

MULTIMETODOLOGIA APLICADA À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM
TERMINAIS PORTUÁRIOS

Betina Maciel Versiani

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil.

Orientadores: Cláudio Fernando Mahler
Marcos Pereira Estellita Lins

Rio de Janeiro

Abril de 2019

MULTIMETODOLOGIA APLICADA À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM
TERMINAIS PORTUÁRIOS

Betina Maciel Versiani

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

Prof. Cláudio Fernando Mahler, D.Sc.

Prof. Marcos Pereira Estellita Lins, D.Sc.

Prof. Otto Corrêa Rotunno Filho, Ph.D.

Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.

Prof. Mario Cesar Rodríguez Vidal, Dr.Ing.

Prof. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2019

Versiani, Betina Maciel

Multimetodologia aplicada à gestão de resíduos sólidos em terminais portuários / Betina Maciel Versiani.

– Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XVIII, 217 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Cláudio Fernando Mahler

Marcos Pereira Estellita Lins.

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 165-184.

1. Multimethodology. 2. Resíduos sólidos. 3. Terminais portuários. I. Mahler, Cláudio Fernando *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por estar sempre presente, fortalecendo-me e fazendo-me acreditar que tudo é possível!

À minha família, por todo amor e apoio incondicional, minha mãe Lenita, meu pai Marçal (*in memoriam*), minha irmã Lili, minha sobrinha Marcela e, em especial, meu irmão Conrado.

Ao professor Flávio Mascarenhas (*in memoriam*), pelo aceite da orientação no início desta jornada.

Agradeço, em especial, ao professor e orientador Cláudio Mahler, pelo acolhimento, orientação e incentivo, fundamentais para produção deste trabalho.

Gratidão ao orientador e professor Marcos Estellita, por me aceitar e por tornar este trabalho uma realidade.

Ao professor Marcos Freitas, pela constante oportunidade de crescimento profissional ao longo dos últimos anos bem como pelo suporte e encorajamento.

Aos Professores Otto Rotunno, Mario Vidal e Osvaldo Quelhas, por aceitarem o convite para composição da banca examinadora desta Tese.

À querida amiga Bruna Tavares, pelo agradável convívio, carinho e apoio que me proporciona. Muito obrigada por estar ao meu lado durante toda esta caminhada.

Aos amigos Vânia Sanches, Breno e Francis, pelo afeto, companheirismo e contribuição nessa empreitada.

Aos estimados Zé Luiz, Raul, Roberto e Seu Carlos, equipe do IVIG/UFRJ, pela colaboração, amizade e pelo suporte oferecido.

À Companhia Docas do Estado de São Paulo, pelo apoio na disponibilização de dados para realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

MULTIMETODOLOGIA APLICADA À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM TERMINAIS PORTUÁRIOS

Betina Maciel Versiani

Abril/2019

Orientadores: Cláudio Fernando Mahler

Marcos Pereira Estellita Lins

Programa: Engenharia Civil

A análise envoltória de dados (DEA) tem se mostrado apropriada na avaliação de desempenho operacional portuário e seu emprego tem sido crescente nos últimos anos, embora restrita aos aspectos teóricos, sem a interação com os usuários. Esta tese desenvolve uma multimetodologia para avaliação de eficiência técnica e ambiental da gestão de resíduos sólidos nos terminais portuários do Porto de Santos. Com esse objetivo, o trabalho analisou 24 terminais portuários, no ano de 2015, com utilização do método DEA, quanto à movimentação de cargas em relação à infraestrutura disponível e à gestão de resíduos empregada. O resultado do modelo clássico revelou que cinco terminais de carga geral e sete de granel sólido estariam na fronteira de eficiência e, quando se aplicou a restrição aos pesos, quatro de cada *cluster* permaneceram na fronteira Pareto-eficiente. A análise quantitativa é formal e trata uma parte do problema, enquanto que a realidade é qualitativa. Assim, incorporou-se um mapa conceitual que explicita um conhecimento interno implícito. A multimetodologia proposta identifica os fatores envolvidos, incluindo os inconsistentes, inexistentes ou que não podem ser representados em uma base de dados. A integração dos métodos representa um importante subsídio para maior entendimento da influência da eficiência da gestão de resíduos na operação portuária para o processo decisório.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

MULTIMETHODOLOGY APPLIED TO SOLID WASTE MANAGEMENT IN PORT
TERMINALS

Betina Maciel Versiani

April/2019

Advisors: Cláudio Fernando Mahler
Marcos Pereira Estellita Lins

Department: Civil Engineering

Data envelopment analysis (DEA) has proven to be appropriate in the operational performance assessment and its work has been increasing in recent years, although it is restricted to theoretical issues without interaction with users. This thesis develops a multimethodology for the evaluation of the technical and environmental efficiency of solid waste management in the terminals of the Port of Santos. With this, the work analyzed 24, in 2015, using DEA method as regards cargo handling to available infrastructure and the waste management employed. The result of the classic model revealed that five general load terminals and seven solid bulk terminals would be on the efficiency frontier, and when weight restriction was applied, four from each cluster remained on the Pareto-efficient frontier. Quantitative analysis is formal and addresses part of the problem, while reality is qualitative. Thus, a concept map was incorporated that explicitly implies an internal knowledge. The proposed multimethodology identifies the factors involved, including inconsistent, non-existent or unrepresentable factors in a database. The integration of the methods represents an important subsidy for a better understanding of the influence of waste management efficiency on port operations for decision making.

"Existem mundos maravilhosos e fascinantes, mas existe um mundo infinitamente mais misterioso e atraente: o Céu que está dentro de nós."

Meishu-Sama

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xvi
Capítulo 1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização histórica da pesquisa.....	1
1.2 Problema de pesquisa.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivos específicos.....	5
1.4 Estruturação do trabalho.....	5
Capítulo 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1 Portos marítimos brasileiros.....	7
2.1.1 Sistema portuário brasileiro.....	10
2.1.2 Porto de Santos.....	14
2.2 Resíduos sólidos.....	19
2.2.1 Política de resíduos sólidos.....	23
2.2.2 Gestão de resíduos sólidos portuários.....	44
2.3 Mapas conceituais.....	49
2.3.1 Estruturação de problema.....	49
2.3.2 Mapas conceituais.....	51
2.4 Sistemas de análise de desempenho.....	54
2.4.1 Sistema de decisão.....	54
2.4.2 Análise envoltória de dados.....	59
2.5 Multimetodologia.....	68
2.5.1 Fundamentos básicos.....	68
Capítulo 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	75

3.1	Etapa 1 – Diagnóstico	75
3.2	Etapa 2 – Estado Atual.....	76
3.3	Etapa 3 – Base de Dados	77
3.4	Etapa 4 – Elaboração do Modelo DEA	78
3.5	Etapa 5 – Construção do Mapa	78
3.6	Etapa 6 – Aplicação Modelo DEA.....	79
Capítulo 4	COMPOSIÇÃO DO MODELO	80
4.1	Abordagem DEA no setor de transportes	80
4.2	Revisão de literatura da aplicação DEA no setor portuário.....	83
4.2.1	Variáveis portuárias	95
4.3	Construção do mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos	98
4.4	Planejamento para construção do modelo DEA.....	110
Capítulo 5	APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS	115
5.1	Panorama dos resíduos sólidos no Porto de Santos.....	115
5.2	Análise exploratória de dados	119
5.2.1	Fronteira global de eficiência	120
5.2.2	Fronteira de eficiência para carga geral.....	125
5.2.3	Fronteira de eficiência para granel sólido.....	130
5.3	Análise do modelo proposto.....	134
5.3.1	Carga geral.....	136
5.3.2	Granel sólido	147
Capítulo 6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	159
6.1	Considerações finais	159
6.2	Conclusões	160
6.3	Sugestões para trabalhos futuros	164
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	165

GLOSSÁRIO	185
APÊNDICE A - Memorial de cálculo de conversões de densidade dos resíduos sólidos.....	191
APÊNDICE B - Índices de eficiência das fronteiras globais	201
APÊNDICE C - Gráficos com plotagem do cluster granel líquido com as fronteiras de eficiência de desempenho	202
ANEXO - Legislação ambiental pertinente.....	204

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	Linha do tempo.	8
Figura 2.2 -	Novo arranjo institucional do setor portuário.	9
Figura 2.3 -	Distribuição dos 35 portos públicos marítimos brasileiros.	11
Figura 2.4 -	Crescimento no número de terminais privados.	12
Figura 2.5 -	Movimentação de cargas nos portos e TUP.	12
Figura 2.6 -	Portos Organizados - ranking de movimentação.	13
Figura 2.7 -	TOP 10 - Mercadorias movimentadas (em milhões de ton).	13
Figura 2.8 -	Imagem aérea do Porto de Santos e sua localização no município de Santos e no Brasil.	14
Figura 2.9 -	Movimentação de cargas em portos organizados brasileiros.	16
Figura 2.10 -	<i>Ranking</i> de movimentação de portos brasileiros.	16
Figura 2.11 -	Correlação entre a movimentação portuária de carga nacional e a movimentação no Porto de Santos (2010 - 2015).	17
Figura 2.12 -	Carga total movimentada no Porto de Santos.	18
Figura 2.13 -	Movimentação de carga total do Porto de Santos por natureza da carga.	18
Figura 2.14 -	Formato de classificação de resíduo sólidos.	22
Figura 2.15 -	Marcos legais na gestão de resíduos sólidos no Brasil.	24
Figura 2.16 -	Princípios e instrumentos principais da PNRS.	25
Figura 2.17 -	Fluxo da ordem de prioridade na gestão dos resíduos sólidos.	26
Figura 2.18 -	Políticas internacionais de resíduos sólidos.	29
Figura 2.19 -	Temas a serem abordados pelos planos de resíduos sólidos.	30
Figura 2.20 -	Planos de gerenciamento de resíduos sólidos.	32
Figura 2.21 -	Coleta seletiva no município de Santos.	33
Figura 2.22 -	Fluxograma dos sistemas de informações de resíduos sólidos.	36
Figura 2.23 -	Licenciamento ambiental no Porto de Santos.	37
Figura 2.24 -	Fluxograma logística reversa estado de São Paulo.	40
Figura 2.25 -	Fluxograma da gestão dos resíduos sólidos nos níveis de	46

	organização.	
Figura 2.26 -	Exemplo de mapa conceitual.	53
Figura 2.27 -	<i>Mind map</i> para a gestão de resíduos sólidos.	57
Figura 2.28 -	Hierarquia da teoria de suporte à decisão e métodos da OR.	58
Figura 2.29 -	Distribuição de artigos entre métodos de OR e ICTs.	58
Figura 2.30 -	Melhoria da empresa A.	60
Figura 2.31 -	Alcance de fronteira de eficiência.	61
Figura 2.32 -	Comparação entre os modelos BCC e CCR.	63
Figura 3.1 -	Etapas da pesquisa.	75
Figura 4.1 -	Campos de aplicação do DEA.	80
Figura 4.2 -	Número de artigos publicados por ano com a utilização do DEA na análise em transportes.	81
Figura 4.3 -	Distribuição de artigos com aplicação da DEA consultados no setor de transportes no período 1989 – 2016.	82
Figura 4.4 -	Modelos DEA mais utilizados no levantamento bibliográfico.	95
Figura 4.5 -	Percentual de publicações que consideraram as categorias de inputs na aplicação do método DEA.	97
Figura 4.6 -	Percentual do tipo de input mais frequente na amostra.	97
Figura 4.7 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (dividido em 5 partes).	103
Figura 4.8 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 1 – políticas de resíduos).	104
Figura 4.9 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 2 – planos de resíduos sólidos).	105
Figura 4.10 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 3 – gerenciamento dos resíduos).	106
Figura 4.11 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 4 - fatores de desempenho).	107
Figura 4.12 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 5 - caracterização dos resíduos sólidos).	108

Figura 4.13 -	Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (completo).	109
Figura 4.14 -	Esquema global da função de produção do problema.	112
Figura 4.15 -	Esquema de produção do problema em duas etapas.	112
Figura 5.1 -	Movimentação total de carga e geração de resíduos no Porto de Santos.	115
Figura 5.2 -	Diagrama ternário: textura de solos (a); Sistema Al_2O_3 - SiO_2 - CaO (b).	116
Figura 5.3 -	Diagrama ternário da destinação de resíduos dos terminais.	118
Figura 5.4 -	Destinação de resíduos e movimentação de carga nos terminais do Porto de Santos.	119
Figura 5.5 -	Esquema de produção para análise exploratória da etapa 2.	120
Figura 5.6 -	Gráfico com plotagem da área do terminal (x) versus atracação (y) com fronteira de eficiência para todas as DMUs.	121
Figura 5.7 -	Gráfico com plotagem da atracação (x) versus carga (y) com a fronteira de eficiência para todas as DMUs.	122
Figura 5.8 -	Gráfico com plotagem de resíduos (x) versus carga (y) com a fronteira de eficiência para todas as DMUs.	123
Figura 5.9 -	Gráfico com plotagem do cluster carga geral - área do terminal (x) versus atracação (y) com a fronteira de eficiência.	125
Figura 5.10 -	Gráfico com plotagem do cluster carga geral - atracação (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.	127
Figura 5.11 -	Gráfico com plotagem do cluster carga geral – resíduos totais (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.	128
Figura 5.12 -	Gráfico com plotagem do cluster granel sólido – área (x) versus atracação (y) com a fronteira de eficiência.	130
Figura 5.13 -	Gráfico com plotagem do cluster granel sólido – atracação (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.	132
Figura 5.14 -	Gráfico com plotagem do cluster granel sólido – resíduos totais (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.	133
Figura 5.15 -	Esquema de produção do problema em duas etapas.	135

Figura 5.16 -	Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: a) projeção radial; (b) projeção Pareto-eficiente.	140
Figura 5.17-	Detalhe dos gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: (a) projeção radial; (b) projeção Pareto-eficiente.	140
Figura 5.18 -	Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – carga geral – modelo BCC – projeção Pareto-eficiente, com restrição aos pesos virtuais: (a) visão geral; (b) zoom da visão geral; (c) detalhe com zoom maior.	144
Figura 5.19 -	Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: a) projeção radial; (b) projeção Pareto-eficiente.	151
Figura 5.20 -	Detalhe dos gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: (a) e (b) projeção radial; (c) e (d) projeção Pareto-eficiente.	151
Figura 5.21 -	Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência - granel sólido - modelo BCC - projeção Pareto-eficiente, com restrição aos pesos virtuais: (a) visão geral; (b) zoom da visão geral; (c) detalhe com zoom maior.	155

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Atividade econômica dos terminais do Porto de Santos.	14
Tabela 2.2 -	Gerenciamento de resíduos nos níveis administrativos.	28
Tabela 2.3 -	Conteúdo proposto do PGRS nos dispositivos legais Resolução CONAMA 05/1993, RDC ANVISA 56/2008 e Lei 12.305/2010.	42
Tabela 2.4 -	Quadro comparativo entre os modelos matemáticos.	62
Tabela 2.5 -	Resumo das propriedades dos modelos CCR e BCC do DEA.	64
Tabela 2.6 -	Exemplos do modelo número para o modelo CCR orientado a inputs.	66
Tabela 4.1 -	Principais variáveis utilizadas na aplicação do DEA no setor portuário.	84
Tabela 4.2 -	Trabalhos de referência com aplicação de DEA no setor portuário.	87
Tabela 4.3 -	Dados dos 29 terminais arrendados do Porto de Santos de 2015.	114
Tabela 5.1 -	Resultados de eficiência etapas 1 e 2 – carga geral.	137
Tabela 5.2 -	Referenciais dos terminais de carga geral ineficientes.	138
Tabela 5.3 -	Resultados de projeções dos terminais de carga geral ineficientes.	141
Tabela 5.4 -	Novos referenciais impostos pela restrição aos pesos.	143
Tabela 5.5 -	Resultados de eficiência e de redução das variáveis com a restrição aos pesos.	145
Tabela 5.6 -	Resultado final do modelo proposto em duas etapas – terminais carga geral.	146
Tabela 5.7 -	Resultados de eficiência etapas 1 e 2 – granel sólido.	148
Tabela 5.8 -	Referenciais dos terminais de granel sólido ineficientes.	150
Tabela 5.9 -	Resultados de projeções dos terminais de granel sólido ineficientes.	153
Tabela 5.10 -	Novos referenciais impostos pela restrição aos pesos.	154
Tabela 5.11 -	Resultados de eficiência e de redução das variáveis com a restrição aos pesos.	157
Tabela 5.12 -	Resultado final do modelo proposto em duas etapas – terminais carga geral.	158

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BCC	<i>Variable Returns to Scale</i> ou VRS
CAP	Conselho de Autoridade Portuária
CCR	<i>Constant Returns to Scale</i> ou CRS
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CESPORTOS	Comissões Estaduais de Segurança Pública nos Portos Terminais e Vias Navegáveis
CG	Carga Geral
CODESP	Companhia Docas do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNAP	Cadastro Nacional de Aprendizagem Profissional
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> - Análise Envoltória de Dado
DMU	<i>Decision Making Units</i>
ETC	Estações de Transbordo de Carga
FO	Função Objetivo
GL	Granel Líquido
GS	Granel Sólido
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICT	<i>Information and Communication Technologies</i>

IDEAL	<i>Interactive Data Envelopment Analysis Laboratory</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IN	Instrução Normativa
IPT	Instalações Portuárias de Turismo
IP4	Instalações Portuárias de Pequeno Porte
MARPOL	<i>International Convention for the Prevention of Pollution from Ships</i>
Minfra	Ministério da Infraestrutura
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTPAC	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
OGMO	Órgão de Gestão de Mão de Obra
OR	<i>Operational Research</i> – Pesquisa Operacional
PDZ	Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PORTOBRÁS	Empresa de Portos do Brasil S/A
PPL	Problema de Programação Linear
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEP/SNP	Secretaria Nacional de Portos / Ministério da Infraestrutura
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SSM	<i>Soft Systems Methodology</i>
TEU	<i>Twenty-foot Equivalent Unit</i> – Unidade de Contêiner

TGS	Teoria Geral dos Sistemas
TUP	Terminal de Uso Privativo

Capítulo 1 INTRODUÇÃO

Este primeiro capítulo apresenta, inicialmente, um prólogo do histórico da pesquisa, envolvendo a gestão de resíduos sólidos portuários, seguido pelo enfoque do tema principal do trabalho e a proposição dos objetivos. Ao final, a estruturação deste trabalho é descrita.

1.1 Contextualização histórica da pesquisa

A costa brasileira está rodeada pelo transporte marítimo em quase toda a sua extensão afinal, são 8,5 mil quilômetros navegáveis. O setor portuário movimentou em 2018, 1.118 milhões de toneladas de carga, sendo assim responsável por cerca de 90% das exportações do país. O percentual de movimentação realizada em portos organizados foi de 35% (391 milhões toneladas), enquanto que em Terminais de Uso Privado (TUPs) representou 65% (727 milhões). Esses números representam um incremento de 2,8% relativo ao ano de 2017, confirmando o cenário de crescimento do setor portuário no país (SEP, 2016; e WEBPORTOS, 2018).

Com o aumento das atividades portuárias, torna-se necessária uma ampliação e modernização dos portos para atender à demanda, em parceria do setor privado. A “Lei dos Portos”, de 2013, reabriu o mercado para o investimento privado, mas não foi o suficiente para eliminar os obstáculos para o crescimento do setor. O Governo Federal publicou um decreto com novas regras para a Lei dos Portos - Decreto 9.048, de 11/05/17 - que altera vários aspectos da regulamentação e tem potencial para ampliar e desburocratizar o setor portuário brasileiro.

As operações portuárias podem trazer resultados negativos, que impactam o meio ambiente, quando a gestão ambiental não é realizada de forma adequada. No entanto, existe o reconhecimento de que as instalações portuárias e as suas operações contribuem significativamente para o crescimento do transporte marítimo, para o desenvolvimento econômico de países e para a geração de empregos (DARBRA, 2014).

A atividade aquaviária é considerada poluidora devido aos impactos provocados, seja pela embarcação ou pelo porto. Isso se justifica devido à ocorrência da atividade em ambientes sensíveis como estuários, mares, oceanos, baías, que são recursos naturais dos quais usufrui e modifica (ANTAQ, 2014). Observa-se nas últimas décadas um

crescimento na preocupação com o meio ambiente e um consequente avanço da questão no setor portuário internacional (JACCOUD e MAGRINI, 2014).

A atuação da autoridade portuária é fundamental na execução e coordenação dos compromissos da atividade portuária com o meio ambiente. Para isso, a implementação de um sistema de gestão ambiental nos portos é muito relevante para mitigar os danos ambientais e minimizar os impactos advindos da implantação, operação, ampliação ou desativação de empreendimentos e/ou atividades, incluindo-se todas as etapas de transporte, movimentação e/ou processamento de cargas (ANTAQ, 2014).

Para a adoção de sistemas de gestão ambiental, faz-se necessária a análise do desempenho. Os indicadores de desempenho ambiental são ferramentas utilizadas com a finalidade de demonstrar claramente como a organização resolve questões como eficiência ambiental.

Neste contexto, os resíduos sólidos são um relevante aspecto ambiental, que se tornou primordial, principalmente, com o estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal 12.305 de 02/08/2010 (BRASIL, 2010a) e seu Decreto 7.404 de 23/12/2010 (BRASIL, 2010b). A PNRS é o marco regulatório de resíduos sólidos e abarca diretrizes para lidar com o tema para que seja feito o manejo adequado.

É importante frisar que a gestão eficiente dos resíduos portuários é importante para questões ambientais, mas também deve ser considerada no que tange à competitividade comercial dos portos brasileiros, sabendo que este é um tema ambiental relevante para portos da Europa desde 2004 (ESPO, 2013).

Somando-se a isso, o possível aumento na geração de resíduos sólidos portuários, consequência do aumento das atividades portuárias por causa da maior quantidade de cargas movimentadas nos portos brasileiros, segundo DARBRA (2014), demanda maior celeridade por parte da administração portuária na resolução do gerenciamento adequado desses resíduos.

Estudos afirmam que, mesmo sendo objeto de convenções internacionais e da legislação de meio ambiente e de vigilância sanitária, o gerenciamento de resíduos sólidos nos portos brasileiros ainda não está totalmente implantado ou consolidado, padecendo de adequação em muitos aspectos (ANTAQ, 2010; e PORTO, 2011). De acordo com a Secretaria de Portos (SEP), alguns fatores são apontados como limitantes

ao programa de adequação dos resíduos nos portos brasileiros. Dentre estes fatores estão a falta de capacitação de pessoal, falta de atuação integrada dos órgãos envolvidos e principalmente a falta de pesquisa aplicada para geração de dados primários (MMA, 2011).

Com intuito de exercer suas atribuições e competência para a criação de políticas e cumprir com a política de administração do porto, a SEP, órgão federal do antigo Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, realizou esforços conjuntos com instituições públicas de pesquisa, como as Universidades Federais, para o aperfeiçoamento no conhecimento da situação portuária nacional e na definição de estratégias de melhoria da infraestrutura portuária.

Um exemplo desses esforços foi a realização do “seminário de modernização da gestão de resíduos sólidos e efluentes nos portos brasileiros”, em Brasília, em dezembro de 2010, com a participação do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE/UFRJ), de representantes dos portos, da Marinha, da SEP, da ANTAQ, do MMA, de órgãos ambientais e de outras universidades, no ano da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólido. No entanto, a ideia de discussão da temática nasceu três anos antes, com a preocupação decorrente das epidemias da gripe aviária e do surto de influenza, assim como da proteção de áreas fronteiriças.

Esse seminário marcou o início dos primeiros diálogos para uma cooperação técnica entre a SEP e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Tal experiência viria a permitir focar as ações da Secretaria de Portos e, além do mais, integrá-las aos próprios portos, com a contribuição de uma equipe interdisciplinar de técnicos. Com os esforços do diretor de revitalização portuária, o Sr. Antônio Maurício, a SEP, com investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), estabeleceu uma cooperação técnica com a UFRJ, sendo o PPE/COPPE/UFRJ e o Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (IVIG/COPPE/UFRJ) responsáveis pela execução – iniciada em 2011 e terminada em 2016, do desenvolvimento do projeto SEP-Resíduos – “Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros”. O referido projeto teve como meta o diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos e estudos da

fauna sinantrópica nociva¹, em 22 portos marítimos brasileiros, além de proposições de melhorias, boas práticas e projetos de infraestrutura, visando atender às conformidades legais e aumento da qualidade ambiental portuária. Uma rede de pesquisa foi formada com dezesseis universidades federais e estaduais, para a realização do diagnóstico, que contou com uma força tarefa de 250 pesquisadores no momento de maior demanda.

Alguns trabalhos da UFRJ foram oriundos do projeto SEP-Resíduos, como os da COPPE: GOULART (2012) realizou o diagnóstico da retirada e destinação de resíduos do Porto do Rio de Janeiro utilizando técnicas de georreferenciamento, com a ferramenta de processo analítico *on-line*; CARMO (2015) desenvolveu um conjunto de indicadores para avaliar a adequação dos portos brasileiros à Política Nacional de Resíduos Sólidos com aplicação no Porto do Forno/RJ; PAIVA (2015) avaliou a gestão ambiental de sete portos públicos que exportam soja, no tocante ao gerenciamento de efluentes líquidos, resíduos sólidos e a presença de fauna sinantrópica, com uma análise por envelopamento de dados; GARCIA (2017) analisou a eficiência da gestão portuária relativa à geração de resíduos sólidos de dezenove portos marítimos brasileiros, com uso do método de envelopamento de dados *network two-stage*. Além desses, na Escola de Química, GOBBI (2015) avaliou a adequada utilização da análise envoltória de dados na gestão de resíduos plásticos em vinte portos marítimos brasileiros.

Um ponto que merece destaque é a relevância na adoção da avaliação da eficiência no setor portuário com utilização do método formal de envelopamento de dados. Essa aplicação está relacionada às distintas categorias, estabelecidas na definição das variáveis do trabalho, o que limita e traz incertezas na medição e impacta nas decisões dos gestores. Assim a utilização de diferentes formas de medição resulta em maior confiança em relação ao processo decisório.

A integração de informações relativas aos resíduos sólidos portuários, que envolvem dúvidas abrangem aspectos quantitativos e qualitativos e exige uma estrutura continuada e sistemática que permita fundamentar e aprimorar a prática de modo a chegar a uma tomada de decisão transparente e robusta. Nesse contexto, (ESTELLITA LINS e NETTO, 2018), argumentam que a multimetodologia se propõe a trazer

¹ Populações animais de espécies silvestres nativas ou exóticas, que utilizam recursos de áreas antrópicas e interagem de forma negativa com a população humana, causando-lhe transtornos significativos de ordem econômica ou ambiental, ou que represente riscos à saúde pública – definição da Instrução Normativa IBAMA 141/2006.

resoluções na aplicação, lidando com os conflitos existentes na delimitação de métodos únicos. Permite um olhar sistêmico para conseguir compreender o contexto no qual opera e saber quais fatores devem ser levados em consideração para proposição de uma avaliação de eficiência portuária efetiva.

1.2 Problema de pesquisa

Alicerçado no contexto apresentado, a seguinte questão de pesquisa é levantada: Multimetodologia pode trazer de forma adequada e abrangente a avaliação da eficiência técnica de desempenho operacional de terminais portuários, no que tange à gestão de resíduos sólidos, de modo a obter benefícios ao processo decisório de gestores portuários?

1.3 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho de pesquisa é contribuir para o desenvolvimento de um modelo multimetodológico para avaliar o desempenho operacional de terminais portuários quanto à eficiência técnica e ambiental na gestão de resíduos sólidos.

1.3.1 Objetivos específicos

A contribuição desta pesquisa ao tema fundamenta-se em:

- 1- Combinar ferramentas para estruturação de problemas - mapas conceituais - e modelo quantitativo - Análise Envoltória de Dados (DEA) – para maior eficácia na avaliação de eficiência portuária;
- 2- Avaliar a adoção de mapas conceituais na estruturação de problemas de gerenciamento de resíduos sólidos;
- 3- Avaliar a adesão do inventário de resíduos sólidos como instrumento de monitoramento e controle de gestão de resíduos sólidos;
- 4- Analisar a gestão de resíduos dos terminais e proposição de modelo multimetodológico para tomadores de decisão.

1.4 Estruturação do trabalho

Este trabalho de pesquisa foi organizado visando que a compreensão dos conceitos esteja adequada. Dessa forma, no Capítulo 2, está disposto o referencial

teórico do trabalho, contendo: uma contextualização do sistema portuário, as leis e definições que abarcam o tema, bem como a caracterização do Porto de Santos; as políticas, os conceitos e terminologias empregadas no âmbito dos resíduos sólidos e os adotados pelo setor portuário; a estruturação do problema com abordagem dos mapas conceituais e de sistemas de decisão; e os fundamentos da multimetodologia empregados.

No Capítulo 3, são apresentadas as etapas estabelecidas no procedimento metodológico.

O Capítulo 4 apresenta a composição do modelo: o método DEA empregado para avaliar o desempenho operacional da gestão de resíduos; o levantamento da literatura; o mapa conceitual elaborado para gestão de resíduos sólidos no Porto de Santos; e o planejamento para construção do modelo DEA, sua orientação, as variáveis do problema e a escolha da estratégia empregada para o problema.

No Capítulo 5, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na análise exploratória e no modelo DEA proposto. Neste capítulo são abordados aspectos do desempenho operacional de terminais de carga geral e de granel sólido na gestão dos resíduos sólidos.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais, a conclusão do estudo e as recomendações para novas pesquisas. Na sequência, têm-se um glossário, as referências utilizadas nesta pesquisa, os apêndices e o anexo.

Capítulo 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi desenvolvido antes e simultaneamente à construção do modelo de avaliação de desempenho. O estudo se prestou como base para o desenvolvimento do modelo DEA e para a construção do mapa conceitual. A fundamentação teórica abrangeu as áreas do conhecimento relativas a resíduos sólidos portuários: sistema portuário nacional; política e gestão de resíduos sólidos; mapas conceituais; análise envoltória de dados; e multimetodologia, abordados a seguir.

2.1 Portos marítimos brasileiros

Dom João VI, em 28 de janeiro de 1808², promulgou o decreto de abertura dos portos às nações amigas. Esse decreto sinalizou o fim do pacto colonial que trazia a imposição da passagem de todos os produtos das colônias nas alfândegas em Portugal, em que apenas navios portugueses poderiam atracar em portos no Brasil (ROSA, 2006).

No fim do século XIX e começo do século XX, foram iniciadas as concessões, para a iniciativa privada, de construção e exploração de portos no Brasil com a proclamação da república. A evolução da cultura do café no interior de São Paulo colocava pressão nas autoridades para o incremento na modernização e melhorias das instalações portuárias. Em consequência, foi estabelecido o primeiro modelo privado de concessão, em Santos, através do Decreto 9.979, em 1888, onde o grupo liderado por Cândido Gaffrée e Eduardo Guinle venceu a concorrência (CODESP, 2017).

A partir da década de 30, com o Estado Novo, os portos passaram por processo de estatização, sendo os mesmos vistos como vetor de desenvolvimento econômico e, portanto, deveriam estar sob o controle do Estado. No entanto, com o regime da ditadura militar, em 1964 é criada a Empresa de Portos do Brasil S/A – PORTOBRÁS, que controlava todos os portos brasileiros. Essa empresa é criada com vistas à segurança do país. Nesse período, até a década de 1990, com esse modelo de gestão de centralização, os portos brasileiros ficaram sem investimentos que acompanhassem a evolução tecnológica e econômica dos seus parceiros comerciais (ROSA, 2006).

² Coleção de Leis do Brasil - 1808, Página 1. Vol. 1 (publicação original) < http://www2.camara.leg.br/legin/fed/carreg_sn/antioresa1824/cartaregia-35757-28-janeiro-1808-539177-publicacaooriginal-37144-pe.html> acesso em janeiro 2017.

Com a extinção da PORTOBRÁS, em 1990, e a promulgação da Lei de Modernização dos Portos, em 1993, acontece o processo de desestatização dos portos. Atualmente, é observado que aconteceram mudanças na questão dos direitos trabalhistas no setor portuário, o que traz indicadores do contínuo crescimento econômico na economia brasileira (ROSA, 2006). A Figura 2.1 a seguir demonstra a linha do tempo do setor portuário, com os principais marcos regulatórios.

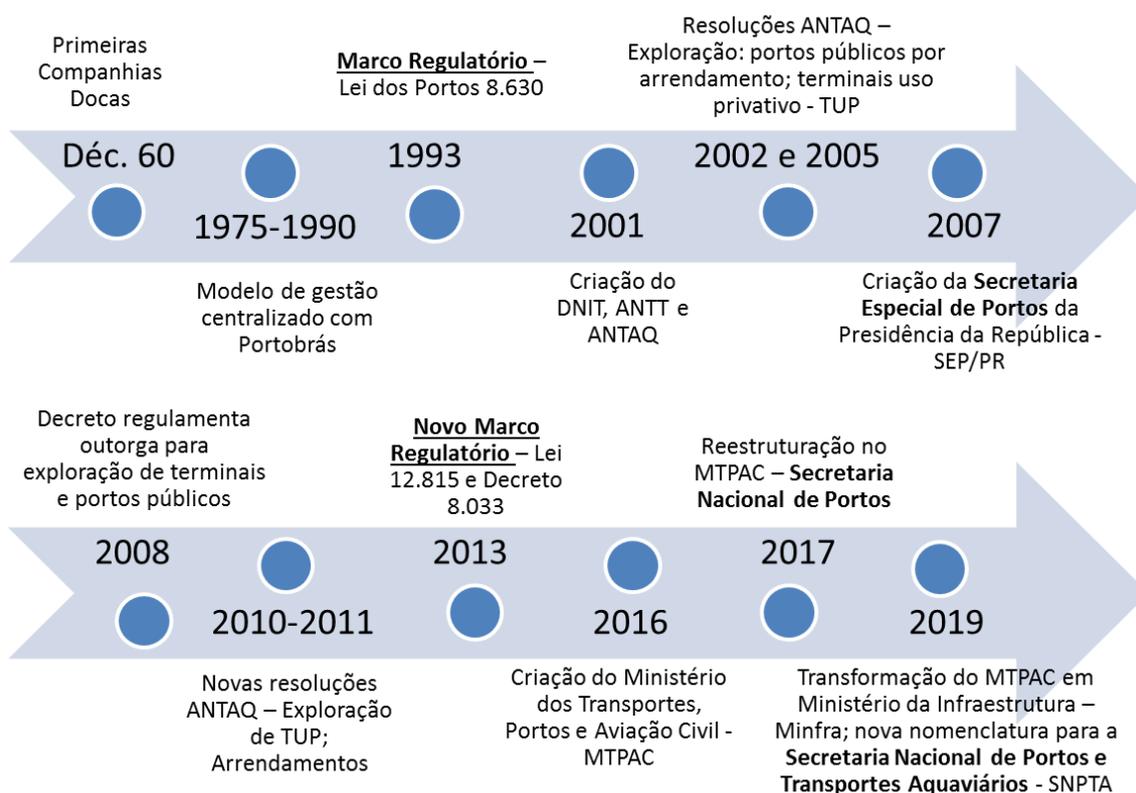


Figura 2.1 - Linha do tempo.

Fonte: Adaptado de POVIA (2015).

O quadro institucional é composto de dois principais órgãos: a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) e a Secretaria Nacional de Portos (SNP). A ANTAQ que regula e fiscaliza as atividades do porto, aplicando inclusive infrações e penalidades.

A nova Lei dos Portos, 12.815/2013, representou um grande avanço na regulação dos portos. A nova Lei dos Portos foi feita devido à necessidade de uma reformulação do setor em vistas do aumento da demanda nos portos. Com a reforma busca-se a eliminação de barreiras para aumentar a movimentação de cargas, reduzir custos e maximizar a eficiência (SEP, 2013).

A Figura 2.2 apresenta o arranjo institucional com a nova Lei dos Portos, bem como o fortalecimento da ANTAQ e da SEP. A modificação nesse novo marco regulatório trouxe à ANTAQ vinculada à SEP. Por advento da Lei Federal 13.341, de 29 de setembro de 2016, a SEP/PR foi extinta e suas atribuições foram transferidas para o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil - MTPAC. Na prática, a estrutura da secretaria de portos continuaria em vigor. A mudança principal foi a Secretaria Nacional de Portos - SNP não mais possuir a prerrogativa de um Ministro de Estado chefe vinculado diretamente à Presidência da República, transformando-se em uma secretaria-executiva dentro do MTPAC. Mas, recentemente, com a Lei 13.844, de 18 de junho de 2019, o MTPAC foi transformado em Ministério da Infraestrutura (Minfra) e foi designada uma nova nomenclatura para a Secretaria Nacional de Portos e Transporte Aquaviário – SNPTA.



Figura 2.2 - Novo arranjo institucional do setor portuário.

Fonte: SEP (2014).

Sob a responsabilidade da Secretaria de Portos, estão o Plano Nacional de Logística Portuária (PNLP) e o Plano Geral de Outorgas (PGO), e também a aprovação dos Planos de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário (PDZ). As administrações

portuárias também devem articular a Comissão Nacional das Autoridades nos Portos (CONAPORTOS) e Comissões Locais de Autoridades nos Portos (CLAP), que têm por objetivo unir comissões para integrá-las com as atividades desempenhadas pelos órgãos públicos nos portos.

2.1.1 Sistema portuário brasileiro

Desde a homologação da Lei 13.341, de 29 de setembro de 2016, a SEP/PR foi extinta, e suas atribuições foram transferidas para o MTPAC. Atualmente, a Secretaria Nacional de Portos está dentro do Ministério da Infraestrutura. Ainda é de responsabilidade do ministério a participação no planejamento estratégico e aprovar os planos que visam dar segurança e eficiência ao transporte aquaviário de cargas e de passageiros.

Conforme mencionado, o novo marco legal para setor portuário nacional foi estabelecido com a edição da Lei 12.815, de 5 de junho de 2013, e do Decreto 8.033 de 27 de junho de 2013 que regulamenta esse novo marco legal, para exploração de portos.

O Brasil possui 35 portos públicos marítimos organizados, que estão sob a administração da União, como é o caso das Companhias Docas, ou, então, delegados a estados ou municípios e 39 portos fluviais públicos sob a gestão da SNP. A classificação usada pela Secretaria de Portos para diferenciar porto marítimo ou fluvial é o tipo de navegação (longo curso ou interior), ou seja, um porto que recebe embarcações de linhas oceânicas (movimentação de carga de longo curso) é classificado como porto marítimo, independentemente de ser geograficamente fluvial/rio (SEP, 2016).

A Figura 2.3 apresenta a distribuição dos 35 portos públicos do Brasil. Alguns estão sob a responsabilidade dos governos estaduais e municipais. Outros são administrados pelas Companhias Docas e pelo Governo Federal (SEP, 2016).

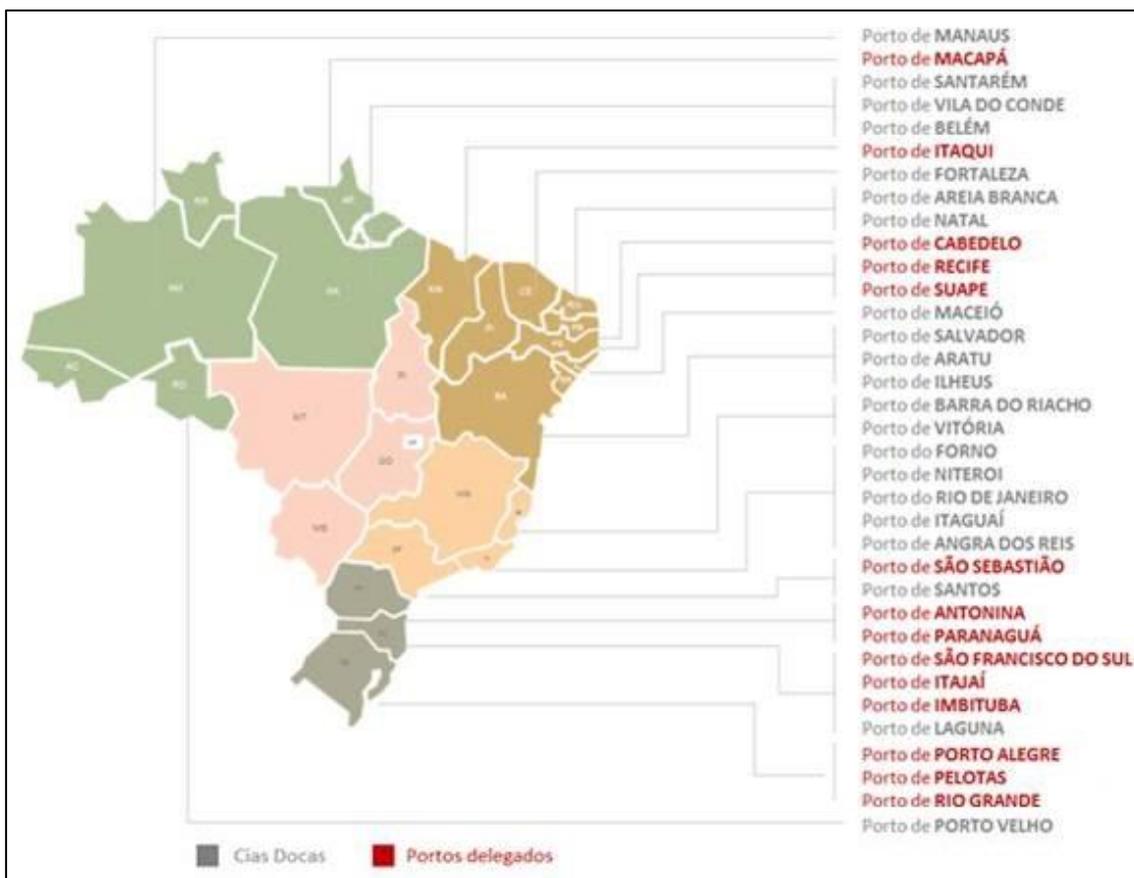


Figura 2.3 - Distribuição dos 35 portos públicos marítimos brasileiros.

Fonte: SEP (2014a).

Com o novo marco regulatório foram estabelecidos novos termos para exploração de: Terminais de Uso Privado (TUP), Estações de Transbordo de Carga (ETC), Instalações Portuárias de Turismo (IPT) e Instalações Portuárias de Pequeno Porte (IP4). A instalação portuária fora da área do porto deverá ser obtida através de um pedido junto à ANTAQ. Este fato representou o fim da vedação dos terminais privados em movimentar carga de terceiros e aumentou em 38% o número de instalações privadas autorizadas após a lei (ANTAQ, 2016). A Figura 2.4 mostra o incremento na movimentação, após a Lei dos Portos.

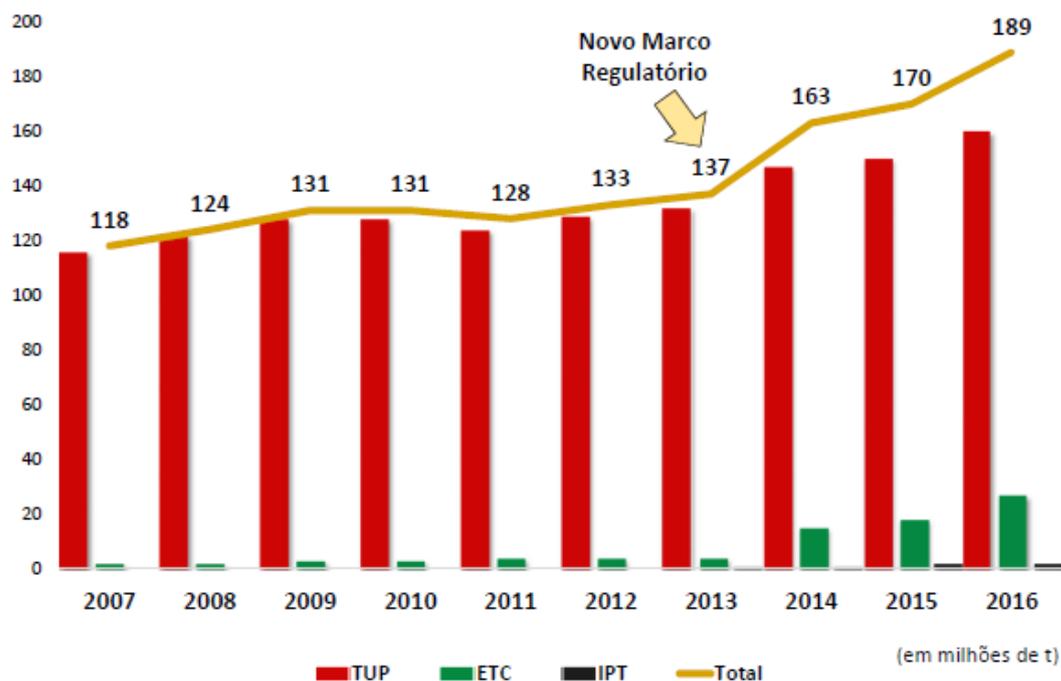


Figura 2.4 - Crescimento no número de terminais privados.

Fonte: ANTAQ (2016).

Os terminais de uso privativo - TUP apresentam significativa movimentação em comparação com os portos públicos. Em 2016, os TUP tiveram uma participação de 66% no peso em toneladas de cargas movimentadas, enquanto nos portos públicos a participação foi de 34% (ANTAQ, 2016). A Figura 2.5 apresenta a evolução por tipo de mercadoria movimentada nos portos e TUP nos últimos anos.

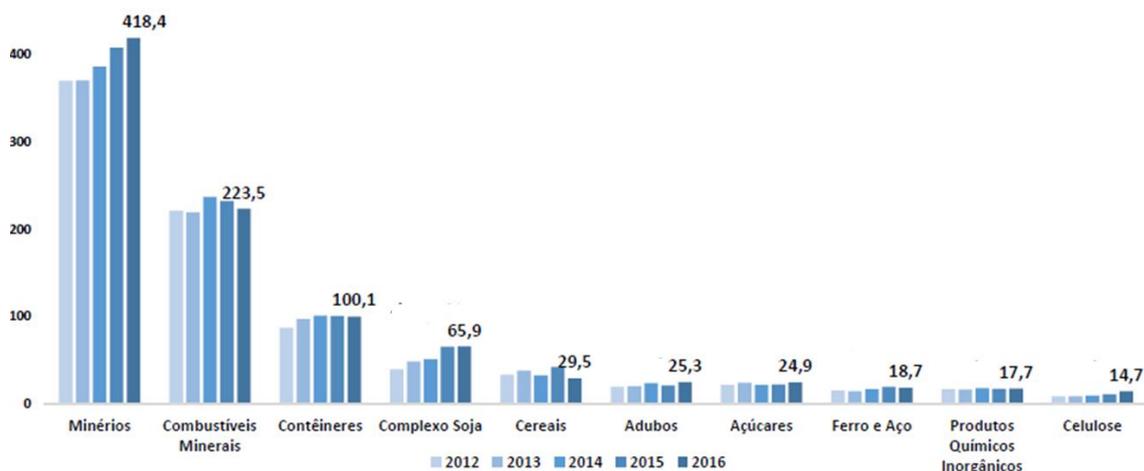


Figura 2.5 - Movimentação de cargas nos portos e TUP.

Fonte: ANTAQ (2016).

Em termos de movimentação, o ranking dos portos organizados pode ser visto na Figura 2.6. Ele representa pouco mais de 58,8% de granéis sólidos, 20,4% de contêineres, 15,9% de granéis líquidos e 4,9% de carga geral solta. O Porto de Santos liderou a movimentação dos Portos Organizados com 28,3% do volume total, seguido por: Porto de Itaguaí com 17,1%, Porto de Paranaguá com 11,7%, Porto do Rio Grande com 7% e Porto de Suape com 6,6% (ANTAQ, 2016).

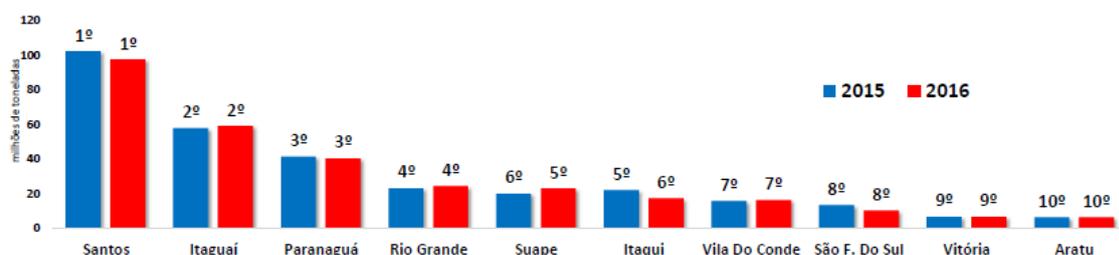


Figura 2.6 - Portos Organizados - ranking de movimentação.

Fonte: ANTAQ (2016).

As mercadorias mais movimentadas nos portos organizados podem ser vistas na Figura 2.7, que apresenta as dez mais movimentadas, onde os contêineres, que dizem respeito a produtos de alto valor agregado, têm movimentação mais expressiva que os minérios.



Figura 2.7 - TOP 10 - Mercadorias movimentadas (em milhões de ton).

Fonte: ANTAQ (2016).

2.1.2 Porto de Santos

O Porto de Santos fica localizado na cidade de Santos, no centro do litoral do estado de São Paulo, distando aproximadamente 2 km do Oceano Atlântico, nas coordenadas geográficas de latitude 23°55'48" S e longitude 46°19'00" W. Possui uma área aproximada de 5,5 km² e se estende ao longo de um estuário limitado pelas ilhas de São Vicente e de Santo Amaro, conforme pode ser visualizado na Figura 2.8.

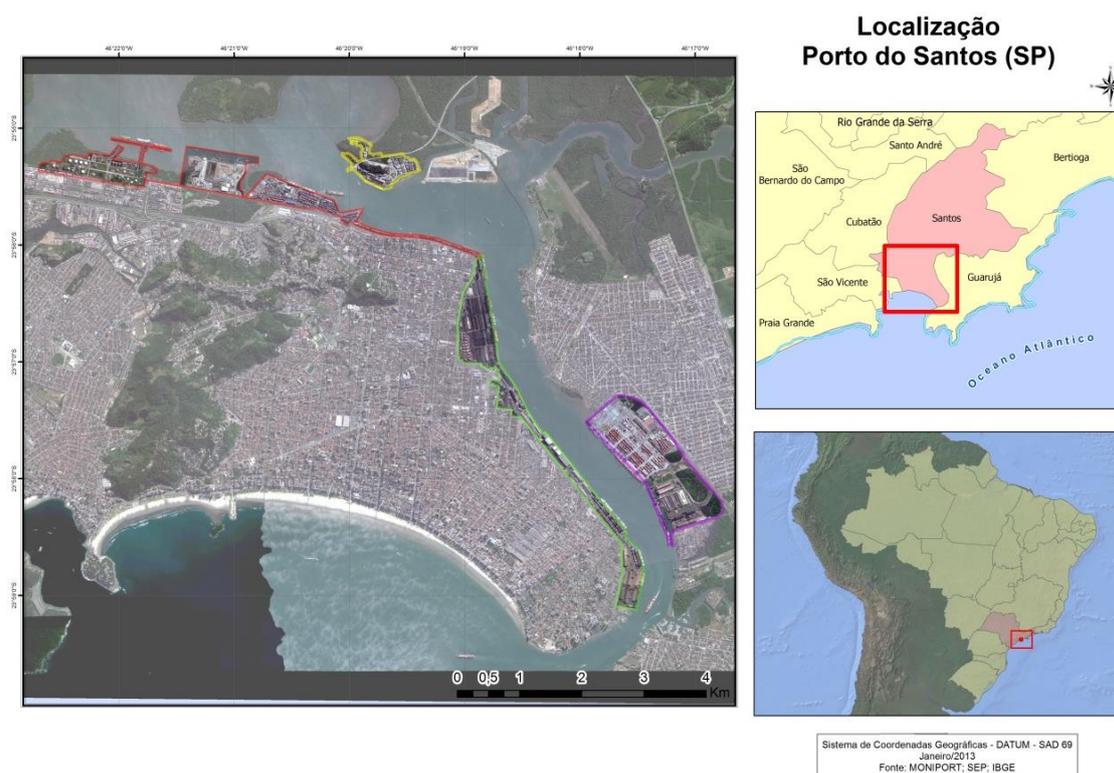


Figura 2.8 - Imagem aérea do Porto de Santos e sua localização no município de Santos e no Brasil.

Fonte: FREITAS, *et al.* (2016b).

Cada terminal, empresa ou área operacional do porto está relacionado a uma atividade econômica ou administrativa e a identificação dessas atividades auxilia no entendimento dos desafios na gestão de resíduos e na proposição de boas práticas. A Tabela 2.1 indica a(s) atividade(s) de cada um dos terminais avaliados.

Tabela 2.1 - Atividade econômica dos terminais do Porto de Santos.

Terminal	Atividade Econômica
AD	Movimentação e armazenamento de granel sólido de origem vegetal.
AQ	Movimentação de granéis líquidos inflamáveis ou não.
AG	Movimentação de granéis líquidos inflamáveis ou não.
BT	Movimentação e armazenamento de contêineres.

Terminal	Atividade Econômica
BG	Movimentação e armazenamento de granel sólido.
CE	Movimentação e armazenamento de granel sólido de origem vegetal.
CB	Movimentação e armazenamento de cargas e contêineres.
CT	Movimentação e armazenamento de granel líquido orgânico.
DE	Movimentação contêineres, carga geral e frota de veículos.
EC	Movimentação e armazenamento de contêineres.
EM	Movimentação e armazenamento de contêineres.
FI	Movimentação de papel e celulose.
GQ	Movimentação de líquidos a granel (produtos químicos) e carga seca.
LI	Movimentação e armazenamento de contêineres.
LD	Movimentação e armazenamento de granel sólido de origem vegetal.
NS	Movimentação e armazenamento de produtos de origem florestal e similares.
PE	Movimentação e armazenamento de granéis sólidos de origem mineral.
RO	Movimentação de contêineres, de granel líquido e granel sólido mineral.
RM	Movimentação e armazenamento de açúcar e outros granéis sólidos.
SA	Armazenamento e movimentação de contêineres.
SS	Movimentação de produtos derivados do petróleo.
TA	Movimentação e armazenamento de granel sólido de origem vegetal ou animal.
TE	Movimentação de carga geral e/ou refrigerada e/ou granel de origem vegetal.
TX	Movimentação de granel sólido e líquido de origem vegetal ou animal, entre outros.
TM	Movimentação e armazenamento de granel sólido.
CA	Movimentação e armazenamento de granel sólido de origem vegetal ou animal.
TG	Movimentação e armazenamento de granel sólido agrícola.
TO	Movimentação e armazenamento de granel sólido agrícola.
PT	Armazenamento e transporte de petróleo e derivados, gás, petroquímicos e combustíveis.

Fonte: elaboração própria.

Movimentação portuária

Alguns dados são importantes para se tentar entender como funciona a economia nos portos brasileiros. Foram coletados dados sobre a movimentação de cargas nos portos brasileiros, em 2015, sendo de 1 (um) bilhão de toneladas. O volume alcançou 1,008 bilhão de toneladas em 2015, 3,9% acima da movimentação de 2014. Para 2016, o total movimentado apresentou redução de 0,8% em relação ao ano anterior (MTPAC, 2016). A Figura 2.9 apresenta a movimentação portuária brasileira de 2010 a 2016.

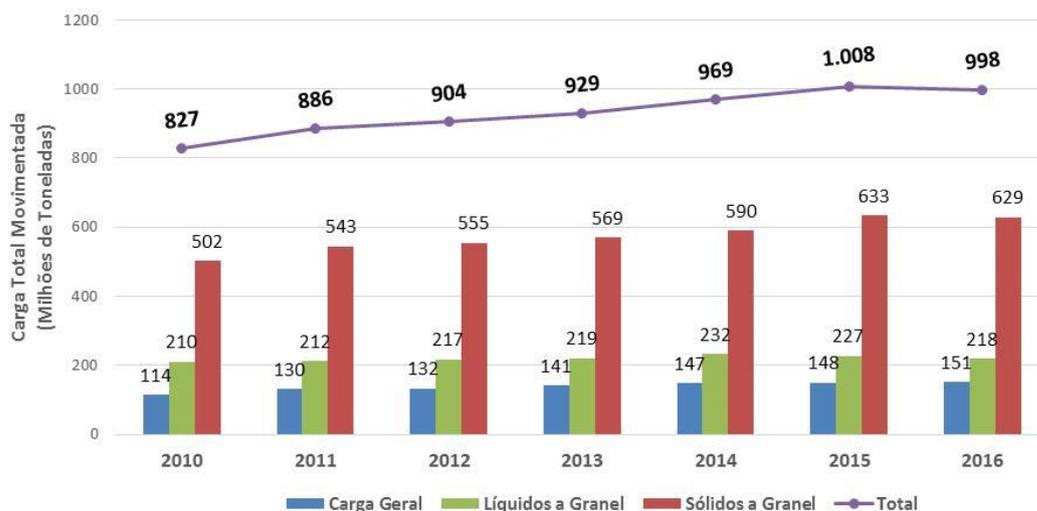


Figura 2.9 - Movimentação de cargas em portos organizados brasileiros.

Fonte: WEBPORTOS (2016).

Os terminais que lideram o *ranking* de movimentação nos portos brasileiros, conforme apresentando na Figura 2.10, são: terminal marítimo de Ponta da Madeira localizado no estado do Maranhão, o terminal de Tubarão em Vitória/ES e Porto de Santos, no estado de São Paulo.

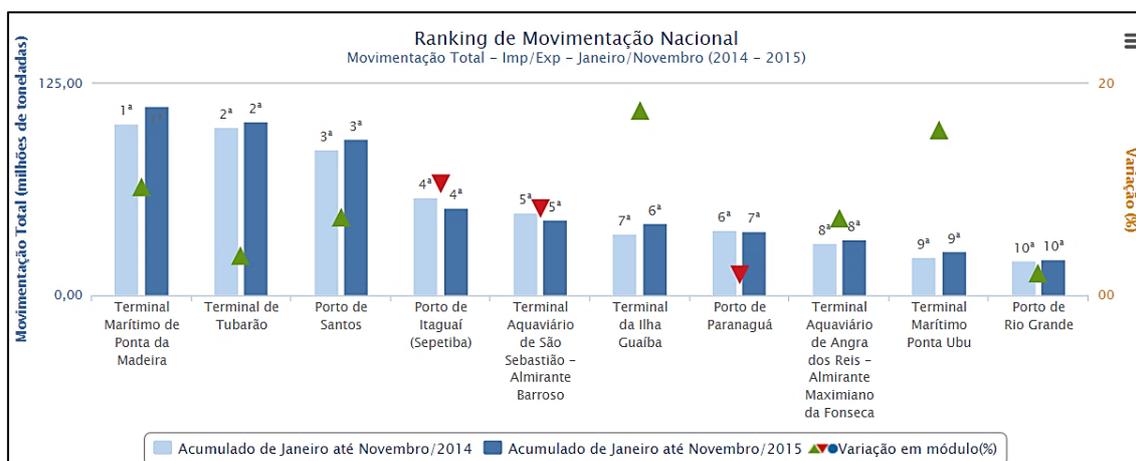


Figura 2.10 - Ranking de movimentação de portos brasileiros.

Fonte: WEBPORTOS (2016).

Com relação à balança comercial brasileira, os portos ocupam grande parte do território, com uma área de influência que engloba doze estados brasileiros. O Porto de Santos representa cerca de 28% da balança comercial brasileira e cerca de 12% de toda movimentação portuária nacional (LABTRANS, 2012; e PORTOS. A., 2016). Conforme apresentado na Figura 2.11, é possível observar a alta correlação entre o total

de carga movimentada pelo Porto de Santos e pelo montante dos portos organizados brasileiros.

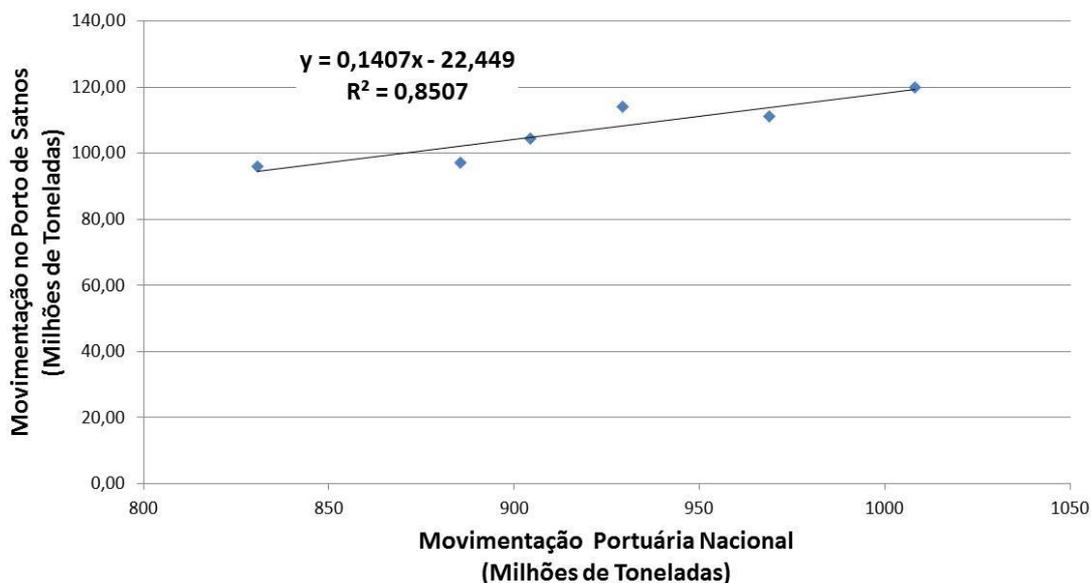


Figura 2.11 - Correlação entre a movimentação portuária de carga nacional e a movimentação no Porto de Santos (2010 - 2015).

