia industrial). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LYRA, W. S.; SILVA, E. C.; ARAÚJO, M. C. U.; FRAGOSO, W. D. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Rev. Quim. Nova**, v. 33, n. 7, 2010, p. 1594-1597.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. **Projeções do Agronegócio**. Brasil 2015/2016 a 2025/2026. Projeções de longo prazo. Brasília, 7 ed., Jul. 2016. Disponível em <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/Proj\\_Agronegocio2016.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Proj_Agronegocio2016.pdf)>. Acesso em 26 Ago. 2016. (a)

MARAD. Maritime Administration. **Glossary of shipping terms**. U.S. Department of Transportation. Washington, 2008

MARCHESINI, M. M. P.; ALCÂNTARA, R. L. C. Proposta de atividades logísticas na gestão da cadeia de suprimentos (SCM). **Production**, v. 24, n. 2, p. 255-270, apr./jun., 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, K. V. **Análise da eficiência relativa de portos multipropósito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.

MATHIEU, V. Product services: from a service supporting the product to a service supporting the client. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 16, n. 1, p. 39-61, 2001.

MATTAR, F. N. **Pesquisa em marketing**. São Paulo: Atlas, 1996.

MAXIMIANO, A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MCFETRIDGE, D. Competitiveness concepts and measures. Gouvernement du Canada, Industrie Canada, **Occasional Paper**, n. 5, apr. 1995.

MDIC. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Comércio Exterior. Séries Históricas. **Grupos de produtos: exportação**. Jan. 1997- abr. 2016. Disponível em: <[www.mdic.gov.br](http://www.mdic.gov.br)>. Acesso em: 03 mai. 2016.

MELLAT-PARAST, M.; SPILLAN, J. E. Logistics and supply chain process integration as a source of competitive advantage. **The International Journal of Logistics Management**, v. 25, n. 2, 2014, p. 289-314.

MÉNDEZ SAYAGO, J. A.; MÉNDEZ SAYAGO, J. M.; HERNÁNDEZ ESCOLAR, H. A. Productividad total de los factores, cambio técnico, eficiencia técnica y PIB potencial en Latinoamérica. **Semestre Económico Universidad de Medellín**, v. 16, n. 34, 2013.

MENEGAZZO, L. R.; FACHINELLO, A. L. Análise de nível de eficiência dos portos brasileiros. **Revista de Economia**, v. 40, n. 3 (ano 38), p. 173-197, set/dez. 2014.

MEZA, L. A.; BIONDI, L. N.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G. ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 3, 2005, p. 493-503.

MILAN, G. S.; VIEIRA, G. B. B. Proposição de um modelo conceitual em torno da prática da governança em cadeias logístico-portuárias. **Revista Gestão Industrial**, v. 7, n. 4, p. 154-174, 2011

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 1ª reimpressão. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. 297p

MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.

MTPA. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. Operação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do Setor portuário brasileiro e na implantação dos projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre do complexo portuário de São Francisco do Sul**. Fase 1, atualização dos planos mestres. Florianópolis, fev. 2017.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: Estratégia, operações e planejamento**. Rio de Janeiro: Campos, 2001.

NUNAMAKER, T. R. Using Data Envelopment Analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: A critical evaluation. **Managerial and Decision Economics**, v.6, n. 1, 1985, p. 50-58.

NÚÑEZ-SÁNCHEZ, R.; COTO-MILLÁN, P. The impact of public reforms on the productivity of Spanish ports: A parametric distance function approach. **Transport Policy**, v. 24, p. 99-108, 2012.

NWANOSIKE, F., T.; NICOLETA, S.; WARNOCK-SMITH, D. **An evaluation of Nigerian ports post-concession performance**. In: Proceedings of the 17th Annual Logistics Research Network Conference. Chartered Institute of Logistics and Transport, 2012.

OMC. Organização Mundial do Comércio. Trends in international trade: Factors shaping the future of world. **Trade world trade report 2013**. Disponível em: <[https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/wtr13-2b\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr13-2b_e.pdf)>. Acesso em 15 set 2017.