Fonte: WEBPORTOS (2016) e CODESP (2016).

Com relação à movimentação de carga no Porto de Santos, dados de 2004 a 2016 demonstram que modificou de 67,6 milhões de toneladas para 113,8 milhões de toneladas, um crescimento de aproximadamente 70% em 12 anos. O ano mais expressivo do período foi 2015, alcançando 119,9 milhões de toneladas. Apesar do decréscimo em relação a 2015, a expectativa para 2017 era de retomada do crescimento em função do aumento da safra de grãos e melhoria na economia brasileira em geral (CODESP, 2016). A Figura 2.12 apresenta os dados da Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP) do período mencionado

Nas projeções de movimentação disponíveis para o Porto de Santos, realizadas em 2012, para os anos de 2015, 2020, 2025 e 2030, com base em dados até 2009 (LABTRANS, 2012), estima-se um crescimento de cerca de 20% a cada cinco anos. O último PDZ do Porto de Santos refere-se ao ano de 2006 e, atualmente, encontra-se em fase de atualização.

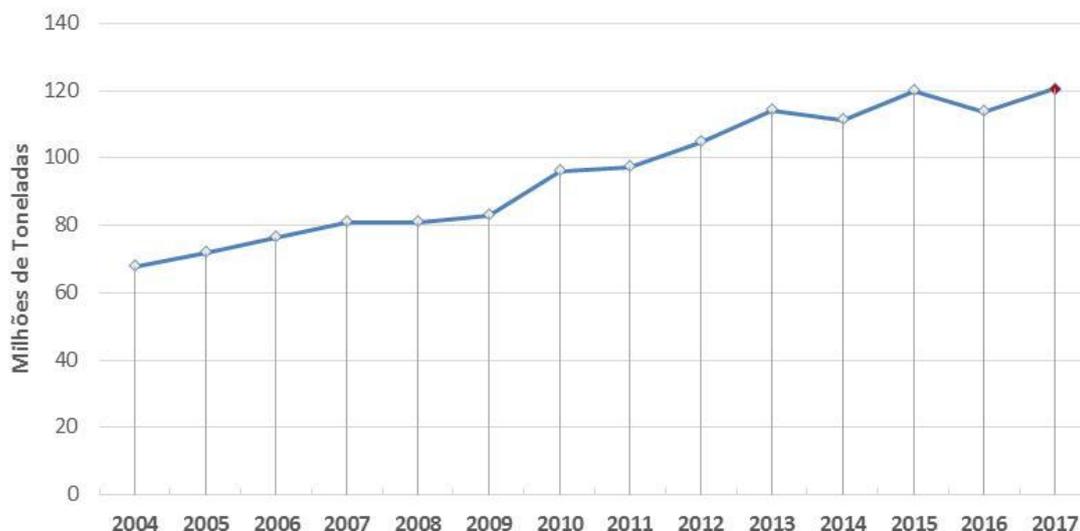


Figura 2.12 - Carga total movimentada no Porto de Santos.

Fonte: CODESP (2016).

Conforme a classificação de acordo com a natureza da carga, utilizada pela CODESP e pela ANTAQ, é possível constatar a predominância das atividades de movimentação de graneis sólidos e carga geral no Porto de Santos. A Figura 2.13 apresenta dados de movimentação de carga em função de sua natureza para o período de 2004 a 2016.

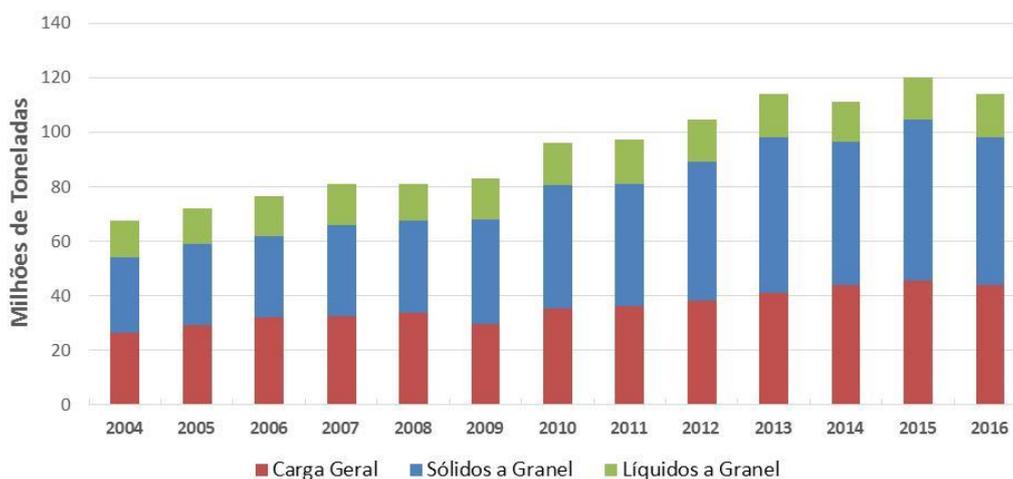


Figura 2.13 - Movimentação de carga total do Porto de Santos por natureza da carga.

Fonte: CODESP (2016).

2.2 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos apresentam grande diversidade e complexidade. As suas características físicas, químicas e biológicas variam em função da sua fonte ou atividade geradora. Aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos, climáticos, tecnológicos e legais são fatores intervenientes no processo de geração dos resíduos sólidos, tanto em qualidade quanto em quantidade. A forma do manejo do resíduo depois de gerado, o tratamento e o destino podem alterar as suas características, inclusive potencializando os riscos à saúde e ao ambiente (ZANTA, 2006).

Existem diversas definições para resíduos sólidos, entretanto, de uma forma generalista, pode-se dizer que são todos os materiais provenientes das atividades humanas, que perderam ou não seu valor original, podendo não ser mais considerados úteis ou mesmo ser aproveitados para reciclagem. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 10.004/2004, define resíduos sólidos como:

“Resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

A Lei Federal 12.305 – PNRS (BRASIL, 2010a), resume os conceitos anteriormente apresentados da seguinte forma:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Outra abordagem presente no assunto trata do conceito dos termos “lixo”, “resíduos sólidos” e “rejeito”. O senso comum utiliza o primeiro termo de forma corriqueira, o segundo termo está relacionado a questões técnicas de origem, composição e disposição final, e o último termo, rejeito, é definido pela PNRS como:

“resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.”

Classificação dos Resíduos Sólidos

A classificação dos resíduos sólidos é fundamental para que os mesmos sejam geridos de forma adequada, além disso, facilita o encaminhamento para a destinação mais adequada, visando reduzir seu impacto no meio ambiente.

Portanto, para o gerenciamento dos resíduos sólidos é necessário, preliminarmente, sua correta classificação, pois nela são traçadas as diretrizes de desenvolvimento das etapas de gerenciamento dos resíduos tanto para resguardar a saúde e segurança dos agentes envolvidos, quanto para identificar as possibilidades de minimização dos riscos inerentes.

A base da tomada de decisão é relativa à classificação, pois viabiliza a avaliação de quais resíduos são passíveis de valorização e quais aqueles que deverão ser direcionados para tratamento e disposição final.

Os profissionais envolvidos no gerenciamento de resíduos sólidos do porto devem tomar conhecimento da classificação proposta pela NBR 10.004/2004, que normatiza os resíduos sólidos quanto aos riscos que podem causar ao meio ambiente e à saúde pública. De acordo com essa norma técnica, os resíduos sólidos podem ser classificados como:

- **CLASSE I - Perigosos:** São aqueles que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde e/ou ao meio ambiente.
- **CLASSE II - Não Perigosos:**
 - **IIA - não inertes:** São aqueles que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, não se enquadrando nas classificações de Resíduos Classe I.
 - **IIB - inertes:** São aqueles que, por suas características intrínsecas, não oferecem riscos à saúde e ao meio ambiente e que não

apresentam constituintes solúveis em água quando em concentrações superiores aos padrões de potabilidade.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA tem a atribuição de estabelecer as normas de controle, fiscalização e definição de procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos em portos, visando a preservação da saúde pública e meio ambiente, além de ter a prerrogativa no atendimento ao disposto no Regulamento Sanitário Internacional. Desta forma, a classificação dos resíduos sólidos gerados nos Portos Organizados atende ao que determina a Resolução ANVISA 56/2008 (RDC ANVISA 56/2008), que divide os resíduos em cinco grupos:

- **Grupo A:** Resíduos com risco biológico - resíduos que detêm a presença de agentes biológicos;
- **Grupo B:** Resíduos com risco químico - resíduos contendo substâncias químicas;
- **Grupo C:** Rejeitos radioativos - resíduos com elementos radioativos;
- **Grupo D:** Resíduos comuns - resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radioativo ao meio ambiente, equiparados aos resíduos domiciliares;
- **Grupo E:** Resíduos perfurocortantes - materiais perfurocortantes ou escarificantes.

O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, por meio da Instrução Normativa (IN) 13, de 18 de dezembro de 2012 (IBAMA, 2012), publicou a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, a ser utilizada nos cadastros técnicos federais e por futuros sistemas informatizados do IBAMA que possam vir a tratar de resíduos sólidos. O principal objetivo da IN 13/2012 é a padronização da linguagem utilizada para prestação de informações sobre resíduos sólidos no Brasil. Segundo o IBAMA esse procedimento busca permitir e facilitar o monitoramento, o controle, a fiscalização e a avaliação da eficiência da gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Segundo a IN:

“A presente Lista Brasileira de Resíduos Sólidos foi inspirada na Lista Europeia de Resíduos Sólidos (*Commission Decision 2000/532/EC*), uma das ferramentas utilizadas para se disciplinar as declarações sobre a geração de resíduos sólidos nos diferentes países que compõem a União Europeia. Foi utilizada a mesma estrutura de capítulos, subcapítulos e códigos da lista europeia, tendo sido

adaptadas as fontes geradoras de resíduos e acrescentados os resíduos constantes na antiga lista de resíduos do Cadastro Técnico Federal e na ABNT NBR 10.004/04. A adoção desta lista também facilitará o intercâmbio de informações no âmbito da Convenção de Basileia que dispõe sobre a movimentação transfronteiriça de resíduos (exportação, importação e trânsito).”

Para a correta classificação de resíduos sólidos, é necessária a identificação do processo que lhes deu origem e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente já é conhecido.

A Figura 2.14 apresenta o formato apresentado pela IN para a classificação dos resíduos sólidos. O primeiro intervalo de números refere-se ao capítulo na IN, onde está caracterizada a origem do resíduo. Já o subcapítulo discrimina uma subcategoria do resíduo e, por fim, o tipo de resíduo em si, com sua respectiva descrição.

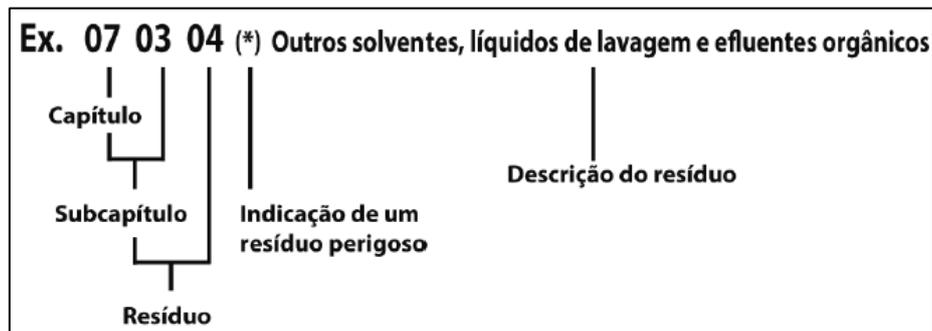


Figura 2.14 - Formato de classificação de resíduo sólidos.

Fonte: IN 13/2012 do IBAMA.

A lista possibilita categorizar o resíduo de acordo com o processo ou atividade de origem, seus constituintes e suas características. Os 20 capítulos estão descritos a seguir:

- **01:** Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas;
- **02:** Resíduos da agricultura, horticultura, aquicultura, silvicultura, caça e pesca, e da preparação e processamento de produtos alimentares;
- **03:** Resíduos do processamento de madeira e da fabricação de painéis, mobiliário, papel e celulose;
- **04:** Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil;
- **05:** Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico do carvão;

- **06:** Resíduos de processos químicos inorgânicos;
- **07:** Resíduos de processos químicos orgânicos;
- **08:** Resíduos da fabricação, formulação, distribuição e utilização de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão;
- **09:** Resíduos da indústria fotográfica;
- **10:** Resíduos de processos térmicos;
- **11:** Resíduos de tratamentos químicos e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos;
- **12:** Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos;
- **13:** Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (exceto óleos alimentares e capítulos 05, 12 e 19);
- **14:** Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (exceto 07 e 08);
- **15:** Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção não anteriormente especificados;
- **16:** Resíduos não especificados em outros capítulos desta Lista;
- **17:** Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados);
- **18:** Resíduos dos serviços de saúde;
- **19:** Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para consumo industrial;
- **20:** Resíduos sólidos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as frações provenientes da coleta seletiva.

2.2.1 Política de resíduos sólidos

A PNRS, instituída pela Lei Federal 12.305/10 e regulamentada pelo Decreto 7.404/10, visou criar mecanismos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos para sanar um gargalo no país referente aos problemas ambientais e sociais gerados pelo descarte e manejo inadequado dos resíduos sólidos, incluindo os perigosos. Desse modo, definiu responsabilidades e criou instrumentos e princípios para que sua gestão

fosse aplicada em todo o país, identificando as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis.

As legislações envolvidas na gestão pública dos resíduos sólidos vão além da própria PNRS e se integram para auxiliar o cumprimento de seus princípios e instrumentos (BNDES, 2013). Dessa forma, as leis elencadas na Figura 2.15 foram sucessivamente criadas para auxiliar a gestão coordenada dos resíduos sólidos nos diversos níveis territoriais. A Constituição Federal e a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) respaldam a garantia de proteção ao meio ambiente e combate à poluição pelos entes federativos. Os consórcios públicos são uma ferramenta importante porque permitem ganhos de escala na coleta e tratamento de resíduos sólidos nas cidades. A Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) trata do manejo dos resíduos visando garantir a saúde e bem-estar dos cidadãos. Finalmente, a PNRS e a política estadual tratam das formas de gestão dos resíduos sólidos, a partir do estabelecimento de diretrizes, instrumentos e objetivos que permitem reduzir a quantidade de resíduos gerados e sua destinação correta.

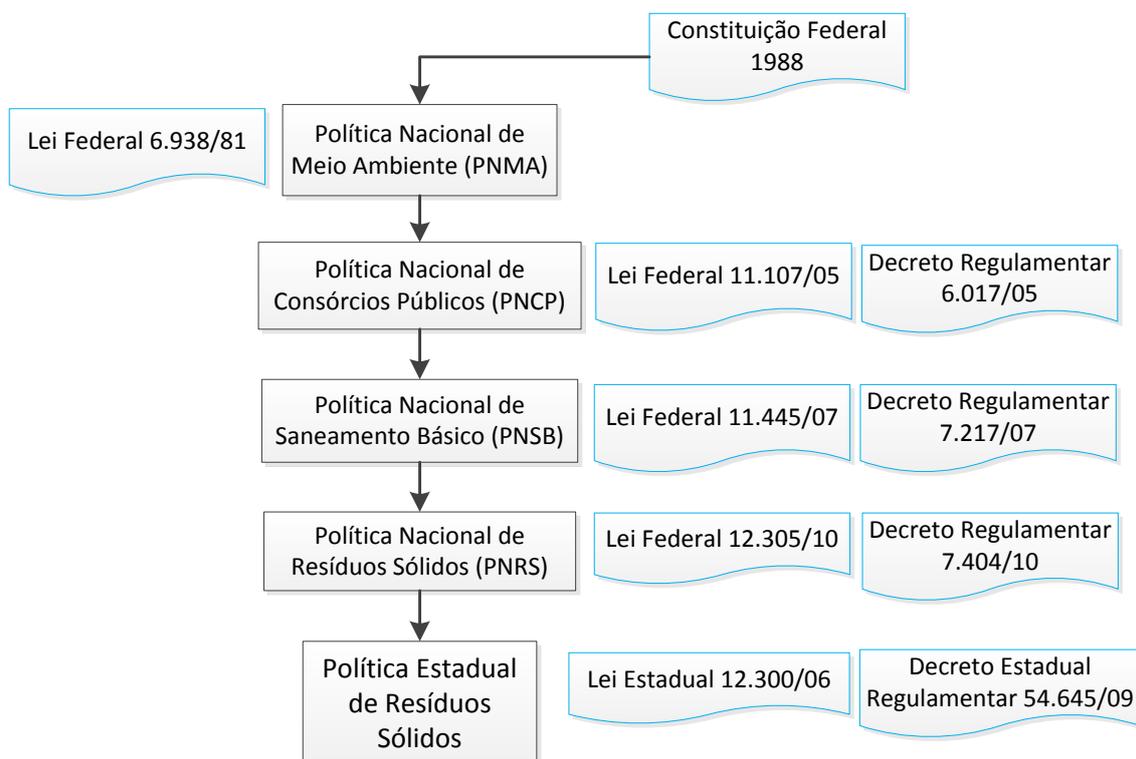


Figura 2.15 - Marcos legais na gestão de resíduos sólidos no Brasil.

Fonte: elaboração própria.

De acordo com as políticas, é preciso buscar novas tecnologias, estabelecer ações e metas de reutilização, coleta seletiva, reciclagem e redução na geração, para assim diminuir a quantidade de resíduos encaminhados para disposição final em aterros sanitários e lixões. Especificamente sobre os lixões, a PNRS determinou que estivessem extintos em 2014, porém, em virtude do prazo exíguo e da falta de fiscalização adequada, ainda existem diversos espalhados pelo país.

O manejo inadequado dos resíduos sólidos tem influência direta na qualidade de vida das populações, pois aumenta a poluição local e, conseqüentemente, amplia os riscos sanitários, além de contribuir para aumentar as desigualdades sociais.

A Figura 2.16 sintetiza os principais princípios e instrumentos da PNRS. Cabe ressaltar que os instrumentos são formas de colocar em prática os princípios definidos pela política nas atividades econômicas e na sociedade como um todo.

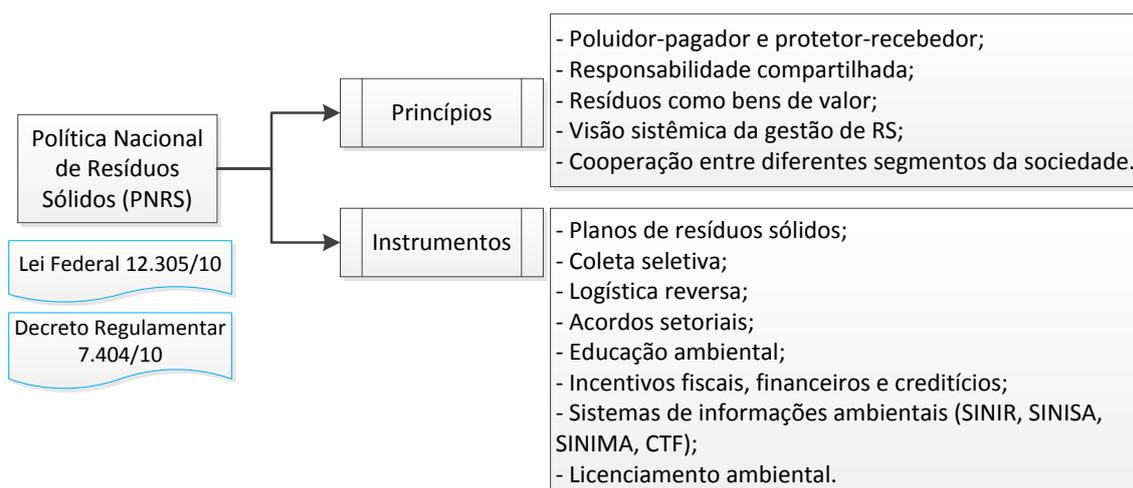


Figura 2.16 - Princípios e instrumentos principais da PNRS.

Fonte: elaboração própria.

De modo a evitar desperdícios de materiais e de energia associados ao descarte inadequado ou à geração excessiva de resíduos sólidos, o art. 9º da política estabelece que no gerenciamento dos mesmos seja observada uma ordem de prioridade, de acordo com o fluxo descrito na Figura 2.17.

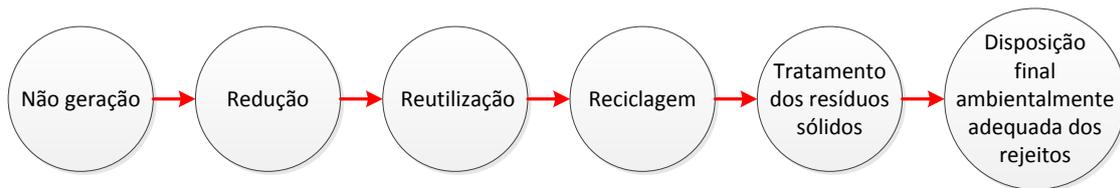


Figura 2.17 - Fluxo da ordem de prioridade na gestão dos resíduos sólidos.

Fonte: elaboração própria.

A não geração, a redução e a reutilização devem ser estimuladas pela empresa geradora para que seja reduzida a necessidade de retirada de resíduos a serem destinados para reciclagem, tratamento ou disposição final em outras empresas licenciadas para tal.

Os instrumentos da PNRS possuem formas de alcance, objetivos e metas distintos dentro da PNRS. Tratam de temas relevantes sobre planos de resíduos sólidos, coleta seletiva, sistemas de informações, licenciamento e logística reversa.

A legislação referente ao assunto é bastante extensa e compreende iniciativas internacionais da *International Maritime Organization* – IMO e da Organização Mundial da Saúde – OMS; normas técnicas brasileiras do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e do Sistema de Vigilância Agropecuária Internacional do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – VIGIAGRO/MAPA; e legislação nas três esferas existentes (União, Estado e Município). Neste sentido, foi levantada a legislação federal, incluindo a internacional, e regras pertinentes sobre resíduos sólidos provenientes da atividade portuária e relativas ao Porto de Santos. Esta legislação pertinente está compilada no Anexo deste trabalho.

2.2.1.1 Política internacional de resíduos sólidos para navios (MARPOL)

Ao longo das décadas de 1950 e 1960, a comunidade internacional começou a criar entidades e desenvolver instrumentos para lidar com o aumento de resíduos despejados nas águas costeiras. A Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição do Mar por Óleo surgiu em 1954 (OILPOL 54) e foi a primeira tentativa de criar mecanismos para a prevenção e controle da poluição por óleos provenientes de navios, entretanto, continha sérias falhas, que impediam sua concretização plena (ANTAQ, 2004).

A fim de melhorar o controle deste tipo de poluição nos mares, a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) foi criada em 1973 pela IMO e alterada pelo Protocolo de 1978. A MARPOL ficou, então, conhecida como MARPOL 73/78. Em 1997 foi adicionado outro Protocolo à Convenção, totalizando assim, seis anexos ora vigentes. Ela estabelece regras para controle da poluição do mar oriunda de navios, a serem seguidas por todos os navios de bandeiras cujos países sejam signatários da convenção (CCA-IMO, 2012a). O Brasil é um dos países signatários da IMO, logo se submete as regras e diretrizes definidas nesta convenção.

Em relação aos resíduos sólidos, o Anexo V da Convenção trata da prevenção da poluição por lixo proveniente das embarcações. Fica proibido o lançamento no mar de resíduos em determinadas áreas fixadas nas regras estabelecidas, entretanto, é possível lançar resíduos triturados em alto mar, considerando-se restrições como gradeamento e tipo de material.

De acordo com a IMO (2011), esta possibilidade de lançamento de resíduos no mar foi alterada a partir de uma revisão do Anexo V, realizada na 62^a sessão do Comitê de Proteção do Meio Marinho (*Marine Environment Protection Committee - MEPC*), em julho de 2011. A principal mudança foi o entendimento que toda descarga de lixo no mar é proibida, exceto em algumas circunstâncias que se autorizam as descargas de restos de comida, resíduos da carga e águas de lavagem que não contenham agentes de limpeza prejudiciais ao ambiente marinho.

A gestão dos resíduos gerados nas embarcações deve se dar por meio de um plano de gerenciamento de lixo, que deverá ser seguido por toda a tripulação. Ele deve conter procedimentos para coleta, armazenamento, processamento e descarga do lixo, incluindo o uso de equipamentos de bordo, além de designar a pessoa encarregada de executá-lo. Nesse sentido, a embarcação deve exibir cartazes que notifiquem a tripulação e os passageiros acerca do adequado descarte dos resíduos sólidos gerados. Outro ponto importante é o Livro de Registro do Lixo, onde deverão ser registradas as eventuais descargas de lixo, nos portos, que forem realizadas, com localização e quantidade (CCA-IMO, 2012b; e IMO, 2011a).

Manual Detalhado de Instalações Portuárias para Recepção de Resíduos - IMO

Este manual foi traduzido pela ANTAQ em 2004, mas o documento original da IMO data de 1995 e fornece orientações sobre instalações para recepção de resíduos

gerados em navios. Ele é parte da implementação da MARPOL 73/78 e visa assegurar que as instalações para a recepção dos resíduos oriundos dos navios sejam adequadas, de forma a evitar o descarte inapropriado e a eventual propagação de doenças (ANTAQ, 2004). Uma vez ratificada a convenção por um país, o mesmo deve disponibilizar instalações para recepção de resíduos. Entretanto, essas não necessariamente precisam ser do governo, podendo ser geridas por instituições privadas, desde que devidamente fiscalizadas.

De acordo com o manual, a gestão dos resíduos gerados em navios não deve estar independente das práticas de manuseio de resíduos em um porto e em um país, pois é preciso garantir que os resíduos sejam corretamente tratados, e não apenas transferir a poluição do mar para a terra.

O gerenciamento eficaz depende de uma combinação de medidas, não apenas de uma iniciativa regulatória ou técnica única. Nesse sentido, deve-se visar ações simultâneas nas frentes: apoio de todas as partes envolvidas, procedimentos de fiscalização, legislação, instalações de recepção seguras e eficazes, aperfeiçoamento simultâneo das etapas de ação. A estratégia de gerenciamento de resíduos deve conter elementos embasados em três tópicos principais: questões administrativas e legais, tecnologia e infraestrutura e serviços de apoio, além disso, deve considerar diversos níveis administrativos, conforme a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Gerenciamento de resíduos nos níveis administrativos.

Estratégia de Gerenciamento de Resíduos	Nível	Organização Responsável	Instrumento
Gerados em navios	Internacional	IMO, PNUMA ³	Convenção MARPOL
Gerados em terra	Regional	Comissões regionais, etc.	Acordos Regionais etc.
	Nacional	Governo	Legislação nacional
	Local	Autoridades Estaduais/Municipais	Regulamentações subordinadas
	Portuário	Autoridades Portuárias	Regulamentações portuárias

Fonte: ANTAQ (2004).

³ Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

Outra questão levantada é a estratégia interportuária, em que diversos portos, sejam locais (em um mesmo país) ou regionais (países vizinhos), se unem de forma que os resíduos coletados em cada um deles são posteriormente transportados para uma usina central de tratamento. Este sistema pode ser mais econômico que construir uma instalação deste tipo em cada porto. Entretanto, é preciso observar questões como instalações para armazenagem, estratégias e acordos regionais ou internacionais, meios de transporte desses resíduos e esquemas de monitoramento.

De acordo com este manual, as legislações nacionais, acordos regionais e regulamentos locais dos países signatários da MARPOL 73/78 deveriam estar vinculados a esta convenção, com o objetivo de ratificá-la. Além disso, as leis deveriam deixar claro como implementar e fiscalizar o cumprimento da convenção internacional e conceder à autoridade competente o poder de fiscalização e de emissão de regulamentos específicos. Portanto, os princípios básicos da estratégia de gerenciamento de resíduos sólidos devem estar refletidos na legislação que tangencia as questões tratadas pela MARPOL 73/78.

O fluxograma da Figura 2.18 resume as informações citadas anteriormente, indicando os dois documentos que se referem à política internacional para os resíduos sólidos gerados em navios e sua gestão quando em terra.

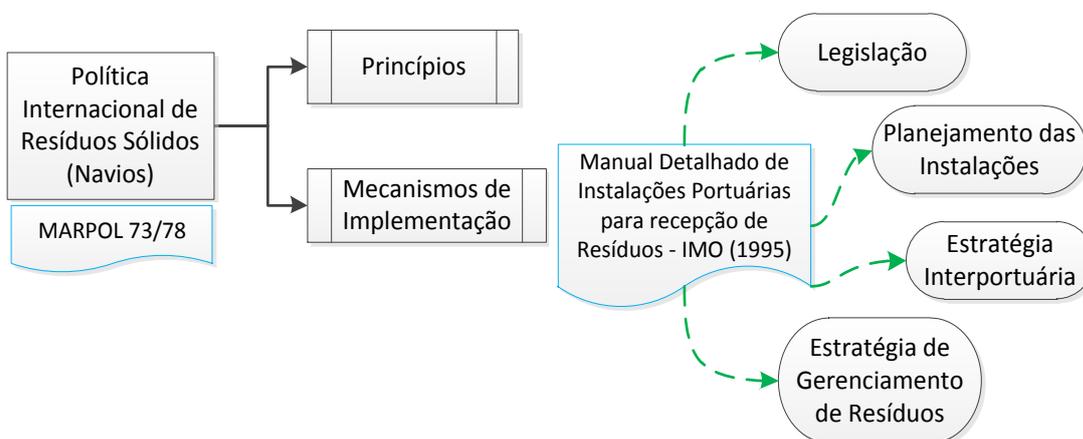


Figura 2.18 - Políticas internacionais de resíduos sólidos.

Fonte: elaboração própria.

2.2.1.2 Planos de Resíduos Sólidos

Este instrumento é fundamental para garantir o estabelecimento de metas e ações relativas à gestão dos resíduos sólidos, desde sua geração até o descarte final. Para

atender a essas questões, a política indica que deve abordar informações e temas chave, alguns deles estão na Figura 2.19.



Figura 2.19 - Temas a serem abordados pelos planos de resíduos sólidos.

Fonte: elaboração própria.

Os planos de resíduos sólidos municipais e das empresas geradoras precisam estar em consonância com os respectivos planos estaduais e com o federal, para que assim seja possível cumprir as metas e ações nacionais estabelecidas.

De acordo com a PNRS, em seu artigo 19, o plano municipal de gestão de resíduos sólidos deve descrever os setores geradores sujeitos a desenvolver seu próprio Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), o qual também é parte integrante do processo de licenciamento ambiental (art.24). Especificamente no município de Santos, o porto é parte fundamental da cidade.

Os portos são instalações do serviço de transporte e, portanto, sujeitos a elaboração do PGRS (art.20). Especificamente no caso do Porto de Santos, sua operação é fundamental para a cidade, possuindo destaque no plano municipal de gestão de resíduos sólidos. Ainda assim, a CODESP deve elaborar seu plano de gerenciamento, que precisa ser aprovado pelas autoridades ambientais competentes.

Por sua vez, a CODESP, conforme indicado no Plano de Gestão de Resíduos Sólidos do Porto de Santos, exige que os terminais (empresas arrendatárias) apresentem anualmente seu PGRS, o qual é analisado e aprovado pela administração portuária para que possam operar (CODESP, 2017).

Neste momento, é importante conceituar a diferença entre Plano de Gestão e Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, para facilitar o entendimento dessa

dinâmica de manejo. Segundo SPRITZER (2014), o plano de gestão está ligado a uma visão mais macro, com regras gerais, num processo de concepção, planejamento, definição, organização e controle de ações que serão implementadas de acordo com os procedimentos descritos no plano de gerenciamento. Assim, o gerenciamento reúne ações técnico-operacionais com o objetivo de executar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar o que se estabeleceu na gestão.

A Figura 2.20 identifica os desdobramentos da PNRS do âmbito federal até o Porto de Santos, no que tange aos planos de resíduos sólidos. Assim é possível observar que os serviços de transporte, onde estão inseridos os portos, devem criar seus PGRS, entretanto, estes precisam estar em consonância com as metas e ações das esferas federal, estadual e municipal, para que sejam consistentes, além de conterem as informações elencadas na PNRS.

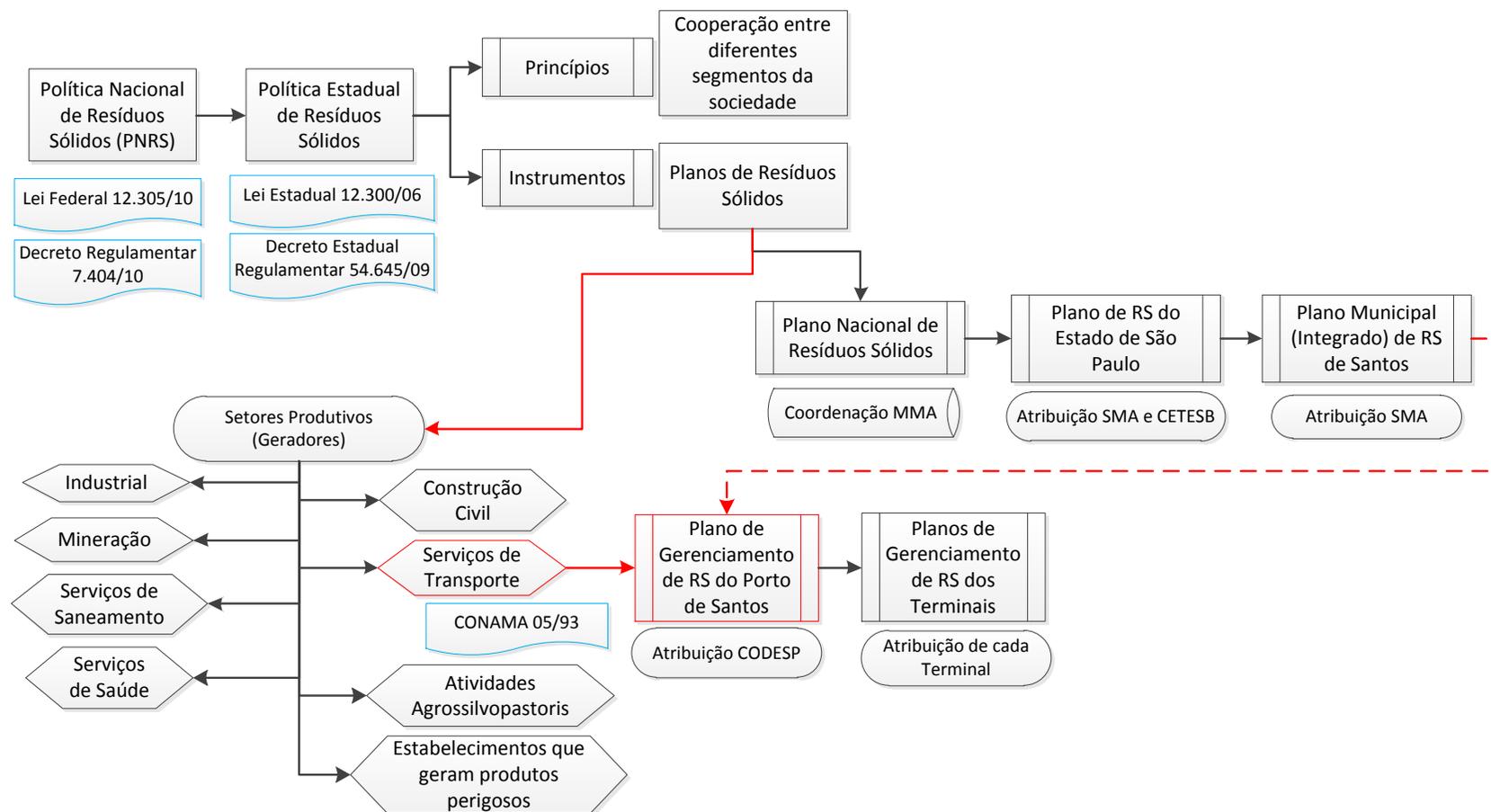


Figura 2.20 - Planos de gerenciamento de resíduos sólidos.

Fonte: elaboração própria.

Coleta seletiva e reciclagem

Este tema deve aparecer em todos os níveis de planos de resíduos sólidos, pois é parte fundamental para facilitar o descarte dos resíduos e ainda reduzir gastos neste processo. A Figura 2.21 mostra a coleta seletiva no contexto das políticas de resíduos sólidos do município.

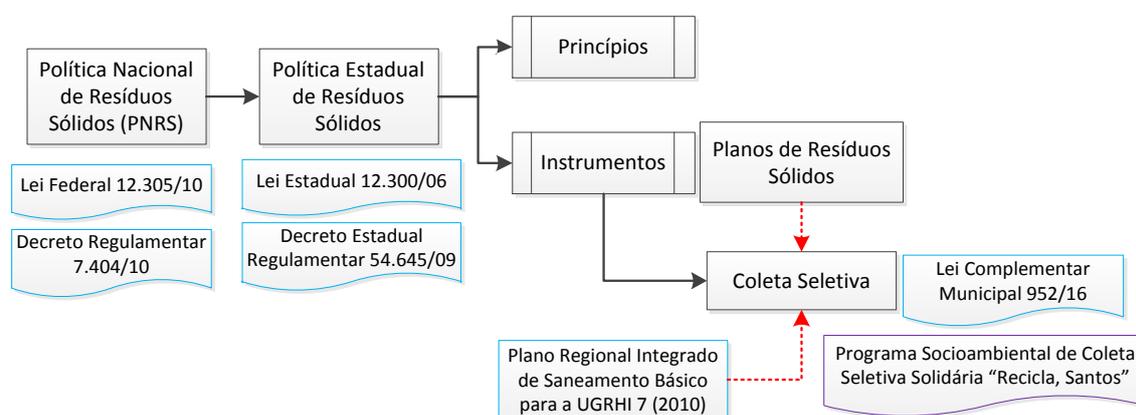


Figura 2.21 - Coleta seletiva no município de Santos.

Fonte: elaboração própria.

De acordo com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos (SMA, 2012), o município de Santos adota procedimentos de transbordo e coleta seletiva, os quais vão além do senso comum da maior parte dos municípios brasileiros de realizar apenas atividades de coleta regular, transporte e disposição final. O projeto de coleta seletiva começou em 1990, com o programa “Lixo Limpo”, sendo pioneiro na Baixada Santista.

O Plano Regional Integrado de Saneamento Básico para a UGRHI⁴ 7 (SSE, 2010), descreve a coleta seletiva de Santos como semanal, de porta a porta, e com equipes especializadas. Após a coleta, os materiais são encaminhados para a usina de separação localizada no bairro Alemoa, onde são separados de acordo com sua tipologia.

O plano municipal definiu como meta a duplicação do volume de coleta seletiva no município de Santos dentro de um ano, a incorporação das cooperativas de catadores na gestão da coleta seletiva, além da implantação de ao menos dois pontos de entrega voluntária.

⁴ Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O plano de saneamento definiu como meta para os municípios da baixada santista a recuperação de 20% dos materiais potencialmente recicláveis em 2014, 40% em 2018 e 60% até 2039.

Segundo a Resolução CONAMA 05/1993, nos planos de gerenciamento para áreas portuárias devem ser considerados princípios que conduzam à reciclagem e a soluções para os sistemas de tratamento e disposição final. Dessa forma, a segregação correta dos resíduos sólidos no ambiente portuário se torna fundamental nesse contexto, pois quando as empresas misturam os resíduos acabam tendo gastos maiores para destiná-lo e, além disso, materiais que poderiam ser levados para reciclagem acabam destinados para aterros.

A Lei Municipal Complementar 952/16 (SANTOS, 2016) instituiu o chamado “Recicla Santos”, que trata dos resíduos secos recicláveis, estabelecendo diretrizes, critérios e procedimentos técnicos para sua gestão no município. De acordo com ela, os grandes geradores de resíduos sólidos são responsáveis pelos ônus decorrentes do seu gerenciamento e apenas a coleta de resíduos secos recicláveis poderá ser realizada pelos serviços públicos, mediante autorização da Secretaria do Meio Ambiente (SMA).

Os grandes geradores devem estar cadastrados na SMA e para isso devem apresentar seu PGRS de gerenciamento dos resíduos sólidos. Ademais, comprovar mensalmente a correta destinação de seus resíduos, a partir de documentos onde constem o tipo e a quantidade de resíduo sólido destinado.

Ainda de acordo com a lei municipal, multas podem ser aplicadas caso a gestão dos resíduos sólidos seja feita de forma inadequada, podendo variar de R\$1.000,00 a R\$50.000,00. Vale ressaltar que é passível de multa a não segregação de acordo com o disposto na legislação e também o descumprimento das obrigações previstas nos sistemas de logística reversa e/ou coleta seletiva instituída pelo município.

Sistemas de informações ambientais

A PNRS estipula que as três esferas de atuação (federal, estadual e municipal) organizem e mantenham, de forma conjunta, o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), articulado com outros sistemas nacionais de informações diversas que se relacionam à gestão dos resíduos sólidos. Dessa forma, o

decreto que regulamenta a PNRS (BRASIL, 2010b) menciona, nos artigos 72 e 73, que o SINIR deve conter as informações fornecidas pelo:

- Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos;
- Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;
- Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
- Órgãos públicos competentes para a elaboração dos planos de resíduos sólidos;
- Articulação com o Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos – SNIRH;
- Integração ao Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA, no que se refere aos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- Articulação com o Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA) e pelos demais sistemas de informações integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), para interoperabilidade entre os diversos sistemas existentes e para o estabelecimento de padrões e ontologias para as unidades de informação componentes do SINIR.

Entre os bancos de dados que compõem o SINIR, está o banco de licenciamento ambiental, onde devem ser inseridas as licenças atualizadas das empresas públicas e privadas envolvidas na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.

A PNRS, no art. 23, estipula que os responsáveis pelo PGRS deverão manter informações completas sobre a implementação e a operacionalização do plano sob sua responsabilidade, atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do SISNAMA e a outras autoridades. Estas informações deverão ser repassadas ao SINIR pelos órgãos públicos, aos quais empresas devem submeter seus planos de resíduos sólidos.

O fluxograma da Figura 2.22 ilustra o SINIR e mostra que os planos de resíduos sólidos (das três esferas) devem ser inseridos neste sistema de dados nacional.

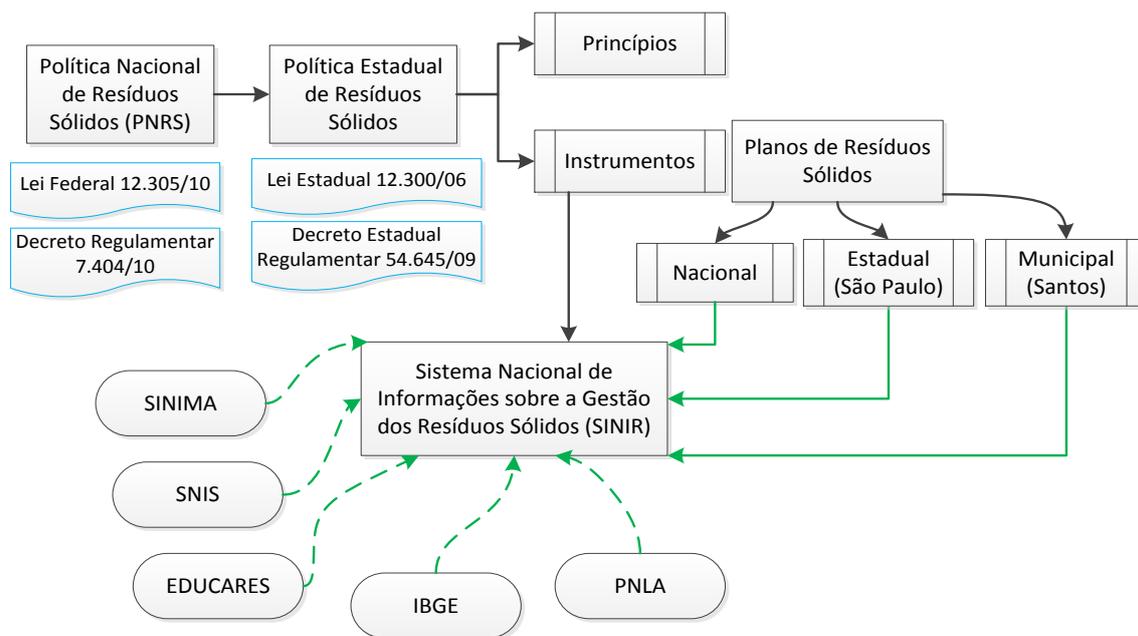


Figura 2.22 - Fluxograma dos sistemas de informações de resíduos sólidos.

Fonte: elaboração própria.

Licenciamento ambiental

De acordo com a Resolução CONAMA 237/1997, o licenciamento ambiental é:

“o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.”

Ele é um dos instrumentos previstos na PNRS, que visa garantir o respeito aos aspectos ambientais nos processos de instalação e operação de determinado empreendimento. Especificamente no artigo 24, estabelece o PGRS como parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade pelo órgão ambiental responsável (BRASIL, 2010a).

Além disso, o licenciamento ambiental é também instrumento da PNMA, respaldado por diversas legislações e depende da análise dos órgãos ambientais para ser emitido, conforme o esquema da Figura 2.23.

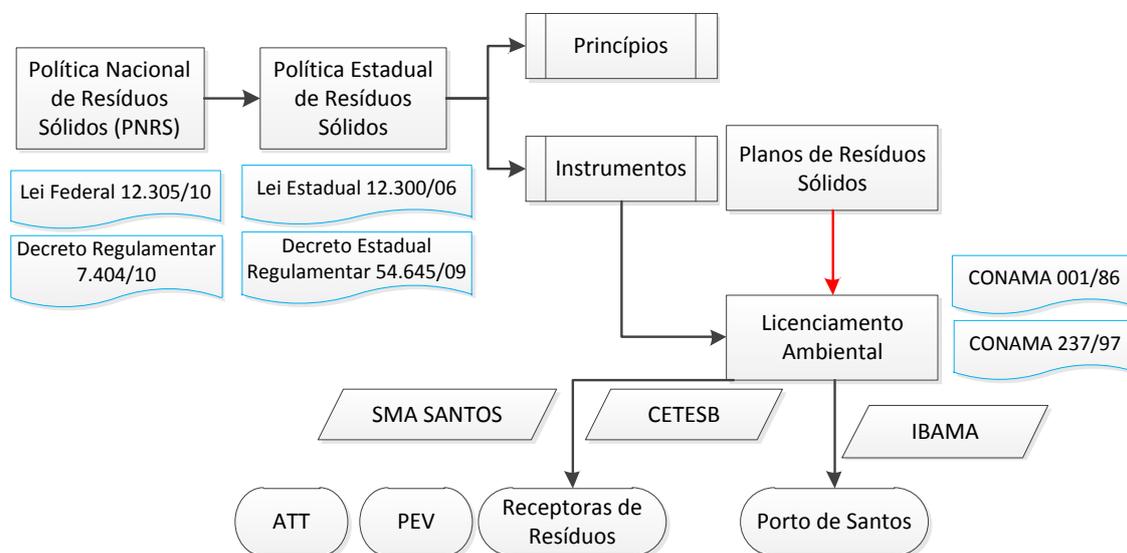


Figura 2.23 - Licenciamento ambiental no Porto de Santos.

Fonte: elaboração própria.

A Resolução CONAMA 237/1997 revisou e atualizou o processo de licenciamento ambiental descrito na Resolução CONAMA 01/1986 para efetivar seu uso, uma vez que é um dos instrumentos da PNMA. A nova resolução define que o órgão ambiental responsável pelo licenciamento deve definir os estudos necessários, a complexidade e os prazos a requisitar para cada empreendimento.

O IBAMA tem a competência para conduzir o licenciamento ambiental em obras com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, de acordo com a abrangência do impacto. O Porto de Santos, que se configura como um empreendimento de importância nacional, teve sua licença de operação emitida pelo IBAMA em 2017, e nela a administração do porto se comprometeu a manter 25 programas especiais de acompanhamento ambiental, com adoção de medidas de precaução e ações mitigadoras (EM, 2017).

De acordo com o plano municipal (SMA, 2012), quando se trata de companhias e estruturas que se relacionam de forma direta ao gerenciamento de resíduos sólidos, entre os quais unidades de triagem e transbordo ou aterros sanitários, industriais ou de inertes, os processos de licenciamento ambiental têm que estar de acordo com as legislações vigentes. Atualmente, esse licenciamento é exercido pelo órgão estadual (Companhia de

Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB) ou pelo órgão federal de meio ambiente (IBAMA), variando conforme a situação em análise, sem prejuízo relativo as exigências específicas da legislação municipal.

As unidades de triagem e transbordo são dois principais tipos de instalações que podem existir dentro do Porto de Santos, de forma a organizar e armazenar os resíduos antes que sejam destinados para as empresas receptoras e proceder com o destino para o resíduo coletado. Todas as unidades de tratamento ou armazenagem citadas precisam respeitar as cláusulas de suas licenças emitidas pelos órgãos ambientais competentes.

Sistemas de logística reversa

De acordo com o artigo 33 da PNRS, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas e produtos eletroeletrônicos; são entes com responsabilidade sobre a destinação desses resíduos. Por isso, ficam obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa. No entanto, apenas alguns desses setores possuem legislações que definem como proceder com o descarte. Para outros, a logística reversa atualmente se dá a partir de acordos setoriais, firmados entre o poder público e diversos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes.

A Figura 2.24 mostra as leis, as resoluções e os acordos setoriais nacionais atuais, para cada tipo de resíduo elencado na PNRS (MMA, 2017), além das empresas e/ou institutos criados para controlar os sistemas de logística reversa já existentes. Também indica os Grupos Temáticos efetivos no Ministério do Meio Ambiente (MMA), responsáveis pela elaboração de propostas com modelos de logística reversa e de subsídios para os editais de acordos setoriais com as indústrias, para a implementação de sistemas de logística reversa (MMA, 2013; e SINIR, 2016).

Ao analisar a Figura 2.24 percebe-se que, para os produtos eletroeletrônicos, ainda não há um acordo setorial ou uma legislação específica que defina sua logística reversa. Por outro lado, para “embalagens em geral” já existe um acordo setorial que foi acatado por algumas indústrias, e engloba embalagens de papel e papelão, plástico, alumínio, aço, vidro ou ainda pela combinação destes materiais. Esse acordo, porém, encontra-se em vigor apenas em algumas capitais e ainda possui outras fases de expansão. Finalmente, os resíduos sólidos de medicamentos, apesar de não listados como

prioritários na PNRS, também possuem de um grupo temático no MMA para viabilizar sua logística reversa.

Apesar de todos os sistemas de logística reversa existentes, ainda é necessário muito trabalho e fiscalização para que eles sejam largamente aplicados pelo território nacional, de fato cumprindo seu papel na redução da quantidade de resíduos descartados de forma inadequada.

A logística reversa no estado de São Paulo possui diferentes acordos setoriais, firmados entre a CETESB e diversas indústrias, mediante assinatura de um termo de compromisso. Estes acordos foram firmados em duas fases: 2011-2014 e 2015 em diante, e estabelecem metas anuais a serem cumpridas pelas empresas.

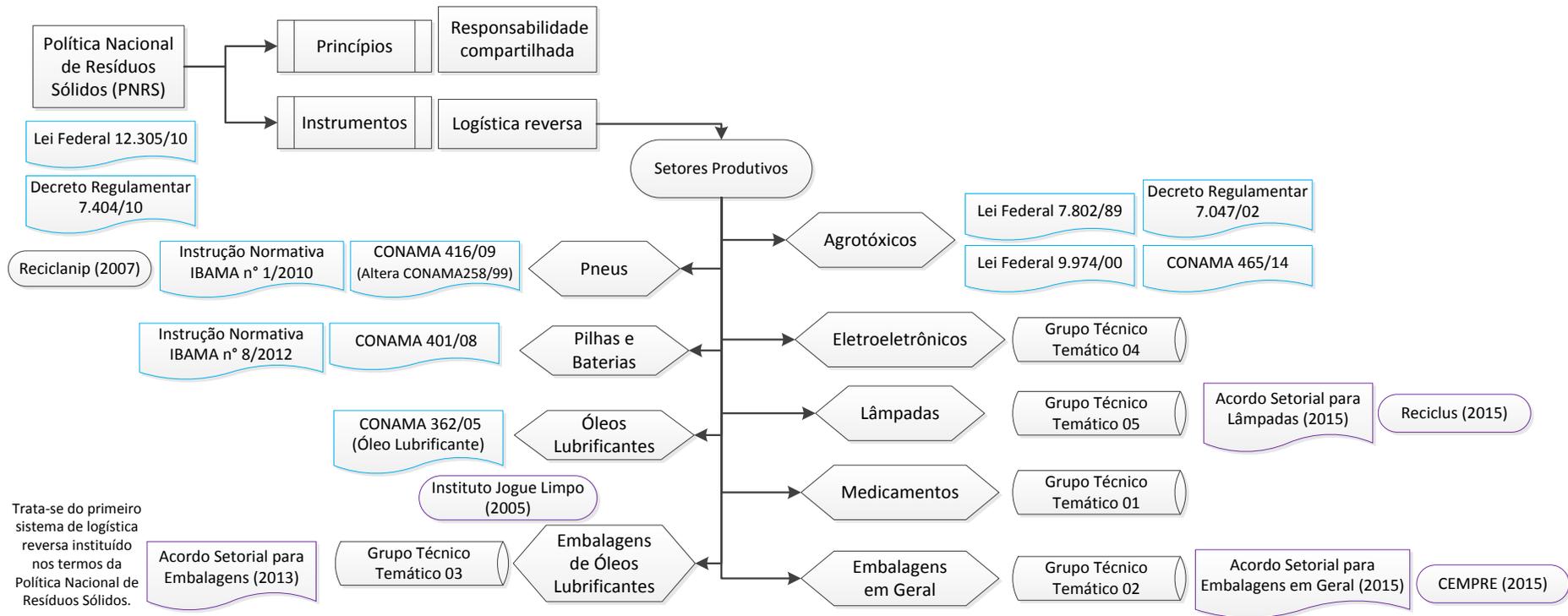


Figura 2.24 - Fluxograma logística reversa estado de São Paulo.

Fonte: elaboração própria.

2.2.1.3 Plano de gerenciamento de resíduos sólidos

A Resolução CONAMA 05/1993, que dispõe sobre o uso de resíduos sólidos em portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, também aborda a exigência do PGRS, que deve apontar e descrever ações relativas ao manejo de resíduos, contemplando os aspectos de geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final.

A Resolução RDC ANVISA 342/2002 aborda os requisitos para análise e avaliação do PGRS em portos, tomando por base um termo de referência contendo os itens: identificação do gestor; caracterização da instalação; legislação; diagnóstico situacional; diretrizes para o plano de gerenciamento de resíduos sólidos; definição das responsabilidades e competências; cronograma de implantação e avaliação. No entanto, vale ressaltar que essa Resolução 342/2002 foi revogada pela RDC ANVISA 56/2008, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de portos. A nova resolução trata de aspectos que devem constar no PGRS, mas não determina um termo de referência. Na prática, alguns portos têm utilizado o PGRS tendo como base o termo de referência estabelecido na primeira Resolução RDC.

A RDC ANVISA 59/2008 estabelece os procedimentos a serem realizados para acondicionar e armazenar temporariamente cada classe de resíduo, especificamente: resíduos Classe A (risco biológico), Classe B (químicos e perigosos), Classe C (radioativos), Classe D (equiparados aos resíduos domiciliares) e Classe E (perfurocortantes). Determina as boas práticas sanitárias no gerenciamento de resíduos sólidos, além de estabelecer os requisitos mínimos que uma Central de Resíduos deve possuir.

No momento em que a PNRS foi instituída, o PGRS teve seu conteúdo mínimo modificado, uma vez que a política abrange também o setor portuário. A partir de tal mudança, três marcos referenciais foram comparados por MAGRINI, *et al.*, (2012), cujo teor está apresentado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Conteúdo proposto do PGRS nos dispositivos legais - Resolução CONAMA 05/1993, RDC ANVISA 56/2008 e Lei 12.305/2010.

Dispositivo legal	Conteúdo do PGRS
RESOLUÇÃO CONAMA 05/1993- Normas específicas para PGRS em portos	O PGRS descreve as ações relativas ao uso de resíduos sólidos, no âmbito dos estabelecimentos enumerando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final.
RDC ANVISA 56/2008 - Normas específicas para PGRS em portos	O Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos deve apontar e descrever as ações relativas ao gerenciamento de Resíduos Sólidos, integrante de processo de licenciamento.
	A norma traz disposições específicas para cada etapa de gestão (segregação, acondicionamento, identificação, coleta e transporte, armazenamento temporário, tratamento e disposição final) de cada classe de resíduo (A, B, C, D e E).
Lei Federal 12.305/2010 (PNRS)- Normas gerais sobre PGRS	Descrição do empreendimento ou atividade.
	Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados.
	Explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos.
	Definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador.
	Identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores.
	Ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes; metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos.
Ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, se couber; medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos.	

Fonte: MAGRINI, *et al.* (2012).

Etapas do gerenciamento de resíduos

O PGRS é um documento que identifica a tipologia dos resíduos gerados e as quantidades relativas e aponta as formas adequadas de controle e manuseio nas etapas do gerenciamento de resíduos sólidos: segregação, acondicionamento, coleta e transporte, armazenamento e disposição final (MONTEIRO, 2001; e DTA ENGENHARIA/ CODESP, 2011):

- **Segregação:** consiste na separação do resíduo no local de sua geração, conforme as características físicas, químicas, biológicas apresentadas e conforme a tipologia, estado físico e classificação.
- **Acondicionamento:** é o ato de embalar adequadamente os resíduos previamente separados conforme suas características, em sacos e/ou recipientes impermeáveis (tambores e contentores), resistentes à ruptura e a vazamentos, levando em consideração o tipo e a quantidade de resíduos. Pode ser realizado com a utilização de caçambas abertas e fechadas. Os resíduos considerados volumosos são dispostos na forma de pilhas.
- **Coleta e transporte:** consiste na recolha do resíduo acondicionado e no traslado do ponto de geração até uma estação de transbordo temporária, ou para tratamento e à disposição final. A coleta dos resíduos deve ser efetuada por empresas devidamente autorizadas pelos órgãos competentes. Os veículos coletores deverão ficar posicionados próximos ao local de acondicionamento e realizar a retirada.
- **Armazenamento:** é a estocagem temporária dos recipientes contendo os resíduos já armazenados, em locais próximos aos pontos de geração, para que a coleta seja feita dentro do estabelecimento, com a finalidade de baixar o custo do transporte entre os pontos geradores e o ponto destinado à coleta externa.
- **Transporte externo:** engloba a transferência dos resíduos da central de resíduos até a unidade de tratamento final, segundo as orientações dos órgãos de limpeza urbana.
- **Destinação final:** visa o despejo de resíduos no solo, em aterros sanitários, previamente preparados.
- **Monitoramento:** a autoridade portuária exerce o seu direito como administradora do porto organizado, a qual consiste em orientar e fiscalizar as atividades de gestão de resíduos nas áreas arrendadas, simplesmente recebendo os relatórios mensais da geração e tipos de resíduos sólidos. Cada arrendatário possui uma política de manejo de resíduos sólidos descrita em seu PGRS individual e esse documento deve ser entregue para autoridade portuária.

Com a finalidade de diminuição dos impactos ao meio ambiente e a melhoria das condições sanitárias, a geração de novas alternativas para a gestão dos resíduos sólidos é

fator fundamental para um desenvolvimento mais sustentável dos portos marítimos brasileiros.

É importante notar que, o desenvolvimento de um modelo de gestão eficaz sob supervisão da autoridade portuária, faz-se necessário. Ele envolve aspectos ambientais e econômicos e é fundamental a cooperação dos arrendatários e permissionários do Porto de Santos. Assim, todos esses atores podem e devem contribuir no debate e no desenvolvimento de ações e em um programa estruturado para a gestão integrada de resíduos sólidos no Porto de Santos.

2.2.2 Gestão de resíduos sólidos portuários

Desde a década de 1990, o debate sobre o conceito de desenvolvimento sustentável⁵ tem ganhado espaço tanto no meio acadêmico como na sociedade de modo geral. Um reflexo disso é a preocupação do governo em estabelecer políticas públicas que têm esse conceito como base (SEP/UFRJ, 2011). A inserção da atividade portuária nesse cenário também se faz urgente, pois deve-se cumprir a legislação vigente que avança na medida em que incorpora à operação portuária ao desenvolvimento sustentável, por meio da capacitação da mão-de-obra e da adoção de boas práticas gerenciais e operacionais. Esta temática deve incidir sobre as diversas áreas do ambiente portuário, porém, na maioria das vezes, é tratada de forma pontual apenas nos processos de licenciamento ambiental de obras portuárias.

Em meio à necessidade de que a sustentabilidade contemple todas as atividades econômicas, ganha destaque um relevante tema para a saúde pública e para o meio ambiente: os resíduos sólidos oriundos das atividades portuárias.

O aumento das atividades humanas nos portos e nas suas áreas de entorno, associado à evolução econômica, proporciona uma quantidade crescente de resíduos sólidos. Esse fator, aliado à escassez de áreas adequadas para tratamento e às limitadas possibilidades de incineração controlada e/ou aproveitamento energético, demonstram algumas das dificuldades no gerenciamento de resíduos no ambiente portuário (SEP/UFRJ, 2011).

⁵ Criar mecanismos de desenvolvimento capazes de atender às necessidades da atual geração, sem comprometer o atendimento das necessidades das futuras gerações.

As operações de embarque, armazenamento e desembarque de produtos, bem como a limpeza das embarcações, são serviços geradores de resíduos que precisam de tratamento correto. Dessa forma, nas áreas portuárias acumulam-se resíduos de vários tipos, tais como: sucatas, madeiras, entulhos, resíduos de origem orgânica, cargas mal acondicionadas, em perdimento e, inclusive, com alguma pendência judicial. Há ainda resíduos diretamente associados às operações administrativas e de manutenção das instalações.

As embarcações que fazem transporte de carga ou passageiros também geram resíduos diversos, provenientes dos serviços de bordo (cozinha, refeitório, varreduras em geral), e resíduos contaminados com óleo, que podem ser de manutenção de maquinários ou óleo *bunker* usado.

Em relação à saúde pública, a adequada gestão desses resíduos é procedimento essencial para a eliminação e o controle de situações de risco para operadores portuários e para a população do entorno, uma vez que os resíduos estão relacionados a riscos ao meio ambiente e à saúde humana no porto e seu entorno. Um exemplo disso é a concentração de fauna sinantrópica, principalmente pombos, ratos e insetos (criadouros de larvas), que é atraída pelo acúmulo e pela disponibilidade de diversos resíduos provenientes das movimentações portuárias.

O plano de gestão de resíduos sólidos no Porto de Santos visa elencar as ações que devem ser tomadas para garantir a adequada gestão dos resíduos sólidos, desde sua geração até o descarte final. Para atender essas questões, a PNRS indica que empresas responsáveis por terminais ou outras instalações portuárias devem adotar planos de gerenciamento de resíduos sólidos. A Figura 2.25 apresenta todas as políticas de resíduos sólidos às quais está subordinado o porto e seus terminais.

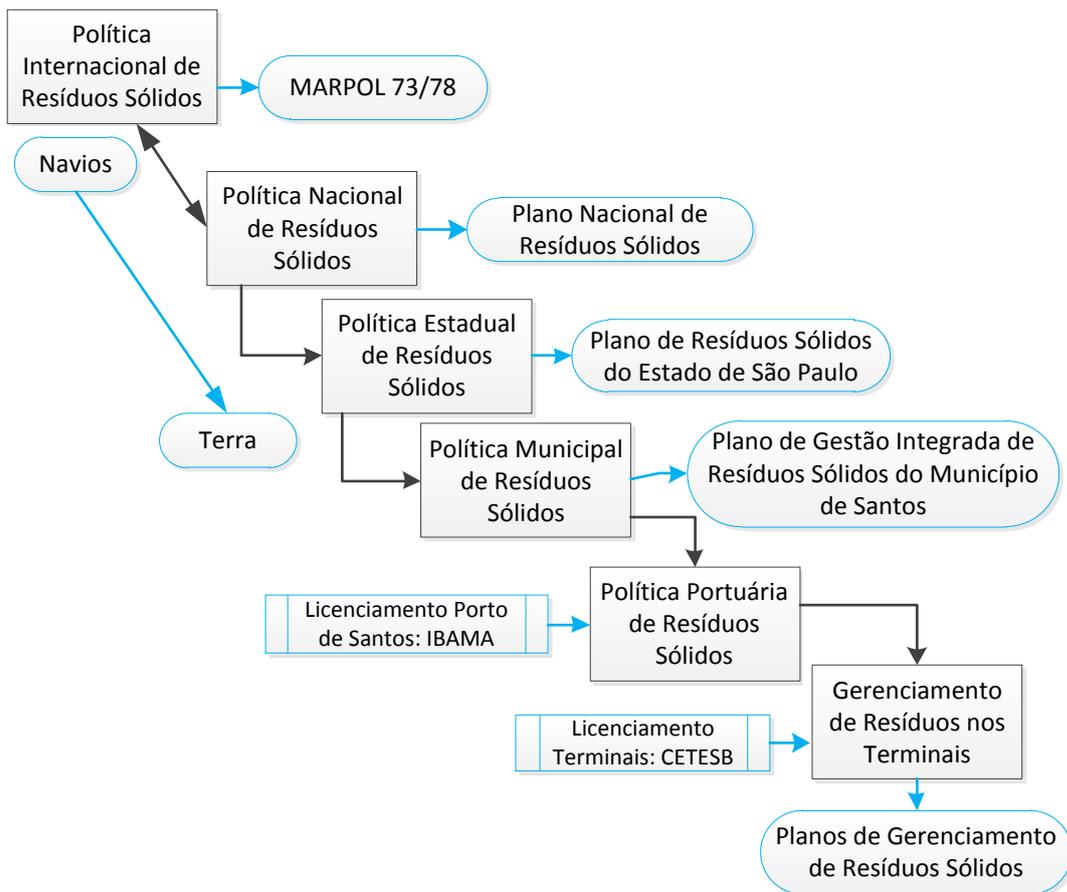


Figura 2.25 - Fluxograma da gestão dos resíduos sólidos nos níveis de organização.

Fonte: elaboração própria.

A política internacional define como cada embarcação deve gerir seus resíduos, os modelos de instalações e as formas de recebimento para que os portos os aceitem. A gestão desses resíduos em terra, somada àqueles produzidos dentro das áreas e instalações portuárias, deve acompanhar as políticas nacional, estadual e municipal de resíduos sólidos, cujos mecanismos e instrumentos balizam a gestão dentro do Porto de Santos, onde a autoridade portuária (CODESP) é licenciada pelo IBAMA. Por fim, os terminais arrendados, subordinados à autoridade portuária, devem apresentar seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos à CETESB para aprovação e liberação de sua licença de operação no porto.

O Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM descreve a classificação dos resíduos quanto aos riscos de contaminação do meio ambiente e quanto à sua natureza e origem (MONTEIRO, 2001). Os resíduos sólidos possuem características físicas, químicas e

biológicas, e o seu gerenciamento compreende as seguintes etapas: geração, acondicionamento, coleta, transporte, transferência, tratamento e disposição final.

Os instrumentos de gestão têm por objetivos: analisar as etapas de levantamento e classificação dos resíduos sólidos; analisar as instalações e procedimentos para controle e gerenciamento; observar a destinação final adequada dos resíduos; especificar os procedimentos de controle e monitoramento de parâmetros de saúde pública e qualidade ambiental; e elaborar programas de capacitação de pessoal.

A tendência mundial dos portos organizados é de atuar como centros logísticos, com funções de interface, armazenagem, tratamento de mercadorias, manutenção de estoques e processamento industrial. E como centros de informação, com meios de controle e tratamento de dados relativos aos fluxos de tráfego e à cadeia global de transporte (SEP/UFRJ, 2011). Logo, é muito importante que os investimentos em zonas portuárias se alinhem a medidas que busquem a diminuição dos impactos ambientais negativos de seu funcionamento, sempre buscando a melhoria das condições de operação, de integração e de requalificação urbana nas áreas que estão localizadas as zonas portuárias.

As ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento devem ser feitas em conjunto porque são fundamentais entre si. O gerenciamento integrado de resíduos sólidos envolve as políticas públicas e também diversos fatores econômicos e sociais. Os órgãos públicos, dentre eles os portos organizados, costumam tratar o lixo produzido apenas como um material não desejado a ser recolhido e transportado, podendo receber algum tratamento manual ou mecânico para ser disposto em aterros. É uma visão distorcida da realidade como principal foco a questão social, que necessita eficiência operacional e equipamentos especializados.

2.2.2.1 Identificação da fonte geradora dos resíduos sólidos

A origem dos resíduos sólidos é o principal elemento para a sua caracterização. Os atores responsáveis pela geração de resíduos sólidos portuários são: a autoridade portuária (CODESP); os arrendatários (terminais), os operadores portuários e permissionários; e as embarcações. Para facilitar o entendimento a respeito das atividades portuárias, as fontes geradoras de resíduos podem ser divididas em quatro áreas principais: operação de bordo; operação portuária; áreas administrativas; e atividades de apoio/manutenção (SEP/UFRJ, 2012; e MMA/SEP, 2011). Segue uma

breve definição de cada fonte, cuja divisão foi baseada, principalmente, na tipologia dos resíduos gerados.

- **Resíduos de operação de bordo** - resíduos gerados dentro das embarcações e retirados no porto. Basicamente é o resíduo denominado taifa: cozinha, refeitório, ambulatório, varreduras em geral. E o resíduo oleoso: *sludges/slop* e *bilgewater* - águas residuárias contaminadas com óleos, provenientes de casa de máquinas e de outras fontes geradoras de resíduos oleosos.
- **Resíduos de operação portuária** - todos os resíduos relacionados às atividades, conforme definido pela Lei dos Portos (BRASIL, 2013b): movimentação de passageiros ou movimentação e armazenagem de mercadorias, destinados ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do porto organizado e realizado por operadores portuários. Esses resíduos são gerados em armazéns em geral, pátios e vias de circulação interna. Em suma, são resíduos dispersos das cargas movimentadas: grãos, produtos florestais, fertilizantes, cítricos, açúcar, sal, barrilha, produtos químicos e outros.
- **Resíduos das atividades de apoio e manutenção** - resíduos gerados de atividades que auxiliam e viabilizam o trabalho na área do porto organizado, como: enfermarias, ambulatórios, restaurantes, cantinas, refeitórios, oficinas de manutenção, entre outros.
- **Resíduos de áreas administrativas** - resíduos gerados nos escritórios e salas administrativas dos terminais do porto organizado.

2.2.2.2 Inventário de resíduos sólidos

Os sistemas declaratórios de resíduos sólidos são documentos importantes para o controle de resíduos sólidos gerados e a sua destinação (GOBBI, 2015). Foram instituídos como instrumentos fundamentais para a gestão de resíduos sólidos na Lei 12.305/2010.

O Inventário Nacional de Resíduos foi instituído pela Resolução CONAMA 06/1988, com o propósito de sistematização das informações de resíduos sólidos industriais no país, principalmente os resíduos perigosos, além de viabilizar o monitoramento e o controle de sua movimentação. Depois o IBAMA estabeleceu a implantação e a manutenção de um sistema de informações para a gestão e o monitoramento de resíduos sólidos urbanos e, em parcerias com os estados, foi feita a

reformulação da resolução, que levou à publicação da Resolução CONAMA 313/2002. Ela dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

Essa Resolução, no art. 1, estabelece que os resíduos gerados ou existentes das atividades industriais são objeto de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental, e apresenta um formulário de coleta de informações sobre os resíduos sólidos gerados na atividade industrial. Torna-se assim possível a obtenção das informações gerais da indústria, tais como processo, etapas de produção e as informações sobre os resíduos sólidos gerados.

A adoção de inventário de resíduos industriais, para além dos resíduos sólidos de Classe I – resíduos perigosos, aponta a relevância atribuída a este tema na agenda ambiental do governo. A gestão abrange o controle individual das unidades geradoras e dos processos de destinação final e, para qualquer instalação industrial, são exigidas as documentações dos inventários mensais. Os dados de resíduos utilizados neste estudo foram obtidos a partir dos inventários de resíduos sólidos da CODESP e seus arrendatários.

2.3 Mapas conceituais

2.3.1 Estruturação de problema

A estruturação de problemas objetiva organizar assuntos, problemas e situações, para os quais se busca propostas de decisões, de forma que sejam aclarados, para então buscar-se uma forma de resolvê-los. Por isso, ela se torna uma das principais etapas do processo de tomada de decisão, uma vez que auxilia o mapeamento e visualização holística do contexto onde os problemas se encontram (ROSENHEAD e MINGERS, 2001). A estruturação de problemas pode ainda ser usada de maneira complementar aos modelos quantitativos (GUEDES, 2012).

De acordo com FERNANDES, *et al.*(2017), os problemas em geral podem se apresentar de três formas:

- estruturados: nestes a estratégia de ação ou resolução é facilmente identificada;
- semiestruturados: uma estratégia de ação viável não está clara, mas pode ser encontrada;

- não estruturados: nestes casos é difícil identificar e definir exatamente o que precisa ser melhorado ou corrigido. Assim, se faz necessário um complexo trabalho de estruturação do problema, para então buscar uma estratégia de ação.

Os autores colocam ainda que comumente os problemas são encarados como já estruturados e por isso dá-se pouca atenção à fase de estruturação. Dessa forma, se gasta muito menos tempo nos processos de compreensão de um problema que na busca de ações para resolvê-los.

Os métodos de estruturação de problemas oferecem uma maneira de representar a situação capaz de permitir que os diversos agentes decisores identifiquem e entendam melhor seus problemas, de forma a convergirem para um problema mútuo e a entrarem em acordo de ações e compromissos subsequentes, capazes de solucionar as adversidades encontradas, pelo menos parcialmente (ROSENHEAD e MINGERS, 2004). A ideia central é ajudar os *stakeholders* em tomadas de decisão complexas, fornecendo um ambiente participativo e de aprendizagem. De acordo com GUEDES (2012), para que isso seja possível, o método de estruturação de problemas escolhido necessita:

- buscar interação e o diálogo entre os atores, ajustando a representação dos problemas;
- garantir a possibilidade de que aperfeiçoamentos parciais ou locais sejam considerados, ao invés de encontrar apenas soluções globais;
- permitir o surgimento de distintas perspectivas da situação;
- viabilizar um processo participativo de estruturação dos problemas e acessível a todos, inclusive aqueles que não são especialistas.

Há diversos modelos de estruturação de problemas, entre eles GUEDES (2012) cita três, que procuram facilitar os acordos para ações futuras: *Strategic Options Development and Analysis* (SODA), *Soft Systems Methodology* (SSM) e *Strategic Choice Approach* (SCA). Os modelos usam mapas como uma ferramenta para representar as situações problemáticas. Neste trabalho foi utilizado o Mapa Conceitual e, segundo (NETTO, 2012), permite uma abordagem estratégica para a formulação e estruturação de problemas, o que é uma novidade em se tratando de pesquisa operacional.

Segundo ESTELLITA LINS e NETTO (2018), a inteligência não é mais uma habilidade a ser testada em laboratório, mas sim uma capacidade de compreender e modelar a realidade e de propor soluções alternativas, capacidade de estudar, planejar e organizar os recursos para implementação de medidas de algumas dessas soluções e depois o monitoramento dessa aplicação. A inteligência abrange toda essa cadeia, desde o pensar o problema de forma aberta, se dando conta de aspectos desconhecidos inicialmente, até o monitoramento de indicadores com atenção ao contexto.

A interface entre os modelos qualitativos e quantitativos é onde os problemas acontecem, onde o modelo formal, em geral quantitativo e a realidade que é qualitativa se integram. Os modelos quantitativos são focados na necessidade de se tratar parte ou aspectos do problema e podem-se incorporar outros métodos justificados, com base na compreensão do problema, como os mapas conceituais. Os diferentes métodos se integram dentro do contexto de multimetodologia, que será detalhado adiante neste capítulo.

2.3.2 Mapas conceituais

Os chamados mapas mentais, cognitivos, ou ainda conceituais, são ferramentas gráficas para organizar e representar o conhecimento, decodificando um esquema pessoal/individual em uma rede semântica representativa (NOVAK, 1980).

A teoria dos mapas conceituais foi desenvolvida em 1972, no programa de pesquisa do professor norte-americano Joseph Novak, na universidade de Cornell, quando procurou acompanhar e compreender as mudanças no conhecimento das crianças sobre temas científicos ao longo da escolarização básica (NOVAK e MUSONDA, 1991). Durante este estudo, os pesquisadores entrevistaram muitas crianças, e acharam difícil identificar mudanças específicas na compreensão delas sobre os conceitos da ciência por meio da análise das transcrições das entrevistas. A partir da necessidade de encontrar uma maneira mais adequada de representar a compreensão conceitual das crianças, surgiu a ideia de retratar o conhecimento na forma de um mapa conceitual, e assim nasceu essa ferramenta.

De acordo com CORREIA e AGUIAR (2017), os mapas mentais ajudam a reproduzir graficamente a relação entre os conceitos (aspecto semântico) que se deseja tratar e, simultaneamente, organizam as informações de forma diagramática (aspecto visual e espacial). Isso facilita a absorção do conteúdo e sua memorização, porque

permite o processamento conjunto de estímulos verbais e visuais. Além disso, segundo VEKIRI (2002), a assimilação mental de imagens pode exigir menos esforço cognitivo que o processamento verbal de um texto, portanto, em geral, representações gráficas são mais eficazes que textos para a explicação ou comunicação de conteúdos complexos.

Assim, o mapa mental ajuda na aprendizagem ativa e torna-se uma ótima ferramenta tanto na promoção da aprendizagem sobre conceitos científicos, quanto no auxílio para a solução de problemas em organizações, através da organização do conhecimento.

Esta metodologia é recomendada também para a estruturação de problemas porque cria relações causais, que levam em conta aspectos subjetivos e/ou objetivos que podem afetar diretamente um processo de tomada de decisão (FERNANDES, *et al.*, 2017).

No processo de construção dos mapas, os conceitos geralmente são incluídos em círculos ou caixas e indicam uma regularidade ou padrão percebido em eventos, objetos ou registros. Os relacionamentos entre dois conceitos são indicados por uma linha de conexão, visando especificar a relação entre os dois e, nestas linhas, aparecem as chamadas palavras de ligação ou frases de ligação, gerando assim uma proposição. Estas linhas podem ainda ser setas, que permitem dar direção a determinadas relações conceituais. Existem duas características de mapas conceituais que são importantes na facilitação do pensamento criativo (NOVAK e CAÑAS, 2018):

- a representação dos conceitos de forma hierárquica, de modo que os mais abrangentes e mais gerais ficam no topo do mapa e os mais específicos ficam organizados mais abaixo;
- a inclusão de relacionamentos cruzados entre conceitos em diferentes segmentos ou domínios do mapa conceitual. Isto ajuda a demonstrar como um conceito em um domínio de conhecimento representado no mapa está relacionado a outro conceito em outro domínio, revelando a capacidade de procurar e caracterizar novos *links* cruzados. Além disso, no processo de criação de novos conhecimentos, as ligações cruzadas muitas vezes representam saltos criativos por parte do produtor de conhecimento.

A Figura 2.26 mostra um exemplo de mapa conceitual, no qual os conceitos estão dentro das caixas e os relacionamentos cruzados aparecem nas linhas que ligam os conceitos entre si.

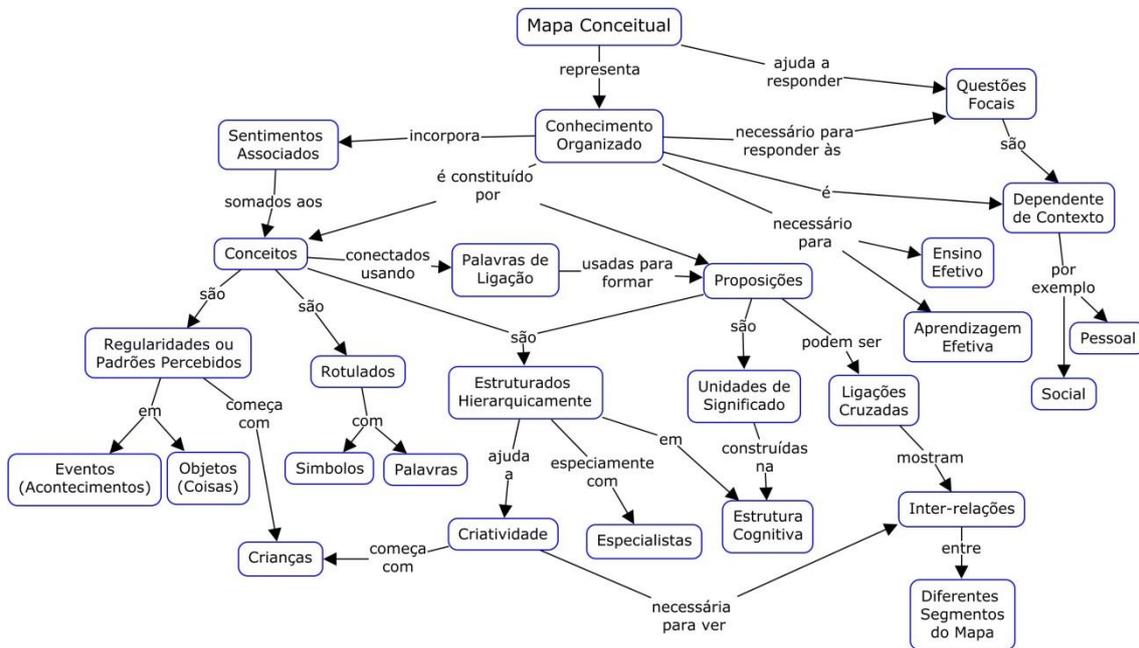


Figura 2.26 - Exemplo de mapa conceitual.

Fonte: Adaptado de NOVAK e CAÑAS (2018).

De acordo com NOVAK e CAÑAS (2018), para construir mapas conceituais de boa qualidade, primeiramente é preciso deter bastante conhecimento acerca do tema, pois isto facilita a definição de domínio, problema central, conceitos chave e ligações cruzadas. Dessa forma, devem-se observar algumas questões:

- estruturar uma pergunta focal facilita a identificação do problema que se está tentando compreender, pois é comum perder o foco no processo de criação, formulando mapas conceituais que, apesar de relacionados com o domínio/tema em questão, não respondem à pergunta focal;
- selecionar um domínio finito e definir o contexto no qual o mapa está inserido ajuda a determinar sua estrutura hierárquica;
- identificar os conceitos chave que se aplicam ao domínio escolhido, e então estabelecê-los do mais geral para o mais específico, auxilia o início do processo de construção do mapa;

- construir um mapa preliminar, para iniciar o processo de hierarquização entre os conceitos pré-estabelecidos, movendo-os entre si para avaliar a melhor organização;
- buscar as ligações cruzadas entre os conceitos estruturados, pois elas ilustram como as diferentes áreas do mapa estão relacionadas. É importante, porém, procurar ser o mais preciso possível na busca pelas palavras conectoras;
- revisar o mapa, reposicionando os conceitos para conferir maior clareza e estruturação geral, além de formatar os estilos artísticos.

Vale ainda ressaltar que os conceitos devem ser sucintos, isto é, usar palavras ao invés de frases, pois às vezes a sentença usada como conceito pode ser desmembrada em diversos conceitos menores e ligações cruzadas, criando uma nova subseção no mapa. Por outro lado, mapas muito desmembrados (muitas palavras soltas e linhas conectoras pouco explicativas) podem acabar demonstrando um conhecimento raso do conteúdo.

As ligações cruzadas são importantes para demonstrar a compreensão do autor acerca das relações entre os subdomínios existentes, além disso, permitem a compreensão do leitor de que todos os conceitos se inter relacionam de alguma forma.

Finalmente, é importante reconhecer que um mapa conceitual nunca está de fato terminado, pois sempre há revisões possíveis, novos conceitos e conexões para adicionar. Por isso, o uso de ferramentas computacionais é importante para agilizar o processo de revisão ou mesmo reformulação do mapa.

2.4 Sistemas de análise de desempenho

2.4.1 Sistema de decisão

Definição de Sistema

“Então, existem modelos, princípios e leis que se aplicam a sistemas generalizados, ou a suas sub classes, não importando seu tipo particular, a natureza de seus elementos constituintes e as relações de "forças" entre eles. Parece legítimo uma teoria, não de sistemas de um tipo mais ou menos especial, mas de princípios universais que se apliquem a sistemas em

geral. Desta forma, postulamos uma nova disciplina chamada Teoria Geral de Sistemas. Seu principal objetivo é a formulação e derivação dos princípios que são válidos para "sistemas" em geral."

Ludwig von Bertalanffy, 1968. *General System Theory*.

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) foi desenvolvida por volta dos anos 30 pelo biólogo, filósofo e professor universitário austríaco Ludwig von Bertalanffy. A partir de estudos sobre organismos e problemas de crescimento, Bertalanffy emerge a crítica sobre o pensamento analítico cartesiano e da visão segmentada pelas diferentes áreas do conhecimento. Como solução, dá início a uma disciplina sugerindo uma transição para uma abordagem holística, a partir da concepção de sistemas, de forma a considerar sua estrutura, seus componentes e suas interdependências (VON BERTALANFFY, 1950; e WECKOWICZ, 1988).

ALVES (2012) descreve a TGS como a ciência da inteireza, da totalidade. Em linhas gerais estuda o sistema, seu ambiente, suas respectivas estruturas, a fronteira que o separa do ambiente e o acoplamento estrutural sistema-ambiente, independentemente da área de conhecimento envolvida.

Dentre as diversas definições existentes, "sistema" é aqui caracterizado como um conjunto de elementos interconectados e organizados de forma coerente para se atingir um objetivo. As ideias de "elementos", "interconexão" e "objetivo" são palavras-chave desse conceito. Desde uma célula, o sistema digestivo humano, um time de futebol, uma escola, uma cidade, uma fábrica, uma empresa ou até a economia mundial são exemplos de sistemas. Ademais, dependendo da escala de análise, um sistema pode ser interpretado por um conjunto de subsistemas (STERMAN, 2002; e MEADOWS, 2009).

Recordando a consideração de Aristóteles (384 - 322 a.C.) de que o "todo é maior que a soma das partes", MEADOWS (2009) e VON BERTALANFFY (1968) discutem a necessidade de se estudar não as peças e processos de forma isolada, e sim a resultante da interação entre elas, uma vez que os sistemas podem se comportar de maneira dinâmica, se adaptar, alcançar metas, se autopreservar ou até mesmo evoluírem.

Em contrapartida, MORIN (2014) afirma que um sistema pode ser mais ou menos do que a soma das partes. Essa característica pode ser mais facilmente observada

em sistemas sociais, no momento em que um sistema pode impor restrições sobre o comportamento de sua estrutura, de modo que algumas qualidades ou propriedades das partes podem não ser expressas.

Sistemas podem ser fechados ou abertos, de acordo com o funcionamento de suas fronteiras (*boundaries*) com o entorno (*surroundings*). A partir do conceito de entropia da segunda lei da termodinâmica, considera-se um sistema fechado (*closed system*) ou isolado, aquele que tende ao fim (estado de equilíbrio) atingindo máxima entropia e com um mínimo de energia livre. Ou seja, em um sistema fechado não há fluxos de entrada ou saída (VON BERTALANFFY, 1950; e ALVES, 2012). Em um sistema aberto (*open system*) há um fluxo contínuo de entrada e saída de materiais, tendendo a contrapor a entropia e permanecerem constantes atingindo um estado estacionário (*steady state*) (ALVES, 2012). Estes, por sua vez, consideram o princípio da equifinalidade (*equifinality*) (VON BERTALANFFY, 1950).

A partir de revisão bibliográfica, MELARÉ, *et al.* (2017) constatam que a falta de planejamento, infraestrutura inadequada e a visão segmentada refletem diretamente na disposição inadequada de resíduos. Os autores constroem um *mind map* (Figura 2.27) de forma a introduzir o pensamento sistêmico sobre as técnicas envolvidas na gestão de resíduos sólidos.

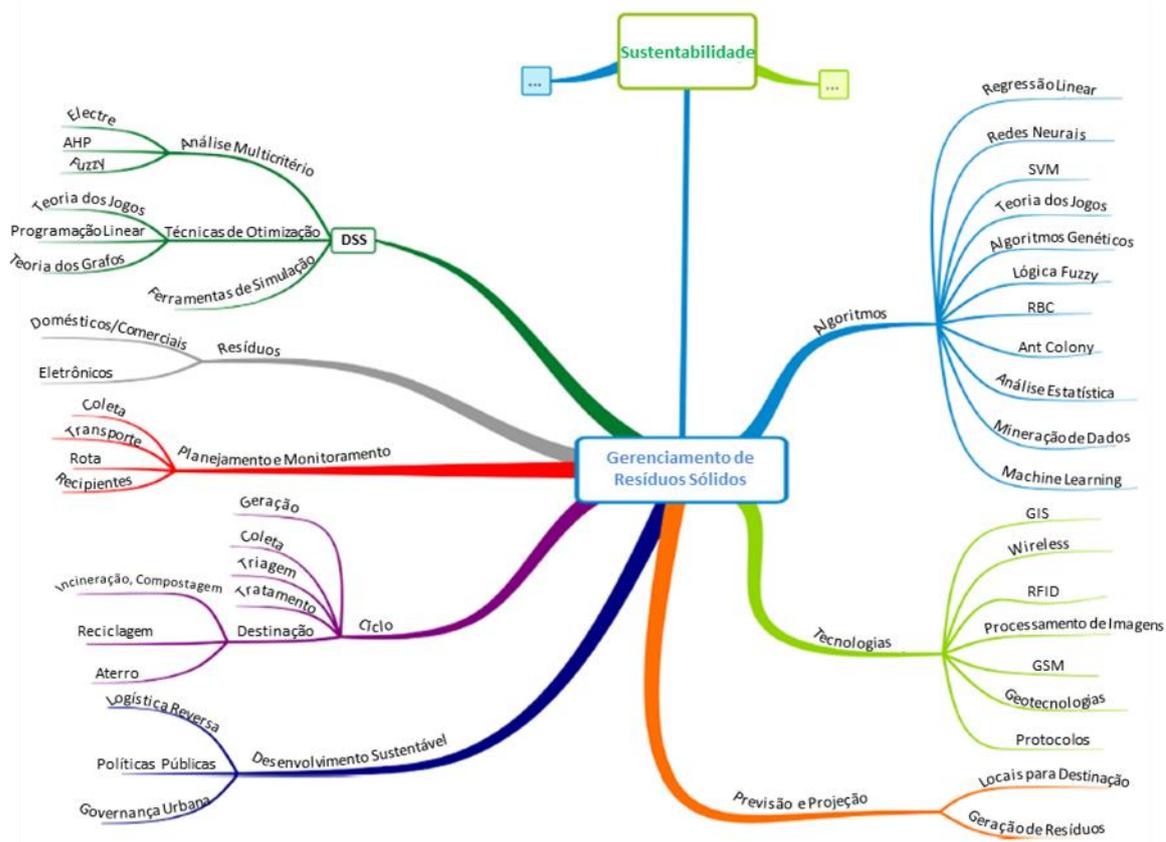


Figura 2.27 - Mind map para a gestão de resíduos sólidos.

Fonte: Adaptado de MELARÉ, *et al.* (2017).

2.4.1.1 Métodos de suporte à decisão na gestão de resíduos

A problemática no gerenciamento de resíduos sólidos assume uma escala global. China, EUA, Canadá, países da Europa, entre outros, vêm lidando com o aumento anual de geração. No Brasil, por exemplo, cerca de 55% dos resíduos são encaminhados para aterros sanitários, enquanto apenas 1,2% são reciclados. Segundo Panorama da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados em 2016 demonstrou uma piora quando comparado ao índice do ano anterior, de 58,7%, para 58,4%, ou seja 41,7 milhões de toneladas de RSU foram enviadas para aterros sanitários (IBGE, 2010; e ABRELPE, 2017).

A utilização de metodologias de suporte à decisão na gestão de resíduos sólidos vem sendo amplamente empregadas desde a década de 1960. MELARÉ, *et al.* (2017) dividem os Sistemas de Apoio à Decisão (*Decision Support Systems – DSS*) entre as Tecnologias de Informação e Comunicação (*Information and Communication Technologies – ICT*) e a Pesquisa Operacional (*Operation Research – OR*). A Figura

2.28 apresenta esquematicamente a hierarquia dos métodos mais frequentes utilizados na gestão de resíduos sólidos relacionados à OR.

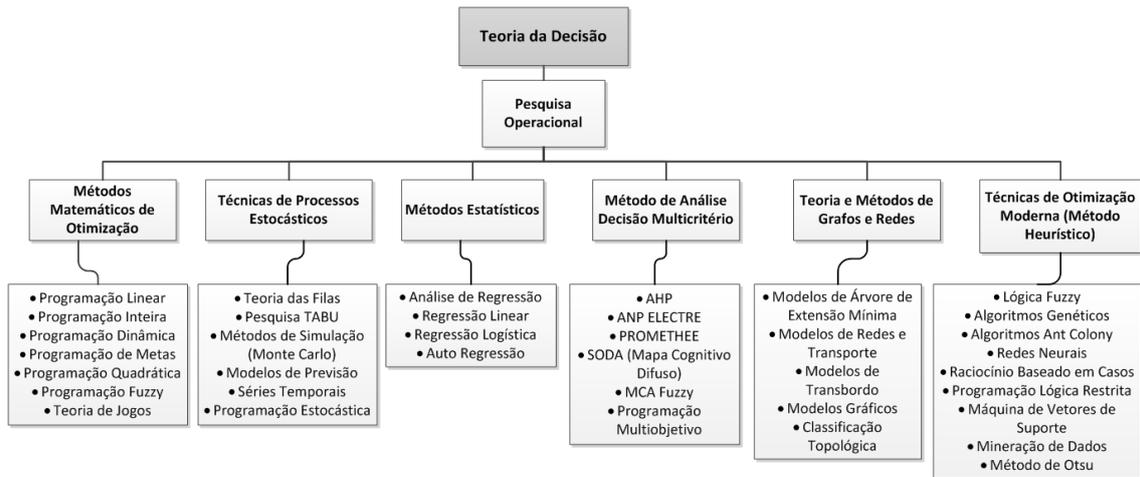


Figura 2.28 - Hierarquia da teoria de suporte à decisão e métodos da OR.

Fonte: Adaptado de MELARÉ, *et al* (2017).

Como parte da revisão, MELARÉ, *et al.*(2017) verificam a usabilidade de combinação de métodos, o que traduz a compatibilidade de metodologias entre si e a busca pela otimalidade e, constatam ainda, a predominância de artigos envolvendo Métodos de Otimização Matemática (*Mathematical Optimization Methods – MM*) seguidos de Análise Multicritério (*Multi-Criteria Decision Analysis* ou *Multi-Criteria Decision Aid – MCDA*), conforme apresentado na Figura 2.29.

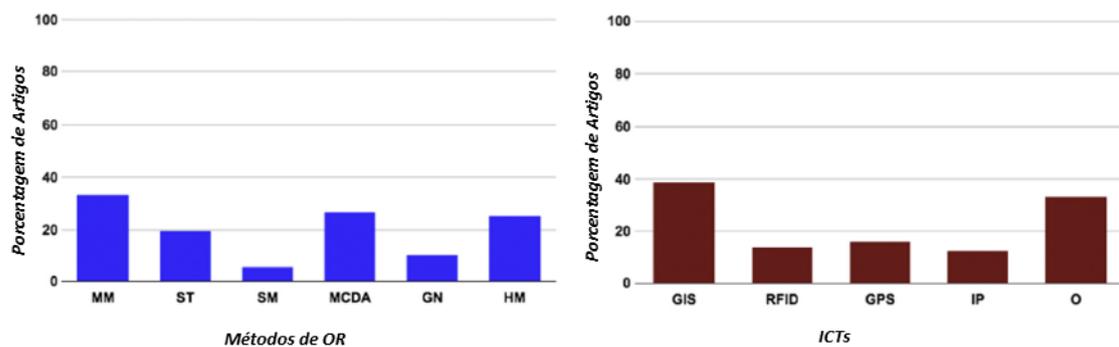


Figura 2.29 - Distribuição de artigos entre métodos de OR e ICTs.

Fonte: Adaptado de MELARÉ, *et al.* (2017).

Os métodos multicritérios para decisão são muito apropriados para área ambiental, são muito utilizados e têm a propriedade de não serem focados na otimização. Espera-se que o modelo matemático forneça uma solução a ser seguida, pois a própria realidade (natureza) é multicriterial e não uma simples questão de

otimizar e sim uma questão de decisão. Problema de decisão é diferente de otimização, pois têm vários fatores que não podem ser simplesmente agregados. E os métodos multicritérios buscam tratar disso, buscam explicitar melhor esses aspectos que permanecem implícitos de comparabilidade de fatores como impactos ambientais, questões sociais, técnicos, econômicos.

2.4.2 Análise envoltória de dados

Dentro da pesquisa operacional, a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*) é um modelo de otimização linear desenvolvido para determinação de eficiência de unidades produtivas, chamadas Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Unit – DMU*) com características operacionais similares.

Originalmente proposto por CHARNES, COOPER e RHODES (1978), o método foi aplicado com o objetivo de avaliar a eficiência do ensino em uma escola primária nos EUA a partir de dois *inputs*: o tempo de leitura da mãe com o filho e o número de professores/hora. Como *outputs* o modelo previa os resultados dos alunos em testes aritméticos, habilidades psicomotoras e autoestima, através de testes psicológicos. Como ponto de partida, convém definir conceitos fundamentais da metodologia:

Eficácia → capacidade de uma unidade produtiva atingir um nível elevado de produção;

Produtividade → razão da combinação linear de *outputs* com a combinação linear de *input*. Indicador da avaliação global dos resultados relativos aos recursos utilizados;

Eficiência → razão entre *outputs* e *inputs* – resultados e recursos.

Por exemplo, se uma empresa E conseguiu atingir uma meta de produzir Y produtos do tipo P podemos dizer que ela se mostrou *eficaz*. O resultado da relação entre a quantidade de insumos X utilizados na produção dos Y produtos P nos revelará qual foi sua *produtividade*. Entretanto, sabendo qual seria a melhor combinação possível entre Y e X, poderíamos avaliar se de fato seu modo de produção está sendo *eficiente*.

COOPER, SEIFORD e TONE (2007) apresentam um caso hipotético na Figura 2.30, que trata de um problema empírico de como tornar eficientes os armazenamentos ineficientes. Para alcançar a fronteira eficiente, uma forma é alcançada reduzindo a

entrada (número de empregados) para A_1 com coordenadas (1, 1) na fronteira eficiente. Outra é conseguida aumentando as vendas até A_2 (2,2). Qualquer ponto no segmento de linha A_1A_2 oferece uma oportunidade de melhorias de maneira que assume que a entrada não deve ser aumentada e a saída não deve ser diminuída para tornar a empresa eficiente.

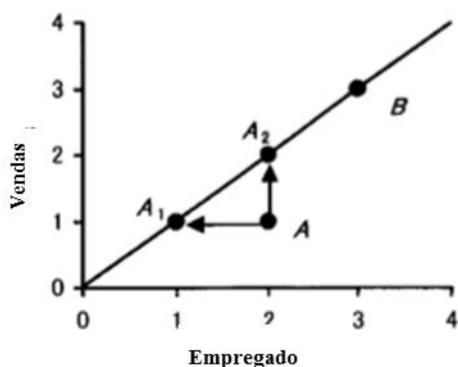


Figura 2.30 - Melhoria da empresa A.

Fonte: (COOPER, SEIFORD e ZHU, 2011).

A eficiência pode ser atingida através de duas estratégias: diminuindo os recursos mantendo os produtos (orientação a *inputs*); ou o processo inverso, aumento a geração de produtos com base no mesmo *input* (orientação a *outputs*). Segundo COOPER, SEIFORD e ZHU (2011):

Modelos orientados para a maximização de *output* (produtos): o índice é calculado através da máxima expansão do *output* (produtos) dado uma quantidade de *input* (insumo) utilizada.

Modelos orientados para a minimização de *input* (insumo): a distância é calculada através da máxima redução de *input* para uma mesma produção de *output* (produtos).

Na Figura 2.31 a seguir, o ponto P representativo de uma DMU, pode tornar-se eficiente reduzindo seus recursos até alcançar o ponto B, ou então aumentando seus produtos, alcançando o ponto D.

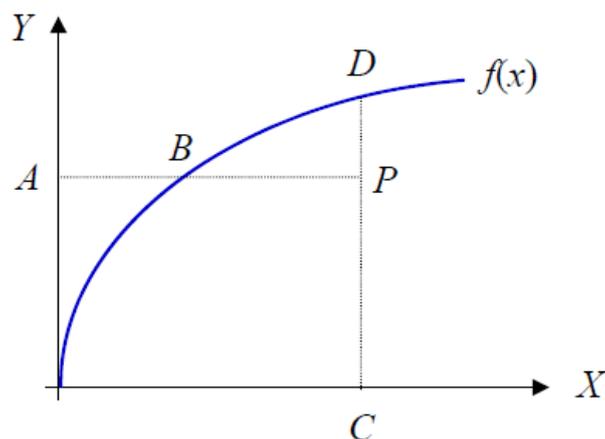


Figura 2.31 - Alcance de fronteira de eficiência.

Fonte: MELLO, *et al.*(2005).

As denominadas DMUs podem ser compreendidas como as unidades produtivas, isto é, o elemento que se deseja analisar. Como por exemplo, o departamento de alguma empresa, uma empresa em si, uma atividade, uma cidade, um país etc. Para critérios de análise da metodologia, as DMUs devem ser comparáveis, isto é, devem apresentar a mesma tipologia de dados de entrada e saída. A escolha das DMUs de referência em eficiência para os critérios comparativos é chamada de *benchmarking*.

O método pode ser aplicado para avaliar diferentes tipologias de empresa, ou departamentos, respeitando a regra que o conjunto de DMUs utilizado na análise seja homogêneo (SOUSA JR., *et al.* 2013). As DMUs homogêneas podem ser definidas a partir dos seguintes aspectos:

- Ofertar serviços e/ou produzir produtos similares, de forma que seus *inputs* e *outputs* sejam comparáveis;
- Ter o mesmo conjunto de recursos disponíveis;
- Operar em ambientes compatíveis;
- Utilizar a mesma tecnologia para transformar insumos em produtos.

Essa possibilidade de se calcular a eficiência técnica utilizando múltiplos *inputs* e *outputs*, que tenham unidades de medidas diferentes entre si, sem afetar o cálculo da eficiência, é uma das grandes vantagens da aplicação do método DEA (FONTES, 2006).

Cabe ressaltar que DEA tem como objetivo a análise de eficiência sem necessidade de conversão em valores monetários. A otimização de cada DMU é analisada individualmente de forma que se considere a Eficiência de Pareto, contrastando com os métodos paramétricos.

O conceito de Pareto-Koopmans para a eficiência é caracterizado por um vetor *input-output*, onde um DMU é totalmente eficiente se somente se: “*Não é possível melhorar nenhuma entrada ou saída sem piorar alguma outra entrada ou saída.*” (COOPER, SEIFORD e TONE, 2007).

A seleção de variáveis é um dos pontos sensíveis da modelagem. Ela deve ser realizada a partir do levantamento de potenciais alternativas para as variáveis relativas à problemática, visando a melhor caracterização da realidade a ser modelada. A quantidade de variáveis e de DMUs deve ser adequada para não haver distorções nos resultados do modelo DEA. Um pequeno número de variáveis pode gerar várias DMUs eficientes, por outro lado, uma grande quantidade de variáveis pode gerar em reduzida diferenciação das DMUs eficientes quando comparados às ineficientes (FERNANDES, *et al.*, 2017).

2.4.2.1 Modelos Clássicos da DEA

Os modelos clássicos da DEA dividem-se principalmente entre CCR (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978) e BCC (BANKER, CHARNES e COOPER, 1984). Outros tipos, menos utilizados, estão apresentados também na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Quadro comparativo entre os modelos matemáticos.

Modelo	Retorno de Escala	Forma da Fronteira
Aditivo	Variável	Linear por partes
Multiplicativo variante	Variável	Cobb-Douglas por partes
Multiplicativo invariante	Constante	Log-linear por partes
BCC	Variável	Linear por partes
CCR	Constante	Reta

Fonte: COOPER, SEIFORD e ZHU (2011).

2.4.2.2 Modelos CCR e BCC

O método DEA dispõe de dois modelos clássicos, conhecidos pelas siglas dos autores que os elaboraram que são CCR e BCC. O modelo DEA CCR, desenvolvido por

CHARNES, COOPER e RHODES (1978), também conhecido como CRS (*Constant Return Scale*), foi o primeiro modelo DEA desenvolvido e baseia-se na construção de uma superfície envoltória linear por partes e não paramétrica. Como característica principal, o modelo trabalha com retornos constantes na escala, de forma que variações nos *inputs* implicam em variações proporcionais dos *outputs*. Isto é, ter retorno constante à escala significa que os *inputs* e os *outputs* são proporcionais entre si (COOPER, SEIFORD e TONE, 2007).

Ao calcular a eficiência, o modelo CCR não considera os ganhos de escala. Assim, a eficiência relativa de uma DMU é obtida com a divisão entre a sua produtividade e a maior produtividade dentre as DMUs analisadas na observação. Desta forma, a fronteira de eficiência do modelo CCR assume a forma de uma reta.

Também conhecido como VRS (*Variables Returns to Scale*), o modelo BCC, desenvolvido por BANKER, CHARNES e COOPER (1984), difere-se do CCR ao construir uma envoltória convexa dos dados e considerar retornos variáveis de escala.

O modelo BCC tem como proposta a comparação de apenas DMUs que operem em escala semelhante. Dessa forma, a eficiência de uma DMU (DMU_o – DMU observada) é obtida dividindo-se sua produtividade pela maior produtividade dentre às DMUs que apresentem o mesmo tipo de escala, resultando em uma fronteira linear por partes. A Figura 2.32 apresenta as fronteiras dos modelos BCC e CCR.

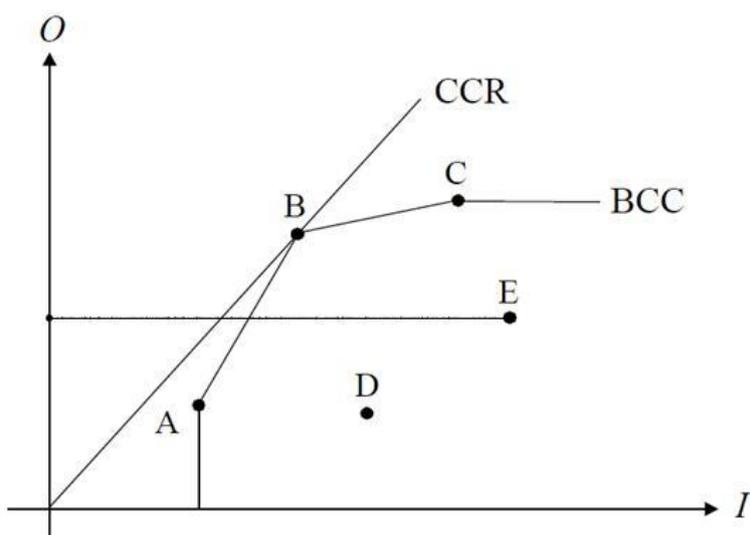


Figura 2.32 - Comparação entre os modelos BCC e CCR.

Fonte: MELLO, MEZA, *et al.* (2005).

De maneira geral, as principais diferenças dos modelos clássicos DEA estão apresentadas na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Resumo das propriedades dos modelos CCR e BCC do DEA.

Modelos	Hipóteses	Tipo de Eficiência	Forma da Fronteira
CCR	Retornos Constantes de Escala	Total	Reta
BCC	Retornos Variáveis de Escala	Técnica	Linear por partes

Fonte: Adaptado de COOPER, SEIFORD e ZHU (2011).

Modelo CCR

No modelo CCR, orientado a *input* (Equação 1, Equação 2 e Equação 3), a formulação matemática é apresentada por meio de um Problema de Programação Fracionária (MEZA, 2000). A Equação 1 representa a Função Objetivo (FO), que determina o cálculo de eficiência da DMU_o , a qual será maximizada. Todavia, a Equação 2 garante que este cálculo seja menor ou igual a 1 (um), para todas as DMUs. Por fim, a Equação 4 determina que os pesos das variáveis (*inputs* e *outputs*) sejam não-negativos independentemente do valor das variáveis.

$Max\ Eff_0 = \frac{\sum_{j=1}^s v_j y_{j0}}{\sum_{i=1}^r u_i x_{i0}}$	Equação 1
$sujeito\ a\ \frac{\sum_{j=1}^s v_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^r u_i x_{ik}} \leq 1, k = 1, 2, \dots, n$	Equação 2
$u_i; v_j \geq 0 \forall x, y$	Equação 3

onde:

Eff_0 – eficiência da DMU_o ;

u_i e v_j – pesos de *inputs* e *outputs*, respectivamente;

x_{ik} e y_{jk} – *inputs* i e *outputs* j da DMU_k ;

x_{i0} e y_{j0} – *inputs* i e *outputs* j da DMU_o ;

O problema de programação fracionária pode ser transformado em um problema de Problema de Programação Linear (PPL) e ser resolvido para cada uma das DMUs,

tornando-se necessário que o denominador da FO deva ser igual a uma constante de valor igual a 1 (um) (Equação 5), tornando-a uma restrição do PPL, enquanto que o numerador permanece na FO (Equação 4). Esta formulação é conhecida como problema dos multiplicadores.

$$\text{Max } Eff_o = \sum_{j=1}^s v_j y_{jo} \quad \text{Equação 4}$$

$$\text{sujeito a } \sum_{i=1}^r u_i x_{io} = 1 \quad \text{Equação 5}$$

$$\sum_{j=1}^s v_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r u_i x_{ik} \leq 0, k = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{Equação 6}$$

$$u_i, v_j \geq 0, \forall x, y \quad \text{Equação 7}$$

Na orientação a *output*, o modelo DEA determina que, para atingir à eficiência, os *outputs* sejam maximizados, mantendo os *inputs* constantes. Na Equação 8, a FO tem o objetivo de minimizar o somatório do produto entre os *inputs* e os pesos, enquanto que o somatório do produto entre os *outputs* e os pesos deve ser iguais a 1 (um) (Equação 9).

$$\text{min } Eff_o = \sum_{i=1}^r u_i x_{io} \quad \text{Equação 8}$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{j=1}^s v_j y_{jo} = 1 \quad \text{Equação 9}$$

$$\sum_{i=1}^r u_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s v_j y_{jk} \leq 0, k = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{Equação 10}$$

$$u_i \text{ e } v_j \geq 0, \forall x, y \quad \text{Equação 11}$$

A orientação a *input* busca minimizar a quantidade de insumos necessários de forma a produzir no mínimo o nível de produção dado, expresso pela maximização do somatório do produto entre as quantidades produzidas e os pesos. De maneira inversa, funciona a orientação a *output*, de modo a maximizar a produção de bens/serviços.

No exemplo da Tabela 2.6, MELLO *et al.* (2005) apresenta um conjunto de DMUs que empregam dois *inputs* e um *output* em seu processo produtivo. A formulação apresentada na Equação 12 e na Equação 13 mostra a representação do PPL para a DMU A. Em DEA o número de PPLs a resolver é igual ao número de DMUs existentes. No exemplo dos autores, ao resolver os cinco PPLs, é possível observar que DMUs B, C e E são eficientes.

Tabela 2.6 - Exemplos do modelo número para o modelo CCR orientado a inputs.

DMU	Input 1	Input 2	Output	Pesos			Eficiência (%)
				Input 1	Input 2	Output	
A	4	3	2	0,045	0,273	0,227	45,45
B	1	6	5	0,200	0,133	0,200	100,00
C	2	3	4	0,050	0,300	0,250	100,00
D	1	2	1	0,429	0,286	0,429	42,85
E	10	5	8	0,025	0,150	0,125	100,00

Fonte: MELLO *et al.* (2005).

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } Eff_A = 1u_1 + u_* \\
 & \text{sujeito a: } 4v_1 + 3v_2 = 1 \\
 & 1u_1 + u_* - 4v_1 - 3v_2 \geq 0 \\
 & 4u_1 + u_* - 26v_1 - 12v_2 \geq 0 \\
 & 2u_1 + u_* - 16v_1 - 2v_2 \geq 0 \\
 & 1u_1 + u_* - 4v_1 - 2v_2 \geq 0 \\
 & 3u_1 + u_* - 6v_1 - 12v_2 \geq 0 \\
 & 2u_1 + u_* - 20v_1 - 2v_2 \geq 0 \\
 & u_1; v_1; v_2 \geq 0, u_* \in \mathcal{R}
 \end{aligned}
 \tag{Equação 12}$$

$$\begin{aligned}
 & \min h_A \\
 & \text{sujeito a: } 4h_A - 4\lambda_A - 26\lambda_B - 16\lambda_C - 4\lambda_D - 6\lambda_E - 20\lambda_F \geq 0 \\
 & 3h_A - 3\lambda_A - 12\lambda_B - 2\lambda_C - 2\lambda_D - 12\lambda_E - 2\lambda_F \geq 0 \\
 & -1 + 1\lambda_A + 4\lambda_B + 2\lambda_C + 1\lambda_D + 3\lambda_E + 3\lambda_F \geq 0 \\
 & \lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \lambda_D + \lambda_E + \lambda_F = 1
 \end{aligned}
 \tag{Equação 13}$$

$$\lambda_A; \lambda_B; \lambda_C; \lambda_D; \lambda_E; \lambda_F \geq 0$$

$$3u_1 + u_* - 6v_1 - 12v_2 \geq 0$$

$$2u_1 + u_* - 20v_1 - 2v_2 \geq 0$$

$$u_1; v_1; v_2 \geq 0, u_* \in \mathcal{R}$$

Modelo BCC

Nas condições definidas para o modelo BCC, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional (variáveis duais - u_* e v_*) ao modelo do Envelope (modelos duais), cuja restrição aos fatores de escala é dada por $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ (MELLO *et al.*, 2005).

A estruturação do modelo BCC é similar ao do modelo CCR que será apresentada a seguir nas orientações a *inputs* (Equação 14, Equação 15, Equação 16 e Equação 17) e a *outputs* (Equação 18, Equação 19, Equação 20 e Equação 21).

$$\text{Max } h_0 = \sum_{j=1}^s v_j y_{j0} + v_* \quad \text{Equação 14}$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^r u_i x_{i0} = 1 \quad \text{Equação 15}$$

$$- \sum_{j=1}^s v_j y_{jk} + \sum_{i=1}^r u_i x_{ik} + u_* \leq 0, \forall k \quad \text{Equação 16}$$

$$u_i, v_j \geq 0, u_* \in \mathcal{R} \quad \text{Equação 17}$$

$$\text{min } h_0 = \sum_{i=1}^r u_i x_{i0} + u_* \quad \text{Equação 18}$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^s v_j y_{j0} = 1 \quad \text{Equação 19}$$

$$- \sum_{i=1}^r u_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s v_j y_{jk} - v_* \leq 0, \forall k \quad \text{Equação 20}$$

$$u_i, v_j \geq 0, v_* \in \mathcal{R} \quad \text{Equação 21}$$

Os modelos duais orientados *inputs* são apresentados da Equação 22 à Equação 26, e a orientação a *output* da Equação 27 à Equação 31.

$\min h_o$	Equação 22
$\text{sujeito a: } hx_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik}\lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, r$	Equação 23
$-y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk}\lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, s$	Equação 24
$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$	Equação 25
$\lambda_k \geq 0, \forall k$	Equação 26

$\text{Max } h_o$	Equação 27
$\text{Sujeito a: } t. x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik}\lambda_k \geq 0, \forall i$	Equação 28
$-h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk}\lambda_k \geq 0, \forall j$	Equação 29
$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$	Equação 30
$\lambda_k \geq 0, \forall k = 1, \dots, n$	Equação 31

2.5 Multimetodologia

2.5.1 Fundamentos básicos

Pode-se definir metodologia como um grupo de normas ordenadas, planejadas e contínuas com o objetivo de nortear alguma atividade ou intervenção. MINGERS e BROCKLESBY (1997) elucidam a multimetodologia como a “arte” de aplicar concomitantemente mais de uma metodologia ou mesmo frações de metodologias, de

forma a resolver diferentes problemas da melhor maneira. O questionamento multimetodológico supõe que não há determinado método mais indicado, e sim que todos eles possuem prós e contras que podem ser supridos e agrupados dentro de uma linha de pesquisa. A interpelação multimetodológica atenta-se, principalmente, em resolver questões práticas de pesquisa, eliminando as controvérsias existentes na determinação de métodos ou teorias únicos e completamente adequados àquela pesquisa (ESTELLITA LINS e NETTO, 2018).

MINGERS (2006), em seus estudos, considerou e avaliou diferentes teorias de conhecimento. Desde os alicerces fundamentais para sistemas e a ciência da administração (o realismo crítico como uma filosofia básica da ciência; autopoiese como teoria da biologia e cognição; e a natureza das fronteiras como um elemento-chave da teoria dos sistemas), até teorizações substanciais em uma hierarquia de níveis (a natureza da informação, do significado e do conhecimento; comunicação e interação entre pessoas; e o caráter autopoietico dos sistemas sociais). Em seguida, passa das questões que envolvem o conhecimento propriamente dito para o que chama de ação, um ato intencional com metas individuais em sistemas de atividade humana (CHECKLAND, 1981), mais particularmente no que tange as intervenções diretas.

De acordo com MINGERS (2006), diferentemente do que prega o conceito cartesiano, conhecimento e ação não estão completamente separados, havendo inclusive autores que consideram ambas indissolúveis e inseparáveis. Ele também frisa que a pessoa responsável pela intervenção é de grande relevância, devendo o mesmo ser enfatizado nas discussões a respeito das metodologias práticas. Outrossim, considera a relevância da natureza multidimensional do mundo real de organizações, tirando de questão a possibilidade de aplicar um modelo único, compreendido como um grupo de pressupostos metodológicos. Ou seja, o simples fato de ali estarem questões materiais e sociais implica na necessidade da aplicação de métodos de pesquisa e intervenção diferentes e combinados entre si.

A forte utilização da ciência para resolver problemas operacionais, primeiramente por meio dos métodos quantitativos, como programação linear, modelos matemáticos, simulação, entre outros, deu origem à pesquisa operacional, que foi usada por MINGERS (2006) para explicar o aparecimento da multimetodologia. Entretanto, com a constatação de que diversos pontos em questões organizacionais não se encaixavam em modelos matemáticos já que não podiam ser medidos, apareceu a demanda pela

elaboração de métodos inovadores. Esses métodos ficaram conhecidos como: *soft OR*, *soft systems methodology* (SSM) (CHECKLAND e SCHOLLES, 1990), escolha estratégica (*strategic choice approach*) (FRIEND, 2001) e mapas cognitivos (EDEN e ACKERMANN, 2001). Pode-se dizer que todas essas metodologias são importantes, cabendo a cada cientista a definição de qual a sua opção. Segundo MINGERS e BROCKLESBY (1997), a multimetodologia propriamente dita está em saber definir qual a melhor metodologia aplicar para determinada circunstância e, ainda, saber misturar os variados métodos numa mesma intervenção. Ou seja, saber a melhor maneira de usar os diversos métodos ou metodologias de forma a solucionar problemas existentes no mundo real.

A combinação metodológica (*methodology combination*) trata da utilização de duas ou mais metodologias numa intervenção; o fortalecimento metodológico (*methodology enhancement*) aplica uma metodologia principal em outros métodos de maneira a fortalecê-la e ampliá-la, a multimetodologia de paradigma único (*single-paradigm multimethodology*) combina partes de metodologias de um paradigma, e a multimetodologia de múltiplos paradigmas (*multi-paradigm multimethodology*) mescla partes de metodologias pertencentes a diferentes paradigmas.

A multimetodologia apresenta benefícios variados diante do fato de o mundo ter multidimensões (físicas, materiais, políticas e sociais), da questão de uma intervenção ter variadas fases, aspectos e problemas, não sendo um processo individual. E de a mistura de diferentes metodologias proporcionar a criação de novas observações, dando a chance do avaliador explorar os pontos de outras formas, numa triangulação de resultados, ainda mais intensamente (MINGERS, 2006).

Considerando o mundo multidimensional, MINGERS (2006) determina que utilizar uma única metodologia limita as visões do mundo real, reduzindo os resultados, produzindo algumas representações ou paradigmas distintos ou até mesmo incompatíveis entre si, pois cada aspecto do mundo deve ser levado em consideração de uma forma subjetiva, intersubjetiva ou objetiva.

Levando-se em conta que a intervenção se constitui de um episódio com variadas etapas, onde situações diferentes predominam a cada momento, determinadas técnicas e métodos têm maior utilidade que outras em cada situação, levando à conclusão de que, em tais oportunidades, uma combinação pode ser a melhor opção para alcançar

melhores resultados. Para tanto, devem ser consideradas todas as categorias das etapas do processo, entre elas: apreciação da situação, análise da informação, avaliação das explicações quanto a outros efeitos previsíveis, novas explicações, ações e mudanças. Neste mesmo contexto, a Triangulação busca validar dados e resultados combinando dados, fontes e métodos; a criatividade leva a novos *insights*; e a expansão aumenta o escopo do estudo, considerando outras questões que possam ser importantes.