PEIXOTO, M. G. M. **Avaliação da eficiência operacional de terminais intermodais da região sudeste na cadeia logística de grãos por análise envoltória de dados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

PEREIRA, D., M.; RATTON, E.; BLASI, G. F.; PEREIRA, M. A; KÜSTER FILHO, W. **Apostila de sistemas de transportes**. Organização de Marcia Andrade Pereira e Eloá Lenzion. Ago. 2013. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <[http://www.dtt.ufpr.br/Sistemas/Arquivos/TT046\\_Aula%2001.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/Sistemas/Arquivos/TT046_Aula%2001.pdf)>. Acesso em: 30 Jul. 2016.

PIACENTI, C. A.; LIMA, J. F. (Org.). **Análise Regional: Metodologias e Indicadores**. Curitiba, PR: Camões, 2012.

PIRES, J. S. **A eficiência técnica dos portos e terminais públicos e privados brasileiros marítimos no período de 2010 a 2014**. Dissertação (Mestrado em Transportes). Departamento de Engenharia Civil e ambiental da Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

PORTER, M. The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review*, p.73-93, march-april, 1990.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97–118, 1995.

POWEL, T. C. Competitive advantage: logical and philosophical considerations. **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 9, p. 875-888, 2001.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, Ernani C. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAZZOLINI FILHO, E. Supply Chain Management – SCM: Uma tentativa de conceituação. *Tuiuti: Ciência e Cultura*, n. 24, FCSA 03, p. 79-98, nov. 2001.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RIOS, L. R. **Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de containeres do Mercosul**. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RIOS, C. O. **Mensuração de eficiência: um novo exame aplicado aos portos públicos brasileiros**. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento). Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e a logística internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2000.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA). **Maritime Policy & Management**, v. 20, n. 2, p. 153-161, may. 1993.

ROTHENGATTER, W.. Bottlenecks in European Transport Infrastructure. Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung. Universität of Karlsruhe, Germany. **In Pan-European Transport Issues**. Proceedings of Seminar a held at the 24th European Transport Forum, Brunel University, England, 2-6 september, 1996, p. 401.

RUMELT, R. P.; SCHENDEL, D.; TEECE, D. J. Strategic management and economics. **Strategic Management Journal**, v. 12 p. 5-29, 1991.

SABET, E.; YAZDANI, N.; LEEUW, S. Supply chain integration strategies in fast evolving industries. **The International Journal of Logistics Management**, v. 28, n. 1, p. 29-46, 2017.

SAMUELSON, P. A.; NORDHAUS, W. D. **Economia**. 19. ed. Porto Alegre: CMGH, 2012.

SANTANA, A. C. **Métodos quantitativos em economia**: elementos e aplicações. Belém: UFRA, 2003. 484 p.

SEIBEL, N. T. **História do Porto de São Francisco do Sul**. Joinville, SC: S&A Editora, 2010.

SENRA, L. F. A. C.; NANJI, L. C.; MELLO, J. C. C. B. S.; MEZA, L. A. Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 27, n. 2, p. 191-207, mai./ago. 2007.

SEP/PR. SECRETARIA DOS PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Portaria nº 414, de 30 de dezembro de 2009**. Estabelece as diretrizes, os objetivos gerais e os procedimentos mínimos para a elaboração do Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário - PDZ. Diário Oficial da União, Seção 1, nº 250. Brasília, 31 dez. 2009. Disponível em: <[http://www.agu.gov.br/page/content/detail/id\\_conteudo/151135](http://www.agu.gov.br/page/content/detail/id_conteudo/151135)>. Acesso em: 03 nov. 2016.

\_\_\_\_\_. Operação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do Setor portuário brasileiro e na implantação dos projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre Porto de São Francisco do Sul**. Florianópolis, nov. 2012.

\_\_\_\_\_. Operação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do Setor portuário brasileiro e na implantação dos projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre Porto de Imbituba**. Florianópolis, dez. 2012. (a)

\_\_\_\_\_. Cooperação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do setor portuário brasileiro e na implantação de projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre do Porto de Antonina**. Florianópolis, jul. 2013.