Entretanto, apesar da multimetodologia trazer consigo os benefícios supracitados, além de outros, MINGERS (2006) relata a existência de obstáculos em sua utilização, arrolando quatro deles:

- obstáculos filosóficos devido à questão de que paradigmas têm hipóteses muitas vezes diferentes e incompatíveis, prejudicando ou impedindo a aplicação de diversas metodologias em conjunto, pois umas eliminariam as outras. Todavia, há controvérsias nesse ponto, já que outros autores pensam haver chances de se formarem pontes;
- obstáculo cultural, visto que os acadêmicos, em geral, não se mostram favoráveis à aplicação conjunta de diferentes paradigmas;
- o problema psicológico, porque muitos pesquisadores preferem utilizar um único método, criando entraves quanto ao uso da multimetodologia;
- as questões práticas que existem porque a comunidade acadêmica costuma ser pressionada a usar metodologias únicas para ter facilidade, tanto na publicação, quanto no financiamento de seus projetos, principalmente aqueles pesquisadores que ainda não estão bem estabelecidos nas suas zonas de atuação.

Dentro da mesma linha de proposição, objetivando a combinação de métodos de diferentes paradigmas, mas com variadas maneiras de abordá-los, outros autores trouxeram metodologias pluralistas para a comunidade. JACKSON (2000, *apud* MINGERS, 2006) apresentou o pluralismo coerente, GREGORY (1996 *apud* MINGERS, 2006) trouxe o pluralismo discordante, WHITE & TAKET (1997 *apud* MINGERS, 2006) o pluralismo pragmático, enquanto MIDGLEY (2000) propôs o pluralismo teórico. Todas as metodologias mencionadas com grande número de métodos diferentes, havendo uma “decomposição” nas mesmas. A proposta multimetodológica de MINGERS (2006), denominada pluralismo crítico, considera a aplicação de métodos e metodologias variados numa intervenção, não descartando a

origem da teoria de cada método, assim como de suas devidas críticas e limitações, demonstrando, por meio de exemplos (*statistical modelling* e SSM, e mapa cognitivo), a possibilidade de aplicar variadas metodologias empiricistas para a perspectiva realista crítica.

Em seus estudos, MINGERS (2006) frisou que, para pesquisa e intervenção, o positivismo/empiricismo é o paradigma apropriado, mas não descartou a validade de outros paradigmas. Entretanto, realçou só dever ser aplicado um para cada situação particular. Conforme o relatado, são muitas as combinações possíveis de metodologias, portanto, deve-se optar pela multimetodologia mais apropriada a cada intervenção. Visto que a ação proposital (*purposeful action*) de um agente com determinada circunstância do mundo social e organizacional é o cenário geral para a utilização da multimetodologia, apresenta dois sistemas: *Problem-Solving System* e *Problem-Content System*. Além disso, elucida a situação de uma intervenção exibindo um quadro com três sistemas inter-relacionados: o agente que realiza a intervenção (*Intervention System*), as teorias e metodologias disponíveis (*Intellectual Resources System*), e os problemas do mundo real em que o agente interfere (*Problem Content System*).

Mapeamento dos métodos

Intervenções multidimensionais possuem quatro fases distintas (apreciação, análise, avaliação e ação) e variadas atividades, devendo considerar as esferas material, pessoal e social. Cada fase com sua importância e peso, devendo isso ser considerado pelo agente, dadas as limitações de prazo e recursos nas pesquisas. Portanto, o mapeamento dos diferentes métodos nas diversas circunstâncias de uma ocasião facilita a junção de metodologias. Segundo MINGERS (2006), para optar pela metodologia deve-se pensar nas relações agente/método/problema, nos aspectos do mundo e nas fases, de maneira a facilitar a visualização das fraquezas e benefícios das metodologias. Assim sendo, buscando correlacionar prós e contras dos métodos e mostrar sutilmente algumas de suas aplicações, o mapeou os seguintes métodos: *Mathematical Programming, Discrete Event Simulation, System Dynamics, Cognitive Mapping, Soft Systems Methodology, Interactive Planning, Strategic Choice, Critical Systems Heuristics, Hypergames, SAST e Viable Systems Method*.

MINGERS (2006) informa que a classificação dos métodos e metodologias deve definir claramente suas metas e hipóteses, identificando inicialmente características

gerais compartilhadas entre todas as metodologias, assim como suas diferenças, já que métodos se diferenciam em seus modelos e nas hipóteses no que tange à ontologia, epistemologia e axiologia.

Desenho de uma intervenção multimetodológica

Para MINGERS (2006), quando se utiliza a multimetodologia como base para realizar uma intervenção, duas etapas devem ser seguidas. O detalhamento dos métodos que serão usados é feito na definição do plano geral e, ao longo do andamento desse plano, ocorre o monitoramento continuado e vão sendo feitos os ajustes de suas atividades e ações. É importante haver uma diferenciação nítida entre o projeto propriamente dito e a sua operacionalidade, devendo considerar as quatro fases da intervenção e as três esferas do mundo real, previamente mencionadas, assim como executadas as atividades próprias de reflexão e desenho do projeto (revisão da situação, determinação dos problemas e a escolha dos métodos).

Ainda de acordo com o autor, podem ser utilizadas seções distintas das metodologias, inclusive das que possuem hipóteses diferentes, respeitando uma decomposição sistemática. O autor também assegura ser possível aplicar métodos de maneiras diferente daquelas para que foram inicialmente propostos, como, por exemplo, usar modelos matemáticos para fatores subjetivos, quando, originalmente foram desenhados para uso em realidade objetiva.

As combinações metodológicas usadas com maior frequência em trabalhos multimetodológicos foram apresentadas por MINGERS (2006), que se baseou em pesquisas e, em revisão bibliográfica, tendo sido a *Strategic Choice+SSM+ Interactive Planning* a combinação mais observada.

Fundamentando-se em três ideias capitais (dualidade de conhecimento e ação, importância do agente do desenho da multimetodologia, e limitações nas intervenções), ele aponta como o uso do pluralismo crítico, premissa teórica da multimetodologia, representa uma forma de engajamento crítico, além de discutir tais ideias por meio das teorias de Midgley, Bhaskar, Foucault e Habermas.

No que tange aos conceitos de Habermas e Foucault sobre críticas voltadas à emancipação do sujeito, à indagação de formas soberanas e limitadoras de conhecimento e à impossibilidade da existência de neutralidade máxima na utilização da

razão e ciência para discutir o caráter crítico de sua metodologia, MINGERS (2006), realiza uma análise baseada numa curta revisão da ideia de poder conectado ao conhecimento existente em Foucault, e de Habermas, focando na questão da valoração pessoal do que seria bom/certo (axiologia). Essa discussão embasa a análise da influência do agente na produção de conhecimento, considerando seu contexto social, material, emocional, político e cognitivo, e, principalmente, na intervenção baseada na multimetodologia. Estes questionamentos encerram por limitar possibilidades de intervenções no mundo real, levando MINGERS (2006) à conclusão de que a intervenção está voltada, sobretudo, para testar e explorar limites e barreiras no sistema e na problemática em si.

Segundo MINGERS (2006), o uso crítico da multimetodologia não deve tomar como ponto de partida as metodologias, e sim os desejos e as atividades dos agentes. Também não podem ser desprezados os contextos e influência dos agentes, tal como as fronteiras e limitações sociais e subjetivas nos processos de mudança e desenvolvimento. Seguindo os conceitos de Foucault e considerando as metodologias, informa que o conhecimento está sempre conectado ao poder. Logo, a reflexão crítica tem que se preocupar com os paradigmas hegemônicos existentes nas bases das metodologias. Assim, intervenções devem ser consideradas de forma a gerar condições para a racionalidade, não para julgamentos finais, sempre por meio de discussões abertas àqueles que se sensibilizam pelas decisões, ambiente participativo, num processo de reflexão, julgamento e ação.

Capítulo 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A definição das etapas do estudo propõe-se a evidenciar o roteiro percorrido e os métodos de pesquisa adotados para atender os objetivos. Visa auxiliar o entendimento a respeito do encadeamento de pensamento na construção da pesquisa. As etapas deste estudo estão agrupadas em conhecimento prévio, formulação do modelo e aplicação do modelo. O esquema da estrutura da pesquisa está apresentado resumidamente na Figura 3.1.

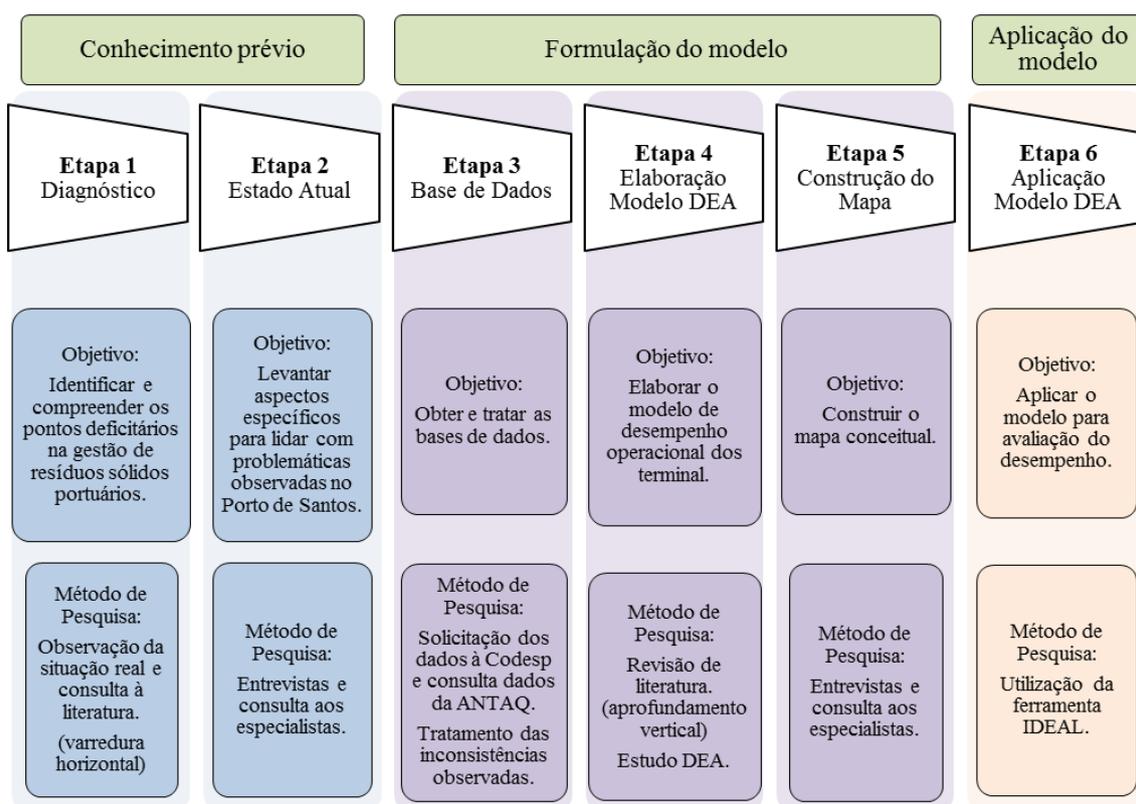


Figura 3.1 – Etapas da pesquisa.

Fonte: elaboração própria.

3.1 Etapa 1 – Diagnóstico

Essa etapa busca a investigação *in loco* para identificar as deficiências e compreender as particularidades na gestão dos resíduos sólidos portuários. Foi realizada uma análise documental sobre gestão de resíduos sólidos e desempenho portuário, com foco na apuração das técnicas e métodos mais utilizados e que retratam melhor a realizada observada e suas limitações para aplicação.

Foi constatada que as informações relacionadas ao quantitativo de resíduos portuários gerados nos trabalhos identificados, eram relativas, majoritariamente, aos resíduos de bordo e aos resíduos das administrações portuárias. Dados e informações provenientes de resíduos gerados pelas operações de movimentação e armazenamento de cargas, dentro das empresas arrendatárias, notadamente nos terminais, eram bastante escassos. Mesmo durante a execução do projeto SEP-Resíduos, a equipe técnica enfrentou dificuldades de acesso a esses dados. Percebeu-se então uma oportunidade de enfoque da pesquisa em terminais.

3.2 Etapa 2 – Estado Atual

Essa etapa compreende distinguir, a partir da realidade, os aspectos práticos para lidar com os pontos deficitários observados na gestão de resíduos sólidos portuários. Engloba a pesquisa de campo com especialistas para obtenção de informações relevantes e entender o entendimento dos mesmos quanto à melhoria do controle e manejo dos resíduos gerados em áreas portuárias.

As entrevistas nessa fase tiveram como foco o levantamento de como eram tratadas as questões relativas de resíduos sólidos portuários no Porto de Santos. Foram realizadas entrevistas individuais, não estruturadas e semiestruturadas com: um pesquisador especialista em desempenho portuário; uma pesquisadora especialista em gerenciamento de resíduos sólidos portuários; um empresário do ramo de coleta e tratamento de resíduos sólidos; um analista da ANVISA da Gerência Geral de Portos, Aeroportos, Fronteiras e Recintos Alfandegados; um técnico analista ambiental da gerência de meio ambiente da CODESP e o gerente de meio ambiente da CODESP. Nas entrevistas, existia um direcionamento nas questões preparadas antecipadamente, que servia como um guia orientador, mas que também permitisse uma elevada flexibilidade na investigação dos questionamentos.

Foi identificado o Porto de Santos como opção para o estudo de caso pela acessibilidade e colaboração dos profissionais da autoridade portuária, CODESP, e pela representatividade dos terminais arrendados do porto. Como é o maior porto da América Latina, ele apresenta uma elevada variabilidade de cargas e de distintos terminais.

3.3 Etapa 3 – Base de Dados

Essa etapa caracteriza-se pela obtenção da base de dados e tratamento dos mesmos. A partir do contato com o gerente de meio ambiente da CODESP, foi protocolada a solicitação formal dos Inventários de Resíduos Sólidos dos terminais do Porto de Santos à Superintendência de Meio Ambiente e Segurança do Trabalho da CODESP e os mesmos foram disponibilizados em planilha Excel® dos anos de 2012 até 2015 (CODESP, 2012; CODESP, 2013; CODESP, 2014; e CODESP, 2015), exclusivamente para esse trabalho de pesquisa.

Nesse momento, sistemáticas consultas ao chefe de serviços ambientais, técnico da gerencia de meio ambiente designado para trabalhar com a gestão de resíduos dos terminais, foram realizadas para avançar no entendimento, deficiências e particularidades dos dados. A principal é que o preenchimento do inventário pelas empresas foi distinto em 2012-2013 em relação a 2014-2015. No primeiro período, a classificação dos resíduos seguia o que a CETESB estabelecia nos seu regimento, enquanto que, desde 2014, foi normatizada seguindo a classificação nacional dos resíduos instituída pela IN 13/2012 do IBAMA. A compilação dos dados fornecidos foi bastante complexa, pois são diferentes técnicos responsáveis pelo preenchimento das informações em cada terminal mensalmente, com entendimentos distintos da forma de inserção. Mesmo assim, esforços foram empregados no intuito de sanar falhas de preenchimento, informações incorretas e imprecisas, através de troca de informações junto à autoridade portuária.

Como não existe regulamentação na forma de declaração do quantitativo, os dados do inventário são contabilizados em unidades de medida diferentes (toneladas, metros cúbicos e unidades). Para viabilizar a pesquisa, os resíduos foram todos convertidos para toneladas e as inconsistências verificadas, de modo a unificar os dados e proceder com o trabalho de modelagem. O Apêndice A apresenta o memorial com as densidades e os critérios de cálculo aplicados para as conversões quantitativas adotadas dos resíduos sólidos declarados em unidade e em volume.

Um panorama de geração dos resíduos sólidos dos terminais para os anos disponibilizados foi feito e pode ser visto no item 5.1. No entanto, para o modelo proposto, foi definido o ano de 2015 para conduzir a modelagem. Assim, os dados de movimentação de carga e de atracação foram obtidos no Sistema de Informação

Gerencial da ANTAQ (ANTAQ, 2017), enquanto que para as informações das áreas dos terminais foram consultados o Regulamento de Exploração e o PDZ do Porto de Santos.

3.4 Etapa 4 – Elaboração do Modelo DEA

Essa etapa empregou a revisão não sistemática da literatura, com o aprofundamento da coleta de dados secundários para identificar as categorias de desempenho operacional com método DEA que vêm sendo empregadas no setor portuário. Foi feita a avaliação quanto à adequação dos artigos, o entendimento dos mesmos e a interpretação dos dados e informações retirados.

De acordo com as informações levantadas e compiladas nessa etapa, associado com o modelo teórico DEA, foi proposto um modelo quantitativo de avaliação de desempenho operacional para eficiência técnica da gestão dos resíduos sólidos em terminais portuários, baseado na relação insumo produto.

3.5 Etapa 5 – Construção do Mapa

A etapa compreende a construção do mapa conceitual, abordando os conceitos e as variáveis que englobam o tema da pesquisa. O mapa é uma mídia externa que representa nossos processos mentais internos que são em rede. Permite usar o conhecimento interno implícito, explicitando aquilo que acontece na cabeça das pessoas. Assim, nessa fase de estruturação do pensamento será possível determinar as limitações do modelo quantitativo - quais fatores que não entraram na modelagem, mesmo sendo importantes.

Para a tradução da observação do processo, a colaboração de especialistas foi necessária para entender o funcionamento do setor portuário e de gestão de resíduos sólidos. A construção do mapa conceitual foi baseada também em documentos e na experiência da autora em atividades no ambiente portuário, o programa *CmapTools*, versão 6.03, desenvolvido pelo *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC) da *University of West Florida*, foi utilizado para a confecção do mapa.

Foram realizadas consultas, além das entrevistas citadas na etapa 2, que contribuíram na confecção do mapa, a saber: três técnicos do projeto SEP-Resíduos envolvidos com o tema de resíduos portuários; um pesquisador especialista em avaliação de eficiência no setor portuário com foco na gestão de resíduos; e um superintendente de meio ambiente de uma autoridade portuária. As informações obtidas

a partir do conhecimento prático dos técnicos especialistas consultados abarcam a maior parte do contexto relativo ao problema, possibilitando a construção de um robusto mapa conceitual.

3.6 Etapa 6 – Aplicação Modelo DEA

Essa etapa compreende a aplicação do modelo quantitativo proposto. Os valores de eficiência e de metas foram obtidos com a modelagem utilizando o *software* IDEAL (*Interactive Data Envelopment Analysis Laboratory*), desenvolvido pela COPPE/UFRJ.

Para avaliação do desempenho global, foi desenvolvida uma análise gráfica exploratória com os dados plotados em gráficos bidimensionais de dispersão XY, com o objetivo de avaliar o comportamento dos terminais na região da fronteira global de eficiência. Depois foram plotadas as fronteiras de eficiência para cada *cluster*, carga geral e granel sólido, para atender ao requisito de trabalhar o modelo DEA tendo DMUs homogêneas.

Em seguida, os terminais foram avaliados utilizando o modelo BCC, uma vez que apesar de operarem com a mesma tipologia de carga, eles se apresentam em escalas distintas, logo é mais indicado trabalhar com uma fronteira de eficiência variável, mais aderente à realidade. A análise dos dados com o *software* IDEAL se apresentou como uma ferramenta gráfica muito útil para a análise do comportamento dos terminais, favorecendo a interpretação das variáveis do modelo com a sua projeção tridimensional da fronteira de produtividade. Com os resultados quantitativos e gráficos, foi realizada a análise das respostas obtidas tanto para o modelo clássico quanto para o modelo com restrição aos pesos.

Capítulo 4 COMPOSIÇÃO DO MODELO

Neste capítulo, está descrita a proposta de um modelo de avaliação de desempenho para terminais portuários, aplicada à gestão de resíduos sólidos. Para isso, foi feita a busca do conhecimento disponível na literatura acadêmica com análise de desempenho portuário e a consulta aos especialistas e pesquisadores para atingir os objetivos da pesquisa. Procedeu-se, então, a revisão não sistemática da literatura, visando o levantamento de dados relativos ao tema e assuntos correlatos, e a construção do mapa conceitual de gestão de resíduos no Porto de Santos.

4.1 Abordagem DEA no setor de transportes

Em sua primeira publicação, o método DEA tinha o objetivo de avaliar a eficiência do ensino em uma escola primária nos EUA (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978). Entretanto, 40 anos depois de seu surgimento, sua aplicação está distribuída em pelo menos 27 campos de atuação, conforme ilustrado na Figura 4.1.

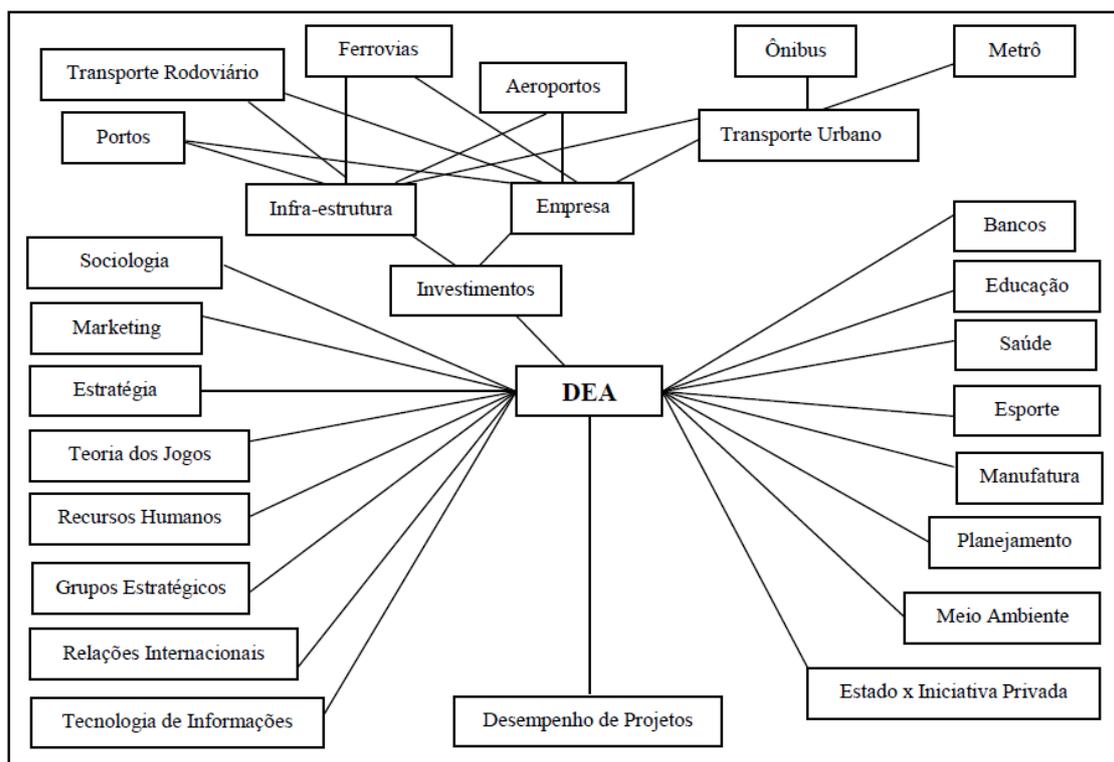


Figura 4.1 – Campos de aplicação do DEA.

Fonte: MARIANO, ALMEIDA e REBELATTO (2006).

A revisão bibliométrica de LIU, *et al.*(2013) aponta 4936 artigos envolvendo DEA publicados entre 1978 e 2010 utilizando-se da base de dados *ISI Web of Science*.

CAVAIGNAC e PETIOT (2017) destacam as relativamente recentes aplicações no setor de transportes, enquanto inicialmente os estudos eram mais concentrados nas áreas de saúde, educação, bancária e comunicação. Os autores apresentam uma análise bibliométrica da aplicação da DEA no setor de transportes entre os anos de 1989 – 2016 totalizando 461 estudos referenciados publicados na língua inglesa utilizando as bases *Scopus*, *Google Scholar* and *Econlit*. A Figura 4.2 apresenta a evolução anual de artigos publicados nessa temática.

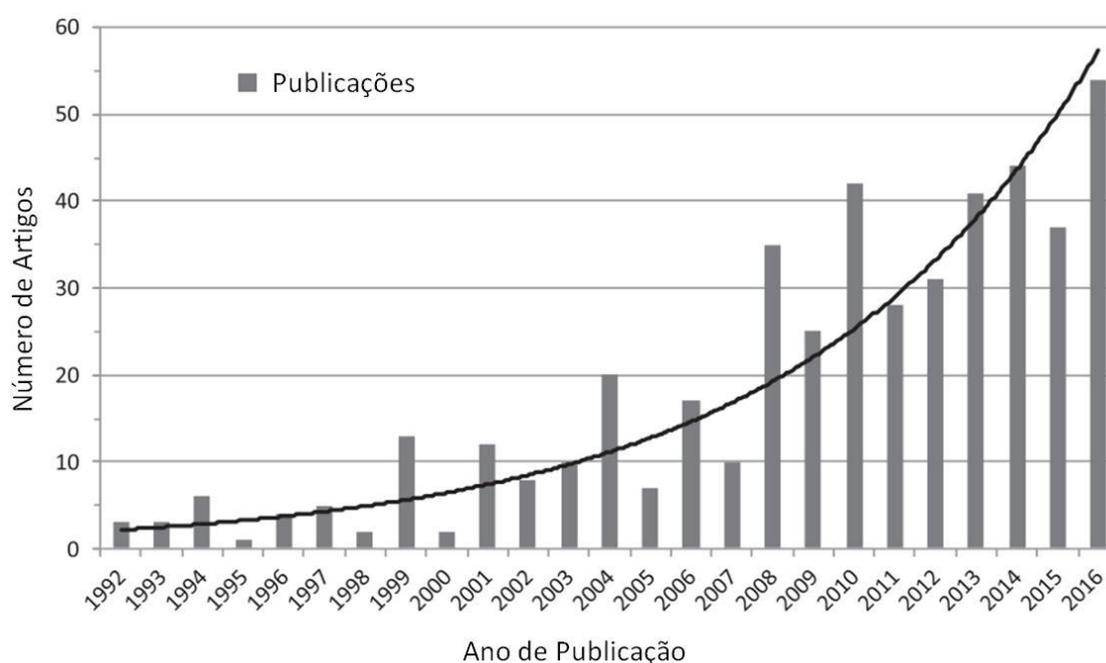


Figura 4.2 – Número de artigos publicados por ano com a utilização do DEA na análise em transportes.

Fonte: CAVAIGNAC e PETIOT (2017).

A partir destes resultados, os autores sugerem três fases de publicação:

- 1992 – 1998 → corresponde à fase inicial de aplicação do método neste setor, com média de 3,4 artigos por ano em um crescimento anual médio de 47% e desvio padrão de 2,98.
- 1999 – 2007 → corresponde à fase de disseminação do método no setor de transportes, com uma média de 11 publicações por ano, registrando crescimento anual médio de 122% com desvio padrão igual a 1,98.

- 2008 – 2016 → fase de consolidação do método, com 37,4 publicações por ano, crescimento anual médio de 36% e desvio padrão igual a 2,55. Somente o período 2011-2016 é igual a todo o restante em número de publicações desde 1992.

Dentre o total de artigos, 184 (40%) estão relacionados ao transporte aéreo, seguido de transporte marítimo (26%), transporte público (19%), trens (8,4%), rodovias (6,5%) e transportes em geral (5,5%), conforme apresentado na Figura 4.3.

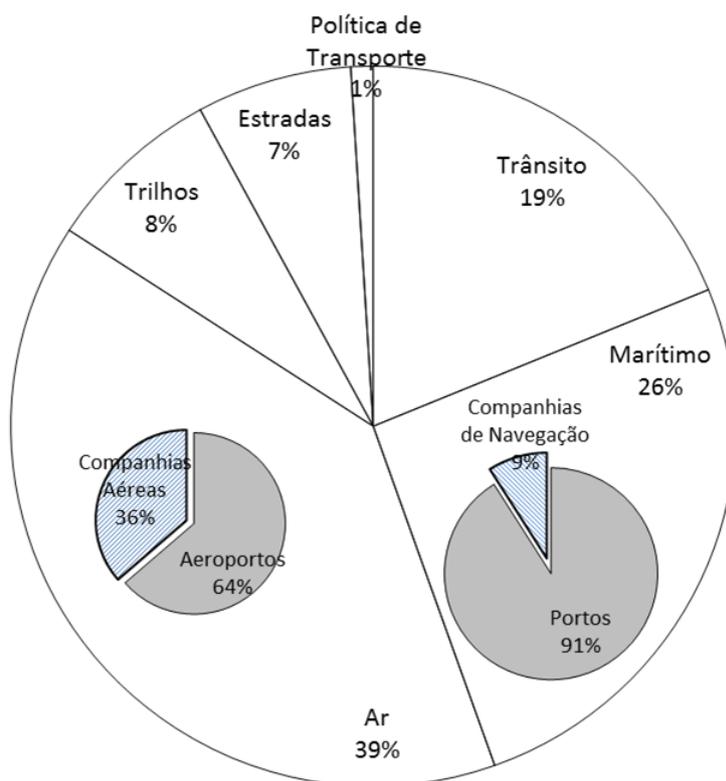


Figura 4.3 – Distribuição de artigos com aplicação da DEA consultados no setor de transportes no período 1989 – 2016.

Fonte: Adaptado de CAVIGNAC e PETIOT (2017).

Dada à complexidade e a abrangência das operações envolvendo movimentações das cargas no setor portuário, autores como HANONES e MONTEIRO (2017) e GARCIA (2017) reforçam as complicações inerentes à avaliação de desempenho de um porto ou terminal portuário. Independentemente da complexidade dos processos usuais, a avaliação de desempenho tem como objetivo a explanação de forma clara e explícita.

Um ponto importante a ser abordado, diz respeito à dificuldade de qualificar se essa evolução de trabalhos com DEA representa de fato um ganho em termos de

qualidade de vida para a sociedade. Ou se são apenas trabalhos teóricos sem resultados práticos concretos. Infelizmente essa avaliação pelos artigos é difícil, embora se saiba que, majoritariamente, não trazem retornos para sociedade. Existem duas dimensões de análises de perspectivas (ESTELLITA LINS, *et al.*, 2006):

- A 1ª dimensão é a perspectiva da firma que está sendo avaliada, a DMU, e a perspectiva do regulador que tem essa visão ampla, comparativa de todas as empresas. Neste caso, a forma de se quantificar a eficiência e o desempenho depende da perspectiva e da projeção da meta também. Em DEA a eficiência depende do alvo, depende da coordenada observada da DMU e da coordenada da meta. E há inconsistência entre as duas perspectivas. Quando se analisa sob a ótica do regulador, do órgão gestor comparando as unidades; e a perspectiva da DMU que busca ver como ela pode melhorar seu desempenho.

- A 2ª dimensão diz respeito aos agentes envolvidos no processo, nas atividades que compõe o processo operacional. Os pesquisadores muitas vezes não se dão conta que adotam *a priori* uma perspectiva, sem perceber qual é essa perspectiva. São usadas as variáveis disponíveis que representam uma perspectiva em particular. E se mudar a perspectiva, mudam-se as variáveis.

4.2 Revisão de literatura da aplicação DEA no setor portuário

A crescente utilização da metodologia no setor portuário se apresenta como uma tendência nacional e internacional para avaliação da movimentação de cargas (GOBBI, 2015). Segundo LUZ (2015) de maneira geral, os portos tendem a medir sua produtividade pela carga movimentada em um determinado período de tempo. Por outro lado, MILANI, *et al.*(2015) reforçam que, para assegurar a eficiência, o porto deve contar com medidas de segurança que evitem avaria das cargas e/ou acidentes, devendo dispor de equipamentos adequados e modernos, de forma a reduzir o tempo de operação.

Em seu estudo, GARCIA (2017) destaca que 61% das variáveis de entrada consideradas pelos autores foram *inputs* de infraestrutura. Das variáveis de saída, 85% foram *outputs* que dizem respeito às operações portuárias.

Dentre os *inputs* mais comuns empregados na aplicação do DEA no setor portuários, destacam-se os apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Principais variáveis utilizadas na aplicação do DEA no setor portuário.

Variável	Aplicação
<i>Área do terminal</i>	A área do terminal apresenta as características físicas e operacionais dos portos e terminais portuários, representando a capacidade quanto ao manuseio e armazenamento das cargas (FERNANDES, <i>et al.</i> , 2017; KIRCHNER, 2013; e PIRES, 2016).
<i>Área/pátio de armazenagem</i>	Áreas e pátios de armazenagem destinam-se à acomodação temporária das cargas destinadas/oriundas das embarcações. Por permitir a manutenção do fluxo de cargas no decorrer da operação portuária, a disponibilidade de cargas nos armazéns e pátios pode definir o tempo de duração da operação portuária tendo impacto direto na produtividade do setor portuário como um todo (PAIVA, 2015).
<i>Berços de atracação</i>	Os berços são locais destinados à atracação e movimentação das cargas a serem embarcadas ou desembarcadas. A quantidade de berços determina a capacidade do porto em atender embarcações de forma simultânea. A extensão dos berços tem relação com o tamanho máximo das embarcações que podem ser atracados (PAIVA, 2015).
<i>Cais de atracação</i>	O cais é destinado a atracação de embarcações de passageiros e cargas, sua extensão pode influenciar na produtividade do terminal uma vez que esta variável tenha relação com a quantidade de berços de atracação existentes (FONTES, 2006).
<i>Calado</i>	O calado é definido como a distância entre a lâmina d'água e o ponto mais baixo da quilha da embarcação, tendo relação direta com a produtividade do porto uma vez que possibilita a atracação de embarcações de maior porte (SOUSA JR., 2010; e CRAVEIRO, 2015).
<i>Canal de acesso</i>	O canal de acesso liga o alto mar com as instalações portuárias, cuja profundidade, largura e sinalização devem ser adequadas para o acesso das embarcações às instalações portuárias. Suas dimensões condicionam a atracação de embarcações de maior porte e/ou mais carregados (ANTAQ, 2009; KIRCHNER, 2013; e PAIVA, 2015)

Variável	Aplicação
<i>Consignação média</i>	A consignação média é o indicador que mede a quantidade de carga, em toneladas ou em unidades de contêineres (TEU), que foram carregadas ou descarregadas dos navios atracados (toneladas/navio ou TEU/navio). Tal variável permite inferir sobre o tamanho médio das embarcações que atracam num berço, ou num conjunto de berços do porto (ARRUDA, NOBRE JÚNIOR e MAGALHÃES, 2008; e CRAVEIRO, 2015).
<i>Prancha média</i>	A prancha média determina a quantidade de carga movimentada em relação ao tempo de atracação da embarcação, permitindo inferir sobre indicativo dos recursos utilizados no porto/terminal portuário. Isto é, a tecnologia envolvida pode impactar na capacidade de movimentação da carga, afetando diretamente a produtividade do porto (CRAVEIRO, 2015; e KIRCHNER, 2013).
<i>Movimentação de carga e atracação</i>	A quantidade de carga movimentada e a atracação representam de forma mais adequada à produtividade do porto ou terminal (<i>output</i>). Compõe a escolha da maioria dos trabalhos acadêmicos voltados para análise de eficiência operacional dos portos e/ou terminais portuários (ALMAWSHEKI e SHAH, 2015).
<i>Tempo médio de espera de navios</i>	Representa o tempo médio de espera da embarcação para conseguir atracar no porto ou terminal portuário (ANTAQ, 2009).
<i>Resíduos sólidos gerados</i>	Está associado às atividades operacionais e humanas nos portos/terminais e entorno, tais como armazenamento temporário e operações de carga e descarga, resíduos gerados nas áreas administrativas e de manutenção, acondicionamento e limpeza inadequados de grãos e resíduos de cargas, durante a movimentação ou armazenamento temporário, resíduos de embarcações (GOBBI, 2015).

Fonte: Adaptado de GARCIA (2017).

Foi procedida uma revisão bibliográfica não sistemática para identificar as contribuições relevantes de trabalhos acadêmicos de avaliação da eficiência no setor portuário, com utilização do método DEA. As publicações relevantes foram

identificadas com uma busca iterativa, atribuindo palavras-chave e agregando outros termos à busca. O foco principal de interesse foi identificar os modelos DEA e as variáveis de *input* e *output* usadas para o desempenho portuário, para tanto era importante à abrangência internacional da investigação. Dessa forma, foi escolhido o Portal Periódicos da Capes, por servir como um *hub* de centenas de bases de dados de publicações científicas e técnicas, incluindo: *Science Direct*, *ISI Web of Science*, *Wiley Online Library* e *Springer Link*. A busca não sofreu limitação quanto ao idioma ou ao ano da publicação e as palavras-chave e principais termos atribuídos à busca foram: “*data envelopment analysis*”, “*DEA*”, “*BCC model*”, “*ports*”, “*port performance*”, “*seaport*”, “*productivity*”, “*input and output*”, “*undesirable output*”, “*decision making units*”, “*waste*”, “*waste management*”, “*cognitive maps*”, “*multimethodology*”, “*efficiency*”, “*environmental efficiency*”, “*performance*”.

A fase de julgamento dos artigos compreende a consideração ou não da inclusão da publicação na revisão, quando foi constatada a relação direta ou mesmo indireta com os assuntos definidos nos objetivos. As referências citadas nas publicações investigadas foram também fontes de identificação de outras publicações relevantes.

A Tabela 4.2 abrange a revisão de literatura das publicações dentro deste contexto, possibilitando a identificação do direcionamento das pesquisas científicas na aplicação da metodologia neste tema.

Tabela 4.2 - Trabalhos de referência com aplicação de DEA no setor portuário.

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
PAIVA (2015)	CCR	Eficiência operacional - capacidade de armazenamento (t) - profundidade do canal de acesso (m) - extensão do berço (m) Eficiência ambiental - resíduo sólido gerados - efluente líquidos (sanitários, pluviais e oleosos) - fauna sinantrópica nociva	Eficiência operacional - prancha média (t/h) - tonelada de soja movimentada (t) Eficiência ambiental - impacto ambiental - Índice de Desempenho Ambiental (IDA)	Sete portos marítimos que movimentaram soja
GUEDES, PENA e GUERREIRO (2008)	BCC	- quantidade de berços - quantidade de funcionários - área do terminal	- TEUs/guindaste - TEUs	23 terminais contêineres dos quais 15 do Brasil, seis da Argentina e dois do Uruguai
RUBEM, BRANDÃO e MELLO (2014)	CCR E BCC	- <i>input</i> unitário	- atracações - movimentação de contêineres (TEU) - movimentação de carga solta (ton) - movimentação de carga em granel líquido (ton) - movimentação de granel sólido (ton)	128 terminais e portos brasileiros segregados em 8 clusters
ROLL e HAYUTH (1993)	CCR	- capital investido - número de funcionários - tipo de carga	- nível de serviço (%) - movimentação de carga (ton) - satisfação dos usuários - número de atracções	20 portos hipotéticos
MARTINEZ-BUDRÍA, <i>et al.</i> (1999)	BCC	- despesas com pessoal - taxas de depreciação - outros custos	- movimentação de cargas (ton) - receita obtida no aluguel de facilidades	26 portos da Espanha
TONGZON (2001)	CCR e <i>Additive</i>	- número de guindaste - número de berços - número de rebocadores	- movimentação de contêiner (TEU) - movimentação por hora de trabalho/navio (TEU)	16 portos dos quais, quatro da Austrália e 12 portos situados na Europa e na

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
		- número de funcionários - área do terminal - <i>delay time</i>		Ásia
VALENTINE e GRAY (2001)	CCR	- extensão do cais - extensão dos berços	- movimentação de contêiner (un.) - movimentação de carga (ton)	31 portos contêineres internacionais
ITOH (2002)	CCR e BCC	- área do terminal - número de berços - número de funcionários - número de guindastes	- movimentação de contêiner (TEU)	Oito terminais de contêiner do Japão
CHANG (2013)	SBM-DEA	- número de trabalhadores - comprimento do cais - área do terminal - energia consumida (toe)	- quantidade de embarcações (ton) - carga movimentada (ton) - emissão de CO ₂ (ton)	23 portos da Coreia
KIRCHNER (2013)	CCR	- área do terminal - extensão de cais - profundidade do canal de acesso - atracações - consignação média - inverso do tempo médio de operação - taxa de ocupação dos berços - prancha média	- movimentação de carga (TEU)	20 terminais portuários e portos que movimentam contêiner
SILVA, <i>et al.</i> (2011)	BCC	- largura da bacia de evolução - profundidade do cais acostável - profundidade da bacia de evolução - largura do canal de acesso - profundidade do canal de acesso - extensão do cais	- movimentação de carga (TEU) - movimentação de carga em contêineres (un.) - movimentação de carga em contêiner (ton) - movimentação de carga geral (t)	19 portos marítimos brasileiros
CULLINANE, <i>et al.</i> (2004)	CCR e BCC	- extensão do cais - área do terminal (ha) - número de guindaste de cais - número de guindaste de pátio	- movimentação de carga (TEU)	25 portos internacionais que mais movimentaram contêineres

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
		- número de <i>straddle carrier</i>		
VIEIRA, <i>et al.</i> (2014)	CCR	- calado - extensão dos berços - capacidade estática (teu) - número de guindastes (portêiner)	- atracação (un.) - movimentação de contêineres (TEU) - produtividade no cais (unid/h)	Sete terminais situados na região sul do Brasil
SOUSA JR. (2010)	CCR	- calado (m) - extensão do berço (m) - capacidade estática	- atracação (un.) - carga movimentada - movimentação por hora	Seis portos que operam contêineres e 15 portos que movimentam graneis sólidos situados no nordeste
BERTOLOTO e MELLO (2011)	BCC	- extensão total dos berços (m) - calado máximo (m)	- volume total de cargas (ton)	48 portos e terminais marítimos segregados em quatro <i>clusters</i> , conforme a natureza da carga predominante
ACOSTA, SILVA e LIMA (2011)	BCC	- profundidade do canal - extensão do cais - área de armazenagem	- movimentação total de cargas (ton)	27 portos brasileiros
FONTES (2006)	BCC	- extensão do cais acostável	- atracação (un.) - movimentação de cargas (ton)	31 portos e terminais brasileiros
RIOS (2005)	CCR E BCC	- número de guindastes - número de berços - área do terminal - número de funcionários - número de equipamentos de pátio	- quantidade de contêiner movimentado (TEU) - média de movimentação de contêiner por hora por navio	23 terminais de contêineres, dos quais 15 do Brasil, 6 da Argentina e dois do Uruguai
CORTEZ, <i>et al.</i> (2013)	CCR E BCC	- número de funcionários - custo operacional	- faturamento (\$) - carga movimentada (ton)	Oito autoridades portuárias
WANKE (2013)	Network-DEA (BCC)	1º Estágio - número de berços - área de armazenamento - área do pátio	1º Estágio (intermediário) - atracação de navios de granel sólido (navio/ano) - atracação de navios de contêiner	27 portos brasileiros

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
		2º Estágio (intermediário) - atracação de navios de granel sólido (navio/ano) - atracação de navios de contêiner (navio/ano)	(navio/ano) 2º Estágio - movimentação de granel sólido (ton/ano) - movimentação de contêiner (TEU/ano)	
FERNANDES, <i>et al.</i> (2017)	CCR E BCC	- comprimento do cais - área do terminal - quantidade de equipamentos	- carga movimentada (TEU)	21 terminais de contêineres; 19 do Brasil e dois da China
SILVEIRA (2009)	CCR E BCC	- número de berços - área do terminal - investimentos	- carga movimentada - atracação (un.)	38 terminais dos quais, 10 de contêiner, 15 de granel sólido e 13 de granel líquido
SCHØYEN e ODECK (2013)	CCR E BCC	- extensão dos berços - área do terminal - número de equipamentos de movimentação de contêiner (<i>yard gantry crane</i>) - número de equipamentos de movimentação de contêiner (<i>straddle carriers</i>)	- carga movimentada (TEU) - número de equipamentos de movimentação de contêiner (<i>reach stacker</i>) (un.)	24 portos de contêineres dos quais: seis da Noruega, três da Suécia, um porto compartilhado entre a Suécia e Dinamarca, três da Dinamarca, cinco da Finlândia, um da Islândia e cinco do Reino Unido
GÜNER (2015)	CCR E BCC	Infraestrutura - área do terminal - extensão do cais - número de berços Superestrutura - número de guindastes - número de rebocadores - número de empilhadeiras Operacional - número de trabalhadores Financeiro - total de custos	Infraestrutura - movimentação de carga (ton) - atracação (un.) Superestrutura - movimentação de carga (ton) - atracação (un.) Operacional - movimentação de carga (ton) - atracação (un.) Financeiro - movimentação de carga (ton) - atracação (un.)	13 portos situados na Turquia

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
NGUYEN, <i>et al.</i> (2015)	CCR, BCC e Bootstrapped DEA	- extensão dos berços - área do terminal - capacidade de armazenamento - número de equipamentos de movimentação da carga	- carga movimentada	43 portos do Vietnã
BARROS e ATHANASSIOU (2004)	CCR E BCC	- número de empregados - capital fixo (Euros)	- atracação - carga transportada (ton) - movimentação de carga (ton)	Seis portos : dois da Grécia e quatro de Portugal
GUIMARÃES, LEAL JUNIOR e GARCIA (2014)	BCC	- consumo de energia - consumo de energia não renovável; - emissão de esgoto - consumo de material de escritório; - total de emissão (CO ₂ + CH ₄ + N ₂ O) - total de emissão (PM + NOX + SO ₂ + CO + HC + MNHC) - consumo de água por trabalhador	- movimentação de contêiner	15 terminais de contêineres brasileiros
RUBEM, BRANDÃO e MELLO (2015)	CCR e BCC	- <i>input</i> unitário	- atracações (un.) - movimentação de carga em contêineres (TEU) - movimentação de carga solta (ton) - movimentação de carga em granel líquido (ton) - movimentação de granel sólido (ton)	133 portos e terminais portuários brasileiro, dos quais 33 portos públicos, 97 TUPs e 3 ETCs
ACOSTA (2008)	BCC	- extensão do cais - profundidade do canal de acesso - área de armazenamento	- movimentação de carga (ton)	27 portos brasileiros
TISCOSKI (2016)	DEA-CCR	- extensão dos berços - consignação média	- movimentação de carga (ton) - prancha média	14 portos e terminais portuários que movimentam grãos
RIOS, MAÇADA e BECKER (2004)	DEA-CCR	- número de guindaste - número de berços	- movimentação de contêiner (TEU)	23 terminais contêineres, dos quais 15 do Brasil, seis

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
		- número de funcionários - área do terminal		da Argentina e dois do Uruguai
GOBBI (2015)	BCC	Cenário 1 - quantidade de resíduos sólidos totais (ton) Cenário 2 - quantidade segregada de resíduos plásticos (ton)	Cenário 1 - plásticos segregados em relação aos resíduos sólidos totais (%) Cenário 2 - plásticos reciclados em relação aos plásticos segregados (%)	20 portos marítimos brasileiros, segregados por fonte geradora de resíduos
MILANI, <i>et al.</i> (2015)	DEA BCC	- área do terminal - extensão do cais	- movimentação de contêiner (TEU)	49 portos e terminais portuários de contêineres internacionais
PIRES e SILVA (2016)	DEA BCC E CCR	- número de berços - quantidade de portêineres - calado - área total de armazenagem - extensão do cais	- movimentação de carga (ton)	Seis portos da região sul brasileira: Imbituba, Itapoã, Portonave, APM Itajaí, Paranaguá e Rio Grande
TORRES, <i>et al.</i> (2016)	Network-DEA (CCR)	1º Estágio <u>input exógeno</u> - número de berços 2º Estágio <u>input intermediário</u> - atracções	1º Estágio <u>output intermediário</u> - atracções (un.) 2º Estágio <u>output exógeno</u> - peso contêiner (ton) - peso carga solta (ton) - peso granel sólido (ton) - peso granel líquido (ton)	34 portos marítimos brasileiros
CARINE (2015)	DEA CCR, BCC e Super Eficiência	- área do terminal - número de equipamento no cais - número de equipamentos no pátio - extensão do berço	- movimentação de contêiner (TEU)	16 portos situados no Sub-Saara africano que movimentam contêiner
DASGUPTA e SINHA (2016)	CCR e BCC	- calado - número de guindaste - número de berços	- 1/ tempo de operação/ 1.000 (TEU)	10 portos de contêineres na Índia

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
PIRES (2016)	CCR e BCC	- área do terminal - despesas totais	- movimentação de cargas (TEU) - faturamento (\$)	28 portos e terminais portuários brasileiros
CRAVEIRO (2015)	DEA CCR	- extensão do cais - calado máximo nos canais de acesso - capacidade estática - atracação - consignação média - prancha média	- movimentação de carga bruta (ton)	16 portos e terminais portuários de graneis sólidos
OMRANI e KESHAVARZ (2015)	<i>Network DEA (Multi-Stage)</i>	<p>1º Estágio <u>input exógeno</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - custo da aquisição das embarcações - custos das equipes técnicas - custos de peças sobressalentes, provisões, seguros e entre outros - custo de reparar (viagem + doca) - custos da operação comercial de contêiner custos da operação comercial de passageiros <p><u>input intermediário</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - valor prestação da aquisição e arrendamento - custos da tripulação do navio - custos do fornecimento de peças sobressalentes e outras provisões - total de dias disponível por ano <p>2º Estágio <u>input intermediário</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tempo de fretamento para o provedor de serviço (contêiner) - tempo de fretamento para o 	<p>1º Estágio <u>output intermediário</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - tempo de fretamento para o provedor de serviço (contêiner) - tempo de fretamento para o provedor de serviço (passageiro) <p>2º Estágio <u>output intermediário</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - número de contêineres movimentados por ano (TEU) - número de passageiros e de carros transportados por ano (un.) <p>3º Estágio <u>output exógeno</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - lucro líquido (\$) 	Uma agência marítima que considerou quatro anos de amostra

Autor	Modelo	Input	Output	Amostra
		provedor de serviço (passageiro) 3º Estágio <u>input intermediário</u> - número de contêineres movimentados por ano - número de passageiros e de carros transportados por ano		
COOK, <i>et al.</i> (2010)	<i>Network-DEA</i>	1º Estágio <u>input exógeno</u> - quantidade de funcionário - custo da operação - frete 2º Estágio <u>input intermediário</u> - quantidade de produtos A transportados - quantidade de produtos B transportados; - quantidade de produtos C transportados <u>input exógeno</u> - quantidade de funcionários	1º Estágio <u>output intermediário</u> - quantidade de produtos A transportados (un.) - quantidade de produtos B transportados (\$) - quantidade de produtos C transportados (\$) 2º Estágio <u>output exógeno</u> - vendas (\$) - lucro (\$)	10 membros de uma cadeia de suprimentos

Fonte: elaboração própria.

4.2.1 Variáveis portuárias

O desempenho operacional de um terminal portuário está relacionado diretamente com o consumo dos recursos (*inputs*) disponíveis, tais como a infraestrutura (calado, área do terminal, quantidade e extensão dos berços, extensão de cais, entre outros) e a superestrutura (equipamentos utilizados nas operações portuárias), e com a quantidade de bens produzidos (*outputs*).

Diante disto, a seleção das variáveis do problema (*inputs* e *outputs*) é de suma importância, pois, a escolha de variáveis que não representam os processos operacionais das DMUs, ou a definição equivocada das variáveis em *input* ou *output*, pode gerar resultados igualmente equivocados (PAIVA, 2015).

A partir do levantamento dos trabalhos científicos que aplicaram o método DEA no setor portuário (Tabela 4.2), os trabalhos que aplicaram pelo menos um dos modelos clássicos (BCC ou CCR) representaram 85,71% da amostra, o que denota a importância e a ampla aceitação dos autores em utilizar tais modelos (Figura 4.4).

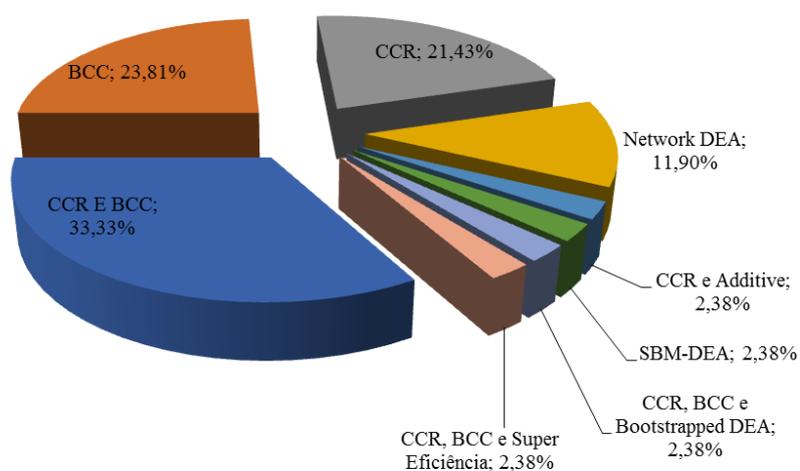


Figura 4.4 - Modelos DEA mais utilizados no levantamento bibliográfico.

Fonte: elaboração própria.

Por outro lado, os modelos considerados avançados (*Network-DEA*, *SBM-DEA*, Modelo Aditivo, entre outros) representaram juntos, 21,43%. O baixo quantitativo de estudos que aplicaram os modelos DEA avançados pode estar associado à sua complexidade quanto aos cálculos matemáticos necessários para a obtenção dos resultados.

As variáveis (*inputs* e *outputs*) consideradas nos estudos foram agrupadas em cinco categorias: Ambiental, Operacional, Infraestrutura, Financeira e Outros, visando analisar os resultados deste levantamento de uma perspectiva macro e, após isto, analisar no contexto micro. Com isso, as categorias foram definidas da seguinte forma;

- **Infraestrutura:** diz respeito aos elementos físicos necessários que, por meio da integração e dos procedimentos, permitem a movimentação das cargas. Nesta categoria, consideram-se também os elementos da superestrutura portuária. Para exemplificar as variáveis abarcadas por esta categoria, têm-se; equipamentos de cais, extensão de cais, número de equipamentos, largura do canal de acesso, número de berços, entre outros;
- **Operacional:** são variáveis acerca das operações portuárias propriamente ditas, tais como, número de funcionários, número de atracções, capacidade estática, cargas movimentadas, atracção, entre outros;
- **Financeira:** as variáveis que compõem esta categoria são aquelas cujos aspectos são de ordem monetária, como, custo operacional, frete, taxas de depreciação, faturamento, preço de mercado, entre outros;
- **Ambiental:** considera as variáveis que, em geral, são os resultados indesejáveis das operações portuárias, tais como, emissão de gases, fauna sinantrópica nociva, geração de resíduos, geração de efluentes líquidos, entre outros;
- **Outros:** as variáveis que não se encaixaram em nenhuma dessas categorias. As variáveis são *input* unitário, consumo de água por funcionário, consumo de material de escritório e área tratada, satisfação do cliente, entre outros.

Dos trabalhos identificados na literatura científica especializada, que aplicou o método DEA no setor portuário, a categoria Infraestrutura foi predominante em 77,50% da amostra (Figura 4.5), um total de 31 publicações. Em seguida, as categorias Operacional e Financeira foram observadas, respectivamente, em 55,00% e 22,50% da amostra.

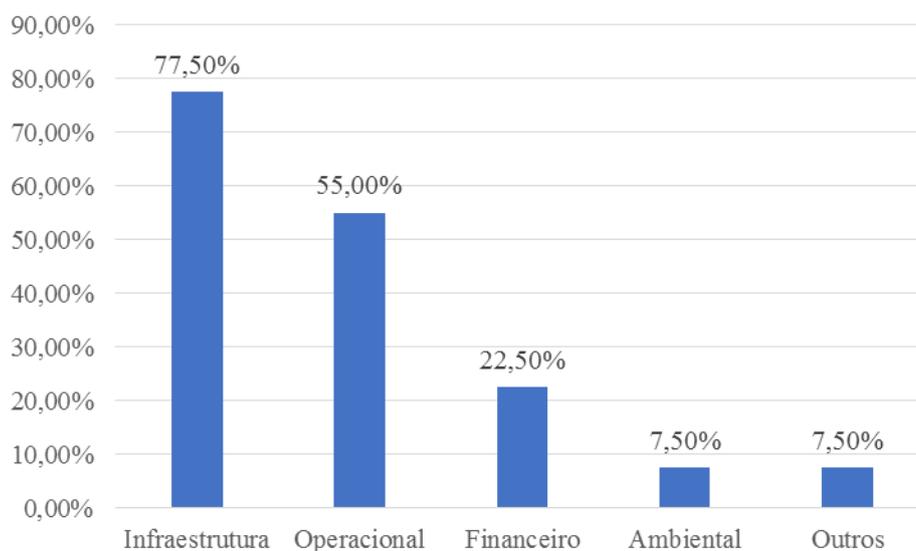


Figura 4.5 - Percentual de publicações que consideraram as categorias de *inputs* na aplicação do método DEA.

Fonte: elaboração própria.

Nas variáveis de *input*, a categoria mais presente nos artigos foi Infraestrutura, e, ao analisar apenas as variáveis dessa categoria, o *input* Área do Terminal foi o mais observado no levantamento bibliográfico (Figura 4.6).

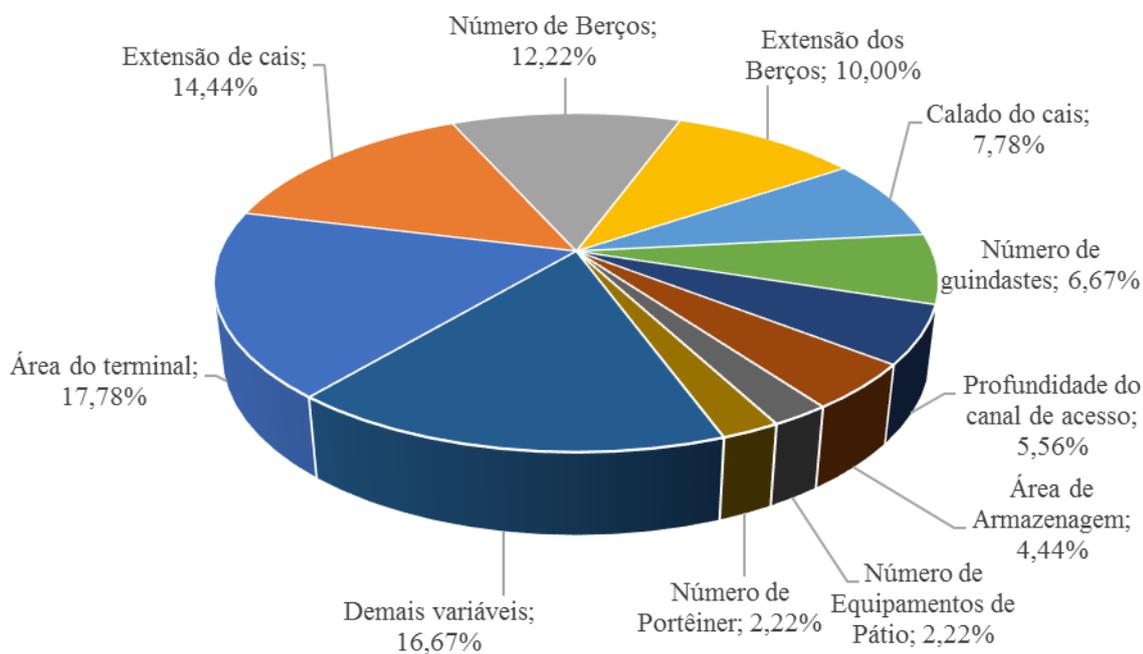


Figura 4.6 - Percentual do tipo de *input* mais frequente na amostra.

Fonte: elaboração própria

A variável Área do Terminal é determinante para as operações de armazenagem e movimentação temporária da carga, devido, em grande parte, à sua capacidade de manter o fluxo de cargas processados (embarque ou desembarque) constante. Sendo assim, um dos resultados possíveis é a interrupção das operações de embarque e desembarque, aumento no tempo de atracação, entre outros (PAIVA, 2015). Diante disto, esta variável de entrada (*input*) é um elemento importante para o desempenho operacional dos terminais portuários.

4.3 Construção do mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos

O ponto mais relevante do trabalho é a abordagem multimetodológica, que apresenta como foco principal a solução de problemas práticos das pesquisas. O esforço de agregar métodos de naturezas distintas, diz respeito à integração de metodologias, o que amplia o entendimento acerca da complexidade de um sistema. Vislumbra-se uma integração na fase de estruturação dos problemas entre a definição do trabalho de pesquisa, o processo de avaliação, a escolha das variáveis e a identificação de problemas com os dados disponíveis.

A definição das variáveis é de suma importância, e a contribuição da etapa qualitativa é fundamental, não só para mapear as variáveis candidatas a fazerem parte do modelo quantitativo, mas também para identificar quais variáveis poderiam influenciar os resultados do modelo e não estão disponíveis nas bases.

O mapa conceitual aborda os conceitos e as variáveis que englobam o tema da pesquisa. Assim, nessa fase de estruturação do pensamento será possível determinar as limitações do modelo - quais fatores que não entraram na modelagem, mesmo sendo importantes. A análise qualitativa realizada na pesquisa é uma das principais inovações propostas, pois se propõe a uma mudança do foco comum em se tratando de modelos de avaliação. A multimetodologia adotada tem como objetivo o problema em si e não meramente a utilização de um método. A construção de um mapa conceitual tem total relevância no atendimento a esse objetivo, pois permite a apresentação de fatores que não receberam nenhuma ou quase nenhuma atenção e que podem se mostrar importantes no contexto global.

Para a tradução da observação do processo, a colaboração de especialistas foi necessária para entender o funcionamento de um processo de gestão de resíduos sólidos portuários eficiente, bem como para auxiliar a definição de prioridades no que tange o objetivo final da gestão.

Conforme descrito no capítulo 3, a construção do mapa conceitual foi baseada em documentos, na experiência de trabalho em ambiente portuário e na consulta a diferentes especialistas em portos. O programa *CmapTools*, utilizado para a confecção do mapa, é uma ferramenta computacional que permite que os usuários construam mapas conceituais, bem como editem as informações que acharem necessárias, respeitando a lógica de conexão de conceitos do programa.

A visão geral do mapa conceitual desenvolvido é apresentada na Figura 4.13. Ele descreve a operação portuária e a gestão de resíduos sólidos portuários indicando os atores, as legislações, os instrumentos, os princípios, os fatores físicos e ambientais, e diversas outras informações envolvidas neste contexto e necessárias para compreender todos os fluxos que compõem esses processos. A orientação de leitura proposta inicia-se da porção superior para baixo e da esquerda para direita, em relação à PNRS.

O mapa conceitual proposto revela cinco eixos principais (Figura 4.7), dessa forma foi particionado para facilitar a visualização e permitir a interpretação mais detalhada de conceitos, frases de ligação e conectores, criando cinco mapas secundários, a saber:

- **Parte 1 - políticas de resíduos sólidos** nas esferas nacional, estadual e municipal, além da política internacional (Figura 4.8);

- **Parte 2 - planos de resíduos sólidos**, instrumentos das políticas, e os planos de gestão do Porto de Santos e de gerenciamento dos terminais (Figura 4.9);

- **Parte 3 - gerenciamento dos resíduos** mostra o os atores responsáveis e os órgãos envolvidos com o Porto de Santos, bem como inventário de resíduos dos terminais e seus desdobramentos (Figura 4.10);

- **Parte 4 - fatores de desempenho portuário** indica os principais fluxos e trâmites necessários para a movimentação e armazenagem de cargas dentro do ambiente portuário (Figura 4.11); e

•**Parte 5 - caracterização dos resíduos sólidos** evidencia as três possíveis classificações de resíduos dentro do porto, bem como as características relativas ao tipo de operação (Figura 4.12).

Todos os conceitos encontram-se em caixas, as quais são ligadas entre si por setas que descrevem a relação entre eles. Alguns destes conceitos estão em destaque no mapa, arbitrados da seguinte forma: as elipses indicam as leis e as políticas; as autoridades e órgãos intervenientes no processo de operação e gestão portuária estão nas caixas de cor amarela; nas caixas de coloração lilás aparecem as informações relativas ao inventário de resíduos; as etapas usuais de gerenciamento de resíduos sólidos estão nas caixas de cor laranja; e as variáveis elencadas para utilização no modelo quantitativo DEA estão em caixas de coloração verde.

O mapa secundário da Figura 4.8 mostra como se relacionam as políticas de resíduos sólidos nas três esferas administrativas (federal, estadual e municipal), além da política internacional de resíduos relativa às embarcações. As políticas de resíduos sólidos locais devem estar em consonância o que é preconizado na PNRS, principalmente em relação aos instrumentos que podem/devem ser utilizados para garantir que os princípios se façam presentes em todos os governos, empresas e instituições dentro do território nacional. A PNRS é respaldada pela Constituição Federal, integra a PNMA e se articula com a PNSB.

A política internacional de resíduos sólidos estabelecida pela IMO, denominada MARPOL 73/78, regula como os países signatários devem lidar com os resíduos dos navios (gerados nas operações de bordo) que desembarcam nos portos. A normativa nacional que regula os serviços de retirada de resíduos de embarcação é a resolução ANTAQ 2190/2011, que segue a lógica estabelecida pela IMO na sua política e no seu manual de instalações para recepção de resíduos. No âmbito do Porto de Santos, essa política internacional se faz presente no plano de gestão de resíduos sólidos do porto e no regimento interno que regula a prestação de serviços para retirada de resíduos de embarcações dentro da jurisdição da CODESP.

Entre os instrumentos utilizados pelas políticas de resíduos sólidos está o licenciamento ambiental, sob responsabilidade do IBAMA no Porto de Santos, e o plano de resíduos sólidos, cujas informações estão descritas no mapa da Figura 4.9. O mapa mostra como se relacionam os planos de resíduos sólidos: federal, estadual,

municipal, autoridade portuária e empresas arrendatárias. As metas de melhorias para o gerenciamento de resíduos, tais como redução da geração e reciclagem, definidas nos planos de resíduos locais (ex. município e porto) não podem ser menos restritiva que o estabelecido em planos de maior escala (ex. nacional e estadual).

O plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo considera diversos setores produtivos geradores de resíduos, levando em conta suas características próprias para o planejamento da gestão dos resíduos sólidos. Neste sentido, o Porto de Santos se insere nos serviços de transporte e é o maior gerador de resíduos do estado neste setor devido ao tamanho do empreendimento e à natureza das principais cargas movimentadas.

O plano de gestão de resíduos sólidos do Porto de Santos é elaborado pela CODESP e indica as diretrizes na gestão dos resíduos que devem ser seguidas em toda área do porto organizado por todos os atores e colaboradores. As empresas arrendatárias elaboram os seus próprios PGRS, em consonância com o processo de licenciamento ambiental da CETESB, requerido para as atividades do terminal.

O mapa secundário da Figura 4.10 mostra a existência das diferentes autoridades anuentes e órgãos intervenientes no Porto de Santos que asseguram seu funcionamento. Além da ANVISA, há ainda os órgãos ambientais, e ambos são responsáveis pela aprovação e avaliação dos planos de resíduos desenvolvidos pela CODESP e pelas suas arrendatárias, para que atendam, em teoria, ao preconizado no licenciamento ambiental e na legislação. Os órgãos de meio ambiente e a ANVISA estão também associados ao licenciamento e à autorização das empresas transportadoras e destinadoras dos resíduos coletados no porto, buscando regularização dos serviços prestados.

O mesmo mapa secundário mostra ainda as etapas de gerenciamento dos resíduos sólidos portuários dos terminais (segregação, acondicionamento, coleta, transporte e destinação final) e como se relacionam com as informações requeridas pelo inventário de resíduos sólidos, que é um instrumento do plano de gestão de resíduos do Porto de Santos para o controle dos resíduos portuários, incluindo sua armazenagem e destinação. Os inventários de resíduos são produzidos pelas empresas arrendatárias e enviados periodicamente à CODESP, que tem a incumbência de compilar as informações e dados para divulgar, no seu sítio eletrônico, relatórios sintéticos de gestão dos resíduos dentro do porto organizado.

O mapa secundário da Figura 4.11 mostra os principais fluxos e trâmites necessários para a movimentação e armazenagem de cargas dentro do ambiente portuário. Os quatro fatores utilizados nesta pesquisa para a avaliação do desempenho dos terminais (área do terminal, quantidade de atracação das embarcações, total de cargas movimentadas e total de resíduos gerados) relacionam-se entre si e ainda com diversos outros fatores, atores e aspectos físicos em uma rede sistêmica interdisciplinar.

A Figura 4.12 mostra a última parte do mapa principal e nela estão descritos os tipos de resíduos sólidos gerados no Porto de Santos, tanto em terra (operacionais e administrativos), quanto nas embarcações (bordo). Os resíduos sólidos portuários englobam os resíduos gerados nas áreas sob responsabilidade da autoridade portuária e aqueles gerados nas áreas dos terminais, sob responsabilidade das empresas arrendatárias.

O mapa mostra ainda as três possíveis classificações dos resíduos: IN 13/2012 do IBAMA, NBR 10.004/2004 da ABNT e a RDC 56/2008 da ANVISA. A planilha dos inventários de resíduos dos terminais do Porto de Santos contem as três classificações, pois a ANVISA utiliza a sua própria classificação; as empresas prestadoras de serviço de coleta, transporte e destinação de resíduos utilizam a classificação da ABNT; e o IBAMA definiu na referida normativa a lista nacional de resíduos sólidos que deve ser seguida em todo território nacional.

Finalmente, esta parte do mapa conceitual trata ainda de alguns dos impactos causados pela poluição, gerada pela ineficiente gestão dos resíduos portuários. Por outro lado, cita os benefícios da adequada gestão e como ela é importante para a preservação dos recursos naturais.

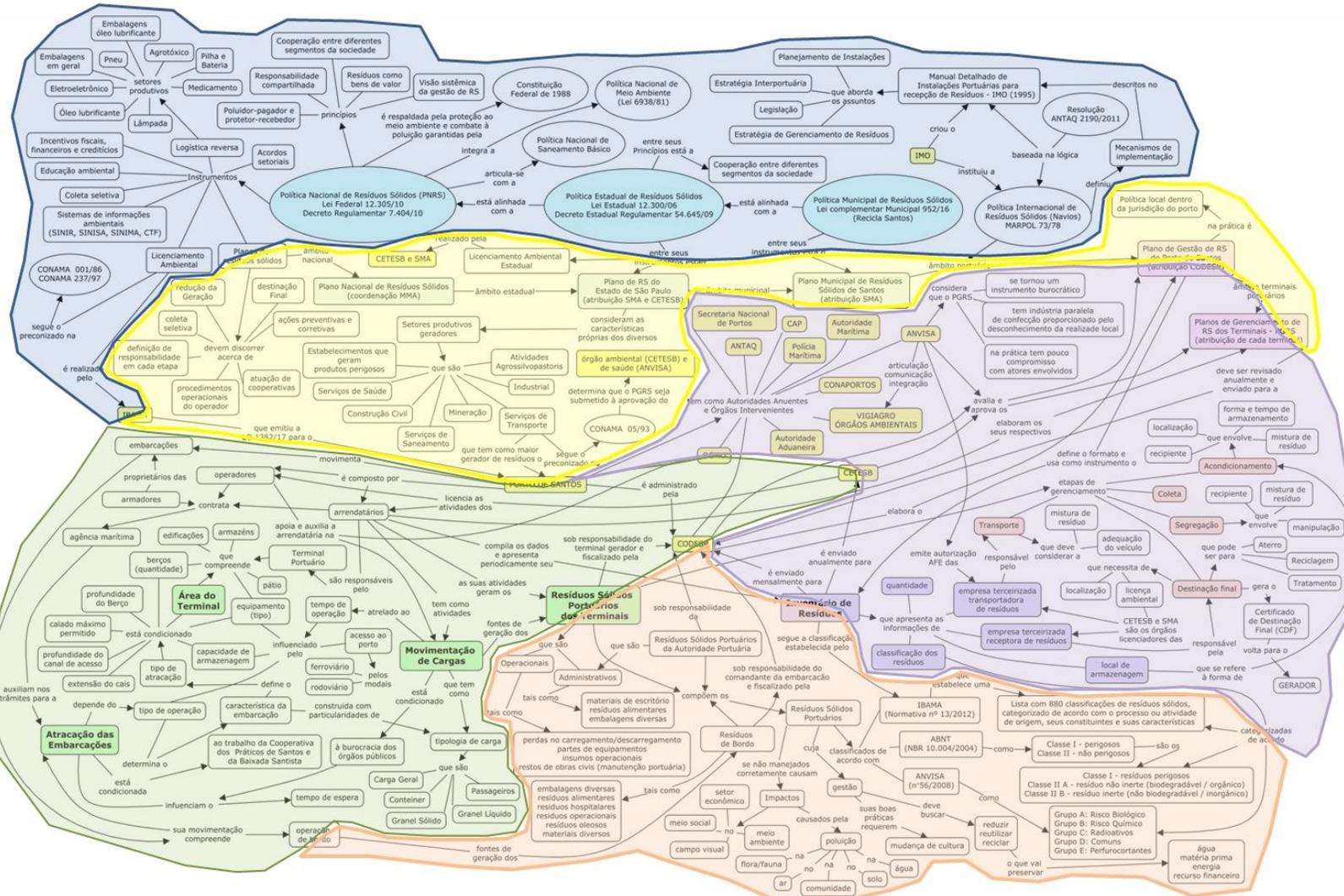


Figura 4.7 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (dividido em 5 partes).

Fonte: elaboração própria.

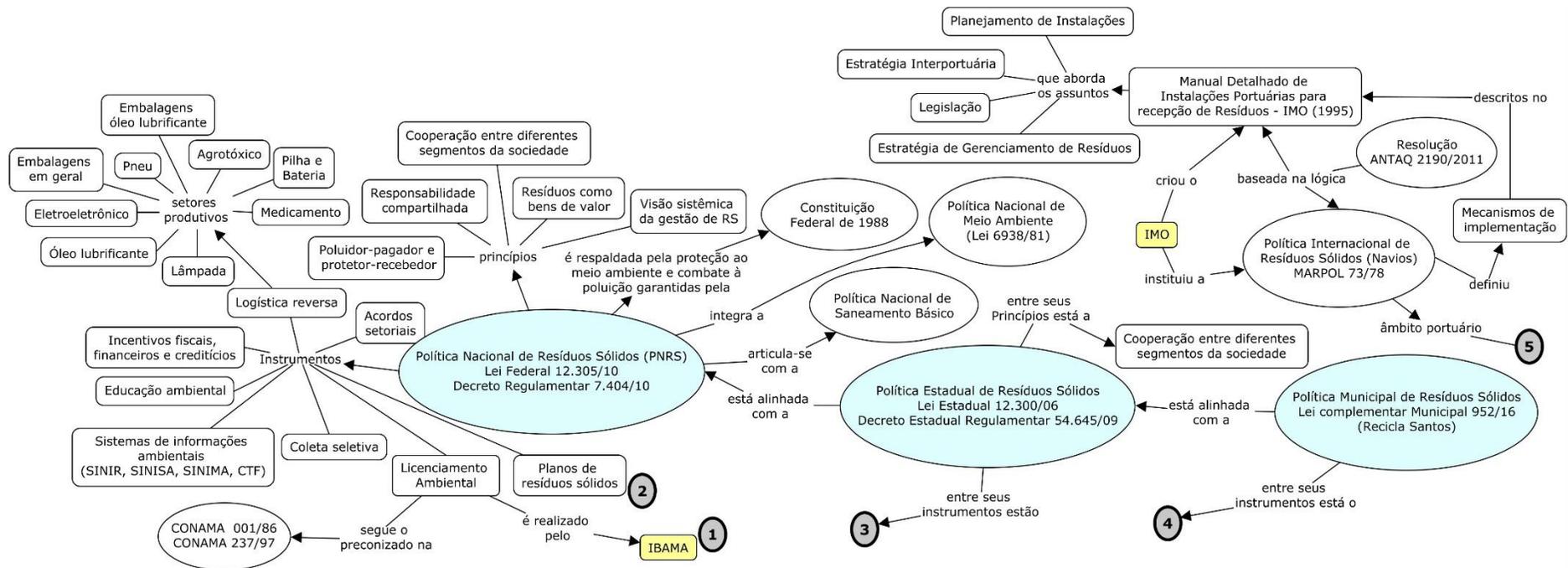


Figura 4.8 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 1 – políticas de resíduos).

Fonte: elaboração própria.

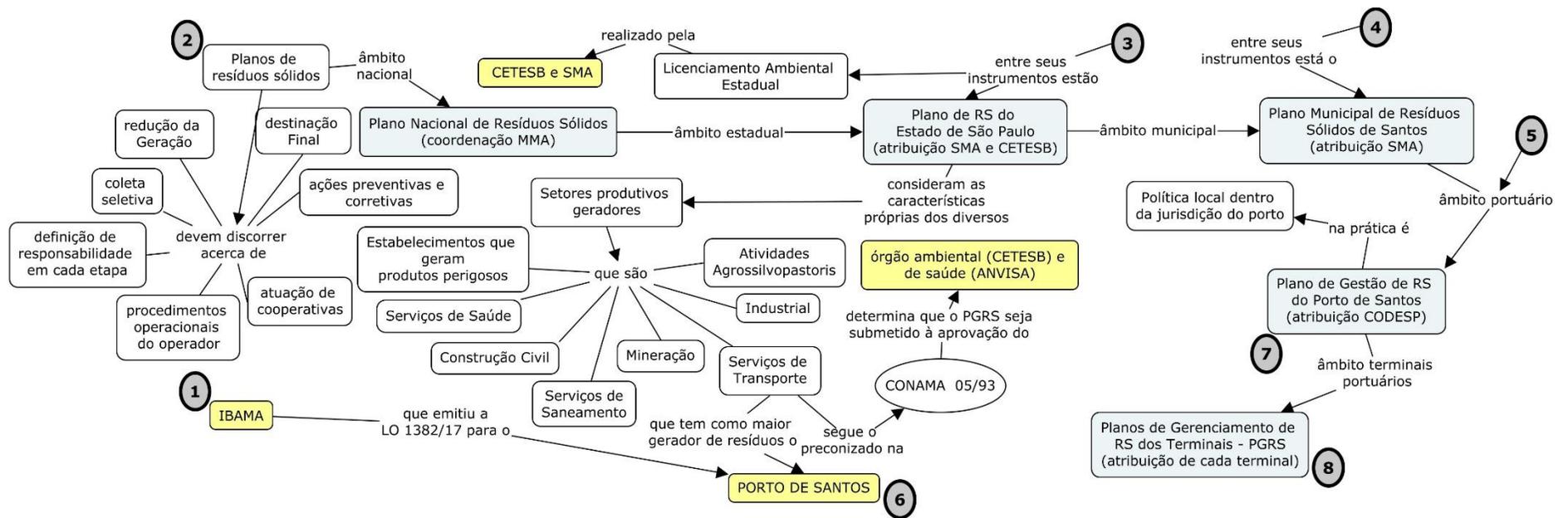


Figura 4.9 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 2 – planos de resíduos sólidos).

Fonte: elaboração própria.

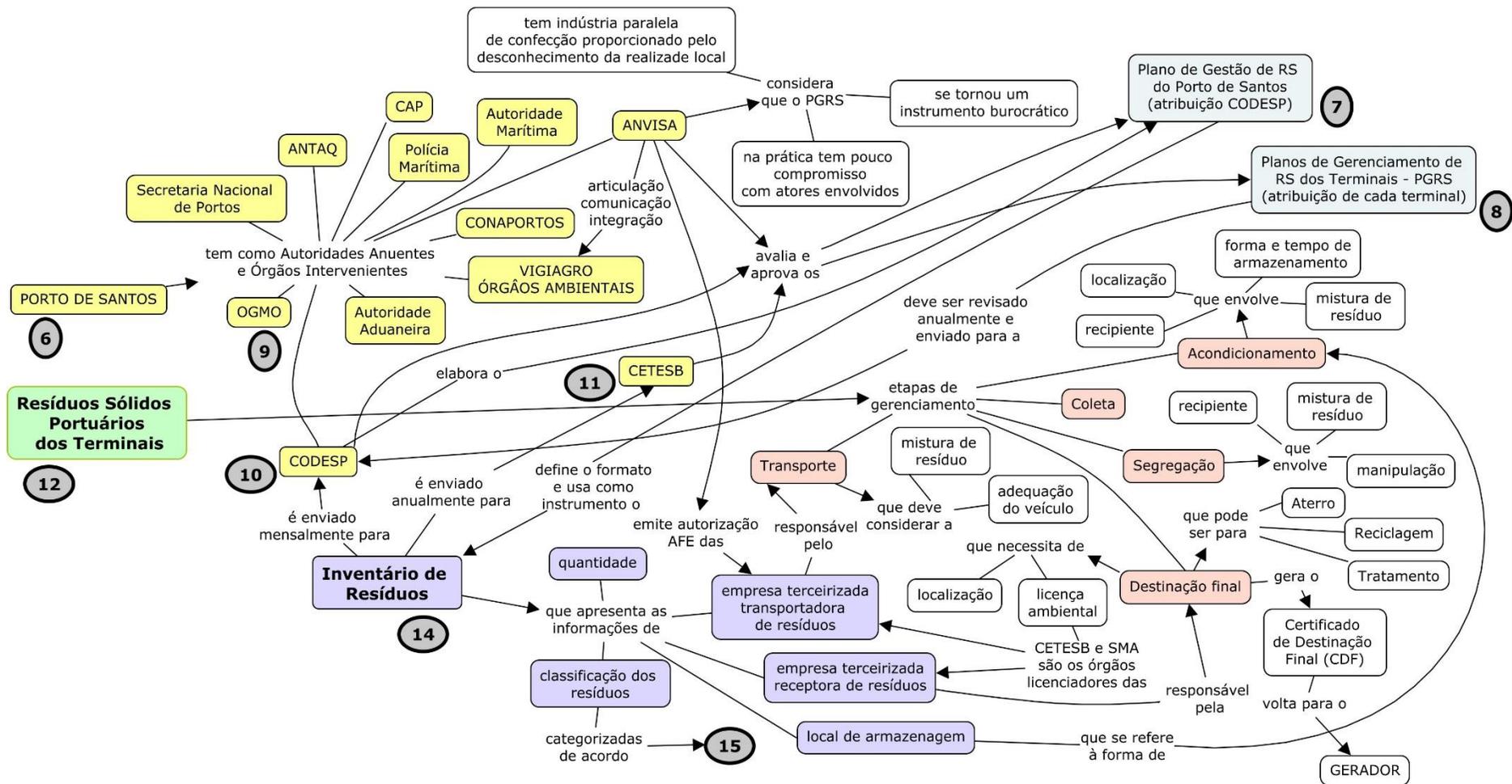


Figura 4.10 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 3 – gerenciamento dos resíduos).

Fonte: elaboração própria

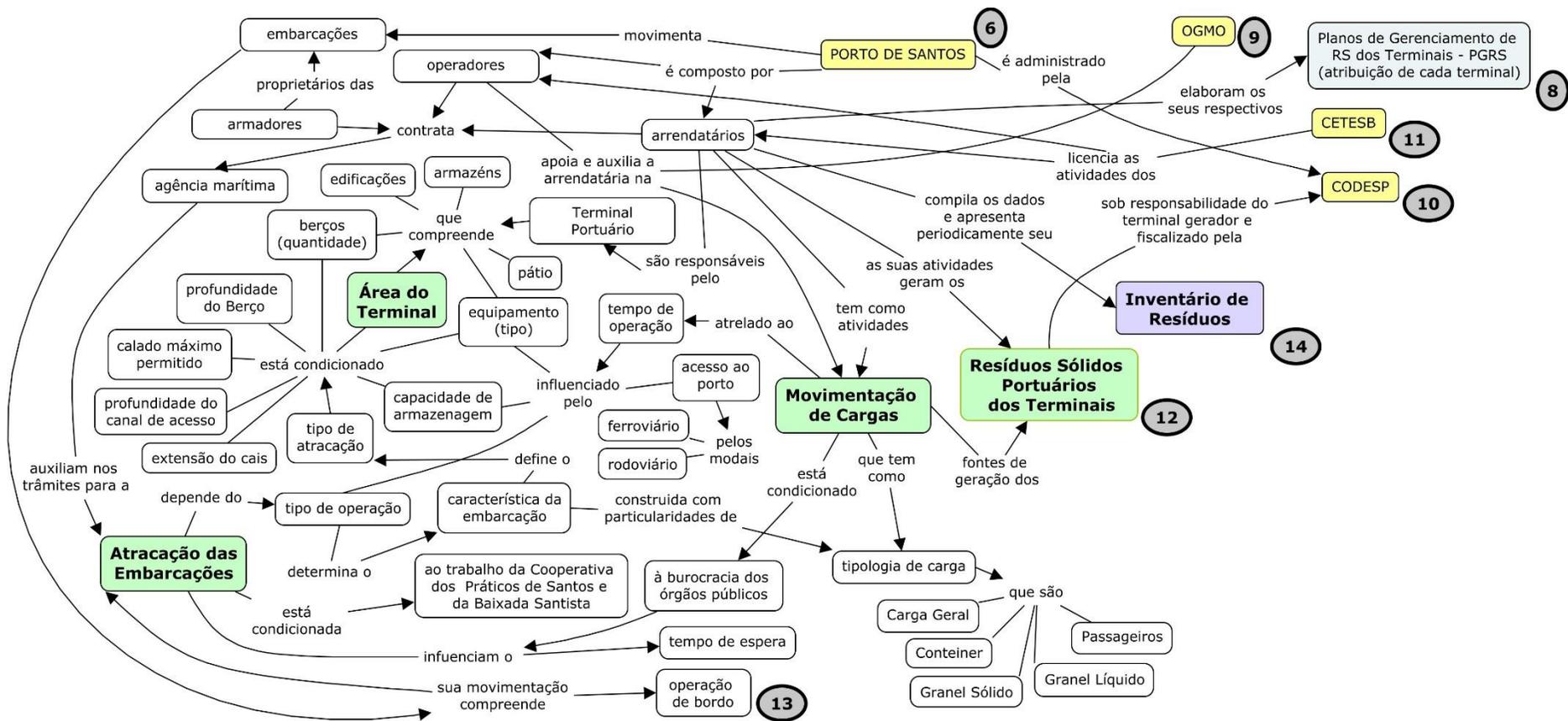


Figura 4.11 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 4 - fatores de desempenho).

Fonte: elaboração própria.

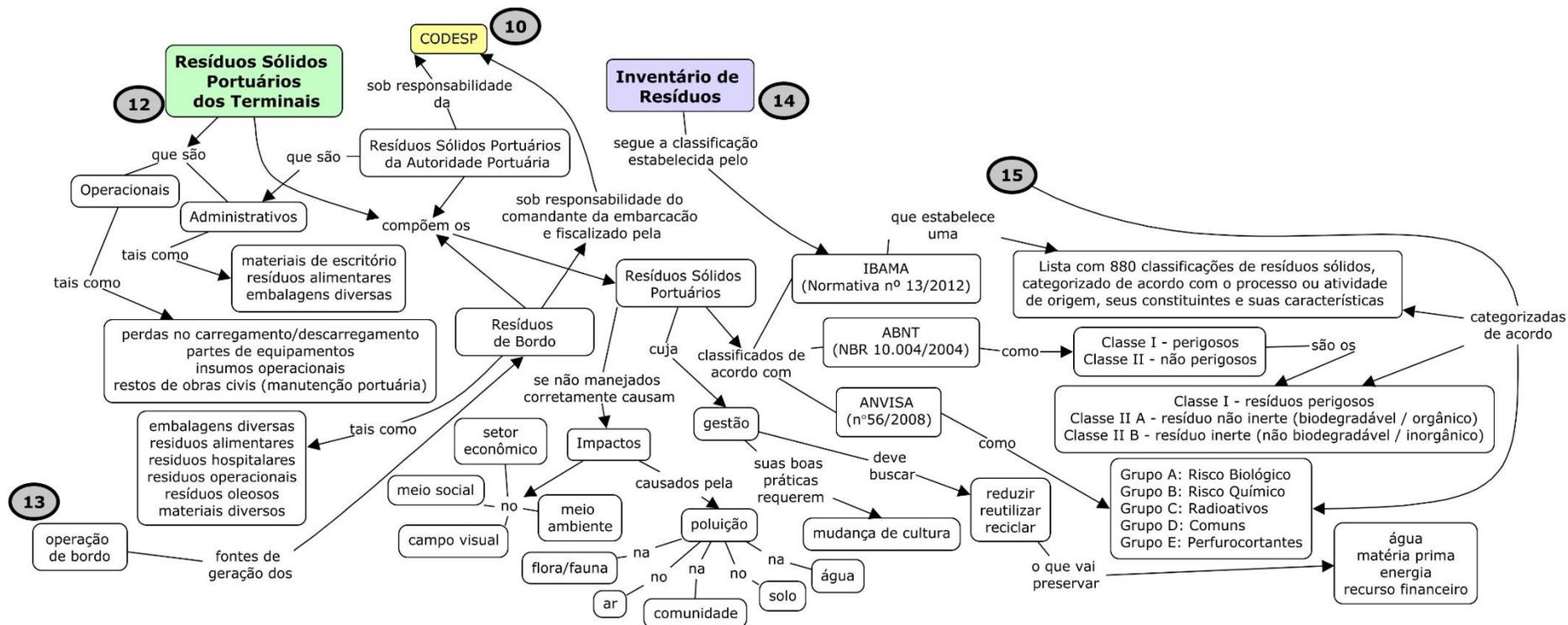


Figura 4.12 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (parte 5 - caracterização dos resíduos sólidos).

Fonte: elaboração própria.

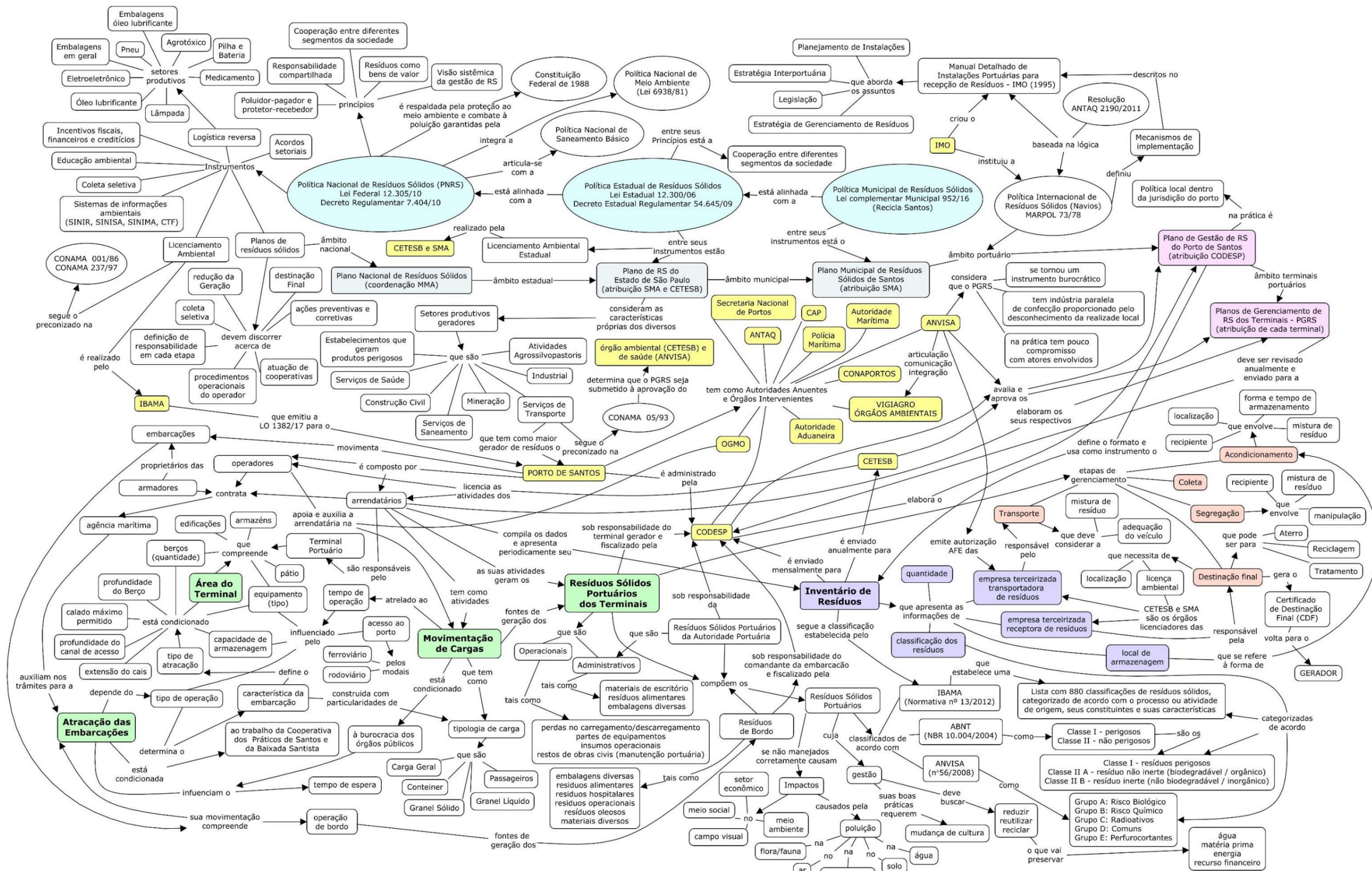


Figura 4.13 - Mapa conceitual da gestão dos resíduos sólidos no Porto de Santos (completo).

Fonte: elaboração própria.

4.4 Planejamento para construção do modelo DEA

No método DEA, é importante que a relação entre o número de DMUs e de variáveis seja devidamente equilibrada, pois, um número reduzido de DMUs pode apresentar, proporcionalmente, um elevado número de DMUs eficientes, assim como o excesso de variáveis pode reduzir o poder de discriminar as DMUs eficientes das ineficientes (FERNANDES, 2010). Devido a isto, COOPER, SEIFORD e TONE (2006) recomendam que o tamanho mínimo de DMUs seja pelo menos três vezes maior que a quantidade de variáveis do problema.

A fase de construção do modelo tem a missão de identificar a viabilidade da proposta da metodologia quantitativa em virtude da sua definição, isto é, se a avaliação de desempenho operacional e a gestão de resíduos sólidos de um terminal portuário pode ter o conceito de eficiência das unidades baseado na relação insumo produto.

As variáveis consideradas nesta pesquisa exercem alguma influência no desempenho operacional e ambiental nos terminais portuários, situados no Porto de Santos, conforme está destacado no mapa conceitual (Figura 4.11). Entretanto, apesar deste levantamento indicar uma quantidade elevada de variáveis, conforme verificado no mapa conceitual produzido, a obtenção desses dados limitou esta lista em quatro variáveis; área do terminal (m^2), movimentação de carga (tonelada), atracação (quantidade) e geração de resíduos (tonelada). As demais variáveis relevantes no tocante ao problema são: a quantidade de berços, o tipo de equipamento empregado nas operações, o tipo de operação, a extensão do cais, o calado máximo permitido para embarcação atracar e a capacidade de armazenagem. O período de tempo considerado para modelagem foi o ano de 2015.

Área do terminal: representa a capacidade quanto ao manuseio e armazenamento das cargas. Esta variável apresenta as características físicas e operacionais dos portos e terminais portuários, e sua respectiva capacidade (PIRES, 2016).

Movimentação de carga e atracação das embarcações: a quantidade de carga movimentada e o número de atracações representam de forma mais adequada a produtividade do porto ou terminal. Além disto, estas variáveis são as mais utilizadas em trabalhos acadêmicos voltados para analisar a eficiência operacional dos portos e/ou terminais portuários (ALMAWSHEKI e SHAH, 2015).

Resíduos sólidos portuário dos terminais: a geração de resíduos está diretamente associada às operações e armazenamento de carga e descarga; às atividades nas áreas administrativas e de manutenção das instalações; e ao manuseio de carga geral (GOBBI, 2015).

A análise da gestão dos resíduos portuários utilizando o método DEA considera estas quatro variáveis para estruturar e compor o problema. Entretanto, dentro do contexto portuário e de sua inerente complexidade, diversas outras variáveis são importantes e podem afetar direta ou indiretamente a avaliação da gestão dos resíduos gerados no porto. O mapa conceitual elenca os vários fatores envolvidos na problemática e mostra as inter-relações entre elas de uma forma mais visual.

A variável de *input* adotada, “área do terminal”, em metro quadrado (m²) representa a área de total operacional, ou seja, o somatório das áreas de pátio, de armazéns e de tancagem, e, desta forma, representa a capacidade do terminal em armazenar cargas. Essa variável é uma das mais utilizadas no tocante à infraestrutura de terminais portuários em modelagem DEA, pois tem impacto direto nas operações portuárias.

Em relação às variáveis de saída, *outputs*, foram selecionadas as variáveis de “movimentação total de carga”, “atracação” e “resíduos sólidos totais”. Conforme mencionado, os dados utilizados de movimentação de cargas, em toneladas (ton), junto com a atracação (quantitativo de navios atracados), são as variáveis de saída mais adotadas na metodologia DEA aplicada ao setor portuário, pois representam a atividade principal do setor.

A atracação é uma variável muito utilizada em pesquisas operacionais no setor portuário, sendo adotada como unidade de produção tanto como produto (*output*) quanto como insumo (*input*). No delineamento do problema (Figura 4.14), ela é uma variável intermediária de duas unidades de produção: na primeira ela é o resultado da produção a partir de determinado insumo, área de terminal; na segunda ela é o recurso para produção de carga e geração de resíduos. A produção de resíduos é um *output* indesejável, pois sendo uma variável ambiental, quanto maior sua geração mais ineficiente é o sistema.

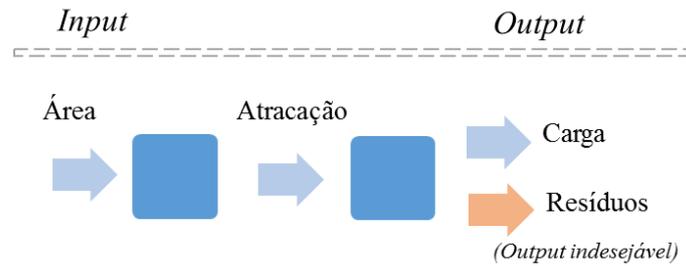


Figura 4.14 - Esquema global da função de produção do problema.

Fonte: elaboração própria.

A partir dos dados disponíveis e do esquema definido, foi estabelecido que a modelagem e a análise dos dados deveriam ser desenvolvidas em duas etapas distintas, conforme o esquema da Figura 4.15. A etapa 1 relaciona o *input* – área e o *output* – atracação, com a premissa que a quantidade de navios é uma consequência (resultado) da infraestrutura disponível. Nesse caso o modelo tem orientação para maximizar o produto. Na etapa 2 estão relacionadas três variáveis: a atracação como *input*, com determinada quantidade de navios; o total de carga movimentada como *output* e os resíduos gerados como *output* indesejável.

A etapa 2, com o modelo BCC orientado a *input*, tem o entendimento de preferir mais carga movimentada com menos navios atracados, ou seja, mais cargas transportadas por embarcação representa mais eficiência. E os resíduos totais, que são um *output* indesejável, representam uma externalidade inerente ao processo, e passam a ser um *input* para a modelagem DEA. Essa abordagem segue o chamado *incorporating undesirable outputs as inputs*, onde, na estrutura do problema, os *outputs* indesejáveis são considerados como *inputs*. A escolha desta abordagem se deve à possibilidade de obter resultados em ambos os modelos DEA clássicos (CCR e BCC), conforme apresentado por SCHEEL (2001) e TSCHAFFON e MEZA (2011).

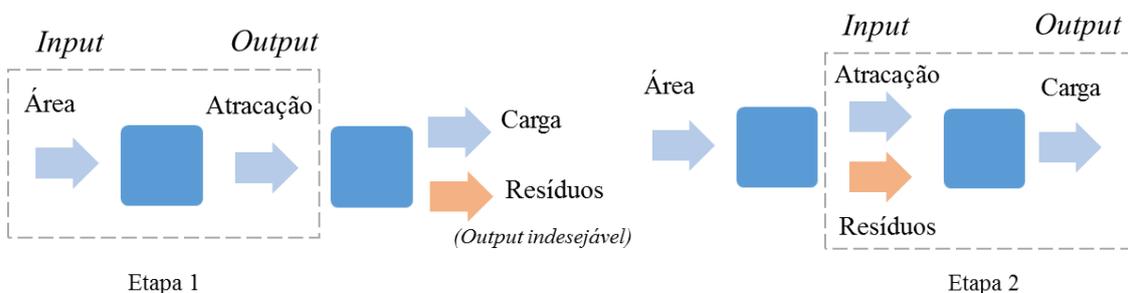


Figura 4.15 - Esquema de produção do problema em duas etapas.

Fonte: elaboração própria.

As DMUs do problema (terminais do Porto de Santos) estão listadas na Tabela 2.1, de acordo com códigos definidos e as respectivas atividades econômicas. Essas atividades foram agrupadas em *clusters* de tipologia de carga – Carga Geral (CG), Granel Sólido (GS) e Granel Líquido (GL) – de acordo com a mercadoria predominante na sua movimentação. Para isto, foi utilizado o critério elaborado por BERTOLOTO e MELLO (2011), onde o terminal portuário deve movimentar um volume anual de cargas que represente, no mínimo, 60% de uma natureza de carga (carga geral, granel sólido ou granel líquido). A quantidade de terminais portuários nos *clusters* CG e GS são 10 terminais no *cluster* CG e 14 no *cluster* GS, o que não afeta as análises dos resultados, devido ao número de variáveis estar adequado ao número de DMUs. No entanto, os dados de GL foram utilizados na análise exploratória para composição das fronteiras de eficiência globais.

A Tabela 4.3 apresenta todos os dados compilados com os terminais – DMUs, agrupados em *clusters* de acordo com a natureza da carga e mostra uma escala de gradação dos valores das variáveis para cada um dos 29 terminais.

Tabela 4.3 - Dados dos 29 terminais arrendados do Porto de Santos de 2015.

	TERMINAL	ÁREA (m ²)	ATRACAÇÃO (navios)	CARGA MOVIMENTADA (ton)	RESIDUO TOTAL (ton)
Carga Geral	BT	342.020	690	12.745.633	710
	CB	129.469	75	1.194.853	420
	DE	135.167	97	440.947	134
	EC	176.903	153	1.726.114	1.106
	EM	502.167	484	6.078.345	623
	FI	16.019	74	882.548	42
	LI	179.977	409	5.217.705	910
	SA	700.259	962	14.896.162	1.676
	NS	30.864	49	326.489	35
	RO	80.516	141	1.244.041	261
Granel Sólido	CT	36.324	63	1.269.129	147
	AD	50.632	114	5.648.370	1.348
	BG	11.400	15	116.760	1.078
	CA	45.000	63	3.066.504	1.634
	LD	14.490	32	1.111.864	958
	RM	108.964	279	11.353.629	1.382
	TE	70.000	92	5.966.815	11.001
	TX	39.600	63	1.687.743	6.732
	TM	158.000	65	1.625.812	858
	TA	9.686	74	2.242.345	247
	TG	340.000	146	7.968.728	410
	TO	15.902	46	2.818.293	3.695
	PE	27.796	26	805.601	129
	CE	4.165	15	245.751	131
Granel Líquido	PT	255.569	259	5.868.293	143
	GQ	54.221	82	478.971	129
	SS	4.104	62	381.427	546
	AG	92.988	266	2.184.805	4.365
	AQ	27.495	69	332.472	116

Fonte: elaboração própria, com dados de ANTAQ (2017) e CODESP (2015).

Capítulo 5 APLICAÇÃO DO MODELO E RESULTADOS

5.1 Panorama dos resíduos sólidos no Porto de Santos

Segundo dados da ABRELPE, o total de resíduos sólidos gerados no Brasil em 2015 foi de 79,9 milhões de toneladas em 2015, um aumento de 1,7% em relação ao ano anterior. Apesar da geração de RSU *per capita* ser de 1,071 kg/hab./dia, o sistema de coleta atual só garante 0,972 kg/hab./dia. A região sudeste, com cerca de 43% da população brasileira, abrange cerca de 12% e é responsável por uma geração diária de 104 mil ton./dia (ABRELPE, 2015).

Conforme mencionado no capítulo 3, as informações quanto à geração de resíduos sólidos foram obtidas com base no inventário de resíduos sólidos dos terminais arrendados do Porto de Santos dos anos de 2012 até 2015. O gráfico da Figura 5.1 apresenta a relação da movimentação total de carga com a geração de resíduos.

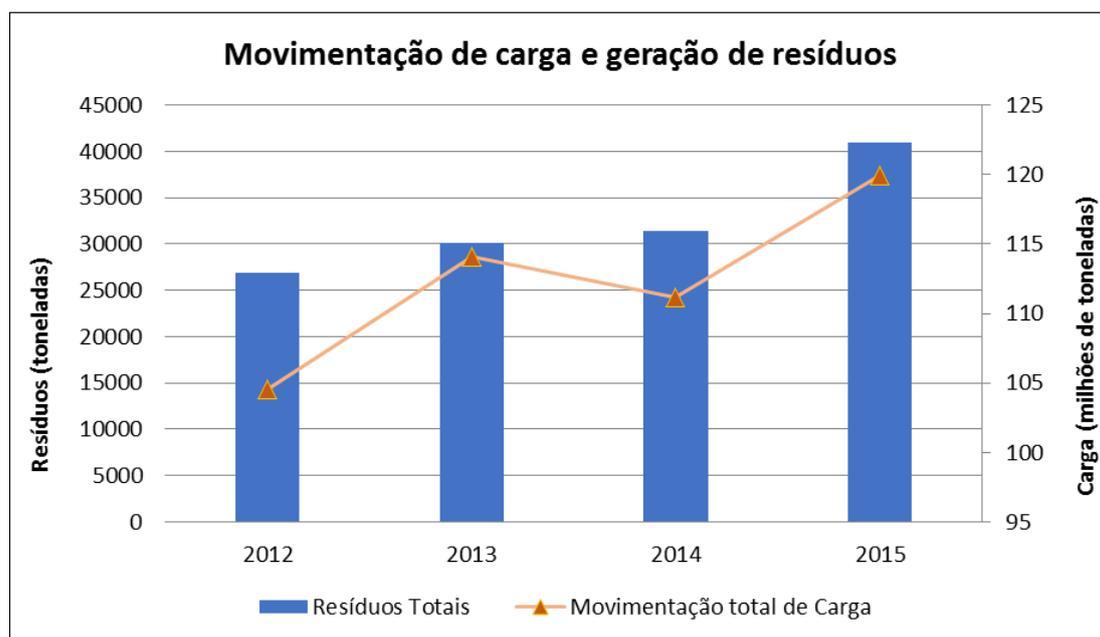


Figura 5.1 - Movimentação total de carga e geração de resíduos no Porto de Santos.

Fonte: elaboração própria.

Os dados mostram que a geração de resíduos é diretamente proporcional a movimentação de carga, ou seja, quanto mais intensa é a movimentação portuária, mais resíduos são gerados. E mais ainda, pode-se inferir que os diferentes procedimentos de

preenchimentos adotados nos inventários, 2012-2013 de uma forma e 2014-2015 de outra, refletiram graficamente.

Uma forma interessante de visualização de desempenho da gestão de resíduos sólidos foi observada por POMBERGER, SARC e LORBER (2017). Os autores discutem e empregam o método do diagrama ternário como ferramenta para visualização dinâmica do desempenho da gestão de resíduos sólidos urbanos (*municipal waste*) para a União Europeia.

O método do Diagrama Ternário (*Ternary Diagram*) baseia-se na plotagem de dados em um triângulo equilátero onde cada um de seus lados representam eixos graduados de 0 a 100%. O ponto no interior representa valores em cada um dos três eixos, enquanto pontos dispostos sobre as linhas podem ter valores iguais a 0 ou 100%. Seus primeiros registros de utilização remontam a estudos sobre cores primárias, realizados pelo astrônomo, filósofo e cartógrafo Tobias Mayer (1723 - 62) inspirado em discussões sobre matizes e sombras iniciadas por Isaac Newton (1643-1727) em 1704 (HOWARTH, 1996). Dentre os atuais campos de utilização do método na engenharia destacam-se sua vasta aplicação em análises de textura de solos e no estudo de fases ternárias em físico-química. A utilização do método na textura de solos busca classificar o solo através da análise granulométrica dos percentuais de argila, silte e areia (EMBRAPA, 1997). Em físico-química o método recebe o nome de Diagrama de Fase Ternária e sua utilização se dá em análises de frações mássicas em fases ternárias (QUEIROZ, 2000). A Figura 5.2 ilustra a utilização do método nas áreas mencionadas.

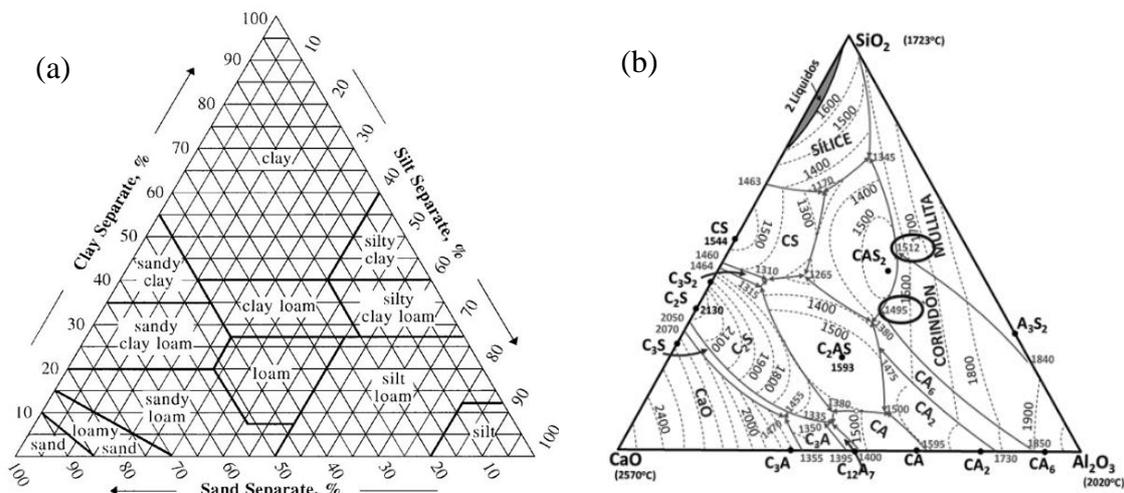


Figura 5.2 - Diagrama ternário: (a) textura de solos; (b) sistema $Al_2O_3-SiO_2-CaO$.

Fonte: NRCS (2017a) e S. DE AZA (2007b).

Baseando-se na Diretiva 2008/98/EC – *Waste Framework Directive*, POMBERGER, SARC e LORBER (2017) dividiram as possíveis destinações finais para os resíduos sólidos urbanos da União Europeia em três grandes grupos: aterros (*landfilling*), reciclagem e compostagem (*recycling & composting*) e incineração (*incineration*). A aplicação do diagrama ternário na gestão de resíduos sólidos urbanos mostrou-se uma potencial ferramenta de visualização e análise de dados, uma vez que espacializa as informações, permitindo comparações, prognósticos e evoluções.

Desta forma, foi feita a construção do diagrama ternário para o estudo de caso, no intuito de se verificar visualmente o gerenciamento de resíduos que os terminais adotam. O diagrama se espelhou no método concebido por POMBERGER, SARC e LORBER (2017). Apesar de a lógica de prioridades para uma gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos adotadas na diretiva europeia ser a mesma da hierarquia apresentada na PNRS, o agrupamento de destinação final dos resíduos sólidos portuários foi dividida nos grupos (Figura 5.3):

- Aterros → resíduos destinados a aterros.
- Reciclagem → resíduos destinados a qualquer operação de valorização através da qual os resíduos sejam reprocessados em produtos, materiais ou substâncias, quer para fins originais quer para outros fins. Inclui a compostagem e o rerrefino de óleo.
- Outros tratamentos → resíduos destinados a diferentes processos de tratamento, físico, químico, biológico e térmico, quer para recuperação/valorização energética ou não.

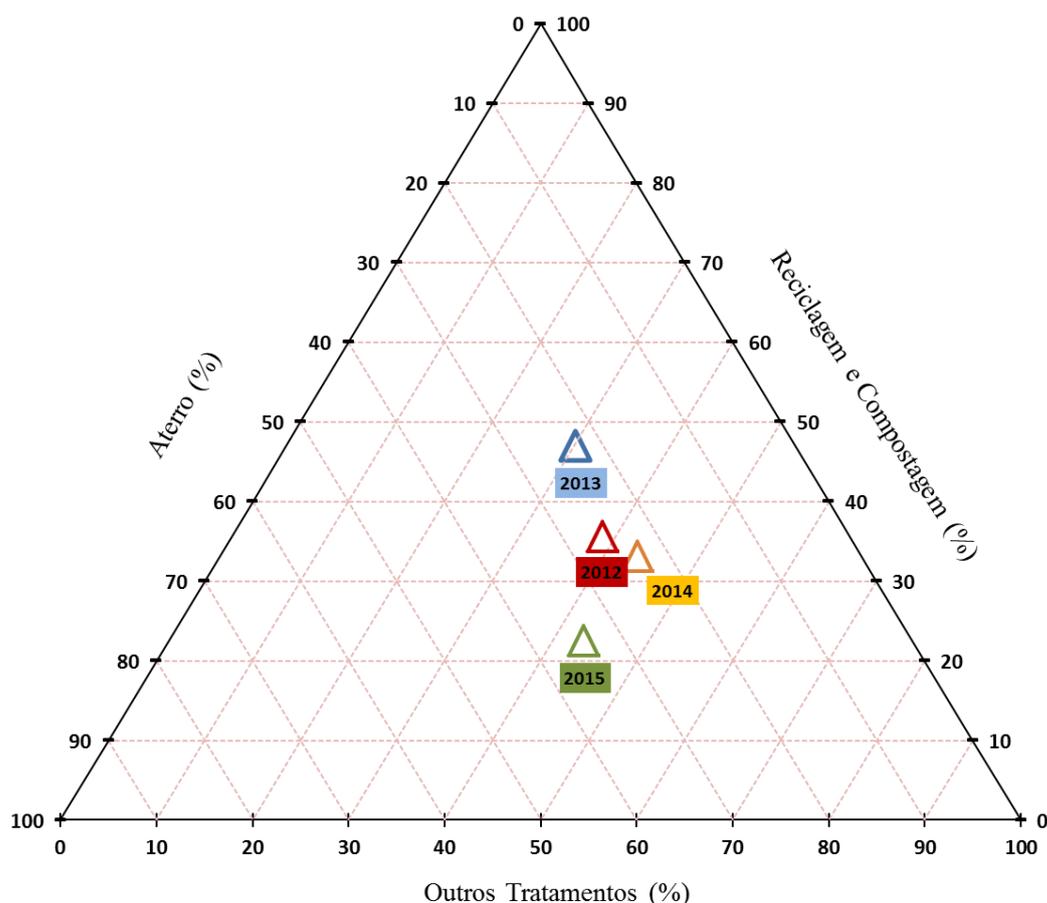


Figura 5.3 - Diagrama ternário da destinação de resíduos dos terminais.

Fonte: elaboração própria.

O diagrama mostra um movimento regressivo na gestão dos resíduos dos terminais, ao invés de se verificar um avanço dos dados para a parte superior do diagrama, houve o contrário. No período de análise, houve um incremento na destinação de resíduos para aterros, de 26% em 2012 para 34% em 2015, em detrimento da quantidade de resíduos encaminhados à reciclagem, de 35% para 22% no último ano. Esse comportamento é preocupante, pois faz o caminho inverso do que está preconizado na PNRS para hierarquia na destinação de resíduos, o que evidencia a falta de compromisso dos terminais.

O gráfico da Figura 5.4 abaixo mostra um panorama dos resultados de destinação final dos resíduos gerados nos terminais, em relação à carga total movimentada, com o mesmo agrupamento realizado anteriormente: reciclagem, aterro e outros tratamentos.

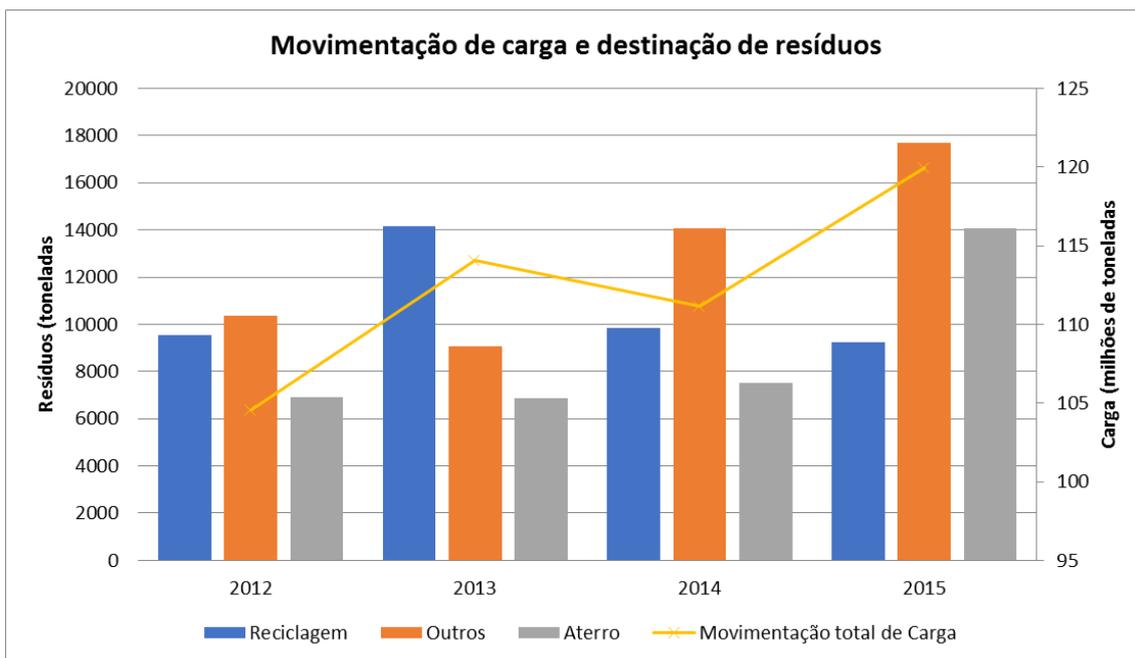


Figura 5.4 - Destinação de resíduos e movimentação de carga nos terminais do Porto de Santos.

Fonte: elaboração própria.

A visualização dos resultados nesse gráfico ilustra de uma maneira distinta, a falta de comprometimento dos terminais na adequada destinação de resíduos. No primeiro biênio, o incremento nas cargas movimentadas resultou em uma melhor gestão, com um aumento na destinação de resíduos para reciclagem. Não obstante, no segundo biênio, a evolução na movimentação de carga veio associada a uma redução de reciclagem e uma expansão nos resíduos enviados para aterros.

5.2 Análise exploratória de dados

A etapa exploratória de análise dos dados foi realizada visando à seleção do conjunto de variáveis e a combinação delas na representação do problema. Foi desenvolvida uma análise gráfica exploratória com utilização do *software* IDEAL, com o objetivo de avaliar o comportamento das DMUs na região da fronteira de eficiência. Os dados foram plotados em gráficos bidimensionais de dispersão XY: área x atracação; atracação x carga; resíduos x carga e as fronteiras foram estabelecidas em cada gráfico para verificar quais são as unidades *benchmarks*. A primeira combinação coincide com a etapa 1, conforme esquema da Figura 4.15. As outras duas são um desmembramento da etapa 2, de acordo com a Figura 5.5.



Figura 5.5 - Esquema de produção para análise exploratória da etapa 2.

Fonte: elaboração própria.

Os valores de eficiência e de metas foram obtidos com a modelagem DEA com modelo BCC, com orientação *output* na área x atracação, com vistas a maximizar o produto; e *input* para as análises atracação x carga e resíduos x carga, prevendo a minimização dos insumos.

Em um primeiro momento foi feita a análise exploratória nas fronteiras globais de eficiência definidas, considerando todos os 29 terminais. Em seguida foram plotadas as fronteiras de eficiência para cada *cluster*, carga geral e granel sólido, para atender ao requisito de trabalhar o modelo DEA tendo DMUs homogêneas. Os resultados das porcentagens de eficiência para as três combinações de avaliação da fronteira global podem ser vistos no Apêndice B.

Cabe ressaltar que as discussões e análise gráficas foram pautadas nas informações e documentos disponíveis no portal da ANTAQ (2017), na experiência adquirida na execução do projeto SEP-Resíduos IVIG/COPPE/UFRJ e produtos gerados FREITAS, *et al.*(2016a) e FREITAS, *et al.*(2016c), bem como nos dados e referências acessíveis no sistema WebPortos⁶ (WEBPORTOS, 2018).

5.2.1 Fronteira global de eficiência

O gráfico área x atracação apresentado na Figura 5.6 mostra uma fronteira de eficiência global formada apenas com a participação de dois terminais de carga geral e dois de granel líquido.

⁶ Ferramenta *online* que apresentar informações em um formato gerencial e interativo sobre os portos sob gestão da SEP (atual SNP).