\_\_\_\_\_. Cooperação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do setor portuário brasileiro e na implantação de projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre do Porto de Paranaguá**. Florianópolis, ago. 2013. (a)

\_\_\_\_\_. Cooperação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do setor portuário brasileiro e na implantação de projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre do Porto de Porto Alegre**. Florianópolis, set. 2013. (b)

\_\_\_\_\_. Cooperação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do setor portuário brasileiro e na implantação de projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre do Porto de Pelotas**. Florianópolis, set. 2013. (c)

\_\_\_\_\_. Cooperação técnica para apoio à SEP/PR no planejamento do setor portuário brasileiro e na implantação de projetos de inteligência logística portuária. **Plano mestre do Porto de Rio Grande**. Florianópolis, out. 2013. (d)

\_\_\_\_\_. **Portos do Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional>>. Acesso em: 23 Mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Sistema Portuário Nacional**. WebPortos. Disponível em: <<https://webportos.labtrans.ufsc.br/>>. Acesso em 07 Jun. 2016.

SCPar Porto de Imbituba S.A. Apresentação. Disponível em: <<http://www.portodeimbituba.com.br/site/quem-somos/>>. Acesso em: 30 jul. 2016

SERPRO. Serviço Federal de Processamento de Dados. **Mapeamento dos processos do Porto de Santos-SP**. Versão 1.0. São Paulo, julho de 2006, 332 p.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. Revisada de acordo com a ABNT e ampliada. São Paulo: Cortez, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997, p.380–405.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. et al.. Curso de análise de envoltória de dados. In: **XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, SBPO**, Gramado (RS), 27 a 30 set. 2005.

SOUSA JÚNIOR, J. N. C. **Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados**: Estudo de caso dos portos da região Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

SOUSA JÚNIOR, J. N. C.; NOBRE JÚNIOR, E. F.; PRATA, B. A.; MELLO, J. C. C. B. S. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. **Journal of Transport Literature**, Manaus, vol. 7, n. 4, p. 75-106, oct. 2013.

SOUZA, M. A.; ZWIRTES, A.; RODNISKI, C. M.; BORGHETTI, J. C. Gestão de custos logísticos: Um estudo das práticas utilizadas por uma cooperativa agroindustrial catarinense. **ConTexto**, Porto Alegre, v. 13, n. 23, p. 7-22, jan./abr. 2013.

SUPRG. Superintendência do Porto de Rio Grande. **Plano de zoneamento das áreas do porto organizado de Rio Grande**, v. 2, dez. 2011. Disponível em: <[http://www.portoriogrande.com.br/site/estrutura\\_zoneamento\\_do\\_porto.php](http://www.portoriogrande.com.br/site/estrutura_zoneamento_do_porto.php)>. Acesso em: 24 mai. 2016.

\_\_\_\_\_. **Autoridade portuária**. Disponível em: <<http://www.portoriogrande.com.br/>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

THANASSOULIS, E. **Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software**. New York: Springer Science e Business Media, 2001.

UDERMAN, S.; ROCHA, C. H; CAVALCANTE, L. R. Modernização do sistema portuário no Brasil: uma proposta metodológica. **Journal of Transport Literature**, vol. 6, n. 1, p. 221-240, 2012.

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. **Review of maritime transport**. United Nations Publication: Geneva, 2014.

VENKATRAMAN, N.; RAMANUJAM, V. Measurement of business performance in the absence of objective measures. **Strategic Management Review**, v. 11, n.4, p. 801-814, 1986.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2004.

VIANNA Jr., E. O. **Modelo de gestão e automação dos portos brasileiros**. Tese (Doutorado em Engenharia). Departamento de Engenharia Elétrica e Automação Elétrica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VIEIRA, G. B. B. **Modelo de governança aplicado a cadeias logístico-portuárias**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

VIEIRA, G. B. B.; KLIEMANN NETO, F. J. Taxonomy for the classification of container ports: A contribution to port governance. *Revista Espacios*, v. 37, n. 03, p. 23-39, 2016.

WAACK, R. S. **Gerenciamento de tecnologia e inovação em sistemas agroindustriais**. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.) *Economia e gestão de negócios agroalimentares*. São Paulo: Pioneira, 2000, Cap. 14, p. 323-346.

WANKE, P. F.; HIJJAR, M. F. Exportadores brasileiros: estudo exploratório das percepções sobre a qualidade da infraestrutura logística. **Produção**, v. 19, n. 1, p. 143-162, jan./abr. 2009.

WANKE, P. F. Determinants of scale efficiency in the Brazilian third-party logistics industry from 2001 to 2009. **Brazilian Administration Review**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, art. 4, p. 66-87, jan./mar. 2012.