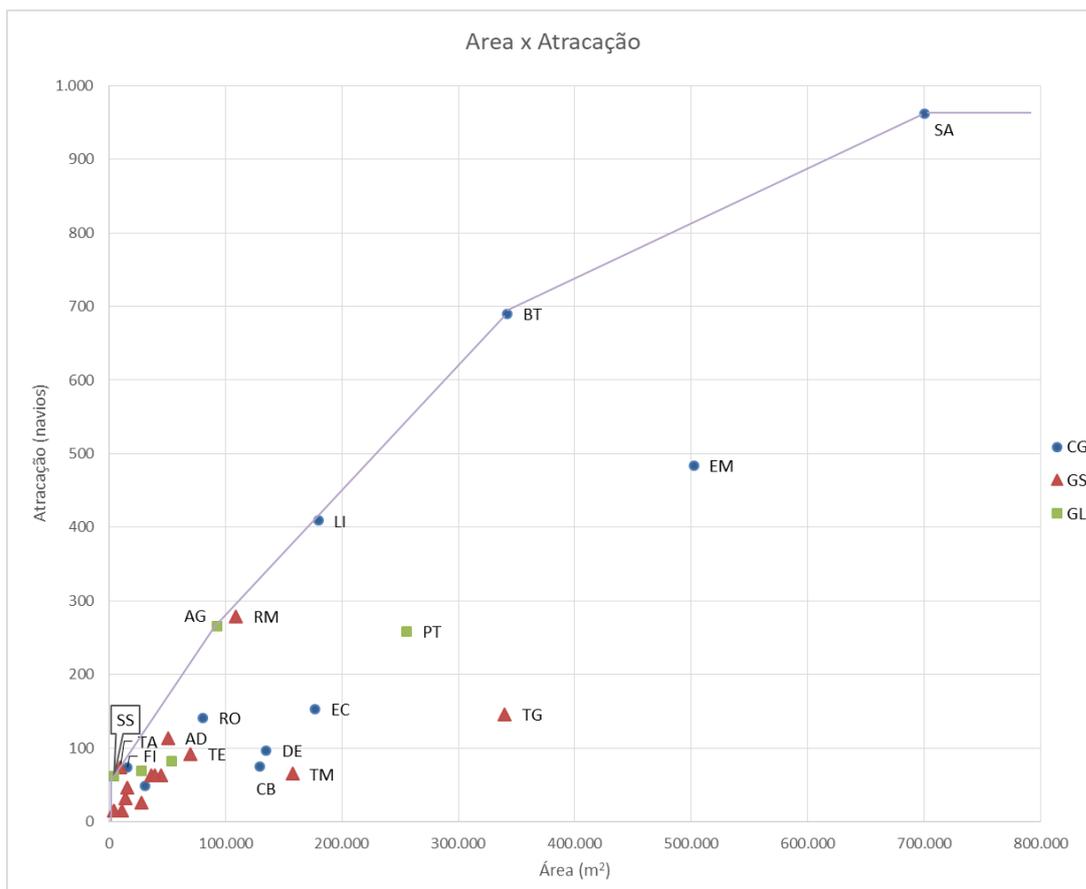


Figura 5.6 - Gráfico com plotagem da área do terminal (x) versus atracação (y) com fronteira de eficiência para todas as DMUs.

Na escala mais alta da fronteira, estão os terminais de contêiner BT e SA, enquanto que na escala menor estão os de granel líquido AG e SS. Os terminais granel sólido estão numa escala pequena e não se situam na fronteira, apesar de alguns estarem perto, como o TA que tem 99% de eficiência. As unidades LI e RM estão muito próximas à fronteira, apresentando 99% e 95% respectivamente.

A projeção das DMUs ineficientes, abaixo da fronteira, dá-se num trecho com terminais de natureza de carga diferente. A exceção é a unidade EM, que está em uma região mais elevada, em escala maior, em termos de área e atracação.

Os terminais de granel líquido estão no meio, numa escala mediana, enquanto que os terminais de granel sólido se situam mais abaixo, em pequena escala, conforme mencionado.

A plotagem de atracação x carga da Figura 5.7 mostra uma fronteira de eficiência global com predominância dos terminais de granel sólido com a presença de seis unidades deste tipo e um terminal de contêiner na escala mais alta da fronteira.

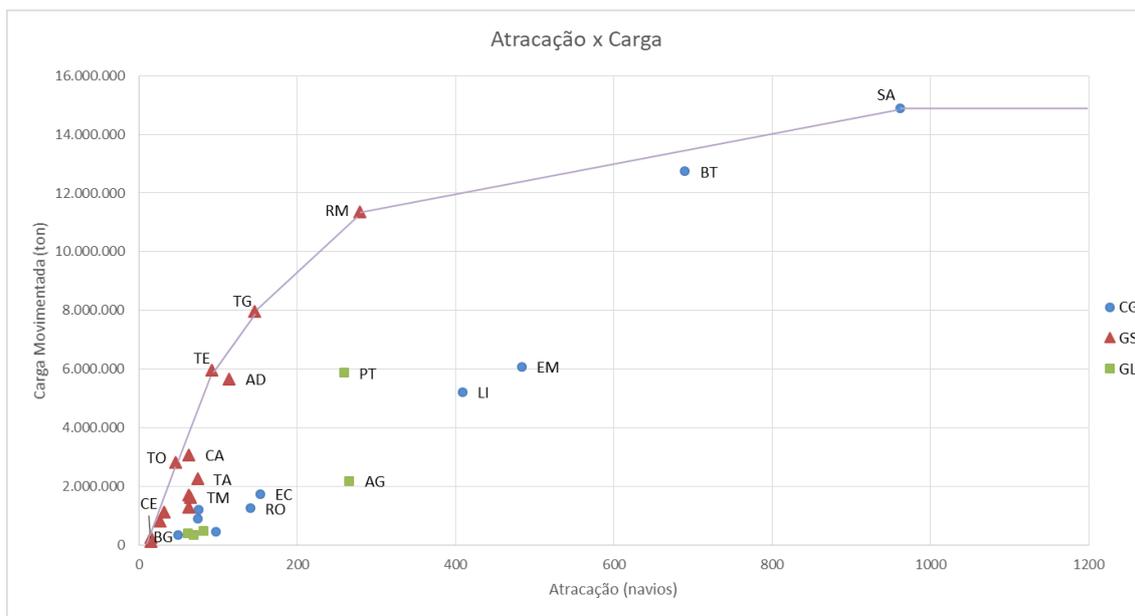


Figura 5.7 - Gráfico com plotagem da atracação (x) versus carga (y) com a fronteira de eficiência para todas as DMUs.

A análise gráfica mostra que nesse caso a tipologia de carga granel sólido é mais eficiente que as demais no tocante à movimentação de um maior volume de cargas com menos embarcações porque os navios graneleiros permitem um elevado volume de carga em cada embarcação. A presença de um terminal de contêiner e carga geral solta como *benchmark* (SA) e outro próximo à fronteira (BT) na escala mais elevada, pode ser explicada considerando que se trata de terminais com grande produtividade, com equipamentos de ponta e que investem em integração logística.

Os terminais LI (99%) e BT compuseram a fronteira de eficiência na plotagem de área e atracação. Neste caso do gráfico, atracação e carga, eles não se encontram na fronteira, sendo que a unidade LI está bem menos eficiente. A atracação nos referidos terminais foi impactada, assim como em outros terminais vizinhos, pelo acidente de grandes proporções que atingiu o terminal da Ultracargo, que se encontra fora do Porto de Santos. Esse evento ocasionou muitos transtornos não somente na impossibilidade de embarque e desembarque nas regiões próximas, como também restringiu o escoamento rodoviário de cargas.

Verifica-se que as unidades EM, PT e AD apresentaram a mesma magnitude de tonelagem de carga movimentada, mas têm quantidades de atracação bem distintas. Cada um desses terminais trabalha com tipologia de carga diferente, o que pode esclarecer esse posicionamento.

Ao se comparar os terminais de granel líquido, AG e PT, eles apresentam um quantitativo de atracação similar, porém uma grande diferença na tonagem de carga movimentada, de aproximadamente 3,7 Mton. Essa discrepância pode ser amparada pelo modelo DEA não estar considerando algum fator importante, como a limpeza de um tanque para troca de produtos, uma vez que esse terminal trabalha com produtos corrosivos, químicos e petroquímicos, isso limitaria a capacidade de armazenagem. Essa consideração será abordada mais adiante na análise do gráfico de resíduos gerados.

Finalmente, foi plotada a dispersão dos dados em resíduos x carga, visando a minimização do *input*. A fronteira de eficiência global apresentou, principalmente, os terminais de contêineres como *benchmarks* com quatro unidades, e uma unidade de granel líquido (Figura 5.8). Essa condição mostra que a tipologia de contêiner tem a melhor gestão quando se deseja minimizar a geração de resíduos sólidos mantendo o mesmo volume de carga movimentado. De fato, a geração de resíduos em um terminal portuário está associada à tipologia de carga movimentada e varia de acordo com a sua natureza (contêiner, solta a granel e carga geral solta). Nos terminais que operam contêiner, em geral, os resíduos gerados estão associados à adequada embalagem e acondicionamento dos produtos, incluindo resíduos tais como papel/papelão, plásticos, madeira, isopor etc. Entretanto, os resíduos gerados em função das operações portuárias na movimentação de cargas a granel podem ser considerados como perdas materiais, e trazem prejuízos econômicos.

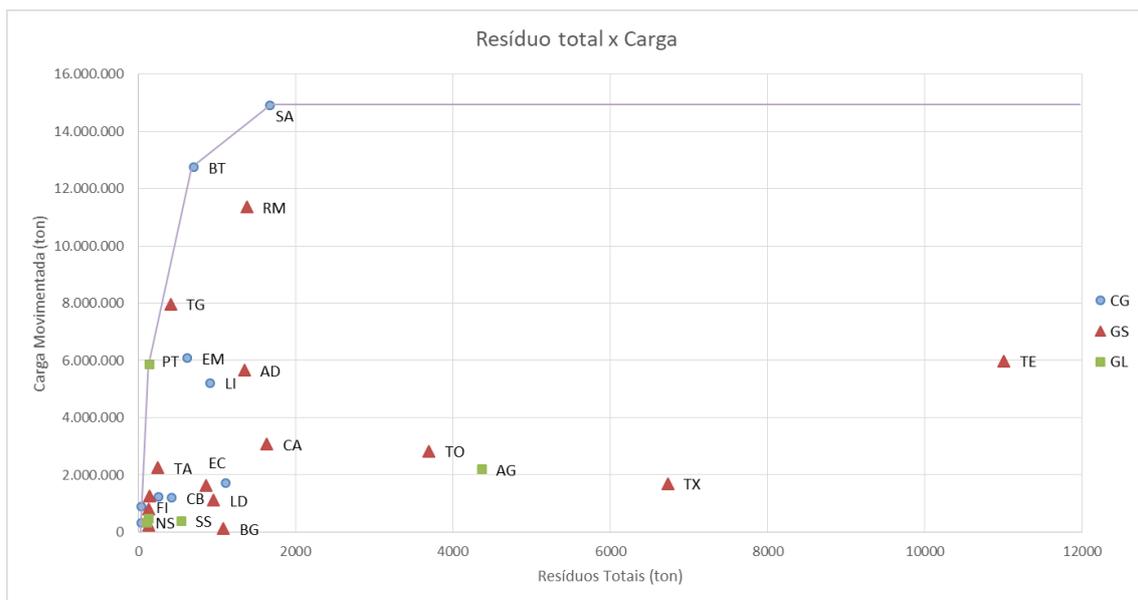


Figura 5.8 - Gráfico com plotagem de resíduos (x) versus carga (y) com a fronteira de eficiência para todas as DMUs.

A modelagem e a análise gráfica revelaram unidades altamente ineficientes, bem distantes da fronteira, como TE e TX principalmente, e também AG e TO. Esses terminais têm uma geração de resíduos altíssima.

No inventário de resíduos da CODESP, o terminal TO apresentou, em dois meses consecutivos, o somatório de 2805 toneladas de resíduos de madeira, que estavam classificados na lista do IBAMA como resíduos de construção e demolição. Esse valor corresponde a 75% do total da geração no referido ano. Pode-se inferir que houve uma geração atípica de resíduos em virtude de alguma obra no terminal, o que torna plausível a posição dessa unidade no gráfico.

Os terminais TX e TE apresentaram alta ineficiência, pois existe uma geração elevada de resíduos provenientes da perda de carga durante o carregamento ou descarregamento. Os registros no inventário apontaram uma significativa geração de resíduos líquidos destinados ao tratamento biológico fora do porto, em ambos os terminais, além de um quantitativo de resíduos de varrição destinados a aterro sanitário. Esses terminais pertencem à mesma empresa e movimentam grãos, óleos vegetais e açúcares. Importante apontar que o terminal TE, que evidencia o pior desempenho, apresentou registros de geração de resíduos líquido, nos três primeiros meses de 2015, com destinação ao tratamento físico-químico. Um armazém de açúcar desse terminal foi destruído em um incêndio no final do ano anterior, podendo ser a causa da geração desse resíduo aquoso que teve uma destinação diferenciada.

O terminal AG, o único na tipologia de granel líquido entre as unidades mais ineficientes, apresentou, também, relevante ineficiência na modelagem de atracação e carga. Conforme mencionado, um fator que justificaria a presença longe da fronteira de eficiência de minimização de resíduos x carga seria a retirada de operação de um ou mais tanques para manutenção de limpeza. A análise comparativa dos inventários de resíduos constata que o terminal produziu mais 1,7 mil toneladas de resíduos líquidos aquosos contendo substâncias perigosas, em relação ao ano anterior.

As unidades AD e RM, que operam granel sólido, apresentam quase a mesma geração de resíduos, sendo que AD movimenta a metade da carga do terminal RM. Esse descompasso pode decorrer das diferentes capacidades operacionais e dos equipamentos instalados. Essas DMUs movimentam cargas distintas, AD trabalha com grãos e RM com açúcar, e os principais equipamentos de transferência são os *grabs* e as esteiras,

respectivamente. A perda de carga na movimentação com *grabs* pode ser mais significativa e, conseqüentemente, mais resíduos seriam gerados, mas depende também da idade dos equipamentos e da manutenção dos mesmos.

A seguir, foram conduzidas as modelagens DEA e análise gráfica exploratória para os *clusters* carga geral e granel sólido. Em relação ao granel líquido, esse não foi avaliado além da análise na composição das fronteiras de eficiência global, pois a quantidade de terminais, cinco, é pequena. Mesmo assim, foram produzidas as plotagens dos gráficos desse *cluster* para as três combinações definidas, e as figuras podem ser vistas no Apêndice C.

5.2.2 Fronteira de eficiência para carga geral

Área & Atracação

Quando se define as fronteiras de eficiência dos terminais de carga geral (Figura 5.9), se verifica que os mesmos terminais que estavam na fronteira global, BT e SA, são os mesmos que formam a fronteira do seu *cluster*, juntamente com as unidades FI e LI, que já tinham se apresentado próximos à fronteira global.

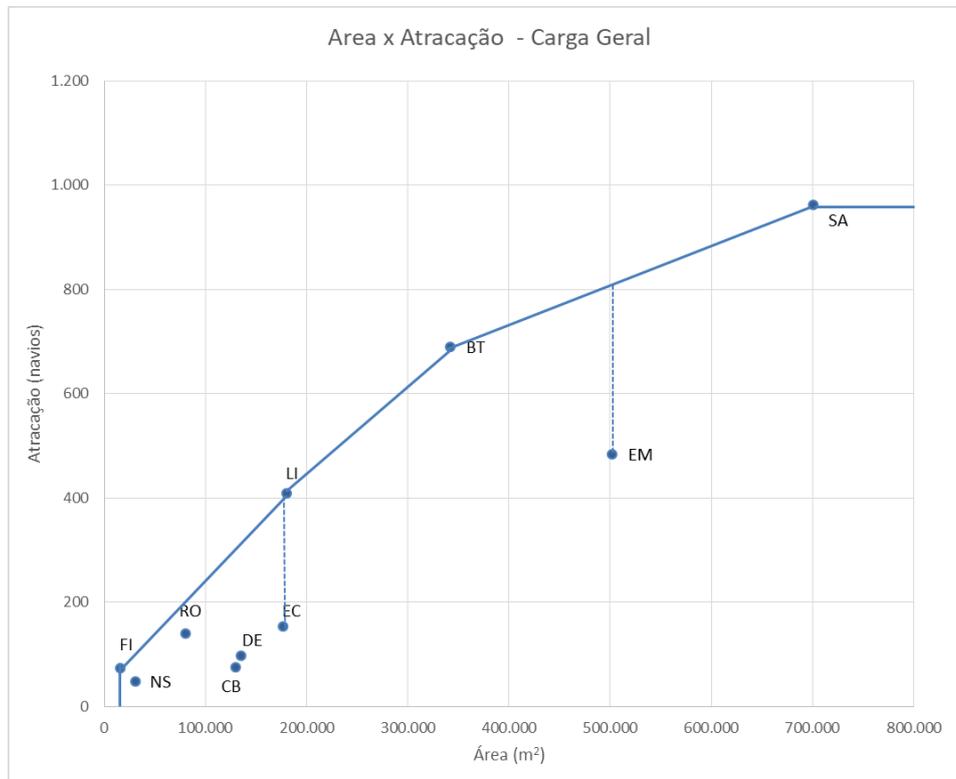


Figura 5.9 - Gráfico com plotagem do *cluster* carga geral - área do terminal (x) versus atracação (y) com a fronteira de eficiência.

A projeção dos terminais ineficientes na fronteira tem como referência os *benchmarks* FI e LI. A exceção está no terminal EM que, de fato, compete diretamente com seus *benchmarks* na movimentação de contêineres no porto, apresentando uma meta de 812 atracções, representada com uma linha pontilhada no gráfico. Este terminal entrou em operação no segundo semestre de 2013, o que justifica não estar em plena capacidade operacional em 2015. Importante ressaltar que o terminal BT também entrou em operação em 2013, mas como possui em seu quadro societário dois grandes armadores mundiais, apresenta uma vantagem comercial por ter uma expressiva movimentação de contêineres e carga geral, se tornando um dos *benchmarks* em eficiência.

Com relação ao terminal EC, ele mostra uma quantidade de atracção um pouco superior ao terminal RO, embora possua uma área significativamente maior, o que indica uma capacidade ociosa. Além disso, o mesmo terminal apresenta uma área similar ao terminal LI, porém com um número de navios bem inferior, apresentando uma meta de 403 atracções. Isto se justifica pelo fato da empresa estar na época sem serviço de navegação regular atendendo apenas escalas pontuais de projeto, armazenagem de mercadorias e operações com cargas fracionadas. Segundo a empresa, a situação se deu em virtude da desaceleração da economia nacional, bem como pela redução da demanda com o crescimento da competitividade no porto.

Por fim, a DMU que apresenta a menor eficiência, o terminal CB (25%), tem grandes desvantagens em relação às demais unidades. Ele não tem prioridade nas operações portuárias devido à falta de equipamento fixo, além disso, concorre com outras unidades fora da zona primária (zona mais próxima à margem) e, portanto, tem prejuízo com relação aos custos e despesas operacionais.

Atracção & Carga

A fronteira de eficiência estabelecida no gráfico atracção e carga revela que a unidade SA, que também está na fronteira global, é um dos *benchmarks* na fronteira do seu *cluster*. Esse terminal, junto com o BT, se encontra na escala mais elevada da Figura 5.10. As DMUs CB e NS posicionadas na escala inferior da fronteira totalizam os *benchmarks*.

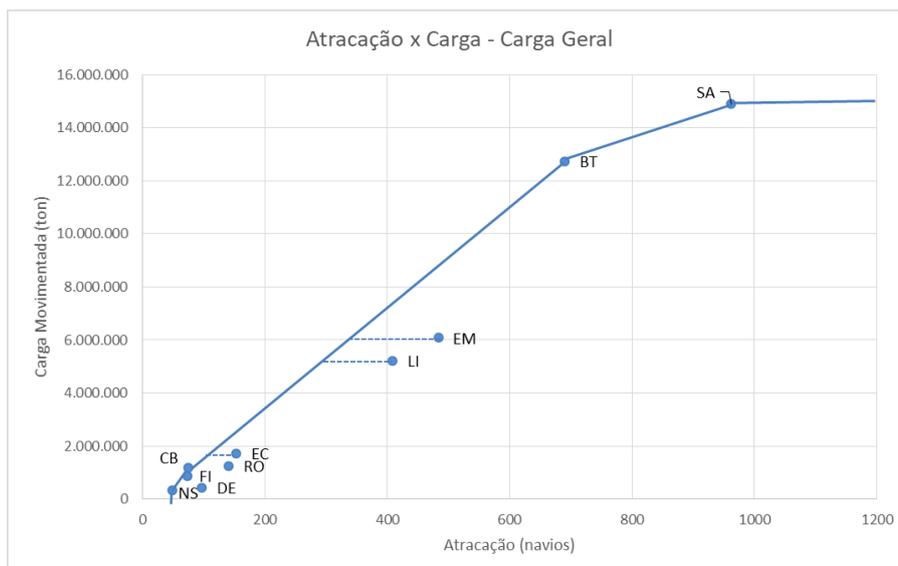


Figura 5.10 - Gráfico com plotagem do *cluster* carga geral - atracação (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.

A projeção dos terminais EM e LI se estabelece no segmento mediano da fronteira e, mais abaixo, as unidades EC e RO também se projetam no mesmo trecho. Cabe salientar que os terminais LI, EM, BT e SA competem diretamente entre si, por serem os maiores terminais de contêineres e carga geral solta no porto.

Os resultados indicaram uma eficiência de 55% para o terminal RO e 69% para o terminal EM, apesar desse apresentar a maior distância para a fronteira, marcada em linha pontilhada no gráfico (149 unidades), proporcionalmente a redução percentual representou 44%.

Os terminais DE e FI se projetam no segmento NS/CB, sendo que FI está bem próximo à fronteira. A unidade DE possui o menor índice de eficiência (54%) da fronteira e, analisando a posição dele, apresenta mais atracções que FI e NS sendo que tem quase o mesmo volume de carga movimentada que NS. A diferença no tipo de mercadoria movimentada nesses terminais pode explicar a maior demanda nas atracções, pois o terminal DE tem uma especialidade na movimentação de cargas *roll-on/roll-off*, enquanto que NS e FI trabalham principalmente com celulose.

Resíduos & Carga

A fronteira de eficiência de carga geral, com as variáveis resíduos e carga, foi formada pelos mesmos *benchmarks* da fronteira global (Figura 5.11), notadamente as unidades BT e SA, em uma escala superior e os terminais FI e NS numa escala inferior.

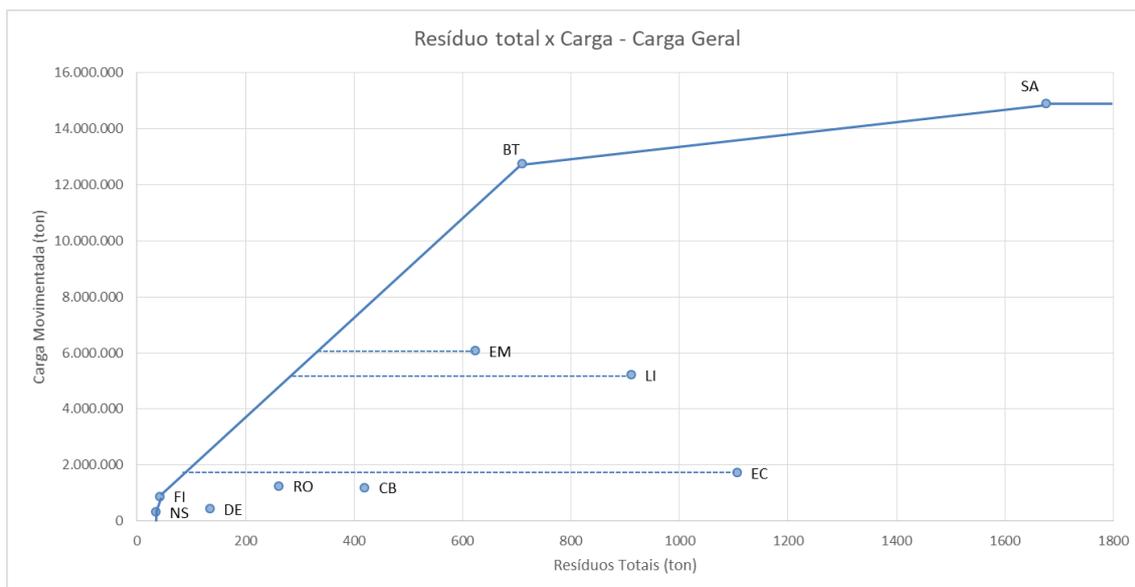


Figura 5.11 - Gráfico com plotagem do *cluster* carga geral – resíduos totais (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.

As unidades com maiores ineficiências se projetam no segmento BT/FI. A unidade com menor índice, EC, com 8%, conforme foi dito anteriormente, não estava operando de forma regular, recebendo poucas embarcações, por isso apresenta um baixo quantitativo de carga movimentada. A atividade realizada no terminal, além de operar com cargas pontuais, foi armazenagem de mercadorias, atividade que gera resíduos. O inventário mostrou um quantitativo de quase 170 toneladas de mistura de resíduos com destino para aterro sanitário, o que indica uma ineficiência na segregação desse resíduo que, talvez, pudesse ser reaproveitado. Foram verificadas também 435 toneladas de mistura de resíduos de construção civil, sugerindo que alguma obra ocorreu no período em questão.

Do total de resíduos gerados no terminal LI, 24% foi proveniente de uma única classificação de resíduos, que corresponde a uma mistura de resíduos, similar ao RSU. Essa constatação revela uma necessidade de treinamento e capacitação da mão de obra para minimizar a ocorrência de resíduos, bem como a adequada separação do mesmo, pois a totalidade desse resíduo gerado foi destinada a aterro sanitário, que é um comportamento linear na escolha da última alternativa, ou seja, a pior delas, de acordo com a PNRS.

Em relação ao terminal EM, têm-se cerca de 130 toneladas de resíduos de construção civil no 2º semestre do ano, assim como tem 352 toneladas de resíduos de madeira, o último representa mais da metade de todos resíduos gerados no ano. Em

ambos os casos, a destinação foi reciclagem, que significa que esses resíduos estão inseridos numa abordagem circular, mais eficiente e em consonância com as diretrizes da PNRS. A quantidade elevada de madeira pode se justificar em função da elevada dependência do uso de *pallets* dentro de contêineres para o acondicionamento de cargas.

Os terminais RO e CB tem uma quantidade de carga movimentada similar, sendo que o CB gerou cerca de 200 toneladas de resíduos a mais. Os registros mostram que este terminal teve uma quantidade de resíduos de construção civil, de aproximadamente 110 toneladas e, além disso, existe uma geração média de resíduos de varrição de seis toneladas por mês. Por outro lado, o terminal RO não apresentou nenhum registro de resíduo de varrição porque ele movimenta granéis sólidos inorgânicos - barrilha, fertilizante e sulfato de sódio - e sua operação conta com um sistema de aspersão e filtro de manga para conter o material particulado que é produzido durante a movimentação dessas cargas. A barrilha é reaproveitada para produção de vidro e sabão de menor qualidade.

O terminal DE projeta-se no trecho inferior da fronteira, e apresenta uma maior geração de resíduos em relação ao NS, sendo que possuem um volume de carga parecido. Esse comportamento é semelhante ao visto na fronteira de eficiência de atracação x carga, onde a tipologia de produto movimentado no terminal entre eles, explica essa diferença. O terminal NS trabalha com carga geral vegetal, bobinas de papel, aglomerado, celulose e, conforme visto anteriormente, demanda menos navios para movimentar quase mesma carga que o terminal DE. Isso pode ser a razão da maior quantidade de resíduos, pois quanto mais atracações, mais resíduos gerados dentro do terminal.

A Tabela 5.1 consolida os resultados das eficiências para cada uma das combinações, facilitando a comparação e verificação entre as DMUs de carga geral. Pode-se inferir que os dois maiores terminais de contêineres, BT e SA foram as únicas unidades presentes nas fronteiras de eficiência estabelecidas, mostrando a elevada produtividade e eficácia operacional. No entanto, somente um terminal mostrou-se mais ineficaz em todos os arranjos, EC, aparecendo abaixo de 10% quando se trata de minimizar resíduos.

5.2.3 Fronteira de eficiência para granel sólido

Área & Atracação

A plotagem e os resultados da fronteira de eficiência do *cluster* de granel sólido para área e atracação revelaram a presença de três unidades: RM, TA e CE. A fronteira global com essas variáveis não teve a presença de nenhuma dessas unidades, mesmo duas delas estando próximas, sugerindo que essa tipologia de carga é a menos eficaz dentre as analisadas (Figura 5.12).

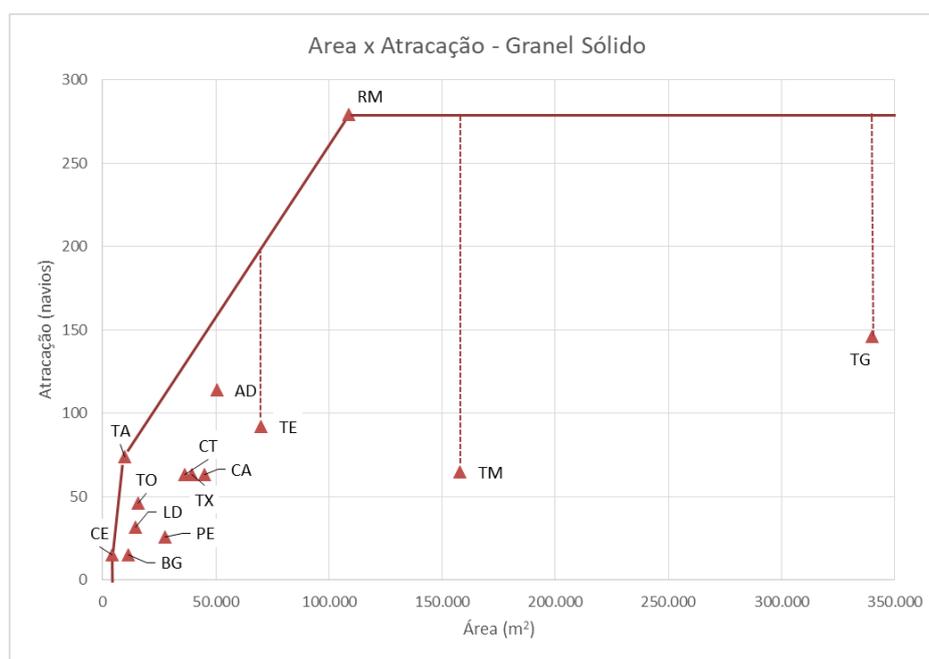


Figura 5.12 - Gráfico com plotagem do *cluster* granel sólido – área (x) versus atracação (y) com a fronteira de eficiência.

O gráfico mostra boa parte das unidades operando numa escala com projeção no trecho inferior, em geral próxima à fronteira e algumas unidades estão quase sobrepostas, como CT, TX e CA. A unidade AD tem a maior eficiência fora da fronteira, com 72%.

O terminal TG tem escala muito alta por possuir uma área grande. Ele é considerado o maior terminal de granel sólido da América Latina, mas estava operando abaixo da capacidade. Fato este que mostra uma capacidade operacional improdutiva, pois ele também possui infraestrutura para movimentar granéis inorgânicos, embora estivesse operando apenas com os granéis sólidos agrícolas.

Em relação ao terminal TM, este apresenta eficiência muito baixa (23%), e como ele opera principalmente com adubo - fertilizante, o volume de atracções pode ter tido reflexo negativo do impacto na produtividade das lavouras de milho, soja e açúcar, afetadas pela forte estiagem que caracterizou o ano de 2014.

A unidade TE que se projeta no segmento médio da fronteira de eficiência, teve um dos seus armazéns incendiados no ano anterior, conforme citado antes, o que deve ter diminuído sua produtividade.

O acidente, mencionado anteriormente, que ocorreu no terminal situado fora do Porto de Santos, mas dentro do complexo portuário, impactou os terminais nas redondezas que utilizam as mesmas rodovias para escoar a carga, influenciando o volume de atracções. O terminal LD está na região de abrangência dos transtornos causados nesse evento e este pode ser o motivo da menor quantidade de atracções quando comparado ao terminal TO, já que apresentam tamanho de área compatível e ambos movimentam granel sólido vegetal. O terminal PE que está numa posição do gráfico com uma área maior e com menos atracções que os dois citados, movimenta granel sólido mineral, carga essa que tem uma dinâmica diferente e demanda equipamentos distintos.

As unidades CE e BG têm a mesma quantidade de atracções, mas BG possui em sua área total uma parte na retroárea do terminal, que é referente a uma servidão de passagem das esteiras transportadoras.

Atracção & Carga

O gráfico atracção e carga (Figura 5.13) ilustra a fronteira de eficiência do *cluster* granel sólido formada por seis DMUs, que são exatamente os mesmos terminais presentes como *benchmarks* da fronteira global. O terminal RM se situa na escala mais alta, e ele opera com açúcar, que foi o produto mais movimentado no porto, dentre os granéis sólidos. Além de a sua operação ser realizada por esteiras, o que eleva a produtividade.

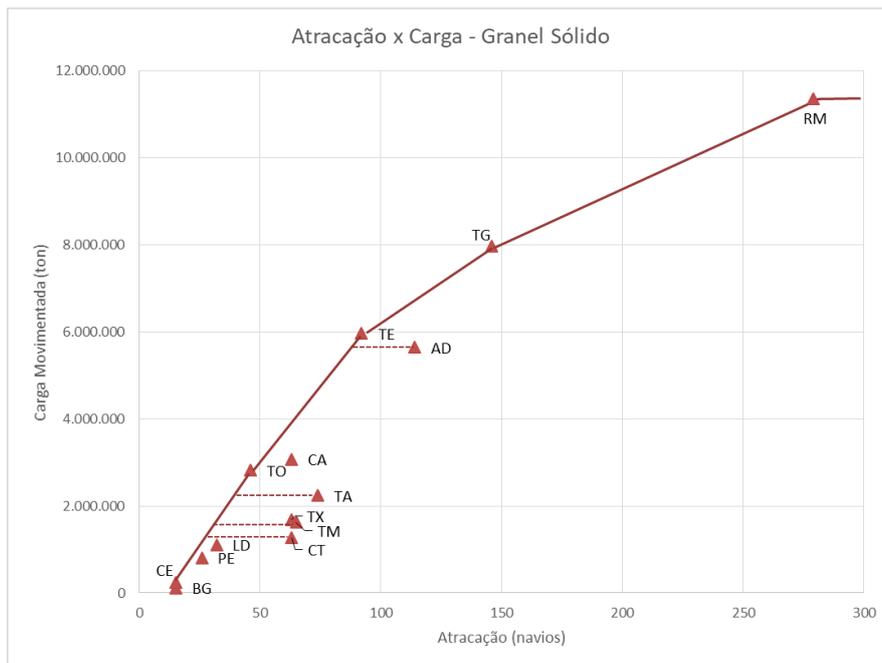


Figura 5.13 - Gráfico com plotagem do *cluster* granel sólido – atracação (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.

Os terminais mais próximos à fronteira, LD e CA, com mesma eficiência de 79%, e PE com 84%, operam com grãos vegetais e fertilizantes, respectivamente. As unidades TX e TM estão sobrepostas, com quase a mesma posição no gráfico e, conseqüentemente, têm eficiências próximas.

O terminal CT é o mais ineficiente comparado aos demais, este trabalha com granel de origem vegetal e com granel líquido orgânico, que são os sucos cítricos. Essa particularidade o coloca nessa posição.

A unidade AD mostra uma produtividade menor, em relação ao TE, e se projeta bem próximo a essa DMU. Os equipamentos utilizados pelo terminal AD estavam em vias de readequações, tanto que no início do ano seguinte foi efetuada a substituição de *shiploaders* por carregadores mais modernos, onde os grãos escoariam para os navios por uma tubulação em cascata, ao invés de queda livre, como nos equipamentos convencionais. A utilização de equipamentos antigos e ineficientes é um dos mais relevantes fatores de redução da produtividade em um terminal portuário.

Resíduos & Carga

A plotagem da fronteira de eficiência de granel sólido no gráfico resíduos e carga (Figura 5.14) ilustra a presença das DMUs RM, TG, PE e CT como *benchmarks*. A

unidade CE está bem próxima da fronteira de eficiência. Nenhum desses terminais fez parte da fronteira de eficiência global.



Figura 5.14 - Gráfico com plotagem do *cluster* granel sólido – resíduos totais (x) versus carga movimentada (y) com a fronteira de eficiência.

A modelagem e a análise gráfica revelaram unidades altamente ineficientes, bem distantes da fronteira, como TE e TX. Esses terminais têm uma geração de resíduos altíssima. As unidades CE e TA estão bem próximas à fronteira, sendo que CE praticamente faz parte dela, com 98% de eficiência.

Já foi citado anteriormente que os terminais TX e TE apresentam uma elevada geração de resíduos provenientes, em parte, da queda de carga durante a transferência dos produtos. O terminal TX mostrou nos dados do inventário um volume correspondente a 46% de todos os resíduos, nos primeiros meses do ano, o que provavelmente tem relação com o incêndio que destruiu um armazém do terminal TE, pois ambos são controlados pela mesma empresa. O TE mostrou registros de resíduos de varrição destinados a aterro sanitário que representam cerca de 50% da totalidade de resíduos. O que indica uma necessidade de adequação e melhoria para evitar a perda material, que gera desperdício e impõe custos para disposição final de resíduos.

O terminal BG, com 12% de eficiência, tem uma geração significativa de resíduos orgânicos destinados para compostagem, indicando que são resíduos dispersos provenientes da movimentação de carga, soja e milho, correspondendo à metade do total de resíduos do terminal. Esse terminal tem uma grande extensão de esteiras

transportadoras antigas que favorecem a queda do produto, evidenciando que os equipamentos de transferência estão obsoletos e/ou que não têm a devida manutenção. O terminal LD, que movimenta os mesmos produtos, gera um pouco menos de resíduo que BG, mas quando comparado a TM, gera mais e com menos carga movimentada. Isto porque TM movimenta granel sólido inorgânico e este tipo de granel tende a ter menos geração de resíduos, pois o que se dispersa costuma ser reincorporados ao lote em operação.

Os terminais CA e TO movimentaram aproximadamente a mesma quantidade de carga, mas TO teve uma geração de resíduos bem mais expressiva. Na análise da fronteira global foi explicado que esse terminal apresentou um montante de resíduos de construção civil, 75% do total da geração, em um curto espaço de tempo, caracterizando a ocorrência de alguma obra no local e o colocando com uma baixa eficiência.

Com relação às unidades AD e RM que têm mais ou menos a mesma geração de resíduos, o terminal AD operou cerca da metade da quantidade de carga do terminal RM. Em consonância com o que foi explicado previamente, além de eles trabalharem com produtos diferentes, AD estava operando com equipamentos antigos e ineficientes, impossibilitando uma maior produtividade.

Os resultados de eficiências para as combinações foram compilados na Tabela 5.1 para avaliar as DMUs de granel sólido. Verifica-se que somente o terminal RM é *benchmark* em todas as fronteiras, o que indica que há produtiva movimentação de açúcar nesse terminal. O terminal de grãos CE desponta com elevada eficiência também. Entretanto, diferentemente do que se levantou para os terminais de contêineres, aqui houve três unidades mais ineficazes abaixo de 10%, TE, TX e TO, quando se trata de minimizar resíduos, onde duas delas apareceram na fronteira de eficiência na análise atracação e carga.

5.3 Análise do modelo proposto

A análise dos dados com o modelo proposto também foi realizada utilizando o *software* IDEAL, que se apresenta como uma ferramenta gráfica muito útil para a análise do comportamento das DMUs. A análise gráfica favorece a interpretação das variáveis do modelo com a sua projeção tridimensional da fronteira de produtividade. De acordo com o que foi colocado no item de planejamento da construção do modelo,

foram propostas duas etapas de produção, conforme a Figura 5.15, apresentada anteriormente e, inserida novamente para auxiliar o entendimento da análise.

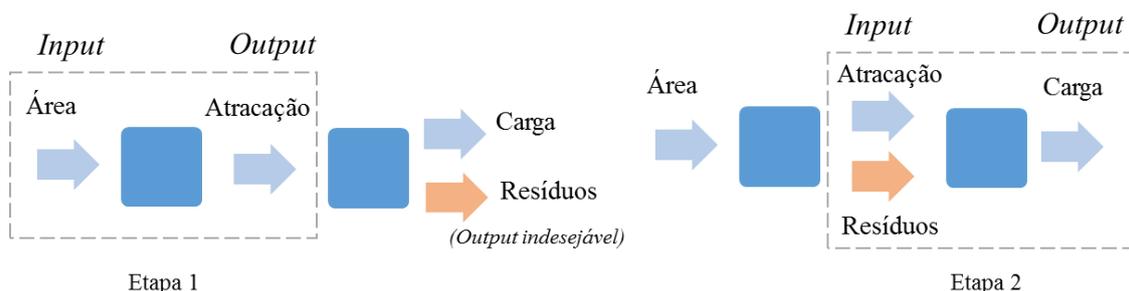


Figura 5.15 - Esquema de produção do problema em duas etapas.

Etapa 1

Esta etapa, sua análise gráfica e discussão foram desenvolvidos e apresentados no item anterior, fronteira de eficiência de área *versus* atracação para os *clusters* carga geral e granel sólido. Os resultados de desempenho da DMUs estão compilados junto com a modelagem da etapa 2 na Tabela 5.1 e Tabela 5.7, mais adiante.

Dos quatro terminais de carga geral que foram os mais eficientes nessa etapa, dois deles mostraram ter um processo de produção com alta produtividade, pois além de terem sido *benchmarks* em todas as fronteiras do seu *cluster*, também estiveram na posição de referência nas fronteiras globais de área e atracação. Essa resposta sugere que os dois grandes terminais de contêineres, BT e SA, estavam operando com elevada eficácia, com bom aproveitamento de área disponível, atestando o investimento em equipamentos mais modernos.

Não obstante, em relação às DMUs de granel sólido, apenas três DMUs compõem a fronteira de eficiência nessa etapa, e nenhuma dessas foram eficientes na fronteira global. Isso mostra que essa tipologia de *cluster* tem terminais que apresentam uma contingência na quantidade de atracções. A oportunidade de aumentar o fluxo de embarcações, com determinada área disponível, pode estar sendo impactada por outras variáveis, tais como profundidade do berço ou tipo de equipamento empregado nas operações, conforme foi mostrado no mapa conceitual da Figura 4.11.

Etapa 2

Conforme mencionado no item anterior, o modelo DEA aplicado nessa etapa foi orientado a *input*, pois o objetivo está na redução dos insumos, reduzir a quantidade de

atracação e o volume de resíduos gerados, mantendo o nível de movimentação anual de carga. Para a análise realizada neste trabalho, foi aplicado o modelo clássico DEA BCC ou VRS (*Variable Return of Scale*) com geração de uma fronteira de eficiência com retornos variáveis de escala.

Uma das maiores limitações do modelo DEA clássico está na liberdade que as DMUs têm para atribuir pesos às variáveis que seja mais favorável. Desta forma, pode ocorrer a geração de pesos nulos ou quase nulos para variáveis relevantes, produzindo resultados e interpretações dos modelos não aderentes à realidade. Para contornar essa situação, pode-se empregar uma restrição aos pesos, utilizando uma formulação que permita discriminar e adequar correções e ajustes às eventuais discrepâncias relativas à realidade modelada, para validar o modelo no mundo real.

Aplicação do modelo BCC

Os terminais foram avaliados na etapa 2 utilizando o modelo BCC, uma vez que apesar de operarem com a mesma tipologia de carga, eles se apresentam em escalas distintas, logo é mais indicado trabalhar com uma fronteira de eficiência variável, mais aderente à realidade.

Uma característica desse modelo é a formação da fronteira de eficiência, identificando os terminais eficientes, e a composição da participação de cada *benchmark* na projeção de cada DMU ineficiente pela propriedade da convexidade.

5.3.1 Carga geral

Os resultados comparativos de eficiência para o *cluster* carga geral podem ser vistos na Tabela 5.1, com o *ranking* e a distribuição de pesos virtuais da etapa 2, na aplicação do modelo dos multiplicadores. As respostas da etapa 1 e da análise exploratória estão apresentados também para comparação e discussão.

Tabela 5.1 - Resultados de eficiência etapas 1 e 2 – carga geral.

Resultados de eficiência – cluster Carga Geral - modelo BCC						
DMU	ETAPA 1 orientação <i>output</i>	Análise Exploratória da Etapa 2 - orientação <i>input</i>		ETAPA 2 - orientação <i>input</i>		
				modelo clássico	Pesos Virtuais	
					Atracação	Resíduos
BT	100%	100%	100%	100%	1	0
CB	25%	100%	14%	100%	0,8090	0,1910
DE	31%	54%	27%	54%	0,9540	0,0460
EC	38%	68%	8%	68%	1	0
EM	60%	69%	54%	70%	0,9484	0,0516
FI	100%	89%	100%	100%	0,9768	0,0232
LI	100%	71%	31%	71%	1	0
SA	100%	100%	100%	100%	1	0
NS	47%	100%	100%	100%	0,9760	0,0240
RO	69%	55%	24%	63%	0,9275	0,0725

Os resultados mostram que os terminais *benchmarks* nas duas etapas foram o BT, SA e FI. Os dois primeiros são os grandes e modernos terminais de contêineres, já FI é um terminal que se situa no trecho médio das fronteiras, e tem como característica a movimentação de celulose. Esse fato é interessante, pois os demais terminais de carga geral, que são também medianos, têm o terminal FI como uma importante referência e mais condizente com a realidade.

Todas as DMUs apresentaram no resultado do modelo o comportamento de apoiar convenientemente o seu peso virtual na variável atracação, mesmo os terminais que compuseram as fronteiras de eficiência na análise exploratória. Para lidar com essa situação, será aplicada a restrição aos pesos virtuais mais a frente.

As unidades mais ineficientes na relação área e atracação podem apresentar uma ótima eficiência no modelo com três variáveis, como os terminais CB e NS, sugerindo que o maior gargalo operacional está na infraestrutura.

Os terminais DE e RO se mostraram ineficientes nas duas etapas propostas e na análise exploratória. Esses terminais têm uma participação grande de cargas não containerizadas, como veículos e graneis sólidos inorgânicos (sal, barrilha etc.) o que acaba sendo uma desvantagem, quando comparados aos terminais contêineres mais modernos. Isso porque o tipo de operação e a característica da embarcação são distintos.

Já foi citado que o terminal EC não estava operando regularmente, o que foi prejudicial no seu desempenho produtivo em relação aos seus concorrentes.

A DMU ineficiente que teve os resultados mais homogêneos (60% na etapa 1 e 70% na etapa 2) foi o terminal EM, o qual não estava em plena capacidade operacional na ocasião e ainda apresentava um volume significativo de resíduos de construção civil.

O terminal LI, que é um dos grandes terminais contêineres do porto, mostrou que necessita evoluir sua eficiência operacional trazendo navios de maior porte e aprendendo a lidar melhor com a gestão dos resíduos gerados, pois uma grande quantidade veio devido à falta de capacitação de pessoal e de conscientização para a não geração.

A resposta do modelo de envelope fornece informações relevantes. Mais que a identificação dos *benchmarks*, é possível avaliar a participação de cada um desses *benchmarks* – referencial – no estabelecimento da projeção eficiente de uma DMU ineficiente. A Tabela 5.2 fornece os referenciais que atuam nos terminais que são ineficientes tecnicamente. Como a soma dos pesos virtuais de cada DMU é igual a 1 (um) e, pela similaridade entre as unidades, observa-se o índice de influência dos terminais referenciais nos terminais ineficientes.

Tabela 5.2 - Referenciais dos terminais de carga geral ineficientes.

Terminais	BT	CB	FI	SA	NS
BT	1	0	0	0	0
CB	0	1	0	0	0
DE	0	0,0991	0,0511	0	0,8498
EC	0,0460	0,9540	0	0	0
EM	0,4305	0,2858	0,2837	0	0
FI	0	0	1	0	0
LI	0,3483	0,6517	0	0	0
SA	0	0	0	1	0
NS	0	0	0	0	1
RO	0,0230	0,2826	0,6944	0	0

Nos resultados, verifica-se, por exemplo, que o terminal NS exerce maior influência na unidade DE, enquanto que o *benchmark* FI contribuiu mais na composição do referencial do RO. As unidades LI e EC possuem maior participação do terminal CB na construção do referencial. Cabe salientar que o modelo mostra uma limitação, pois o terminal LI deveria ter uma participação maior do terminal BT, já que tem características dos grandes terminais de contêineres e compete com os terminais BT e

SA, além de EM – este tem maior referencial baseado em BT. O modelo poderia ser complementado com outros fatores considerados na análise qualitativa deste trabalho.

O terminal CB se mostrou como principal referencial no modelo clássico BCC proposto. Mas avaliando os dados da Tabela 5.1, ele não foi o mais eficiente na análise exploratória, teve um índice muito baixo na avaliação da minimização de resíduos. No modelo clássico se atribuiu aproximadamente 81% do peso na variável atracação. Para contornar esse cenário, será adotada a restrição aos pesos.

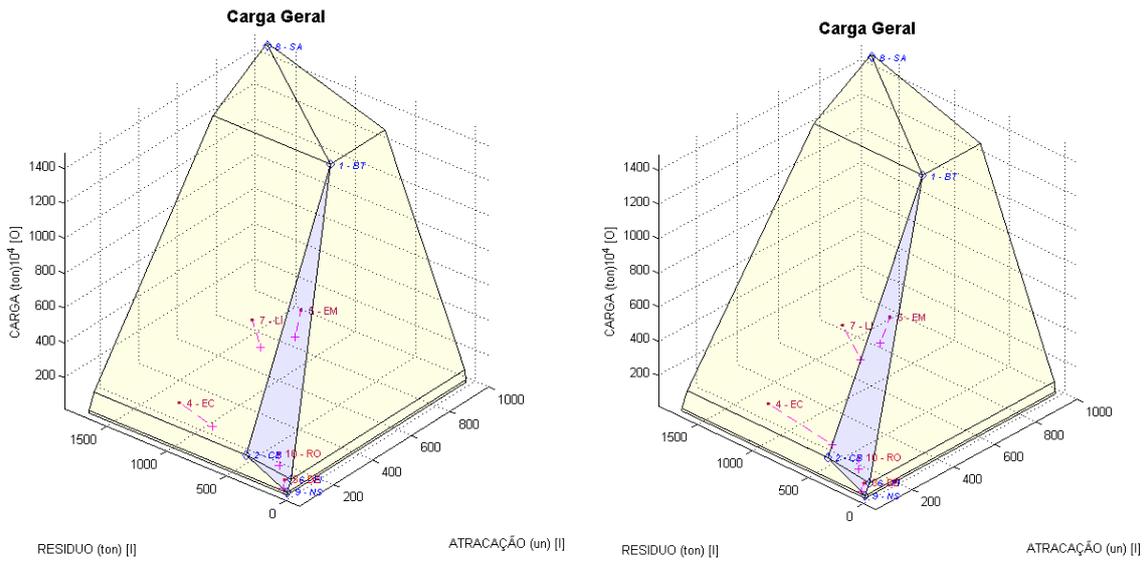
O terminal SA mesmo sendo eficiente, não foi referencial para nenhuma outra unidade. Ele faz parte da face Pareto-eficiente formada, conforme pode ser visto na Figura 5.16 a seguir, e está em um segmento de reta que também é face, mas não tem dimensão completa. Esta pode ser a razão dele não ser referencial para nenhuma DMU ineficiente, já que opera numa escala mais elevada.

Análise gráfica

A análise gráfica é uma interessante ferramenta para interpretar e visualizar as variáveis do modelo. O *software* IDEAL é o único programa com capacidade de formar uma fronteira tridimensional de produtividade.

Uma particularidade dos modelos clássicos na avaliação tridimensional é que as DMUs atestadas como eficientes com três variáveis, se mantêm eficientes quando se adicionam outras variáveis.

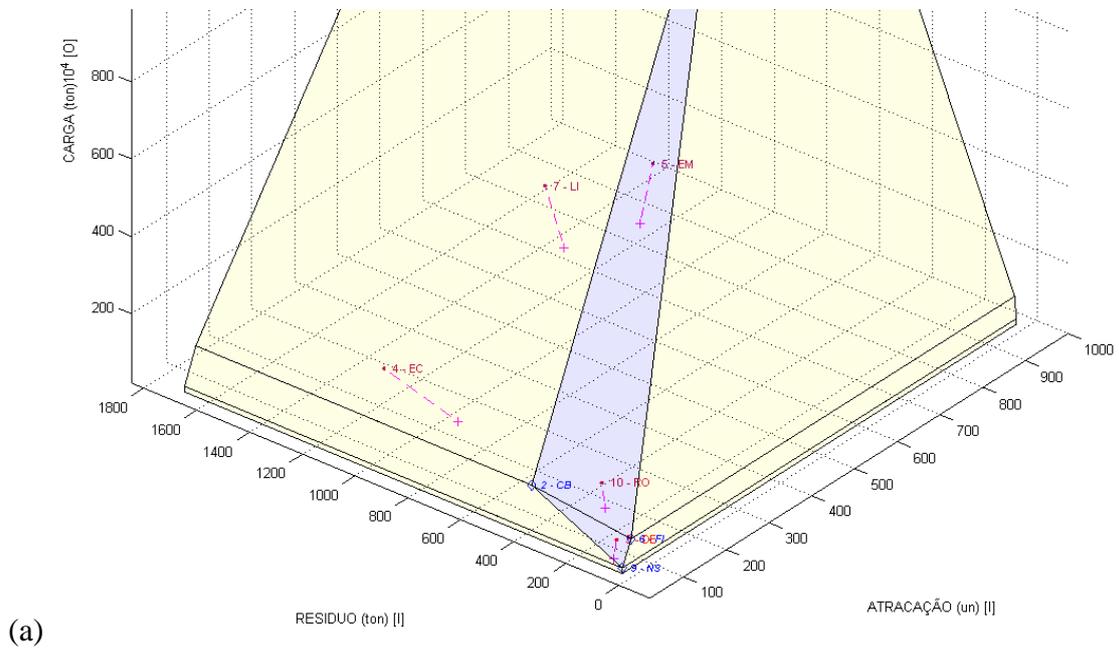
As Figura 5.16 e Figura 5.17 mostram os dois *inputs* “Atracação” e “Resíduos” com o *output* “Carga”, no modelo BCC orientado a *input*. De acordo com o resultado, o gráfico gerou fronteiras com regiões de propriedades diferentes. Foi formada uma face que atende às condições de eficiência denominadas região Pareto-Koopmans eficiente. Também é observada a região não eficiente ou fracamente eficiente, onde a projeção radial das DMUs ineficientes apresenta folgas diferentes de zero no *input*. As faces Pareto-eficientes têm seus vértices formados pelos *benchmarks*, unidades que se tornaram referenciais para as DMUs ineficientes.



(a) Projecção radial

(b) Projecção Pareto-eficiente

Figura 5.16 - Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: a) projecção radial; b) projecção Pareto-eficiente.



(a)

Figura 5.17- Detalhe dos gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: (a) projecção radial; (b) projecção Pareto-eficiente.

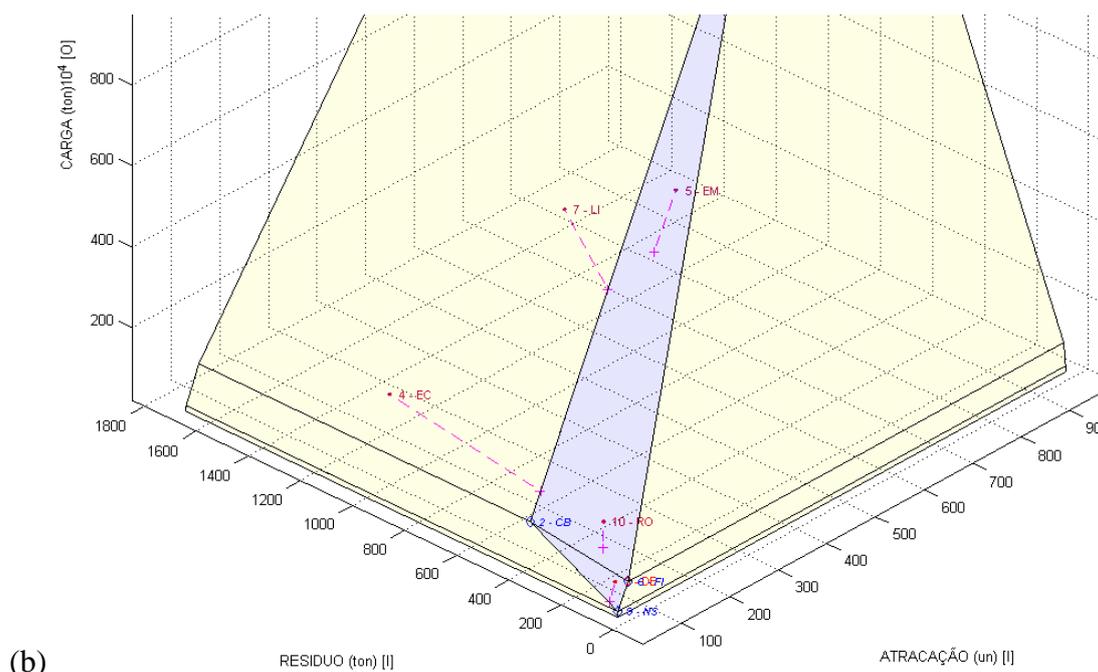


Figura 5.17- Final.

Foi obtida a resposta de projeção radial na fronteira (Figura 5.17 (a)), seus alvos (metas) e suas folgas para chegar a ser um Pareto-Koopmans eficiente, Figura 5.17 (b). Os gráficos ilustram as folgas existentes para as DMUs, EC e LI, que estão projetadas na região Pareto-ineficiente. Os resultados quantitativos estão dispostos na Tabela 5.3.

Para se chegar à região Pareto-eficiente, tende-se a reduzir radialmente os dois *inputs*, quando um deles reduz até o limite de não conseguir diminuir mais, pois teria que alterar o *output*, ele apresenta folga nessa variável que ainda não chegou na fronteira Pareto-eficiente.

Tabela 5.3 - Resultados de projeções dos terminais de carga geral ineficientes.

DMU	Atracção (un)		Resíduos (ton)			
	efetivo	alvo	efetivo	radial	folga	alvo
DE	97	53	134	73	-	73
EC	153	103	1106	746	313	433
EM	484	339	623	437	-	437
LI	409	289	910	643	122	521
RO	141	88	261	164	-	164

As DMUs EC e LI ainda têm folga no resíduo, pode reduzir mais ainda para estar na Pareto-Koopman. De fato, foi mencionado anteriormente que EC apresentava

restrições na movimentação de carga, mas mantinha operações que geravam resíduos sem adequada segregação. Assim como LI que apresentou um quantitativo expressivo de resíduos misturados, destinados diretamente para aterro sanitário.

Restrição aos pesos virtuais

Os pesos virtuais são valores relativos estabelecidos para cada DMU avaliada e fornecem a melhor medida para manter o sistema de produção viável para as demais DMUs. As restrições aos pesos permitem incorporar escolhas gerenciais em relação ao nível de importância relativo dos diferentes *inputs* e *outputs*.

O superintendente de meio ambiente da Companhia Docas do Rio de Janeiro entrevistado salientou que o objetivo de uma operação portuária eficiente do ponto de vista da gestão de resíduos é sempre a minimização da geração dos resíduos. Embora essa redução deva ser planejada dentro de uma lógica financeira e ambiental.

Como o modelo proposto na 2ª etapa tem como variáveis para minimização a atracação e os resíduos, e os resultados do modelo clássico apresentaram um peso virtual muito maior para a variável atracação, foi sugerida a restrição visando uma maior importância na variável resíduo.

Uma reflexão a ser feita é que ao reduzir a quantidade de navios para movimentar a mesma quantidade de carga, essa embarcação deve ser tão maior que atenda à demanda. Embarcações maiores precisam de dragagem de aprofundamento para realizar suas operações em determinado porto/terminal. Esses aspectos devem ser considerados. Do ponto de vista do terminal, quanto menos atracções para movimentar o mesmo volume de carga, melhor, pois significa pagar menos taxas, menor valores de frete e, conseqüentemente, a eficiência aumenta. Por outro lado, a lógica da autoridade portuária é diferente, quanto mais atracções o porto tiver, melhor.

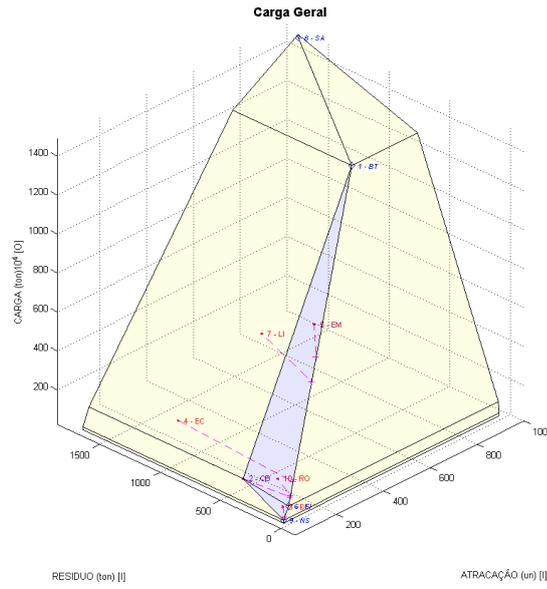
Desta forma, foram realizadas diversas rodadas no modelo impondo diferentes restrições aos pesos virtuais de ‘atracção’ e ‘resíduo’, vislumbrando maior participação da variável resíduo no modelo. De acordo com os resultados, foi verificado que o maior peso virtual imposto ao resíduo, que resultasse em uma resposta viável, foi que tivesse 47,6%, ou seja, uma relação em que o peso da atracção tenha aproximadamente 10% a mais do que o peso virtual do resíduo.

Os resultados da nova distribuição de pesos em relação aos referenciais estão dispostos na Tabela 5.4. Pode-se verificar que a unidade CB deixou de ser um *benchmark*, tendo agora o terminal FI a sua maior referência na projeção da fronteira de eficiência. Essa observação havia sido comentada anteriormente na discussão dos resultados do modelo clássico, pois na análise exploratória essa DMU havia apresentado um índice muito baixo para minimização dos resíduos, e quando se restringiu a importância da atracção, passou a ser projetado na região Pareto-ineficiente. Os terminais que tinham maior referencial no CB na fronteira clássica, agora assumiram o terminal FI como referência.

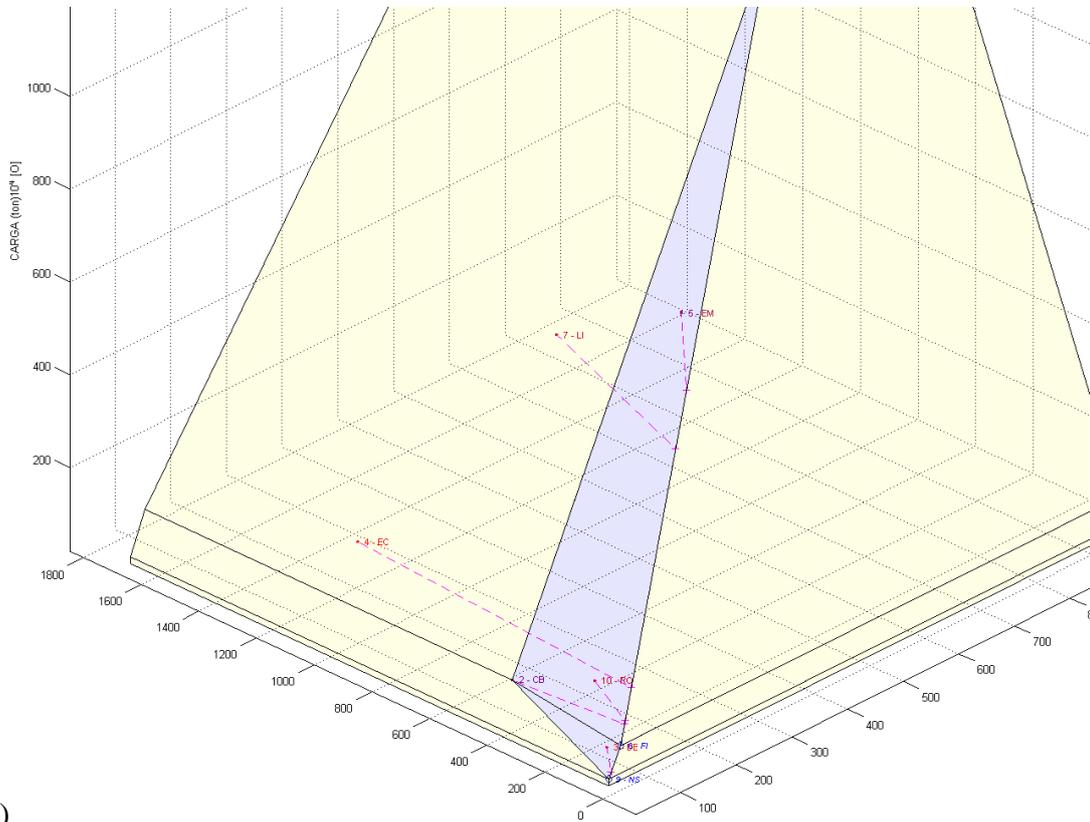
Tabela 5.4 - Novos referenciais impostos pela restrição aos pesos.

Terminais	BT	FI	SA	NS
BT	1	0	0	0
CB	0,0263	0,974	0	0
DE	0	0,206	0	0,794
EC	0,071	0,929	0	0
EM	0,438	0,562	0	0
FI	0	1	0	0
LI	0,365	0,635	0	0
SA	0	0	1	0
NS	0	0	0	1
RO	0,030	0,970	0	0

A Figura 5.18 mostra o novo comportamento das DMUs após a restrição aos pesos, em visão geral e em detalhes. A fronteira não é refeita com restrição aos pesos, as faces ficam as mesmas. Como a fronteira formada foi a clássica, ele não refaz a fronteira. O gráfico serve para apoiar a análise e pode ser vista a projeção das DMUs que não são mais eficientes, o caminho que precisa percorrer para alcançar a região Pareto-eficiente.



(a)



(b)

Figura 5.18 - Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – carga geral – modelo BCC – projeção Pareto-eficiente, com restrição aos pesos virtuais: (a) visão geral; (b) zoom da visão geral; (c) detalhe com zoom maior.

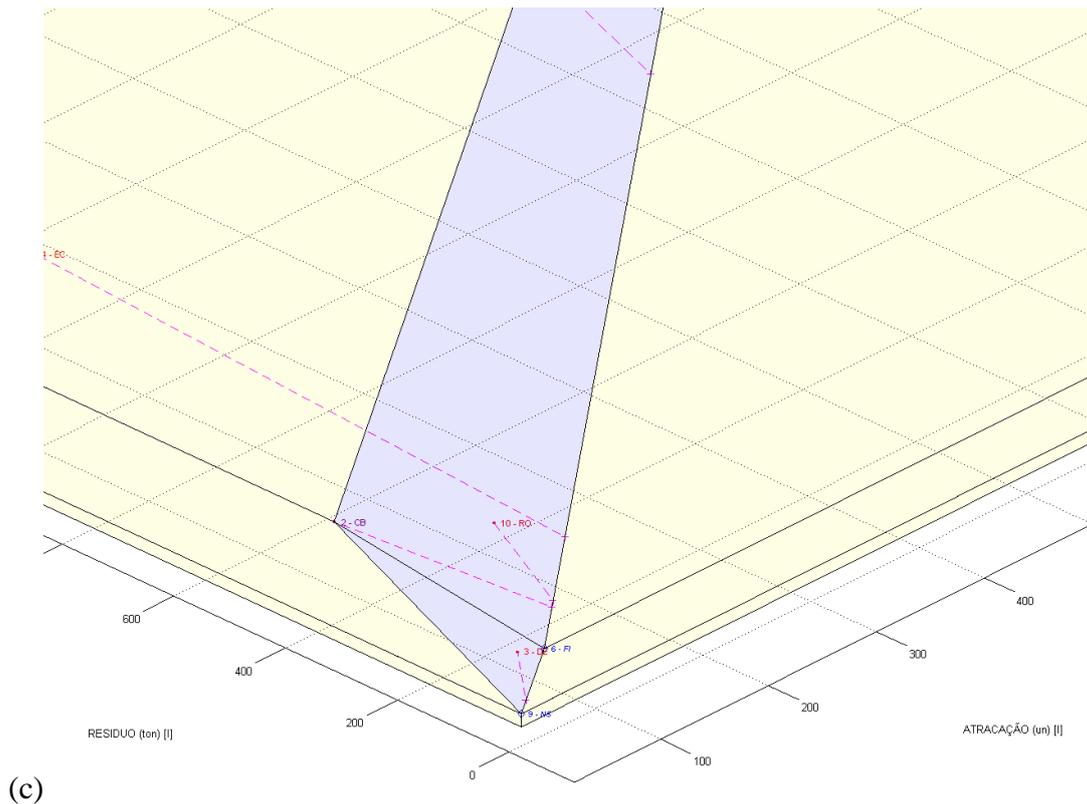


Figura 5.18 - Final.

A resposta das novas eficiências e as reduções comparativas do modelo clássico com o modelo com restrição aos pesos está na Tabela 5.5. Observa-se uma diminuição nos índices de eficiência na maior parte das DMUs. Isso ocorre, pois no modelo clássico foi conveniente apoiar peso maior na atracação. Os terminais que continuam como *benchmarks* são os terminais BT, FI, SA e NS. Somente o CB deixou de ser eficiente, e apresentou diferente dos demais, um aumento na quantidade de atracação para se tornar eficiente. As demais unidades tiveram uma discreta redução na quantidade de atracações e uma significativa diminuição da tonelada de resíduos gerados para se tornarem eficientes.

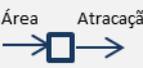
Tabela 5.5 - Resultados de eficiência e de redução das variáveis com a restrição aos pesos.

DMU	Eficiências		Atracação (un)		Resíduos (ton)	
	Clássico	Restrição	redução-Clássico	redução-Restrição	redução-Clássico	redução-Restrição
BT	100%	100%	-	-	-	-
CB	100%	70%	-	+(15)	-	361
DE	54%	42%	44	43	61	98
EC	68%	44%	50	35	673	1017

DMU	Eficiências		Atracação (un)		Resíduos (ton)	
	Clássico	Restrição	redução-Clássico	redução-Restrição	redução-Clássico	redução-Restrição
EM	70%	63%	145	140	186	289
FI	100%	100%	-		-	-
LI	71%	53%	120	110	390	625
SA	100%	100%	-	-	-	-
NS	100%	100%	-	-	-	-
RO	63%	46%	53	48	97	199

A análise da modelagem proposta em duas etapas está apresentada na Tabela 5.6, onde se verifica que, dos quatro terminais *benchmarks* da etapa 2 com restrição, um deles não se encontra na fronteira de eficiência na etapa 1. Assim, os terminais que se situam na região Pareto-eficiente nas etapas propostas do modelo foram BT, SA e FI, resultado esse corroborado com o que foi encontrado inicialmente. Esses terminais apresentam excelência na eficiência operacional da gestão dos resíduos, pois, no modelo de produção, continuam na fronteira de eficiência mesmo minimizando a geração e são referenciais para os demais terminais que precisam reduzir a geração dos seus resíduos para atingir excelência operacional na gestão de resíduos sólidos, além de diminuir a quantidade de atracação.

Tabela 5.6 - Resultado final do modelo proposto em duas etapas – terminais carga geral.

DMU	ETAPA 1 orientação <i>output</i>	ETAPA 2 orientação <i>input</i> com restrição
		
BT	100%	100%
FI	100%	100%
SA	100%	100%
NS	47%	100%
LI	100%	53%
CB	25%	70%
EM	60%	63%
RO	69%	46%
EC	38%	44%
DE	31%	42%

O modelo mostra que os terminais podem apurar seu desempenho, pois, mesmo com restrição, outras unidades operam em condições semelhantes e apresentam melhor desempenho. Na 1ª etapa, verifica-se quais terminais têm possibilidade de incrementar a movimentação de carga para a mesma área operacional disponível, enquanto que na 2ª etapa, observam-se as unidades que melhorariam o desempenho com investimento em treinamentos e capacitação dos trabalhadores para explicar a importância da não geração de resíduos e aprimorar o gerenciamento dos resíduos portuários gerados em suas áreas operacionais.

O modelo tem suas limitações e pode ser melhorado complementando com outros fatores que não foram considerados, seja por não serem quantificáveis, ou porque os dados não estão disponíveis. As unidades são comparáveis e a diferença de eficiência em algumas delas é significativa. A influência dos fatores que impactam a quantidade de atracação contemplados no mapa conceitual (Figura 4.11) da análise qualitativa e a verificação do comportamento do modelo no tocante à gestão dos resíduos sólidos merece maior investigação.

5.3.2 Granel sólido

A Tabela 5.7 apresenta os resultados de eficiência para o *cluster* granel sólido para etapa 2, com o ordenamento (*ranking*) e os pesos virtuais do modelo dos multiplicadores, bem como as respostas da etapa 1 e da análise exploratória.

Tabela 5.7 - Resultados de eficiência etapas 1 e 2 – granel sólido.

Resultados de eficiência – <i>cluster</i> Granel Sólido - modelo BCC						
DMU	ETAPA 1 - orientação <i>output</i>	Análise Exploratória da Etapa 2 - orientação <i>input</i>		ETAPA 2 - orientação <i>input</i>		
				modelo clássico	Pesos Virtuais	
					Atracação	Resíduos
CT	49%	43%	100%	99%	0	1
AD	72%	77%	24%	91%	0,9587	0,0413
BG	19%	100%	12%	100%	1	0
CA	43%	79%	13%	92%	0,9137	0,0863
LD	38%	79%	15%	85%	0,9017	0,0983
RM	100%	100%	100%	100%	1	0
TE	46%	100%	3%	100%	0,8373	0,1627
TX	46%	51%	2%	51%	1	0
TM	26%	49%	19%	57%	0,9541	0,0459
TA	100%	53%	75%	75%	0	1
TG	52%	100%	100%	100%	0,9915	0,009
TO	53%	100%	6%	100%	0,7737	0,226
PE	23%	84%	100%	100%	0,7526	0,247
CE	100%	100%	98%	100%	0,9693	0,031

A tabela mostra que dois terminais são *benchmarks* nas duas etapas, RM e CE, o primeiro é um grande terminal de açúcar e nos gráficos bidimensionais da análise exploratória mostra que ele opera numa escala elevada, enquanto que o segundo é um terminal de granel sólido vegetal e opera em escala pequena. Além disso, a tabela indica que metade dos terminais que não foram eficientes na etapa 1 se mostraram eficientes na 2ª etapa.

Diferente dos resultados dos terminais de contêineres, duas DMUs apoiaram seus pesos virtuais 100% nos resíduos, CT e TA, ratificando as respostas da análise exploratória que mostra uma eficiência maior dessas duas unidades na variável resíduo, em detrimento da atracação. Os outros terminais apoiaram oportunamente os pesos na variável atracação. Será aplicada *a posteriori* a restrição aos pesos para avaliar o comportamento das DMUs.

Os terminais BG e PE foram os mais ineficientes na 1ª etapa, no entanto se situam na fronteira de eficiência no modelo com três variáveis, apresentando uma capacidade ociosa considerável nas suas áreas operacionais. Enquanto que o terminal TG mostrou

estar na fronteira Pareto-eficiente na etapa 2, e nas fronteiras de eficiência na análise exploratória, mas em se tratando da etapa 1, mostrou uma baixa eficiência em virtude de tratar-se do maior terminal de granel sólido da América Latina operando abaixo da capacidade, conforme já mencionado.

A unidade TE se mostrou ineficiente na etapa 1, e o que deve ter diminuído sua produtividade de atracação pode ter sido o impacto na capacidade de armazenagem do terminal com o incêndio de um dos seus armazéns. Apesar de se situar na região eficiente na etapa 2, apresentou uma baixíssima eficiência para a variável resíduos na análise exploratória, uma vez que a geração de resíduos estava muito acentuada, com metade da quantidade de resíduos do inventário sendo destinados a aterro sanitário. Essa situação ilustra que é preciso adequação nos equipamentos para minimizar perda de carga durante a movimentação de carga. Para contornar essa situação, será verificado o comportamento dessa DMU com a restrição aos pesos virtuais.

O comportamento do terminal TO se assemelha ao TE, sendo *benchmark* na etapa 2, mesmo apresentando uma geração de resíduos expressiva, que o deixou com 6% de eficiência na análise exploratória de resíduos.

Já foi citado anteriormente que o terminal TX apresenta elevada geração de resíduos provenientes, em parte, da queda de carga durante a transferência dos produtos. O terminal TX mostrou nos dados do inventário um volume correspondente a 46% de todos os resíduos, nos primeiros meses do ano, o que provavelmente tem relação com o incêndio que destruiu um armazém do terminal TE, pois eles são controlados pela mesma empresa.

Os demais terminais (AD, CA, LD, TX e TM) não foram *benchmark* em nenhuma combinação, sendo que desses, as unidades TX e TM são as mais ineficientes em se tratando da 2ª etapa do modelo. O terminal TM que movimenta granel sólido inorgânico, como fertilizante, tem dependência direta com o agronegócio e é impactado diretamente pela baixa produtividade das lavouras de soja, milho e açúcar. Já o terminal TX que se mostrou o mais ineficiente na análise exploratória para resíduos, apresenta uma elevada geração de resíduos provenientes, em parte, da queda de carga durante a transferência dos produtos.

A seguir, a Tabela 5.8 apresenta informações pertinentes sobre a identificação da composição de referencial dos *benchmarks* para cada uma das DMUs ineficientes.

Tabela 5.8 - Referenciais dos terminais de granel sólido ineficientes.

Terminais	BG	RM	TE	TG	TO	PE	CE
CT	0	0	0	0,0647	0	0,9353	0
AD	0	0	0	0,6135	0,2582	0	0,1282
BG	0	0	0	0	0	0	1
CA	0	0	0	0,2427	0,3678	0	0,3894
LD	0	0	0	0,0493	0,1887	0	0,7620
RM	0	1	0	0	0	0	0
TE	0	0	1	0	0	0	0
TX	0	0	0	0	0,5605	0	0,4395
TM	0	0	0	0,1488	0,0896	0	0,7615
TA	0	0	0	0,2006	0	0,7994	0
TG	0	0	0	1	0	0	0
TO	0	0	0	0	1	0	0
PE	0	0	0	0	0	1	0
CE	0	0	0	0	0	0	1

Uma situação peculiar foi que a unidade BG, que se mostrou eficiente no modelo da 2ª etapa, não é referencial para nenhuma outra DMU e nem para ela mesma, tendo o terminal CE como referencial.

O terminal PE tem maior influência nas DMUs CT e TA, enquanto a unidade CE exerce maior atuação nos terminais LD e TM. Aqui a discriminação poderia ser mais bem aferida, pois o terminal PE opera com granel sólido mineral e é referência para terminais que trabalham com granel de origem vegetal. A complementação do modelo considerando o tipo de equipamento, por exemplo, poderia ajustar os resultados.

Os terminais RM e CE estão na fronteira Pareto-eficiente, mas não são referenciais para nenhuma outra DMU. A Figura 5.19 mostra o terminal RM em um segmento de reta que é face, embora não apresente dimensão completa.

Análise gráfica

A análise gráfica tridimensional da Figura 5.19 mostra os dois *inputs* “Atracação” e “Resíduos” com o *output* “Carga”, no modelo BCC orientado a *input*. O gráfico apresenta algumas faces geradas na região Pareto-Koopmans eficiente e outra em região não eficiente. As faces Pareto-eficientes têm seus vértices formados pelos *benchmarks* e a região com fraca eficiência, tem a projeção radial das DMUs ineficientes apresentando folgas diferentes de zero no *input*.

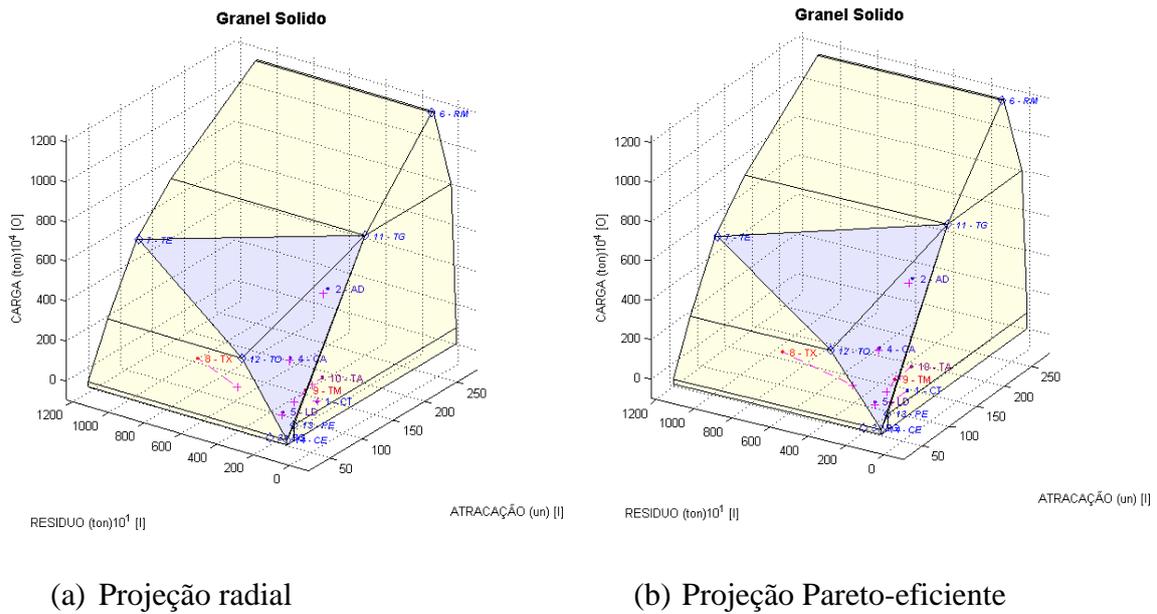


Figura 5.19 - Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: a) projecção radial; b) projecção Pareto-eficiente.

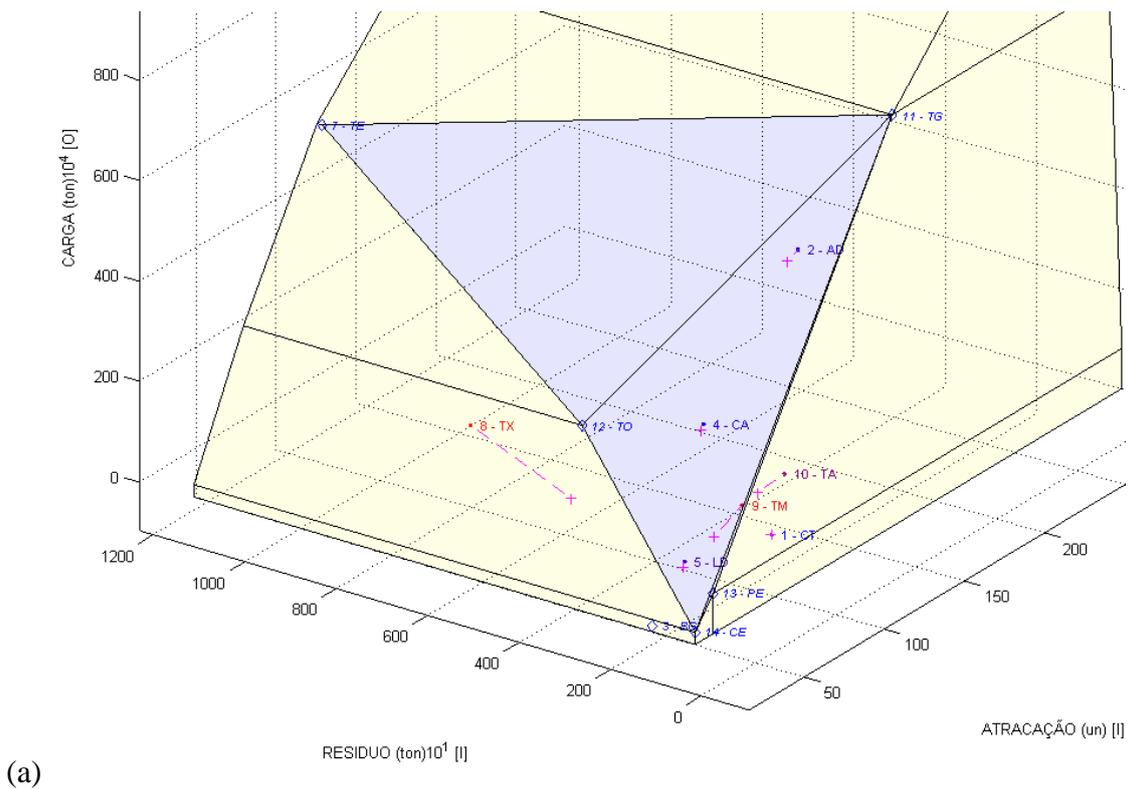


Figura 5.20 - Detalhe dos gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência – modelo BCC clássico: (a) e (b) projecção radial; (c) e (d) projecção Pareto-eficiente.

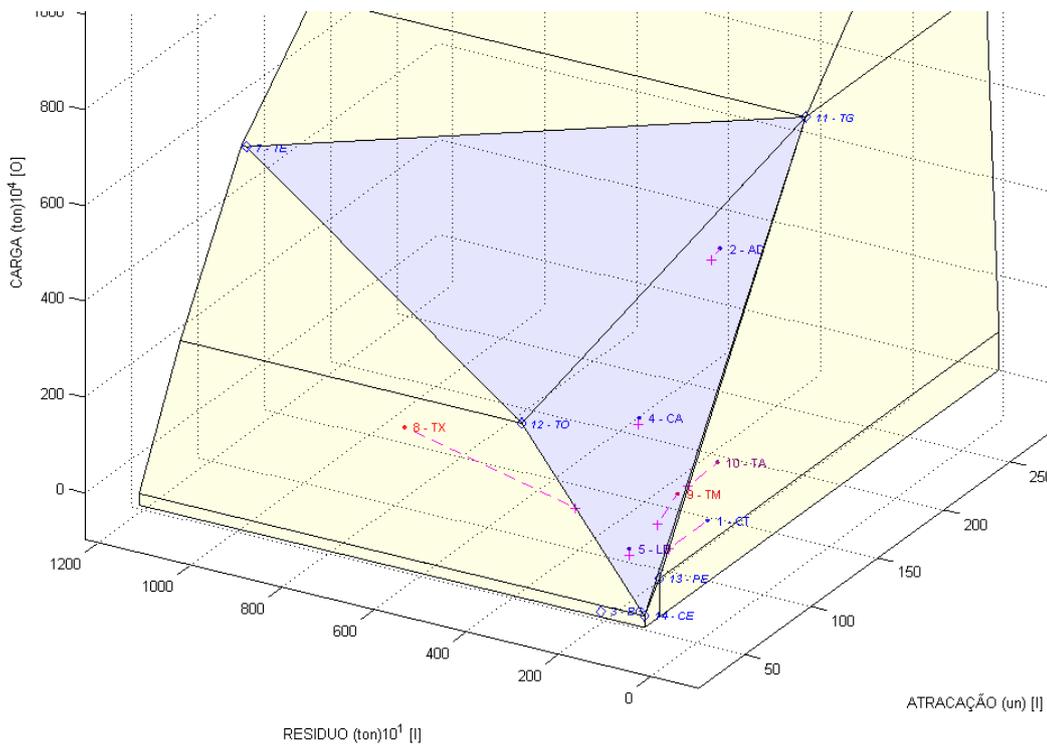
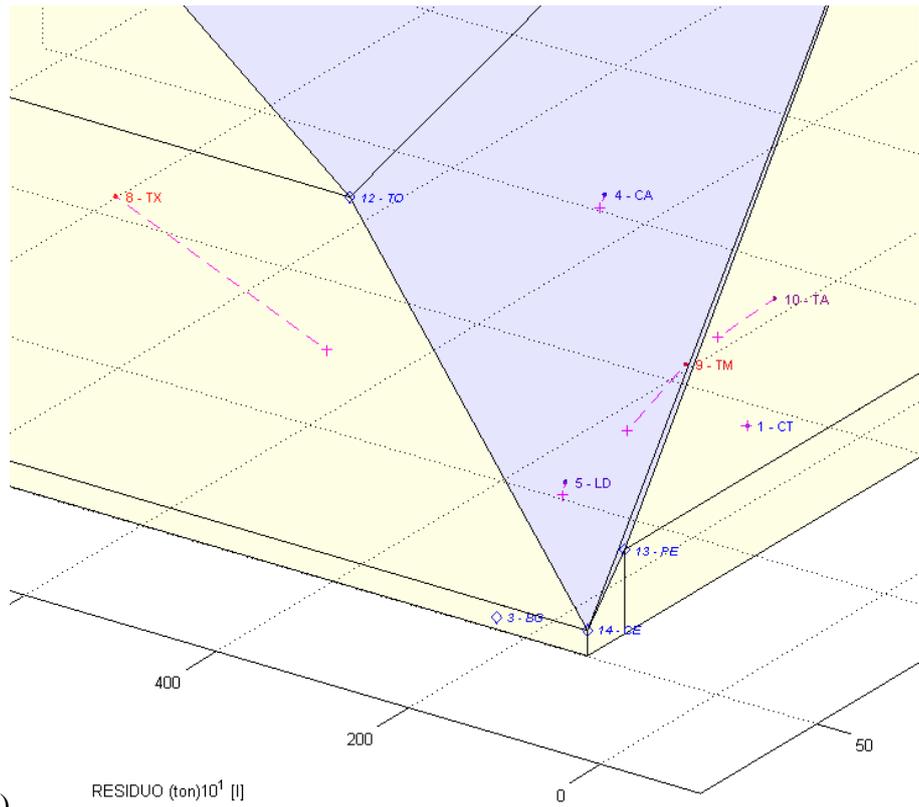


Figura 5.20 - Continuação.

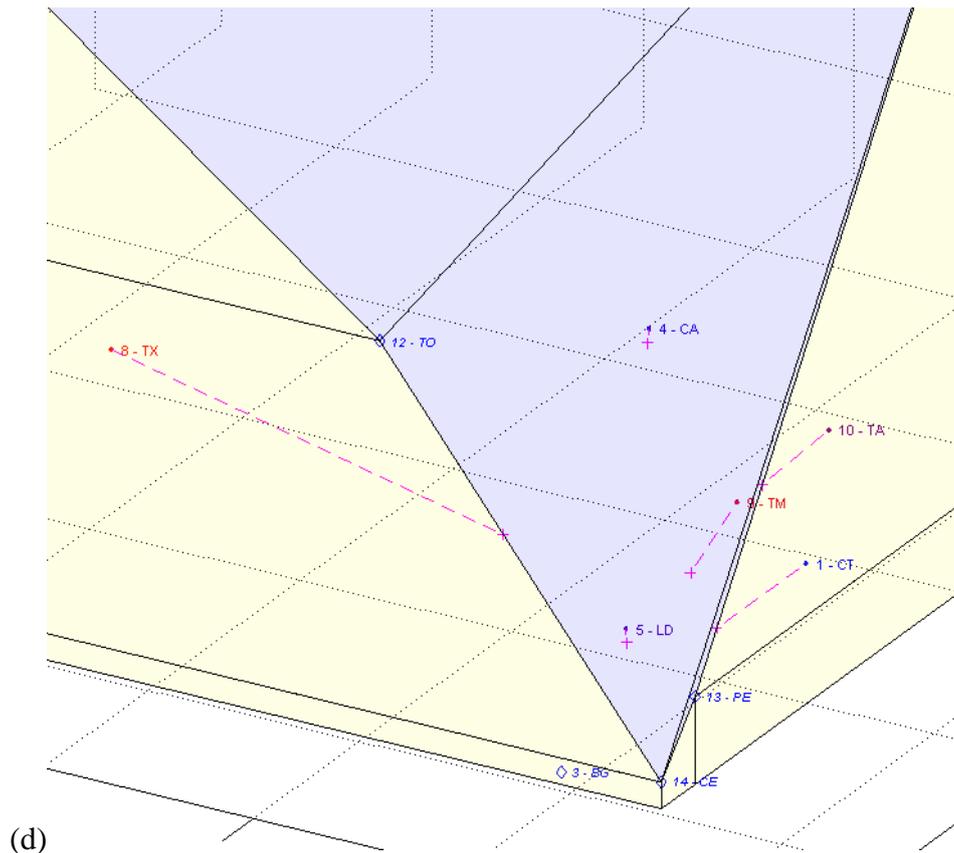


Figura 5.20 - Final.

As projeções da Figura 5.20 (a) a (d) ilustram os resultados obtidos da projeção radial na fronteira, seus alvos (metas) e suas folgas para chegar a ser um Pareto-Koopmans eficiente. Os resultados quantitativos estão dispostos na Tabela 5.9. Nos gráficos podem ser vistas as folgas existentes para as DMUs, CT, TX e TA que estão projetadas na região Pareto-ineficiente.

Tabela 5.9 - Resultados de projeções dos terminais de granel sólido ineficientes.

DMU	Atracção(un)				Resíduos (ton) 10 ¹			
	efetivo	radial	folga	Alvo	efetivo	radial	folga	alvo
CT	63	63	29	34	147	15	-	15
AD	114	103	-	103	1348	122	-	122
CA	63	58	-	58	1634	151	-	151
LD	32	27	-	27	958	82	-	82
TX	63	32	-	32	6732	346	133	213
TM	65	37	-	37	858	49	-	49
TA	74	55	5	50	247	19	-	19

As unidades CT e TA apresentam folga na atracação, ou seja, elas podem reduzir mais ainda esse quantitativo para chegar a ser uma unidade Pareto-Koopman. Esse resultado pode ser devido a eles terem mais dificuldade de reduzir a atracação, o TA é um dos que movimenta granel sólido vegetal e animal e suas operações não são realizadas em equipamentos modernos, assim como o CT, que trabalha com granel de origem vegetal e com granel líquido orgânico em instalações antigas. A produtividade deles é mais acentuada na quantidade de navios e, para melhorar desempenho, deve ser avaliado o ganho operacional com a substituição de equipamentos para aumentar a quantidade de carga movimentada por atracação.

A DMU TX tem folga no resíduo, que representa a redução necessária para chegar na região eficiente. De fato, esse terminal apresentou a menor eficiência na análise exploratória no tocante à minimização de resíduos. O que mostra que ele deve investir em conscientização e capacitação de pessoal, além da modernização de suas operações para diminuir a geração de resíduos.

Restrição aos pesos virtuais

Conforme abordado anteriormente, a partir da opinião do especialista foi adotada a restrição aos pesos virtuais para equiparar melhor a importância das variáveis atracação e resíduos. Foi adotada a mesma relação de que o peso virtual de atracação tenha mais que 10% do peso virtual dos resíduos.

Os resultados da nova distribuição de pesos em relação aos referenciais estão dispostos na Tabela 5.10. Os terminais BG, TE e TO não são mais *benchmarks*, e nessa nova configuração o terminal CE assumiu a posição de maior referência na projeção da fronteira de eficiência das DMUs ineficientes. Essas três unidades apresentaram eficiências baixas na redução de resíduos na análise exploratória e ao se restringir o peso, se projetaram na região Pareto-ineficiente.

Tabela 5.10 – Novos referenciais impostos pela restrição aos pesos.

Terminais	RM	TG	PE	CE
CT	0	0,0647	0,9353	0
AD	0	0,676	0,3239	0
BG	0	0	0	1
CA	0	0,3652	0	0,6348
LD	0	0,1121	0	0,8879
RM	1	0	0	0

Terminais	RM	TG	PE	CE
TE	0	0,7408	0	0,2592
TX	0	0,1867	0	0,8133
TM	0	0,114505	0,8855	0
TA	0	0,2006	0,7994	0
TG	0	1	0	0
TO	0	0,333102	0	0,666898
PE	0	0	1	0
CE	0	0	0	1

O novo comportamento das DMUs com imposição da restrição aos pesos pode ser visto na Figura 5.21, em visão geral e em detalhes. O gráfico apoia a análise e ilustra a projeção das DMUs na região Pareto-eficiente. Cabe ressaltar que a fronteira clássica formada e apresentada nas figuras anteriores não é refeita com a restrição aos pesos, as faces ficam as mesmas.

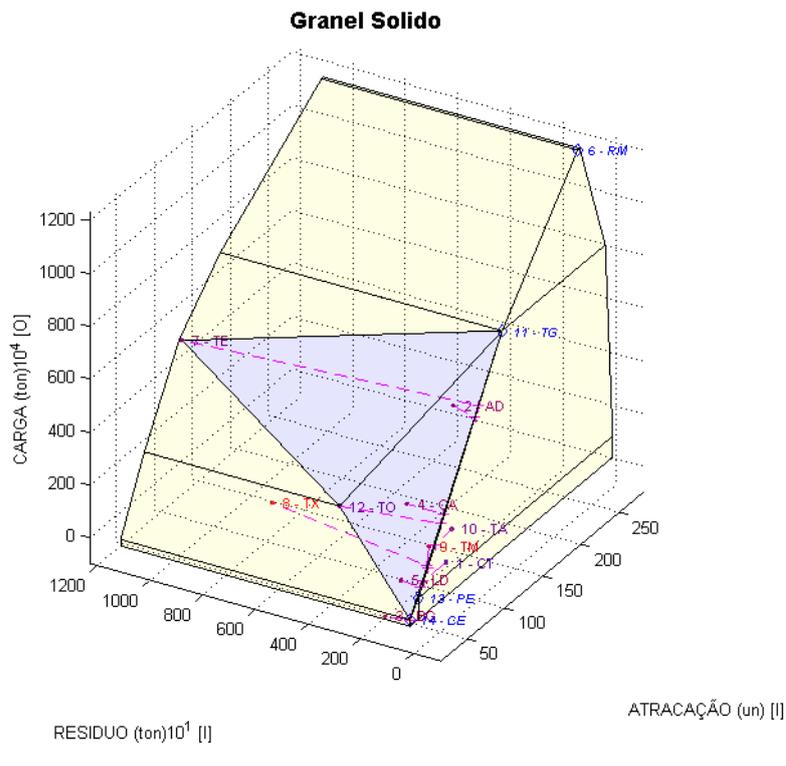


Figura 5.21 - Gráficos tridimensionais das fronteiras de eficiência - granel sólido - modelo BCC - projeção Pareto-eficiente, com restrição aos pesos virtuais: (a) visão geral; (b) zoom da visão geral; (c) detalhe com zoom maior

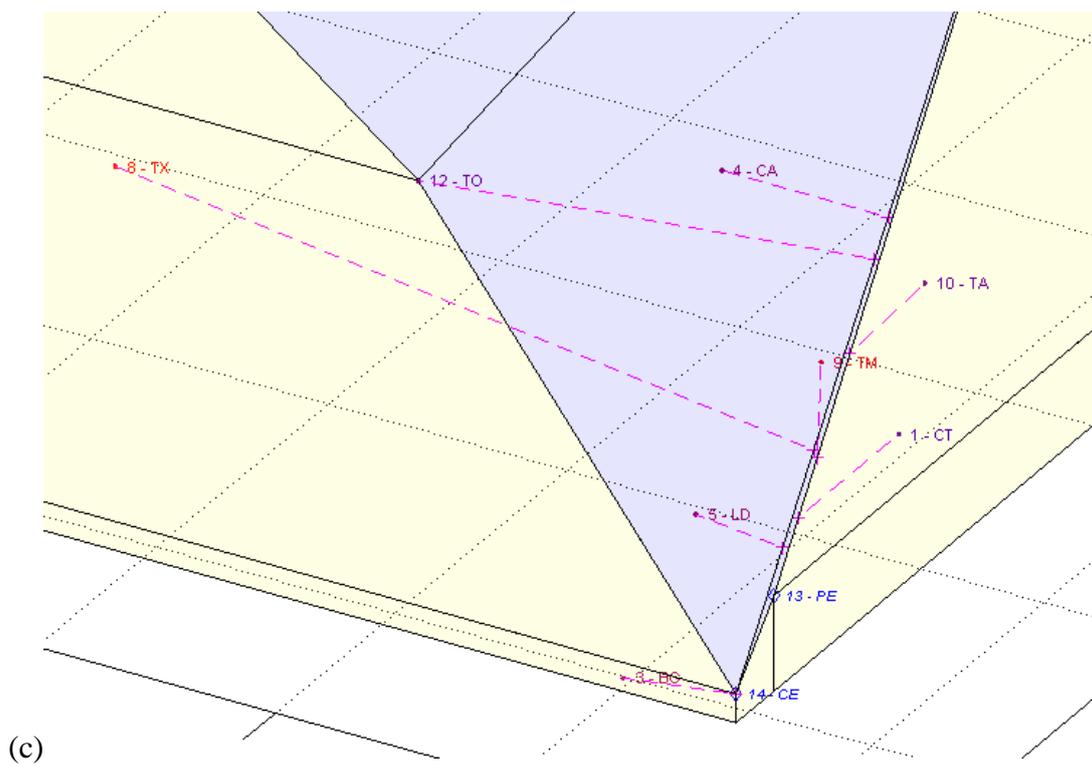
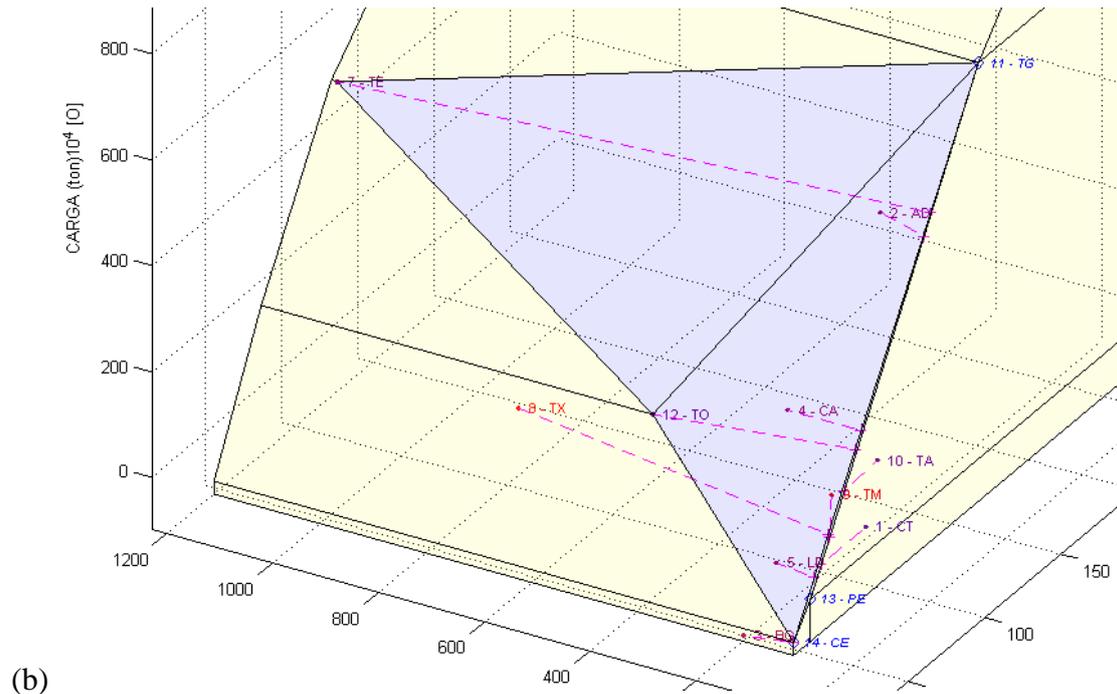


Figura 5.21 - Final.

As novas eficiências e as reduções comparativas do modelo clássico com o modelo com restrição aos pesos Pareto-eficiente podem ser vistas na os para se tornarem eficientes.

Tabela 5.11. A diminuição nos índices de eficiência ocorreu na maior parte das DMUs. Os terminais que continuam como *benchmarks* são: RM, TG, PE e CE. Dois dos terminais que deixaram de ser eficientes apresentaram um aumento na quantidade de atracação para ser tornar eficiente. As demais unidades tiveram uma discreta redução na quantidade de atracações e uma significativa diminuição da tonelagem de resíduos gerados para se tornarem eficientes.

Tabela 5.11 - Resultados de eficiência e de redução das variáveis com a restrição aos pesos.

DMU	Eficiências		Atracação (un)		Resíduos (ton)10 ¹	
	Clássico	Restrição	redução-clássico	redução-restrição	redução-clássico	redução-restrição
CT	99%	77%	29	29	132	132
AD	91%	60%	11	7	1226	1317
BG	100%	58%	-	6	-	1065
CA	92%	59%	5	26	1483	1611
LD	85%	57%	5	2	876	942
RM	100%	100%	-	-	-	-
TE	100%	65%	-	(-20)	-	10967
TX	51%	34%	31	24	6519	6713
TM	57%	41%	28	25	809	842
TA	75%	71%	24	24	229	229
TG	100%	100%	-	-	-	-
TO	100%	70%	-	(-13)	-	3672
PE	100%	100%	-	-	-	-
CE	100%	100%	-	-	-	-

A modelagem proposta em duas etapas tem seus resultados finais apresentados na Figura 5.16. Verifica-se que dos quatro terminais *benchmarks* da etapa 2 com restrição aos pesos virtuais, somente dois deles estão também na fronteira de eficiência na etapa 1, RM e CE. Os resultados iniciais apontaram esse mesmo desfecho. São terminais bem distintos entre si, um operando com grandes quantidades de açúcar e o outro opera graneis sólidos vegetais, mas ambos apresentam eficiência operacional na gestão dos resíduos.

Tabela 5.12 - Resultado final do modelo proposto em duas etapas – terminais carga geral.

DMU	ETAPA 1 orientação <i>output</i>	ETAPA 2 orientação <i>input</i> com restrição
		
RM	100%	100%
CE	100%	100%
TG	52%	100%
PE	23%	100%
TA	100%	71%
CT	49%	77%
AD	72%	60%
TO	53%	70%
TE	46%	65%
BG	19%	58%
CA	43%	59%
LD	38%	57%
TX	46%	34%
TM	26%	41%

Capítulo 6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Este capítulo apresenta as considerações finais e as conclusões da pesquisa, além de trazer as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Considerações finais

Uma gestão de resíduos sólidos eficiente atende à prioridade recomendada na PNRS, ou seja, a minimização da geração dos resíduos. Com base nesse conceito, foi utilizado o modelo BCC para análise dos resultados. Fazendo uso do mapa conceitual, definiram-se as variáveis do modelo DEA para determinação dos *benchmarks* e a estratégia do modelo global em etapas. O método DEA é uma potencial ferramenta para avaliar a eficiência técnica operacional na gestão dos resíduos portuários para auxílio aos tomadores de decisão. A característica principal reside na entrada de insumos e produtos que permita a comparação dos terminais que tenham recursos e tamanhos diferentes e também em atestar quais são as unidades mais produtivas para estabelecer metas distintas para cada um, baseado em suas reais capacidades.

O modelo DEA tem duas funções: definir a fronteira da eficiência, que é a combinação linear convexa de todas as unidades que estão operando e permite estabelecer considerações com as unidades que estão sendo observadas; e projeção na fronteira, o alvo da fronteira para uma DMU, tem um paradoxo importante, a perspectiva do regulador que estabelece uma direção, um mesmo critério que é dado pela direção da fronteira, e a perspectiva do gestor da unidade, que não tem a ver com essa direção de projeção.

As análises gráficas para as fronteiras mostraram muita utilidade para melhoria da compreensão, no diálogo entre o analista e os usuários do modelo, pois representam a capacidade de não usar apenas resultados computacionais ou de fórmulas matemáticas. A visualização gráfica facilita a interação entre o modelo e a realidade, entre os analistas teóricos e os especialistas, gestores dos sistemas reais. A abordagem gráfica deste trabalho teve especial participação na verificação da formação das regiões Pareto-eficientes, nas projeções radiais e projeções Pareto, além do entendimento da posição de algumas unidades *benchmarks* nas regiões gráficas.

O método DEA é válido mesmo sem restrição nenhuma, com base na observação de dados concretos. Uma das vantagens é que ele consegue incorporar modelo de

incertezas e permite sensibilidade em relação aos limites de peso que cada unidade vai utilizar, pois se pauta no conceito de microeconomia, onde existem vários pontos de uma função de produção onde são operáveis. Essa característica geométrica da função de produção representa a distribuição de pesos entre *inputs* e *outputs*. Se mudar o ponto de operação, vai mudar o conjunto de pesos ao transitar pela fronteira e se define uma referência. Outra unidade estabelece unidades de pesos para os critérios e seleciona os *benchmarks* via combinação das unidades reais observadas.

O modelo foi aplicado aos dois principais *clusters* dos terminais, de maneira a permitir maior eficácia na avaliação ao comparar unidades DMUs semelhantes. Pois, a comparação de DMUs não homogêneas tem aspectos que são incontroláveis, que inibem e dificultam a identificação de fatores específicos que surgem quando as DMUs são semelhantes.

A utilização das bases de dados e informações disponíveis se mostrou apropriada, com o agrupamento em *clusters* dos terminais para obtenção das metas e indicadores de desempenho, com foco na utilização do método DEA.

6.2 Conclusões

O desenvolvimento do método DEA ao longo do tempo está restrito aos aspectos teóricos, aplicados de posse dos dados, sem interação com os agentes/usuários beneficiados pelo modelo. Os trabalhos encontrados na literatura que tratam de desempenho operacional portuário, se limitam à modelagem DEA e os que lidam com a estruturação de problemas envolvendo o modelo DEA, estão resumidos à seleção de variáveis. Esse quadro evidencia uma defasagem na avaliação de desempenho operacional portuário, ainda baseado em modelos formais.

Diante do exposto e com base no principal objetivo deste trabalho, vislumbrou-se o estabelecimento de uma perspectiva mais ampla e sistêmica, com um modelo multimetodológico, para compreender o contexto no qual opera e saber quais fatores devem ser levados em consideração para proposição de uma efetiva avaliação de eficiência técnica e ambiental de terminais portuários. A observância aos objetivos específicos pretendidos nesta tese está ordenada a seguir.

1- Combinar ferramentas para estruturação de problemas - mapas conceituais e modelo quantitativo - análise envoltória de dados (DEA), para maior eficácia na avaliação de eficiência portuária.

Os mapas conceituais expressam o que as pessoas pensam as expectativas e oportunidades de melhoria, como lidam com a questão. As ideias, o raciocínio causal, a narrativa. Por outro lado, os mapas de processo são simulados formalmente, quantitativamente. São escalas menores, onde circulam informações, documentos, atividades operacionais etc. E os mapas intermediários são mapas de macro processo, uma visão sistêmica do contexto, não restrito a um tipo de variável técnica, a um tipo de gestor. Pode abranger fatores técnicos, econômicos, ambientais e sociais, assim mais comprometido com resultados para a sociedade.

Essa interface entre mapas conceituais e modelos DEA traz uma melhor avaliação do problema. Os mapas conceituais representam a realidade traduzida em modelos mentais, enquanto que o DEA é operacional, mais objetivo e mais restrito na sua avaliação. Assim a combinação entre mapas conceituais e modelo DEA integra teoria e aplicação, os processos operacionais do porto transcendem.

A relevância da incorporação de variáveis de qualidade nos modelos de produção vai além do entendimento apenas quantitativo. O diálogo com o especialista teve papel importante na melhoria dos modelos do ponto de vista metodológico, com seu engajamento ao longo do processo de modelagem. O profissional deve avaliar o resultado em função do seu impacto no ambiente portuário. Nesta pesquisa foi estabelecido o diálogo com alguns especialistas na estruturação do problema, e a definição de limites de restrições de pesos virtuais por um analista portuário, no âmbito operacional de terminais de contêiner e de granel sólidos.

As limitações do modelo DEA podem ser tratadas e justificadas por fatores que estão previstos no mapa conceitual. Foram delimitados os principais fatores quantitativos ausentes, que poderiam ou deveriam estar presentes na formação de indicadores, a saber: tempo de operação; calado máximo permitido para atracação; extensão do cais; quantidade de berços; e capacidade de armazenagem. As incertezas trabalhadas não apenas na precisão dos dados, mas também na ausência de fatores, ajudam a adequar os indicadores da situação real.

2- Avaliar a adoção de mapas conceituais na estruturação de problemas de gerenciamento de resíduos sólidos.

A elaboração do mapa conceitual mostrou ser uma técnica primordial para esse tipo de avaliação, pois organiza e possibilita agregar o pensamento de diferentes especialistas. É um elemento construtivista, abrangente e aberto. Permite expressar as percepções dos agentes e formalizar de alguma forma para ser então reconhecida pelos demais usuários. Facilita e promove uma maior inteligência meta-cognitiva organizacional – compreender o problema, destacar os aspectos mais relevantes e identificar formas para trabalhar e obter o que se deseja (ESTELLITA LINS e NETTO, 2018). O seu uso na abordagem estratégica para a estruturação do problema revelou que o modelo é viável para avaliar terminais portuários, pois a interação do mundo real e o modelo teórico.

A análise qualitativa foi fundamental para mapear todo o processo que abrange o desempenho operacional dos terminais portuários e sua gestão de resíduos sólidos, identificando variáveis e fatores essenciais para a avaliação, mesmo que não sejam mensuráveis ou que não estejam disponíveis em bases de dados públicas.

A validação externa lida com o que não foi contemplado pelo modelo e o mapa conceitual apoia esse processo. Depois da modelagem e dos resultados trabalhados, retorna para a realidade. Alguns aspectos se enquadram na validação externa, como carta/ seminário, onde a visualização é um elemento importante, para apresentar e facilitar a compreensão dos agentes e atores.

3- Avaliar a adesão do inventário de resíduos sólidos como instrumento de monitoramento e controle de gestão de resíduos sólidos.

Um dos pontos relevantes do trabalho é a confiabilidade das bases de dados utilizadas. As fontes eram oficiais e confiáveis, no entanto foi necessário um grande esforço de adequação e compilação dos dados para proceder com a modelagem matemática. Os dados da ANTAQ eram consistentes, logo foi preciso apenas discernir o quantitativo de atracação e de carga movimentada para cada terminal que realiza suas operações em cais público.

Outro aspecto são os dados do inventário de resíduos dos terminais do Porto de Santos, sobre os quais empregou-se uma criteriosa conversão de valores para obtenção do quantitativo total de resíduos em unidade mássica - toneladas. O preenchimento dos

inventários realizado por técnicos de cada terminal sugere uma incerteza em relação à qualidade da informação, que pode ter sido impactada pela ausência de treinamento, conscientização ou orientações adequados.

O inventário de resíduos é um relevante instrumento de controle, pois permite o conhecimento da quantidade e natureza dos resíduos gerados, bem como o planejamento de estratégias que possam efetivamente intervir no processo de gestão.

- 4- Analisar a gestão de resíduos dos terminais e proposição de modelo multimetodológico para tomadores de decisão.

A modelagem dos dados mostrou que a gestão de resíduos ainda não é encarada como importante no tocante ao desempenho portuário, o que evidencia o quão relevante é incorporar variáveis ambientais na determinação de eficiências operacionais portuárias. O resultado do modelo clássico revelou que cinco terminais de carga geral e sete de granel sólido estariam na fronteira de eficiência. Sendo que 80% desses terminais apoiaram seus pesos virtuais na variável atracação em detrimento da variável resíduos. Quando se aplicou a restrição aos pesos, quatro de cada *cluster* permaneceram na fronteira Pareto-eficiente. As DMUs que saíram da fronteira, se comportam de formas distintas e podem perceber e traçar a melhor estratégia de investimento e atenção para adequar seu desempenho e atingir a fronteira de eficiência.

A análise quantitativa trata uma parte, um aspecto do problema, é um modelo formal. No entanto, a realidade é qualitativa e, para ampliar a compreensão do problema, incorpora-se um modelo qualitativo. O mapa conceitual elaborado é uma mídia externa, ele representa aquele conhecimento interno implícito. Assim, a integração dos métodos representa um importante subsídio para maior entendimento da influência da eficiência da gestão de resíduos na operação portuária para o processo decisório.

Desta forma, pode-se concluir que a multimetodologia proposta atende com êxito a questão da pesquisa, trazer benefícios ao processo decisório de gestores, de forma adequada e abrangente, para a avaliação da eficiência técnica de desempenho operacional de terminais portuários, no que tange à gestão de resíduos sólidos. Esta pesquisa contribui para a discussão da análise de desempenho das operações portuárias em terminais com naturezas de carga diferentes, agregando a geração de resíduos

sólidos que é uma externalidade do processo, própria das atividades de movimentação de cargas.

6.3 Sugestões para trabalhos futuros

O DEA é uma ferramenta amplamente utilizada na avaliação de desempenho portuário, mostrando-se adequado e completo do ponto de vista metodológico e científico. O desafio atual é colocar o modelo DEA em prática, com aplicações reais. Este trabalho sugere um modelo multimetodológico para revelar o que acontece na unidade de produção pela contextualização dos problemas modelados.

O trabalho pode ter vários desdobramentos, no entanto, conjectura-se que tenha mostrado que o entendimento das diversas dimensões que envolvem o problema é essencial. Além disso, a avaliação não deve ter como objetivo somente a aplicação de um método e que a modelagem é mais ampla e deve ser realizada com critério e atenção às fontes de dados e informações utilizados.

Uma das recomendações para trabalhos futuros é a avaliação de um sistema DEA em rede, pois o presente trabalho se baseou em dois modelos DEA separados, não integrados em rede. A evolução para um sistema em rede permitiria uma referência para unidades de comparação, de modo a avaliar o ganho que se poderia obter com os modelos em rede em comparação com o modelo em etapas.

Outro aspecto seria dar prosseguimento ao roteiro da proposta de metodologia de estruturação de problemas, que é o monitoramento da utilização dos resultados do modelo. Nesse sentido, divulgar os resultados não somente no meio acadêmico, mas também para os setores interessados, mesmo que não tenha o compromisso de usar a metodologia proposta. Os atores interessados podem interagir com a divulgação de artigos, proposição de seminários com agentes, em particular com aqueles que colaboraram com o fornecimento de dados. Dessa forma, empreender esforços para a efetiva implementação dos resultados na prática.

Por fim, pode-se trabalhar e aprofundar o modelo proposto, que estabeleceu uma metodologia robusta para modelar toda parte quantificável em um porto, com uma modelagem quali-quantitativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 10.004. **Resíduos sólidos – Classificação**. [S.l.]. 2004.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: janeiro 2017.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2016. Disponível em: <http://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/comunicacao/junho_2018/panoramaanexos2016.pdf>. Acesso em: novembro 2018.
- ACOSTA, C. M. M. **Uma proposta de metodologia para análise de eficiência em portos brasileiros: A Técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA)**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, p. 130. 2008.
- ACOSTA, C. M. M.; SILVA, A. M. V. D. A. D.; LIMA, M. L. P. D. Aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**, São José dos Campos, v. 5, n. 4, p. 88–102, 2011. ISSN 2177-1065.
- ALMAWSHEKI, E. S.; SHAH, M. Z. Technical efficiency analysis of container terminals in the middle eastern region. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, v. 31, n. 4, p., 2015. , v. 31, n.4, p. 477–486, 2015.
- ALVES, J. B. M. **Teoria Geral de Sistemas - em busca da Interdisciplinaridade**. Florianópolis: [s.n.], 2012. 179 p. ISBN 978-85-99406-38-0.
- ANDREOLI, C.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Sludge Treatment and Disposal**. Londres: IWA, v. VI, 2007. Disponível em: <http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/ANDREOLI%20et%20al%202007%20Sludge%20Treatment%20and%20Disposal.pdf>.
- ANTAQ. **Manual Detalhado de Instalações Portuárias para recepção de Resíduos - IMO**. Brasília, p. 143. 2004.
- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Definições de termos e conceitos técnicos**, 2009. Disponível em:

<<http://web.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2009/termos.htm>>. Acesso em: Abril 2017.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Resultado das Avaliações de Gestão Ambiental SIGA 2009-2010**, 2010. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/Portal/PDF/MeioAmbiente/Relatorios/RelatoriosSIGA20092010/Santos.pdf>>. Acesso em: Agosto 2018.

ANTAQ. **Anuário Estatístico Aquaviário 2013**. [S.l.]. 2014.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Sistema de Desempenho Portuário**, 2016. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/Default.asp>>. Acesso em: fevereiro 2017.

ANTAQ. Agência Nacional de Transporte Aquaviários. **Sistema de Informações Gerenciais da ANTAQ**, 2017. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/sistemas/sig/AcessoEntrada.asp?IDPerfil=23>>. Acesso em: Abril 2018.

ARION CORP. Pilhas Rayovac, 2017. Disponível em: <<http://www.arion-corp.com/docs/pilhas.pdf>>. Acesso em: 12 Agosto 2017.

ARRUDA, C. M.; NOBRE JÚNIOR, E. F. N.; MAGALHÃES, P. S. B. **Método dos indicadores de desempenho proposto pela Antaq**: uma aplicação ao terminal portuário do Pecém. Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2008.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical scale inefficiencies in data envelopment analysis.. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARROS, C. P.; ATHANASSIOU, M. Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal. **Maritime Economics & Logistics**, v. 6, n. 2, p. 122–140, 2004. ISSN 1479-2931, DOI: 10.1057/palgrave.mel.9.

BATTERY COUNCIL INTERNATIONAL. NATIONAL RECYCLING RATE STUDY, 2014. Disponível em: <https://c.ymcdn.com/sites/batterycouncil.site-ym.com/resource/resmgr/BCI_Recycling_Rate_Study_200.pdf>. Acesso em: 5 Agosto 2017.

BERTOLOTO, R. F.; MELLO, J. C. C. B. S. Eficiência de portos e terminais privados brasileiros com características distintas. **Journal of Transport Literature**, Niterói, v. 5, n. 2, p. 421, 2011. ISSN 2238-1031.

BNDES. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento**. FADE UFPE. Pernambuco, p. 183. 2013.

BRASIL. **Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. [S.l.]. 1981.

BRASIL. **Lei 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. (LEI DOS PORTOS)**. [S.l.]. 1993.

BRASIL. **Lei 10.165, DE 27 DE DEZEMBRO DE 2000. Altera a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. [S.l.]. 2000a.

BRASIL. **Lei 9.966 de 28 de abril de 2000. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências**. [S.l.]. 2000b.

BRASIL. **Lei 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes**. [S.l.]. 2001.

BRASIL. **Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico**. [S.l.]. 2007a.

BRASIL. **Lei 11.518, de 5 de setembro de 2007. Cria para criar a Secretaria Especial de Portos, e dá outras providências**. [S.l.]. 2007b.

BRASIL. **Lei 12.305, 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. [S.l.]. 2010a.

BRASIL. **Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Brasília. 2010b.