WANKE, P. F.; BARBASTEFANO, R. G.; HIJJAR, M. F. Determinants of efficiency at major Brazilian Port terminals. **Transport Reviews**, v. 31, n. 5, p. 653-677, set./2011.

WANKE, P. F.; BARROS, C. P. Public-private partnerships and scale efficiency in Brazilian ports: Evidence from two-stage DEA analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 51, p. 13-22, 2015.

WILLIAMSON, O. E. *Mechanisms of governance*. New York: Oxford University Press, 1996. 429 p.

YONG, A. G.; PEARCE, S. A beginner's guide to factor analysis: focusing on exploratory factor analysis. **Tutorials in Quantitative Methods for Psychology**, v. 9, n. 2, p. 79-94, 2013.

ZOGAHIB, M. J. E. **Comércio Marítimo**. Rio de Janeiro: FEMAR, 2008. 94 p.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Questões apresentadas aos gestores de logística dos portos

**Visita técnica ao porto:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Entrevista:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

#### *Questões*

- 1) Quais atividades e/ou serviços portuários são considerados os mais importantes num porto?
- 2) Os portos oferecem serviços de alto valor agregado, que atendam satisfatoriamente as necessidades dos clientes? Quais são eles?
- 3) Qual é o fator-chave para os agentes portuários atuarem e permanecerem neste porto?
- 4) Os portos competem entre si? Em quais atividades e/ou serviços? Quais são as consequências que podem ser apontadas em função disso para os operadores portuário/clientes.
- 5) As condições de acesso ao porto são satisfatórias? Por que?
- 6) Aponte e comente brevemente os fatores críticos de operação e infraestrutura portuária que afetam a eficiência (ex. n° de berços, profundidade de calado, extensão do cais, canais de acesso, equipamentos de pátio e rodantes, entre outros).
- 7) Elenque os principais processos para a utilização das instalações e serviços no porto e comente se essa tarefa pode ser considerada simples e rápida.
- 8) Qual o tempo médio que os navios esperam para atracar?
- 9) Em média, qual o tempo de estadia de um navio?
- 10) Qual é a prancha-média realizada para carregar/descarregar as embarcações?
- 11) Em média, qual é o tempo total de operação dos navios?
- 12) Em relação aos granéis sólidos, qual é a participação dessa natureza de carga no total das operações do porto? Que produtos são movimentados e qual o sentido de comercialização (ex. exportação, importação, etc.).
- 13) Existem serviços deficientes nos portos, que podem ser considerados entraves operacionais para a atuação de sua empresa? Quais são eles?

**APÊNDICE B** – Resultado do cálculo de eficiência do modelo DEA preliminar

DMU	Porto	DEA Padrão	Fronteira Invertida	Eficiência Composta	Eficiência Normalizada
DMU_1	PARA	1,000	0,865	0,568	0,651
DMU_2	RGDE	1,000	1,000	0,500	0,573
DMU_3	SFSU	1,000	0,953	0,524	0,600
DMU_4	IMBI	0,974	1,000	0,487	0,559
DMU_5	ANTO	0,930	0,947	0,492	0,564
DMU_6	PTAL	0,825	1,000	0,412	0,473
DMU_7	PELO	0,871	1,000	0,436	0,499
DMU_8	PARA	1,000	0,415	0,792	0,908
DMU_9	RGDE	1,000	0,478	0,761	0,873
DMU_10	SFSU	0,956	0,492	0,732	0,839
DMU_11	IMBI	0,975	0,520	0,727	0,834
DMU_12	ANTO	1,000	0,534	0,733	0,841
DMU_13	PTAL	0,875	0,545	0,665	0,763
DMU_14	PELO	0,870	0,526	0,672	0,771
DMU_15	PARA	0,914	1,000	0,457	0,524
DMU_16	RGDE	0,942	0,796	0,573	0,657
DMU_17	SFSU	0,918	0,996	0,461	0,528
DMU_18	IMBI	1,000	0,993	0,503	0,577
DMU_19	ANTO	1,000	0,940	0,530	0,608
DMU_20	PTAL	0,962	0,924	0,519	0,595
DMU_21	PELO	0,873	0,881	0,496	0,569
DMU_22	PARA	0,644	0,674	0,485	0,556
DMU_23	RGDE	0,577	0,708	0,435	0,498
DMU_24	SFSU	0,617	0,790	0,413	0,474
DMU_25	IMBI	0,545	0,714	0,415	0,476
DMU_26	ANTO	0,612	0,761	0,426	0,488
DMU_27	PTAL	0,624	0,800	0,412	0,472
DMU_28	PELO	0,509	1,000	0,255	0,292
DMU_29	PARA	0,539	1,000	0,269	0,309
DMU_30	RGDE	0,801	1,000	0,401	0,459
DMU_31	SFSU	1,000	0,604	0,698	0,800
DMU_32	IMBI	0,786	1,000	0,393	0,450
DMU_33	ANTO	0,920	0,623	0,649	0,744
DMU_34	PTAL	0,313	0,966	0,173	0,199
DMU_35	PELO	0,254	1,000	0,127	0,146
DMU_36	PARA	1,000	0,295	0,853	0,977
DMU_37	RGDE	1,000	0,274	0,863	0,989
DMU_38	SFSU	1,000	0,256	0,872	1,000
DMU_39	IMBI	0,887	0,607	0,640	0,734
DMU_40	ANTO	0,913	0,357	0,778	0,892
DMU_41	PTAL	0,725	0,502	0,612	0,702
DMU_42	PELO	0,820	0,716	0,552	0,633
DMU_43	PARA	1,000	0,846	0,577	0,662
DMU_44	RGDE	1,000	0,668	0,666	0,764

DMU	Porto	DEA Padrão	Fronteira Invertida	Eficiência Composta	Eficiência Normalizada
DMU_45	SFSU	1,000	1,000	0,500	0,573
DMU_46	IMBI	1,000	0,867	0,566	0,649
DMU_47	ANTO	1,000	0,930	0,535	0,613
DMU_48	PTAL	1,000	0,879	0,560	0,643
DMU_49	PELO	1,000	1,000	0,500	0,573

## ANEXOS

## ANEXO 1 - Relação dos portos do Brasil e suas características de gestão

Nome da Instalação	Estado	Autoridade Portuária	Tipo	Gestão	
Suape	PE	SDECPE	Marítimo	Delegados	
Imbituba	SC	SCPAR	Marítimo		
São Francisco do Sul	SC	APSFS	Marítimo		
Itaqui	MA	EMAP	Marítimo		
Cabedelo	PB	DOCASPB	Marítimo		
Recife	PE	PORTO DO RECIFE S.A.	Marítimo		
São Sebastião	SP	DERSA	Marítimo		
Antonina	PR	APPA	Marítimo		
Paranaguá	PR	APPA	Marítimo		
Pelotas	RS	SPH	Marítimo		
Porto Alegre	RS	SPH	Marítimo		
Estrela	RS	SPH	Fluvial		
Cachoeira do Sul	RS	SPH	Fluvial		
Rio Grande	RS	SUPRG	Marítimo		
Porto Velho	RO	SOPHRO	Fluvial		
Itajaí	SC	ADHOC	Marítimo		
Macapá	AP	CDSA	Marítimo		
Forno	RJ	COMAP	Marítimo		
Manaus	AM	CODOMAR	Fluvial		Públicos
Laguna	SC	CODESP	Marítimo/pesqueiro		
Santos	SP	CODESP	Marítimo		
Angra dos reis	RJ	CDRJ	Marítimo		
Itaguaí	RJ	CDRJ	Marítimo		
Rio de janeiro	RJ	CDRJ	Marítimo		
Niterói	RJ	CDRJ	Marítimo		
Vitória	ES	CODESA	Marítimo		
Barra do Riacho	ES	CODESA	Marítimo		
Ilhéus	BA	CODEBA	Marítimo		
Aratu	BA	CODEBA	Marítimo		
Salvador	BA	CODEBA	Marítimo		
Maceió	AL	CODERN	Marítimo		
Natal	RN	CODERN	Marítimo		
Areia Branca	RN	CODERN	Marítimo/salineiro		
Fortaleza	CE	CDC	Marítimo		
Vila do Conde	PA	CDP	Marítimo		
Belém	PA	CDP	Marítimo		
Santarém	PA	CDP	Marítimo		

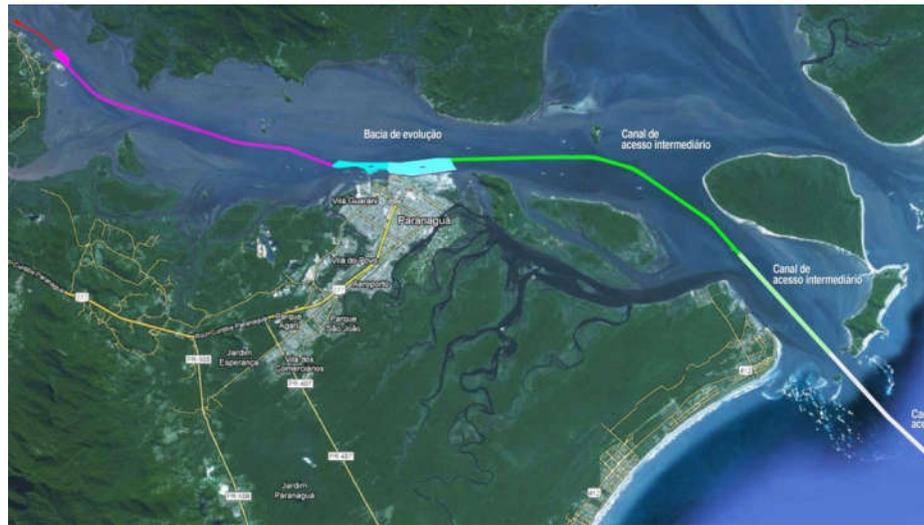
Fonte: Adaptado de SEP/PR (2015).

## ANEXO 2 - Localização dos portos marítimos do Brasil



Fonte: SEP/PR (2013)

### ANEXO 3 – Vista panorâmica dos portos do Sul do Brasil



Canal de acesso ao Porto de Paranaguá e Antonina



Corredor de exportação do Porto de Paranaguá



Porto de Antonina



Terminal de transbordo de granéis sólidos do Porto de Paranaguá



Porto de São Francisco do Sul



Porto de Imbituba



Porto do Rio Grande



Porto de Porto Alegre



Porto de Pelotas

Fonte: Appa (2016), APSFS (2016), SUPRG (2016)

**ANEXO 4 – Equipamentos de transporte e transbordo na faixa do cais dos portos**

Carregamentos de granéis sólidos no Porto de Paranaguá, em navio do tipo Handymax (40 a 60 mil toneladas), com correias transportadoras ou dagas e guindastes *shiploader*.

Fonte: Appa (2016)



Carregamentos de granéis sólidos no Porto de São Francisco do Sul, em navio do tipo Handymax, com correias transportadoras ou dagas e guindastes *shiploader*.

Fonte: Da pesquisa (2016)



Descarregamento de fertilizantes na faixa do cais do Porto de Paranaguá, de navio do tipo Handysize (10 a 40 mil toneladas).

Fonte: Appa (2016)



Barcos empurradores no Porto de São Francisco do Sul.

Fonte: Da pesquisa (2016)



Navio do tipo VLOC – Very Large Ore Carrier para carregamentos acima de 200 mil toneladas.

Fonte:  
<https://worldmaritimenews.com/archives/tag/very-large-ore-carrier/> (2016)



Balança rodoferroviária para a entrada e saída de cargas.

Fonte:  
<http://www.balancascuritiba.com.br/> (2016)



Guindaste móvel para carregamentos de granéis sólidos, com caçamba de carga.

Fonte: Pérez Torres Marítima S.R.L. – Puerto A Coruña, Espanha (2017).

P651t Pinela, Sandra Regina da Silva

O transbordo de granéis sólidos nos portos marítimos do sul do Brasil: análise sob a ótica da eficiência logística - Toledo - PR. / Sandra Regina da Silva Pinela. – Toledo / PR, 2018.

154 f.

Orientador: Prof. Dr. Weimar Freire da Rocha Júnior.

Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

1. Transporte marítimo. 2. Análise envoltória de dados.  
3. Armazenamento e transporte de cargas. I. Rocha Júnior, Weimar Freire da. II. UNIOESTE. III. Título.

CDD: 387.5

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Carla Rech Ribeiro CRB 9/1685