BRASIL. Decreto 8.033 de 27 de junho de 2013. Regulamenta o disposto na Lei 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias. [S.l.]. 2013a.

BRASIL. Lei 12.815, de 5 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. Revoga a Lei Nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. [S.l.]. 2013b.

BRASIL. Lei 13.341 de 29 de setembro de 2016. Altera as Leis 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e 11.890, de 24 de dezembro de 2008, e revoga a Medida Provisória no 717, de 16 de mar. [S.l.]. 2016.

CARINE, A. C. F. Analyzing the Operational Efficiency of Container Ports in Sub-Saharan Africa. **Open Journal of Social Sciences**, Shanghai, v. 3, p. 10–17, 2015. ISSN 2327-5960, DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/jss.2015.310002>.

CARMO, T. F. D. **Proposição de Indicadores para Avaliação da Adequação dos Portos à Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Dissertação de mestrado - COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2015.

CAVAIGNAC, L.; PETIOT, R. A quarter century of Data Envelopment Analysis applied to the transport sector: A bibliometric analysis. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 57, p. 84-96, 2017.

CCA-IMO. Marinha do Brasil. **Sobre a MARPOL**, 2012a. Disponível em: <<https://www.ccaimo.mar.mil.br/marpol>>. Acesso em: 22 Fevereiro 2018.

CCA-IMO. Marinha do Brasil. **Anexo V da Resolução Marpol 73/78**, 2012b. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/sites/default/files/marpol_anexo5-05ago.pdf>. Acesso em: 9 Fevereiro 2018.

CHANG, Y. T. Environmental efficiency of ports: A Data Envelopment Analysis approach. **Maritime Policy and Management**, v. 40, n. 5, p. 467–478, 2013. ISSN 0308-8839, DOI: 10.1080/03088839.2013.797119.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.

- CHECKLAND, P. **Systems Thinking, Systems Practice**. 1^a. ed. Chichester: JohnWiley & Sons, Ltd, 1981.
- CHECKLAND, P.; SCHOLE, J. **Soft Systems Methodology in Action**. 1a. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 1990.
- CODESP. **Inventário de Resíduos Sólidos dos Terminais Arrendados do Porto de Santos do ano de 2012**. Documento interno. Santos. 2012.
- CODESP. **Inventário de Resíduos Sólidos dos Terminais Arrendados do Porto de Santos do ano de 2013**. Documento interno. Santos. 2013.
- CODESP. **Inventário de Resíduos Sólidos dos Terminais Arrendados do Porto de Santos do ano de 2014**. Documento interno. Santos. 2014.
- CODESP. **Inventário de Resíduos Sólidos dos Terminais Arrendados do Porto de Santos do ano de 2015**. Documento interno. Santos. 2015.
- CODESP. **Mensário Estatístico do Porto de Santos**. São Paulo. 2016.
- CODESP. História do Porto de Santos. **Porto de Santos**, 2017. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/historia.php>>. Acesso em: fevereiro 2017.
- CODESP. **Plano de Gestão de Resíduos Sólidos do Porto de Santos**. CODESP. Santos, p. 4. 2017.
- COOK, W. D. et al. Network DEA: Additive efficiency decomposition. **European Journal of Operational Research**, Toronto, v. 207, n. 2, p. 1122–1129, 2010. ISSN 0377-2217, DOI: 10.1016/j.ejor.2010.05.006.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Introduction to Data Envelopment Analysis and its use with DEA-solver Software and references**. New York: Springer Science e Business Media, 2006. 377 p. ISBN ISBN: 0-387-28580-6.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis**. Second Edition. ed. [S.l.]: Springer Science+Business Media, LLC, v. ISBN-10: 0-387-45283-4, 2007.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Second Edition. ed. [S.l.]: Springer, v. 164, 2011.

CORREIA, P. R. M.; AGUIAR, J. G. Avaliação da proficiência em mapeamento conceitual a partir da análise estrutural da rede proposicional. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 71-90, 2017.

CORTEZ, L. C. S. et al. Análise de eficiência na gestão de portos públicos brasileiros em relação ao papel das autoridades portuárias. **Journal of Transport Literature**, v. 7, n. 2, p. 78–96, 2013. ISSN 2238-1031, DOI: 10.1590/s2238-10312013000200005.

CRAVEIRO, G. L. **Granéis sólidos no Brasil: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA)**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 70. 2015.

CULLINANE, K. et al. An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production Efficiency. **Review of Network Economics**, v. 3, n. 2, p. 184–206, 2004. ISSN ISSN: 1446-9022.

DARBRA, R. M. Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development. **Marine Pollution Bulletin**, v. 81, p. 124–130, 2014.

DASGUPTA, M. K.; SINHA, D. Impact of privatization of ports on relative efficiency of major ports of India. **Foreign Trade Review**, v. 51, n. 3, p. 1–23, 2016. ISSN 0015-7325, DOI: 10.1177/0015732516646212.

DTA ENGENHARIA/ CODESP. **Estudo Ambiental para a Regularização do Porto Organizado de Santos**. São Paulo. 2011.

ECOPORT. EcoPorts portal. European Sea Ports Organisation - ESPO., 2014. Disponível em: <<http://www.ecoport.com/>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

EDEN, C.; ACKERMANN, F. SODA – The Principles. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. **Rational Analysis for a Problematic World Revisited**. 2ª. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2001. Cap. 2.

EM. Governo concede licença ambiental para Porto de Santos. **Site do Jornal Estado de Minas**, 2017. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/04/26/internas_economia,865217/governo-concede-licenca-ambiental-para-porto-de-santos.shtml>. Acesso em: 7 Fevereiro 2018.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Rio de Janeiro, p. 2ª ed. 1997.

EPA. Standard Volume-to-Weight Conversion Factors. **Site da Environmental Protection Agency**, 2006. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/conversions.pdf>>. Acesso em: 12 Julho 2017.

EPA. Volume-to-Weight Conversion Factors for Solid Waste. **Site da Environmental Protection Agency**, 2016. Disponível em: <<https://www.epa.gov/smm/volume-weight-conversion-factors-solid-waste>>. Acesso em: 23 Julho 2017.

ESPO. Top environmental priorities of European Ports for 2013. **Ecoports**, 2013. Disponível em: <http://www.ecoports.com/templates/frontend/blue/images/pdf/Analysis_of_top_environmental_priorities_2013.pdf>. Acesso em: 1 Abril 2016.

ESTELLITA LINS, M. P. et al. Integrating the regulatory and utility firm perspectives, when measuring the efficiency of electricity distribution. **European Journal of Operational Research**, Maio 2006. 1413–1424.

ESTELLITA LINS, M. P.; NETTO, S. O. A. **Estruturação de problemas sociais complexos**: teoria da mente, mapas metacognitivos e modelos de apoio à decisão. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, v. ISBN: 978-85-7193-420-7, 2018.

FAGUNDES, L. C. DEFINIÇÕES. Pilha: gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química (NBR 7039/87), 2016. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3997552-Definicoes-pilha-gerador-eletoquimico-de-energia-eletrica-mediante-conversao-geralmente-irreversivel-de-energia-quimica-nbr-7039-87.html>>. Acesso em: 12 Agosto 2017.

FERNANDES, R. L. **Avaliação dos terminais que movimentam contêineres no Brasil através da Análise Envoltória de Dados**. Dissertação de mestrado - COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 143. 2010.

FERNANDES, R. L. et al. Avaliação da eficiência dos terminais que movimentam contêineres no Brasil: uma abordagem combinada. **PRODUÇÃO ONLINE**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 1045-1068, 2017.

FONTES, O. H. P. M. **Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA**. Universidade Federal Fluminense. Niterói, p. 86. 2006.

FREITAS, M. A. V. et al. **Guia de Boas Práticas Portuárias - Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros. Publicação Restrita.** 1ª. ed. Brasília: Luneta, v. 1, 2013. 112 p. ISBN 978-85-68358-00-9.

FREITAS, M. A. V. et al. **Impactos da infraestrutura portuária na movimentação de cargas e geração de resíduos: panorama atual e proposições futuras - Porto de Santos / Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos.** Rio de Janeiro: COPPE, v. 1, 2016a. 128 p.

FREITAS, M. A. V. et al. **Manual de boas práticas portuárias - Porto de Santos.** 1ª. ed. Rio de Janeiro: COPPE, v. 1, 2016b. 156 p. ISBN 978-85-285-0286-2.

FREITAS, M. A. V. et al. **Relatório diagnóstico - Porto de Santos.** 1ª. ed. Rio de Janeiro: COPPE, v. 1, 2016c. 393 p. ISBN 978-85-285-0338-8.

FRIEND, J. The Strategic Choice Approach. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. **Rational Analysis for a Problematic World Revisited.** 2ª. ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2001. Cap. 6.

GARCIA, B. T. D. G. **Análise da eficiência da geração de resíduos sólidos no âmbito da gestão portuária: um estudo dos portos marítimos brasileiros.** Dissertação de mestrado - PET/COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 127. 2017.

GOBBI, C. N. **Avaliação do desempenho da gestão de resíduos plásticos em portos brasileiros, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Tese de doutorado - Escola de Química/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 191. 2015.

GOULART, G. P. P. **Diagnóstico dos Resíduos do Porto do Rio de Janeiro.** Dissertação de mestrado - COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2012.

GRANT THORNTON. Viabilidade técnica e econômica em logística reversa na organização da coleta e reciclagem de resíduos de lâmpadas no Brasil, 2011. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/documents/10180/13560/EVTE_LAMPADAS/>. Acesso em: 20 Agosto 2017.

GUEDES, L. E. M. **Multimetodologia aplicada aos problemas sociais complexos: uma proposta de modelo de avaliação em saúde**. Tese de doutorado - COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 134. 2012.

GUEDES, L. E. M.; PENA, R. C. M.; GUERREIRO, A. D. S. **Análise de Eficiência dos Terminais Portuários do Mercosul**. XXII ANPET. Fortaleza: [s.n.]. 2008. p. 319–330.

GUIMARÃES, V. D. A.; LEAL JUNIOR, I. C.; GARCIA, P. A. D. A. Environmental Performance of Brazilian Container Terminals: A Data Envelopment Analysis Approach. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 160, p. 178-187, 2014. ISSN ISSN: 18770428, DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.12.129.

GÜNER, S. Investigating infrastructure, superstructure, operating and financial efficiency in the management of Turkish seaports using data envelopment analysis. **Transport Policy**, v. 40, p. 36–48, 2015. ISSN 0967070X, ISSN: 1879-310X, DOI: 10.1016/j.tranpol.2015.02.006.

HANONES, F. F.; MONTEIRO, S. J. Proposta de avaliação de desempenho das autoridades portuárias e de seus arrendatários: uma perspectiva regulatória. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 10, n. Especial 2, p. 211–246, 2017.

HOWARTH, R. J. Sources for a history of the ternary diagram. **The British Journal for the History of Science**, 1996. v. 29, n. 03, p. 337-356.

IBAMA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13, de 18 de dezembro de 2012**. [S.l.]. 2012.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, p. 219. 2010. (ISBN 978-85-240-4135-8).

IMO. Marine Environment Protection Committee (MEPC) – 62nd session: 11 to 15 July 2011. **Site da IMO**, 2011. Disponível em: <<http://www.imo.org/fr/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-62nd-session.aspx>>. Acesso em: 25 Fevereiro 2018.

IMO. Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 (Revised MARPOL Annex V). **Site da IMO**, 2011a. Disponível em: <<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Garbage/Docume>

nts/2014%20revision/RESOLUTION%20MEPC.201(62)%20Revised%20MARPOL%20Annex%20V.pdf>. Acesso em: 02 Abril 2018.

ITOH, H. Efficiency Changes At Major Container Ports in Japan: a Window Application of Data Envelopment Analysis. **Review of Urban & Regional Development Studies**, v. 14, n. 2, p. 133–152, 2002. ISSN 0917-0553, DOI: 10.1111/1467-940X.00052.

JACCOUD, C.; MAGRINI, A. Regulation of solid waste management at Brazilian ports: Analysis and proposals for Brazil in light of the European experience. **Marine Pollution Bulletin**, v. 79, p. 245–253, 2014.

JOURNÉE, H. From Port Environmental Management to Sustainable Logistic Chain Management in practice. **Green Tech Montreal 2010 - apresentação.**, Montreal, 2010.

KIRCHNER, L. H. C. **Avaliação da eficiência dos terminais de contêineres através da Análise Envoltória de Dados e do índice de Malmquist.** Universidade de Brasília. Brasília, p. 99. 2013.

KITZMANN, D.; ASMUS, M. Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades. **RAP 40 (6)**, Rio de Janeiro, Dezembro 2006. 1041-60.

LABTRANS. **Plano Mestre do Porto de Santos. Atualização do Plano de Desenvolvimento e Expansão do Porto de Santos (PDEPS).** [S.l.]. 2012.

LIU, J. S. et al. Data envelopment analysis 1978–2010: A citation-based literature survey. **Omega**, v. 41, n. 1, p. 3–15, 2013. ISSN doi:10.1016/j.omega.2010.12.006.

LUZ, E. M. **Análise do indicador de produtividade dos movimentos por hora como uma medida no sistema de desempenho portuário. Um estudo de caso no porto de Itapoá.** Anais do II Congresso Internacional de desempenho portuário - CIDESPORT. Florianópolis: [s.n.]. 2015.

MAGRINI, A. et al. **Nota técnica sobre legislação e melhores práticas de gestão ambiental - Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes nos Portos Marítimos Brasileiros.** Publicação restrita - COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2012.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. **Peculiaridades da Análise Envoltória de Dados.** XII SIMPEP. Bauru: [s.n.]. 2006.

MARPOL 73/78. **Convenção Internacional para Prevenção de Poluição por Embarcações**. [S.l.]. 1978.

MARTINEZ-BUDRÍA, E. et al. A study of the efficiency of spanish port authorities using Data Envelopment Analysis. **International Journal of Transport Economics**, v. 26, n. 2, p. 237–253, 1999.

MEADOWS, D. H. **Thinking in systems: A primer**. London: Earthscan, 2009. ISBN ISBN: 978-1-84407-726-7.

MELARÉ, A. V. S. et al. Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. **Waste management**, v. 59, p. 567-584, Janeiro 2017. ISSN 0956-053X.

MELLO, J. C. C. B. S. et al. **Curso de análise de envoltória de dados**. XXXVII SBPO - Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Gramado: [s.n.]. 2005. p. 2520-2547.

MEZA, A. L. **Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão**. Tese de doutorado - COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2000.

MILANI, P. et al. Análise da relação entre modelo de gestão portuária e eficiência em portos de contêineres. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, v. 11, n. 2, p. 1–25, 2015. ISSN 1808-0448, DOI: 10.3895/gi.v11n2.1956.

MINGERS, J. **Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science**. Canterbury: Springer, v. 0-387-29841-X, 2006. ISBN ISBN 978-0-387-29841-2.

MINGERS, J.; BROCKLESBY, J. Multimethodology: Towards a Framework for Mixing Methodologies. **Omega International Journal of Management Science**, v. 25, n. 5, p. 489–509, 1997.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão Preliminar**, 2011. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: Setembro 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Logística Reversa**, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agencia-informma/item/478-comit%C3%AA-orientador-log%C3%ADstica-reversa>>. Acesso em: 18 Janeiro 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Sistemas Implantados**, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa/sistemas-implantados>>. Acesso em: Fevereiro 2018.

MMA/SEP. **Portaria Interministerial MMA/SEP 425, de 26 de outubro de 2011. Institui o Programa Federal de Apoio à Regularização e Gestão Ambiental Portuária- PRGAP de portos e terminais portuários marítimos, inclusive os outorgados às Companhias Docas.** [S.l.]. 2011.

MONTEIRO, J. H. P. . E. A. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, 2001.

MORIN, E. Complex Thinking for a Complex World: About Reductionism, Disjunction and Systemism. **Systema: connecting matter, life, culture and technology**, v. 2 , p. 14-22, 2014. ISSN ISSN 2305-6991.

MTPAC. Portos têm movimentação recorde de cargas em 2015. **Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil**, janeiro 2016. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/home-1/noticias/portos-tem-movimentacao-recorde-de-cargas-em-2015>>.

NETTO, S. O. A. **O uso de multimetodologia para a determinação de metas e indicadores de desenvolvimento municipal na área da saúde**. Tese de doutorado - COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 99. 2012.

NGUYEN, H.-O. et al. Measuring port efficiency using bootstrapped DEA: the case of Vietnamese ports. **Maritime Policy & Management**, v. 43, n. 5, p. 644–659, 2015. ISSN 0308-8839, DOI: 10.1080/03088839.2015.1107922.

NOVAK, J. D. Learning theory applied to the biology classroom. **The American Biology Teacher**, v. 42, p. 428-285, 1980.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. **Site do Institute for Human and Machine Cognition (IHMC)**, 2018. Disponível em: <<https://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps.php>>. Acesso em: Fevereiro 2019.

NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, Thousand Oaks, v. 28, p. 117-153, 1991.

NRCS. Natural Resources Conservation Service. **United States Department of Agriculture**, 2017. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167>.

OMRANI, H.; KESHAVARZ, M. A performance evaluation model for supply chain of shipping company in Iran: an application of the relational network DEA. **Maritime Policy & Management**, v. 43, n. 1, p. 121–135, 2015. ISSN 0308-8839, DOI: 10.1080/03088839.2015.1036471.

PAIVA, D. M. E. D. **Análise da Eficiência Ambiental e Operacional dos Portos Brasileiros Exportadores de Soja**. Dissertação de mestrado - COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 145. 2015.

PETROBRAS. Ficha do PRODUTO: LUBRAX AV 66 IN. **Site Lubrificantes-BR**, 2013. Disponível em: <http://www.lubrificantes-br.com.br/site/wp-content/uploads/2016/03/lubrax_av_66_fispq.pdf>. Acesso em: 10 Agosto 2017.

PIRES, G. C.; SILVA, V. M. D. **Análise da Eficiência Portuária usando a Metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA)**. III Congresso Internacional de desempenho portuário - CIDESPORT. Florianópolis: [s.n.]. 2016.

PIRES, J. S. **A eficiência técnica dos portos e terminais públicos e privados brasileiros marítimos no período de 2010 a 2014**. Dissertação de mestrado - Universidade de Brasília. Brasília, p. 145. 2016.

POMBERGER, R.; SARC, R.; LORBER, K. E. Dynamic visualisation of municipal waste management performance in the EU using Ternary Diagram method. **Waste Management**, 2017. 558-571.

PORTARIA SEP 104/2009. **Dispõe sobre a criação e estruturação do Setor de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho nos portos e terminais marítimos, bem como naqueles outorgados às Companhias Docas. 29 de abril de 2009**. [S.l.].

PORTO, M. M. **A gestão ambiental portuária: o estado da arte.** 1º Seminário sobre Gestão Ambiental Portuária – foco em Resíduos Sólidos. Brasília-DF: [s.n.]. 2011.

PORTOS. A. Participação do Porto de Santos na Balança Comercial é a maior das últimas décadas. **Revista de Logística e Comércio Exterior**, 2016. Disponível em: <<http://portossa.com/balanca-comercial/participacao-do-porto-de-santos-na-balanca-comercial-e-a-maior-das-ultimas-decadas/>>. Acesso em: janeiro 2017.

POVIA, M. ANTAQ. **Senado Federal**, julho 2015. Disponível em: <<https://www19.senado.gov.br%2Fsdleg-getter%2Fpublic%2FgetDocument%3Fdocverid%3Dd2bba100-f024-4b36-abef-63b224eec5ad%3B1>>. Acesso em: dezembro 2016.

QUEIROZ, D. P. Diagrama de Fases, Propriedades Térmicas e Morfológicas de blendas de poli(ácido lático) e poli(metacrilato de metila). Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, 2000. p. 127.

RAFITEC. Big Bags - Ideal para armazenar grandes Volumes. **Site da Rafitec**, 2016. Disponível em: <<http://www.rafitec.com.br/solucoes-em-embalagens/big-bags>>. Acesso em: 21 Agosto 2017.

RDC ANVISA 306/2004. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.** ANVISA. [S.l.].

RDC ANVISA 342/2002. **de 13 de dezembro de 2002. Institui e aprova o Termo de Referência para elaboração dos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos a serem apresentados a ANVISA para análise e aprovação.** ANVISA. [S.l.].

RDC ANVISA 56/2008. **de 5 de agosto de 2008. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas Sanitárias no Gerenciamento de Resíduos Sólidos nas áreas de Portos, Aeroportos, Passagens de Fronteiras e Recintos Alfandegados.** ANVISA. [S.l.].

RDC ANVISA10/2012. **de 9 de fevereiro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico que visa à promoção da saúde nos portos de controle sanitário instalados em território nacional, e embarcações que por eles transitem.** ANVISA. [S.l.]. 2012.

RESOLUÇÃO 237/97. **de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos do licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente.** [S.l.].

RESOLUÇÃO ANTAQ 2190/2011. de 28 de julho de 2011. Aprova a norma para disciplinar a prestação de serviço de retirada de resíduos de embarcações. [S.l.].

RESOLUÇÃO CIRM 006/98/CIRM. Aprova a Agenda Ambiental Portuária. 02 de dezembro de 1998. Comissão Interministerial para Recursos do Mar. Brasília.

RESOLUÇÃO CONAMA 001/1986. de 23 de janeiro de 1986 - Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. [S.l.].

RESOLUÇÃO CONAMA 005/1993. de 5 de agosto de 1993. Define as normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos, bem como estende tais exigências aos terminais ferroviários e rodoviários. [S.l.].

RESOLUÇÃO CONAMA 006/1988. de 15 de junho de 1988. Revogada pela Resolução 313, de 2002. [S.l.].

RESOLUÇÃO CONAMA 237/1997. de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental. [S.l.].

RESOLUÇÃO CONAMA 313/2002. de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. [S.l.].

RESOLUÇÃO CONAMA 357/05. de 17 de março do 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providencias. [S.l.].

RESOLUÇÃO CONAMA 358. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos. [S.l.]. 2005.

RESOLUÇÃO CONAMA 452/12. de 02 de julho de 2012. Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. [S.l.].

RIOS, L. R. Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de contêineres do Mercosul. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 148. 2005.

RIOS, L. R.; MAÇADA, A. C. G.; BECKER, J. L. **Análise da Eficiência das Operações nos Terminais de Contêineres do Mercosul**. XXVIII EnANPAD. Curitiba: [s.n.]. 2004.

ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA). **Maritime Policy and Management: The Flagship Journal of International Shipping and Port Research**, v. 20, n. 2, p. 153–161, 1993. ISSN 0308-8839, DOI: 10.1080/03088839300000025.

ROSA, R. D. A. **Portos Conceitos Essenciais**. Vitória: Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo, 2006.

ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. **Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict**. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0471495239.

ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. Problem structuring methods in action. **European Journal of Operational Research**, v. 152, p. 530 – 554, 2004.

RUBEM, A. P. D. S.; BRANDÃO, L. C.; MELLO, J. C. C. B. S. D. Avaliação de unidades portuárias brasileiras com Análise Envoltória de Dados e o Método Multicritério Ordinal de Copeland. **Revista Transportes**, Rio de Janeiro, Brasil, v. 23, n. 4, p. 31–41, 2015. ISSN 2237-1346, DOI: 10.14295/transportes.v23i4.988.

RUBEM, A. P. D. S.; BRANDÃO, L.; MELLO, J. C. C. B. S. D. **Avaliação de unidades portuárias brasileiras com Análise Envoltória de Dados e Método de Copeland**. XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Curitiba: ANPET. 2014.

S. DE AZA. **Introducción a los materiales refractarios**. Curso sobre materiales refractarios. Instituto de Cerámica y Vidrio-CSIC y La Asociación Nacional de Fabricantes de Refractarios Españoles, p. 3-8 de junio de 2007. 2007.

SANTOS. **Lei Municipal Complementar 952**. Câmara Municipal de Santos. [S.l.]. 2016.

SCHEEL, H. Undesirable outputs in efficiency valuations. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2, p. 400–410, 2001. ISSN 0377-2217, DOI: 10.1016/S0377-2217(00)00160-0.

SCHØYEN, H.; ODECK, J. The technical efficiency of Norwegian container ports: A comparison to some Nordic and UK container ports using Data Envelopment Analysis (DEA). **Maritime Economics & Logistics**, v. 15, n. 2, p. 197–221, 2013. ISSN ISBN: 14792931 (ISSN), ISSN: 1479-2931, DOI: 10.1057/mel.2013.3.

SECRETARIA DE PORTOS - SEP. Portos do Brasil. **Secretaria de Portos**, 2014. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/sobre-1/institucional/secretaria-de-portos>>. Acesso em: 17 julho 2014.

SEP. **Reforma do Setor Portuário**, 2013. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/programas-e-projetos/nova-lei.pdf>>. Acesso em: Dezembro 2013.

SEP. **Setor Portuário Novo Arranjo Institucional**, 2014. Disponível em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/home-1/apresentacoes/2014-03-11_atribuicoes-e-competencias-setor-portuario.pdf>. Acesso em: novembro 2016.

SEP. Portos do Brasil. **Sistema Portuário Nacional**, 2014a. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional/mapatups2013.jpg>>. Acesso em: janeiro 2014.

SEP. Secretaria de Portos. **Sistema Portuário Nacional**, 2016. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional>>.

SEP/UFRJ. **Relatório 1 do Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes nos Portos Marítimos Brasileiros**. Secretaria de Portos e Universidade Federal do Rio de Janeiro (Publicação restrita). Rio de Janeiro. 2011.

SEP/UFRJ. **Relatório 3 do Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes nos Portos Marítimos Brasileiros**. Secretaria de Portos e Universidade Federal do Rio de Janeiro (Publicação restrita). Rio de Janeiro. 2012.

SILVA, F. G. F. D. et al. Análise exploratória da eficiência produtiva dos portos brasileiros. **Transportes**, v. 19, n. 1, p. 5-12, 2011. ISSN 2237-1346, DOI: 10.14295/transportes.v19i1.480.

SILVEIRA, R. V. **Mensuração da Eficiência dos Terminais Portuários Brasileiros via Análise Envoltória de Dados**. Dissertação de mestrado - COPPEAD / Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 109. 2009.

SINIR. Logística Reversa. **Site do SINIR**, 2016. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>>. Acesso em: 29 Janeiro 2018.

SMA. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Santos**. Prefeitura de Santos. Santos. 2012.

SOUSA JR., J. N. C. D. **Avaliação da eficiência dos portos utilizando Análise Envoltória de Dados: Estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 88. 2010.

SOUSA JR., J. N. C. et al. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. **Journal of Transport Literature**, v. 7 , n. 4, p. 75–106, 2013.

SPRITZER, L. Diferenças entre Gestão e Gerenciamento de Resíduos e seu breve histórico. **Site Portal Eu Gestor**, 2014. Disponível em: <<http://eugestor.com/editoriais/2014/12/diferencas-entre-gestao-e-gerenciamento-de-residuos-e-seu-breve-historico/>>. Acesso em: 21 Janeiro 2018.

SSE. **Plano Regional Integrado de Saneamento Básico para a UGRHI 7**. Governo de São Paulo. [S.l.]. 2010.

STERMAN, J. **System Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. Massachusetts Institute of Technology - Engineering Systems Division. Cambridge, p. 31. 2002. (ESD-WP-2003-01.13-ESD Internal Symposium).

TISCOSKI, J. D. S. **Análise da eficiência operacional portuária, por meio da Análise Envoltória de Dados: um estudo de caso dos complexos portuários públicos movimentadores de graneis sólidos agrícolas**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 105. 2016.

TOMAZ, P. Remoção de sedimentos em BMPs, 2008. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_remocao/capitulo14.pdf>. Acesso em: 12 Maio 2017.

TONGZON, J. Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using Data Envelopment Analysis. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 35, n. 2, p. 107–122, 2001. ISSN ISBN: 0965-8564, ISSN: 09658564, DOI: 10.1016/S0965-8564(99)00049-X.

TORRES, B. G. et al. **Análise de eficiência dos portos brasileiros**: uma abordagem pelo método Network DEA. XXX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET. Rio de Janeiro: ANPET. 2016.

TSCHAFFON, P. B.; MEZA, L. A. **Um Estudo de outputs indesejáveis em DEA com aplicação no setor de distribuição de energia elétrica**. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Niterói: [s.n.]. 2011. p. 533–544.

VALENTINE, V. F.; GRAY, R. **The measurement of port efficiency using Data Envelopment Analysis**. Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research. Seoul: [s.n.]. 2001.

VEKIRI, . I. What Is the Value of Graphical Displays in Learning? **Educational Psychology Review** , v. 14, p. 261–312, 2002.

VIEIRA, G. B. B. et al. Avaliação da eficiência portuária utilizando a Análise Envoltória de Dados: um estudo dos terminais de contêineres dos portos da região sul do Brasil. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, n. 4, p. 793–809, 2014. ISSN 1808-0448, DOI: 10.3895/gi.v10i4.1784.

VON BERTALANFFY, L. The theory of open systems in physics and biology. **Science**, v. 111, p. 23-29, Janeiro 1950. ISSN DOI: 10.1126/science.111.2872.23.

VON BERTALANFFY, L. **General system theory - Foundations, Development, Applications**. New York: George Braziller, 1968.

WANKE, P. F. Physical infrastructure and shipment consolidation efficiency drivers in Brazilian ports: A two-stage network-DEA approach. **Transport Policy**, v. 29, p. 145–153, 2013. ISSN 0969-6997, ISSN: 0967070X, DOI: 10.1016/j.tranpol.2013.05.004.

WEBPORTOS. Sistema WebPortos. **Site da Secretaria Nacional de Portos**, janeiro 2016. Disponível em: <<https://webportos.labtrans.ufsc.br/Brasil/Movimentacao>>. Acesso em: 2017.

WEBPORTOS. Sistema WebPortos. **Site da Secretaria Nacional de Portos**, 2018. Disponível em: <<https://webportos.labtrans.ufsc.br/Brasil/Movimentacao>>. Acesso em: Fevereiro 2019.

WECKOWICZ, T. . E. **Ludwig von Bertalanffy (1901-1972): A Pioneer of General Systems Theory**. CSR Working Paper No. 89-2. ed. Edmonton : University of Alberta Center for Systems Research, 1988.

ZANTA, V. M. . E. A. Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente: Impactos Associados aos Lixiviados de Aterro Sanitário. In: JUNIOR, A. B. D. C. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água:** prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB. ABES, 2006. p. 494.

GLOSSÁRIO

Alfândega	Repartição federal instalada nos portos de entrada no país, onde são depositadas mercadorias importadas e examinadas bagagens de passageiros que estão chegando ao país ou em trânsito para o exterior.
Área do porto organizado	Área delimitada por um ato do poder executivo que compreende as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e de acesso ao porto organizado.
Área/pátio de armazenagem	Áreas e pátios de armazenagem destinam-se à acomodação temporária das cargas destinadas/oriundas das embarcações. Por permitir a manutenção do fluxo de cargas no decorrer da operação portuária, a disponibilidade de cargas nos armazéns e pátios pode definir o tempo de duração da operação portuária tendo impacto direto na produtividade do setor portuário como um todo.
Arrendamento	Cessão onerosa de área e infraestrutura públicas localizadas dentro do porto organizado, para exploração por prazo determinado.
Aterro sanitário	Área para a deposição de resíduos com pré-requisitos de ordem sanitária e ambiental. Deve ser construído de acordo com técnicas que evitem a contaminação das áreas ao seu redor, tais como: impermeabilização do solo, sistema de drenagem para chorume e sistema de drenagem para os gases. Estas precauções visam evitar ainda explosões e deslizamentos no terreno.
Atracação	Operação que permite a fixação do navio ao cais de um porto ou terminal privativo, a fim de realizar operações de carregamento e/ou descarregamento de mercadoria.
Autoridade portuária	Administração portuária é um poder público federal com jurisdição em um local específico para operar portos e outras infraestruturas de transporte.
Bacia de evolução	Área limítrofe às instalações de acostagem, reservada para as movimentações das embarcações e necessária às operações de atracação e desatracação dos navios no porto.
Berços de atracação	Locais destinados à atracação e movimentação das cargas a serem embarcadas ou desembarcadas. A extensão dos berços tem relação com o tamanho máximo das embarcações que podem ser atracadas.
Cais de atracação	Plataforma pertencente à estrutura do terminal portuário onde atracam as embarcações e onde se faz o embarque ou desembarque de passageiros e/ou cargas, constituído por um ou mais berços de atracação.
Calado	Distância vertical entre a lâmina d'água e o ponto mais baixo da quilha da embarcação.
Canal de acesso	O canal de acesso liga o alto mar com as instalações portuárias, cuja profundidade, largura e sinalização devem ser adequadas para

	o acesso das embarcações às instalações portuárias.
Carga geral	Toda mercadoria, de forma genérica, que pode estar solta ou embalada, em determinado estágio industrial, e que necessita de arrumação (estivagem) para ser transportada num navio, refrigerado ou não. Como exemplos: bobina/rolo (<i>bobbin</i>), caixote aramado (<i>wirebound box</i>), animais vivos (devidamente enjaulados), chapas ou tubos de ferro, madeira ou aço, pedras em bloco, veículos, entre outras.
<i>Cluster</i>	Técnicas destinadas a avaliar a semelhança entre as unidades de um conjunto, segundo critérios predefinidos, a fim de formar grupos de similaridade.
Coleta seletiva	Coleta dos resíduos sólidos, previamente segregados, de acordo com sua constituição ou composição química.
Compostagem	Técnica utilizada para elaborar, a partir de resíduos orgânicos, uma mistura fermentada muito rica em húmus e microorganismos, que, uma vez aplicada ao solo, é capaz de melhorar sua fertilidade.
Concessão	Cessão onerosa do porto organizado, com vistas à administração e à exploração de sua infraestrutura por prazo determinado.
Consignação média	Indicador que mede a quantidade de carga, em toneladas ou TEU, que foram carregadas ou descarregadas dos navios atracados (toneladas/navio ou TEU/navio). Ele permite inferir sobre o tamanho médio das embarcações que atracam no porto.
Convenção da Basileia	Atua sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito, estabelecendo mecanismos internacionais de controle dessa movimentação. Busca ainda coibir o tráfico ilegal e prevê a intensificação da cooperação internacional para a gestão ambientalmente adequada desses resíduos.
Delegação	Transferência, mediante convênio, da administração e da exploração do porto organizado para municípios ou estados, ou a consórcio público.
Diagrama Ternário	Traçado baricêntrico em três variáveis que somam uma constante. Representa graficamente as proporções das três variáveis como posições em um triângulo equilátero.
Efluente líquido	Substâncias no estado líquido, em geral poluentes, que resultam de um sistema ou atividade, tal como um processo industrial ou um processo de tratamento. Podem ser classificados de diversas formas, de acordo com suas características e origem, como por exemplo sanitário, oleosos e industriais.
Empilhadeira	Tipo de veículo industrial de grande porte direcionado ao transporte, movimentação e empilhamento de materiais diversos, tais como a movimentação de contêiner, no carregamento e descarregamento de navios.
Esgoto sanitário	É o efluente líquido decorrente do uso da água em cozinhas, banheiros, sanitários, lavatórios e lavanderia doméstica.

Estações de Transbordo de Carga (ETC)	Espaço situado fora da área do porto organizado, utilizado, exclusivamente, para operação de transbordo de cargas destinadas ou provenientes da navegação interior.
Função Objetivo	É a formulação de um objetivo que se pretende atingir, como uma função (ou mais de uma), colocada em termos das variáveis de decisão.
Granel líquido	Todo líquido transportado diretamente nos porões do navio, sem embalagem e em grandes quantidades, e que é movimentado por dutos por meio de bombas. Ex.: álcool, gasolina, melação etc.
Granel sólido	Todo sólido, seja fragmentado ou granulado, carregado sem embalagem diretamente nos porões do navio, em grandes quantidades, e que é movimentado por transportadores automáticos ou aparelhos mecânicos. Ex.: carvão, sal, trigo em grão, minério de ferro, fertilizantes, matérias granuladas etc.
Guindaste ou Grua	Equipamento utilizado para elevar e movimentar cargas e materiais pesados. Pode, por exemplo, descarregar e carregar contêineres, e organizar materiais pesados em grandes depósitos.
Incineração	Processo de destruição térmica, via oxidação, que emprega alta temperatura de fornos para queimar correntes de resíduos, que entram em combustão completa. Objetiva reduzir o volume do resíduo, destruir sua fração orgânica e torná-lo menos tóxico ou atóxico.
Instalação portuária	Instalação localizada dentro ou fora da área do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros, em movimentação ou armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário.
Lixão	Forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que consiste no seu lançamento diretamente sobre o solo, sem qualquer tratamento prévio ou critério técnico de construção, o que gera riscos para o meio ambiente e para a saúde pública.
Logística reversa	Instrumento composto por um conjunto de ações e procedimentos destinados a possibilitar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, que retoma a responsabilidade sobre os mesmos, seja para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou para outra destinação final ambientalmente adequada.
Método ou técnica	Estas duas palavras foram aqui utilizadas como sinônimos e indicam as atividades básicas e particulares por meio das quais se realiza a pesquisa, tais como a construção de modelos de simulação e de mapas cognitivos. Em geral são sequências de operações bem definidas que, se realizadas da forma correta, produzem resultados esperados.
Metodologia	Um conjunto de métodos empregados de forma específica para a realização de um projeto.
Navio graneleiro (<i>Bulk carriers</i>)	Navios especializados no transporte de mercadorias a granel, tais como os navios tanque. São exemplos de cargas carregadas por eles: petróleo e seus derivados, minérios, grãos, entre outras

	mercadorias.
Operador portuário	Pessoa jurídica pré-qualificada para exercer as atividades de movimentação de passageiros ou movimentação e armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do porto organizado.
Paradigma	É uma construção que especifica um conjunto geral de suposições (ou pressupostos) filosóficas acerca de determinado conhecimento, cobrindo, por exemplo, a natureza deste conhecimento ou a ética envolvida.
Pesquisa Operacional	É uma ciência aplicada que utiliza técnicas científicas conhecidas (ou as desenvolve quando necessário), tendo como ponto de referência a aplicação do método científico. A PO tem a ver, portanto, com a pesquisa científica criativa em aspectos fundamentais das operações de uma organização.
Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário (PDZ)	Instrumento de planejamento utilizado pela Administração Portuária para estabelecer, em um horizonte temporal, estratégias e metas para o desenvolvimento racional e a otimização do uso de áreas e instalações do porto organizado.
Porto organizado	Bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição da autoridade portuária.
Prancha média	A prancha média determina a quantidade de carga movimentada (em unidades) em relação ao tempo de atracação (ou de atendimento) da embarcação, permitindo inferir sobre a produtividade no porto/terminal portuário.
Navios rebocadores	Embarcações utilizadas para puxar, empurrar e manobrar todos os tipos de navios. Eles são comumente utilizados para manobras de navios de grande porte na zona portuária e canais de acesso aos portos. Apesar de pequenos possuem grande potência de motor, capaz de gerar grande capacidade de empuxo.
Reciclagem	Processo de transformação dos resíduos sólidos onde há alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, visando transformá-los em novos insumos ou produtos.
Recuperação/valorização energética	Método de tratamento de resíduos que promove sua combustão, transformando a energia calorífica resultante em energia elétrica. Os gases resultantes da queima passam por uma caldeira onde o seu calor é utilizado para produzir o vapor que aciona as turbinas.
Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	Corresponde aos resíduos sólidos gerados pelas aglomerações urbanas, provenientes dos domicílios e da limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, entre outros).
Retroárea	Espaço operacional de um porto atrás do cais de atracação, sendo usualmente alfandegada e contendo pátios e armazéns.
Tempo médio de	Representa o tempo médio de espera da embarcação para

espera de navios	conseguir atracar no porto ou terminal portuário.
Terminal arrendado ou terminal de uso público	Localizado dentro dos limites da área do Porto Organizado, os terminais são arrendados de acordo com o Contrato de Arrendamento, previsto na Lei 12.815/2013, firmado entre a empresa arrendatária e a autoridade portuária. Caso contrário, são instalações de uso público.
Terminal portuário	Instalação portuária, normalmente cais ou píer especializado, com equipamentos apropriados para movimentação de determinado(s) tipo(s) de carga, tais como: granel sólido, granel líquido, carga geral ou exclusivamente contêineres.
Terminal de uso privativo (TUP)	Instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado.

BIBLIOGRAFIA DO GLOSSÁRIO

ABNT NBR 9.896. Glossário de poluição das águas. 1993.

APPA. Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. Dicionário Básico Portuário, 3ª edição, 2010. Disponível em: <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/Pagina/Dicionario-Basico-Portuario>>.

AFCAL. Destino Final Valorização Energética, 2010. Disponível em: <http://www.afcal.pt/destinoFinal_valorizacao.php>.

ANTAQ. Definições de termos e conceitos técnicos. Site da Agência Nacional de Transportes Aquaviários., 2009. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario2009/termos.htm>>. Acesso em: Abril 2017.

ANTAQ. Glossário, 2011. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/images/GLOSSARIO/Glossario_ANTAQ_marco_2011.pdf>.

ARRUDA, C. M.; NOBRE JÚNIOR, E. F. N.; MAGALHÃES, P. S. B. Método dos indicadores de desempenho proposto pela Antaq: uma aplicação ao terminal portuário do Pecém. Anais do XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2008.

BRASIL. Lei 12.815, de 5 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. Revoga a Lei 8.630, de 25 de fevereiro de 1993. 2013.

CETESB. Glossário, 2019. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/residuos-solidos/responsabilidade-pos-consumo/glossario/>>.

CETESB. Glossário, 2019^a. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/glossario/>>.

CODESP. Glossário de Termos Portuários, 2019. Disponível em: <<http://www.portodesantos.com.br/outros-links/glossario-de-terminos-portuarios/>>.

CRAVEIRO, G. L. Granéis sólidos no Brasil: uma aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA). Universidade de Brasília. Brasília, p. 70. 2015.

FERNANDES, R. L. *et al.* Avaliação da eficiência dos terminais que movimentam contêineres no Brasil: uma abordagem combinada. Produção Online, Rio de Janeiro, v. 17, p. 1045-1068, 2017.

KIRCHNER, L. H. C. Avaliação da eficiência dos terminais de contêineres através da Análise Envoltória de Dados e do índice de Malmquist. Universidade de Brasília. Brasília, p. 99. 2013.

MARINS, F. A. S. Introdução à Pesquisa Operacional. Universidade Estadual Paulista – UNESP. p. 216. 2009.

MINGERS, J. Realising Systems Thinking: Knowledge and Action in Management Science. Canterbury: Springer, v. ISBN: 0-387-29841-X, 2006. ISBN ISBN 978-0-387-29841-2.

MMA. Glossário, 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/10%20-%20mcs_glossario.pdf>.

MMA. Plano Nacional de Resíduos Sólidos -Versão Preliminar para Consulta Pública, 2011. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>.

MMA. Convenção de Basileia, 2019. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/convencao-de-basileia.html>>.

PAIVA, D. M. E. D. Análise da Eficiência Ambiental e Operacional dos Portos Brasileiros Exportadores de Soja. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 145. 2015.

Resolução CONAMA 430 de 13/03/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. 2011.

RUBEM, A. P. S.; MOURA, A. L. M.; MELLO, J. C. C. B.; SANTOS, B. M. F. Comparação entre modelo DEA clusterizado pela escala de operação e modelo DEA tradicional para retornos variáveis de escala na avaliação de empresas aéreas brasileiras. TRANSPORTES v. 23, n. 4 (2015), p. 21-30.

SOUSA JR., J. N. C. D. Avaliação da eficiência dos portos utilizando Análise Envoltória de Dados: Estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 88. 2010.

MORGADO, T. C.; FERREIRA, O. M.. Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Co-Geração de Energia. Estudo para a Região Metropolitana de Goiânia, 2006. Disponível em: <http://web-resol.org/textos/incineracao_de_residuos_solidos_urbanos.pdf>.

APÊNDICE A - Memorial de cálculo de conversões de densidade dos resíduos sólidos

Com a finalidade de comparar os resíduos em uma base padronizada de unidades, foram realizadas conversões de volume e unidade para massa, utilizando fatores de conversão e massa específica aproximados dos materiais (baseado em referência da agência ambiental americana e em *datasheet* de fabricantes de produtos), unificando todos os valores dos inventários de resíduos sólidos em uma única base mássica, em quilogramas.

Portanto, os resíduos declarados em unidades (pneus, monitores, lâmpadas etc.) e em volume – litros – nos dados dos inventários da CODESP, foram convertidos para quilogramas. Este apêndice descreve os cálculos utilizados para as conversões de cada tipo de resíduo, bem como as considerações assumidas, os quais foram desenvolvidos em planilhas no Excel®.

Os resíduos considerados neste trabalho estão classificados de forma diferente nos períodos 2012/2013 e 2014/2015. Isto porque a classificação do último período passou a seguir a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos do IBAMA, instituída pela CODESP em 2014.

Grande parte das referências bibliográficas encontradas, ao buscar características de cada material para criar fatores de conversão, foram trabalhos estrangeiros e por isso algumas conversões de unidades foram necessárias para chegar às unidades do Sistema Internacional de Unidades (SIU), em quilograma e litro, conforme indicado na Tabela A1 a seguir.

Tabela A1 - Fatores de conversão de unidades de massa e volume entre os sistemas de medida.

Unidades no sistema de medida encontrado	FC_{SIU} (fator de conversão para o Sistema Internacional de Unidades)
1 gallon	3,79 L
1 cubic foot	28,32 L
1 55-gallon	208,20 L
1 55-gallon (dry)	242,39 L

1 cubic yard	764,56 L
1 lbs	0,45 kg
Bigbag de 90x90x120 cm *	972,00 L
Bigbag de 94x94x150 cm *	1325,00 L

* Esses são os tamanhos de *Bigbag* mais utilizados para resíduos.

Fonte: elaboração própria.

Para realizar as conversões foram substituídas as unidades do sistema de medida encontrados na literatura pelo FC_{SIU}, de acordo com a Tabela I-1, para chegar ao valor no sistema internacional de unidades. Como exemplo de conversão de unidades (Equação 33):

$$256 \frac{lbs}{gallon} = 256 \times \left(\frac{0,45 kg}{3,79 L} \right) = 30,68 kg/L \quad \text{Equação 32}$$

A equação básica para todas essas conversões entre massa e volume, foi a da massa específica (Equação 33).

$$\rho = \frac{massa}{volume} \quad \text{Equação 33}$$

Já a equação básica para todas essas conversões entre massa e unidades, foi a da massa unitária (Equação 34), isto é, a massa referente a uma unidade do resíduo em questão.

$$MU = \frac{massa}{unidade} \quad \text{Equação 34}$$

RESÍDUOS EM LITROS

1. Óleo usado (2012/2013) / 13 01 Óleos hidráulicos usados (2014/2015) / 13 02 Óleos de motores, transmissões e lubrificação usados ou contaminados (2014/2015)

Para essas três categorias foi utilizada informação da (EPA, 2016), que define a massa específica (ρ) de 7,4 *lbs/gallon* para “*used motor oil*”. Portanto, a massa específica obtida foi **0,89 kg/L**, a qual foi multiplicada pelos volumes presentes nos inventários de resíduos.

2. 13 03 Óleos isolantes, de refrigeração e de transmissão de calor usados

Para este tipo de óleo foi utilizado $\rho = 0,88 \text{ kg/L}$, encontrado na Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ, no site de lubrificantes da Petrobras (PETROBRAS, 2013), que indica uma densidade de 0,8799 a 20°C.

3. 13 05 Conteúdo de separadores óleo/água

De acordo com TOMAZ (2008), os separadores de água e óleos são capazes de remover hidrocarbonetos de densidades entre 0,68 a 0,95. Portanto, a massa específica deste tipo de óleo, que se torna o resíduo remanescente desse tratamento, foi considerada como a média aritmética das densidades propostas pelo autor, de $\rho = 0,82 \text{ kg/L}$.

4. Resíduos oleosos (2012/2013) / 13 08 Outros óleos usados não anteriormente especificados (2014/2015)

A massa específica para estes tipos de óleo foi considerada equivalente à do óleo diesel, cuja densidade a 20° C é definida por TOMAZ (2008) como $0,85 \text{ kg/L}$.

5. Emulsão Aquosa (2012/2013) / 16 03 Produtos fora de especificação e produtos vencidos ou não utilizados (2014/2015) / 16 05 Gases em recipientes sob pressão e produtos químicos fora de uso / 16 07 Resíduos da limpeza de tanques de transporte, de depósitos... / 16 10 Resíduos líquidos aquosos destinados a serem tratados noutro local

Para todos esses tipos de resíduos foi utilizado $\rho = 1,00 \text{ kg/L}$, pois se considerou a massa específica similar à água, uma vez que são misturas e soluções contendo água e resíduos de limpeza.

6. Efluente orgânico (2012/2013) / 19 08 05 Lodos do tratamento de efluentes urbanos (2014/2015)

Para os efluentes urbanos, foi considerado a utilização de um tratamento primário, que gera um lodo retirado como resíduo. Os chamados “efluentes orgânicos” foram enquadrados nesta mesma categoria. ANDREOLI, VON SPERLING e FERNANDES (2007) definem a “*density of sludge*” para o lodo primário (*primary sludge*) entre 1003 e 1010 kg/m^3 . Considerando a média aritmética desse intervalo, se chega ao valor 1006,5 kg/m^3 . Arredondando, o valor considerado para estes efluentes foi $\rho = 1,01 \text{ kg/L}$.

7. 19 08 09 Misturas de gorduras e óleos, da separação óleo/água, contendo apenas óleos e gorduras alimentares

Para indicar a massa específica dessa mistura oleosa foi utilizada informação da (EPA, 2006), que define 7,45 *lbs/gallon* para “*fats, solid/liquid (cooking oil)*”. Portanto, a massa específica obtida foi **0,89 kg/L**.

8. 20 01 25 Óleos e gorduras alimentares

Para essa categoria foi utilizada informação da EPA (2016), que define a massa específica de 412 *lbs/55-gallon* para “*food - fats, oils, grease*”. Portanto, $\rho = 0,90 \text{ kg/L}$.

9. Solventes contaminados (2012/2013) / 20 01 27 (*) Tintas, produtos adesivos, colas e resinas (2014/2015).....

(EPA, 2006) define, no quadro referente a produtos variados (“*Miscellaneous*”), a massa específica de 400 *lbs/55-gallon* para tintas. Dessa forma, chega-se ao valor de $\rho = 0,87 \text{ kg/L}$ para estes tipos de resíduos.

10. 20 03 04 Lodos de fossas sépticas

De acordo com ANDREOLI, VON SPERLING e FERNANDES (2007), a densidade do lodo (“*density of sludge*”) para o lodo secundário anaeróbico (“*secondary anaerobic sludge*”) varia entre 1010 e 1020 kg/m^3 . Considerando a média aritmética desse intervalo, se chega ao valor 1015 kg/m^3 . Arredondando, o valor considerado para estes efluentes foi $\rho = 1,02 \text{ kg/L}$.

11. Resíduos de madeira - não tóxicas

Nesta categoria de resíduos, EPA (2016) define madeiras de paletes e caixotes (“*woods- pallets and crates*”), que são os tipos de madeira utilizados em portos para transporte de material, possuindo a massa específica de 169 *lbs/cubic yard*. Logo, o valor obtido foi $\rho = 0,10 \text{ kg/L}$.

12. Resíduos ambulatoriais

A massa específica de acordo com EPA (2016), é 56 *lbs/cubic yard*. Logo, o valor obtido foi $\rho = 0,03 \text{ kg/L}$.

RESÍDUOS EM UNIDADES

1. Cartuchos de impressoras e toner (2012/2013) / 08 03 17 (*) Resíduos de tonner de impressão contendo substâncias... (2014/2015) / 08 03 18 Resíduos de tonner de impressão não abrangidos.... (2014/2015)

Nesta categoria de resíduos, EPA (2006) define o produto cartuchos (“*toner cartridge*”) com a massa de 2,5 *lbs/unit*. Logo, $\text{MU} = 1,13 \text{ kg/unidade}$.

2. Resíduos de borracha / 16 01 24 Pneus inservíveis/usados de automóveis

De acordo com EPA (2016), os chamados pneus leves (“*light duty tires - passenger, light truck*”) pesam 22,5 lbs/unit, que, após convertido, indica MU = **10,21 kg/unidade**.

3. Pneus / 16 01 26 Pneus inservíveis/usados de caminhões/ônibus

Ainda segundo EPA (2016), os chamados pneus do tipo comercial (“*commercial tires*”) pesam 120 lbs/unit, que, após convertido, indica MU = **54,43 kg/unidade**.

4. 16 01 29 Pneus inservíveis/usados outras aplicações

A partir de *datasheets* fornecidos pela fabricante de pneus Michelin, valores do peso de diferentes pneus da sua linha, utilizados para o cálculo deste tipo de resíduos. As seguintes considerações foram feitas para o cálculo de massa dos pneus inservíveis:

- Média de pesos de 12 modelos distintos de pneus do tipo "fora da estrada" da marca Michelin utilizados em empilhadeiras, equipamentos *rollon-rolloff* e maquinários portuários. O valor médio encontrado foi de 236,5 kg/pneu.

- De acordo com a Resolução CONAMA 416/09, § 2º, para calcular o peso a ser destinado aplica-se um fator de desgaste de 0,3 sobre o peso do pneu novo produzido ou importado. Portanto, será considerado um fator de 0,7 de perda mássica.

Dessa forma, se estabeleceu uma MU = **165,55 kg/unidade**.

5. 16 02 16 Componentes retirados de equipamento fora de uso.....

Para essa categoria de resíduos foi considerada a listagem de equipamentos na tabela computadores e equipamentos eletrônicos (“*computers & electronic equipment*”) da EPA (2006), onde estão descritos os pesos unitários de componentes como: monitores de computador (LCD e CRT), impressoras, máquinas de escrever, máquinas de FAX, teclados, *laptops*, entre outros. Para os itens monitor de LCD (“*computer monitor (LCD)*”) e Periféricos (“*peripherals (keyboards, mice)*”), foi considerado o valor médio faixa de valores apresentada na tabela. Apenas as categorias copiadora (“*copier*”) e Itens menores (“*other small items (cell, calculators)*”) não foram consideradas, pois são resíduos que tipicamente não são gerados no ambiente portuário.

Para calcular um valor único, representativo destes tipos de resíduos, foi retirada a média entre as categorias apresentadas, obtendo-se o valor de 22,82 lbs/unit. Dessa forma, considerou-se MU = **10,35 kg/unidade**.

6. 16 06 01 (*) Bateria e acumuladores elétricos à base de chumbo.....

Os resíduos deste tipo de bateria têm diferentes origens, dependendo de sua finalidade de uso, portanto, a Tabela A2 mostra massa unitária considerada a partir de três diferentes origens. No caso da bateria estacionária se considerou o valor médio do intervalo encontrado na literatura (128 kg/unid).

Tabela A2 - Massa unitária das baterias chumbo-ácido.

Origem da bateria	Massa unitária (MU)	Fonte
Carro	36 lbs/unit	EPA (2016)
Caminhão	47 lbs/unit	EPA (2016)
Estacionária	16 – 240 kg/unid	FAGUNDES (2016)

Fonte: elaboração própria.

A partir da conversão dos valores para quilos, o valor final considerado foi a média dos três tipos, portanto, MU = **55,22 kg/unidade**.

7. 16 06 02 (*) Bateria e acumuladores elétricos de níquel-cádmio

Esse tipo de bateria apresenta, de acordo com FAGUNDES (2016), uma massa que varia de 4 a 72 kg. A partir da média destes valores, obtêm-se MU = **38 kg/unidade**.

8. Pilhas / 16 06 04 Pilhas alcalinas (exceto 16 06 03)

De acordo com ARION CORP (2017), o peso das pilhas alcalinas varia entre 0,0625 e 0,14245 kg / unidade. A média destes valores gera MU = **0,10 kg/unidade**.

9. Baterias / 16 06 05 Outras pilhas, baterias e acumuladores....

Segundo BATTERY COUNCIL INTERNATIONAL (2014), baterias genéricas (“*general utility*”) têm um peso médio de 8,9 lbs/unit. Após a conversão indica MU = **4,04 kg/unidade** para esta categoria de resíduos.

10. Lâmpadas / 20 01 21 (*) Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista

Os resíduos de lâmpadas foram considerados com pesos que variam de 120 a 170 gramas por unidade de tubos fluorescentes (GRANT THORNTON, 2011). Considerando-se uma média desses valores, foi estabelecido um valor de MU = **0,15 kg/unidade**.

11. 20 01 33 (*) Pilhas e acumuladores abrangidos em

Nesta categoria de resíduos, a massa unitária foi estimada a partir da média entre os valores considerados para as categorias “16 06 01 (*) Bateria e acumuladores elétricos à base de chumbo.....” e “16 06 02 (*) Bateria e acumuladores elétricos de níquel-cádmio.....”, uma vez que a categoria em questão prevê a mistura destas outras e/ou pilhas não separadas. Desta forma, o valor obtido foi **MU = 46,61 kg/unidade**.

12. 20 01 36 Produtos eletroeletrônicos e seus componentes....

Para este tipo de resíduo foram utilizados os itens da categoria eletrônicos (“*electronics*”) na tabela de conversões da EPA (2016), onde estão descritos os pesos unitários de componentes como: torres de computador, televisões, monitores de computador (LCD e CRT), *mouses*, *laptops*, impressoras, máquinas de escrever, máquinas de FAX, teclados, entre outros. Apenas as subcategorias dispositivos móveis (“*mobile devices*”) e eletrônicos mistos (“*mixed electronics*”) não foram consideradas, uma vez que abrangem resíduos que não são tipicamente produzidos nos portos.

Para calcular um valor único, representativo destes tipos de resíduos, foi retirada a média entre as categorias apresentadas, obtendo-se o valor de 30,53 *lbs/unit*. Dessa forma, considerou-se **MU = 13,85 kg/unidade**.

13. RCC - Classe B e C

De acordo com EPA (2016), os resíduos de RCC (“*remainder/composite construction and demolition*”) apresentam uma massa específica de 417 *lbs/cubic yard*, que indica $\rho = 0,25 \text{ kg/L}$.

Os resíduos de construção civil são armazenados em caçambas para posterior destinação, sendo 3 m³ (3000 L) a dimensão mais comum utilizada. Por isso, esta foi a unidade considerada para este cálculo. As caçambas são retiradas quando atingem aproximadamente 75% de sua capacidade total.

Dessa forma, o valor encontrado para RCC foi **MU = 556,64 kg/unidade**. Sendo a unidade 1 caçamba de 3 m³.

14. Resíduos têxteis contaminados

Os resíduos têxteis contaminados possuem, segundo EPA (2006), massa específica de 225 *lbs/cubic yard* (“*textiles - clothing, used, mixed*”), o que indica $\rho = 0,13 \text{ kg/L}$.

Para este tipo de resíduo, a unidade utilizada foi o *Big Bag* de dimensões 94cm x 94cm x 150cm (RAFITEC, 2016). Além disso, se considerou a utilização de 80% da capacidade do *Big Bag*.

Assim, o peso encontrado para esse tipo de resíduo foi MU = **141,50 kg/unidade**. Sendo a unidade 1 *Big Bag* de 1325 L.

15. Resíduos de materiais têxteis

Para esta categoria de resíduos foi utilizada a mesma massa específica que para os “Resíduos têxteis contaminados”. Entretanto, a unidade utilizada foi o *Big Bag* de dimensões 90cm x 90cm x 120cm, também considerando a utilização de 80% da capacidade do *Big Bag*.

Assim, o valor encontrado para esse tipo de resíduo foi MU = **103,80 kg/unidade**. Sendo a unidade 1 *Big Bag* de 972 L.

16. Resíduos materiais têxteis e/ou contaminados

Para esta categoria de resíduos foi utilizada a mesma massa específica que para os “Resíduos têxteis contaminados”. A unidade utilizada foi o tambor/bombona/coletor de 200L de capacidade, também considerando a utilização de 80% da capacidade do tambor.

Assim, o valor encontrado para esse tipo de resíduo foi MU = **21,36 kg/unidade**. Sendo a unidade 1 tambor/bombona/coletor de 200 L.

17. Resíduos de derramamento de produto químico / Resíduos sólidos contaminados

A massa unitária destes tipos de resíduos foi definida a partir do peso encontrado para filtros de óleos (“*oil filter*”), de acordo com EPA (2006), que estabelece 0,33 *lbs/filter*.

Assim, se considerou a UM=**0,15 kg/unidade**.

18. Sucata Metálica

De acordo com EPA (2006), a massa específica da sucata metálica (“*metal scrap*”) é de 226,5 *lbs/55-galon*, o que indica $\rho = 0,42 \text{ kg/L}$.

Os resíduos metálicos são armazenados em caçambas para posterior destinação, sendo 3 m³ (3000 L) a dimensão mais comum utilizada. Por isso, esta foi a unidade

considerada para este cálculo. As caçambas são retiradas quando atingem aproximadamente 75% de sua capacidade total.

Dessa forma, o valor encontrado para RCC foi MU = **953,67 kg/unidade**. Sendo a unidade 1 caçamba de 3 m³.

A Tabela A3 sintetiza todos os fatores de conversão de volume e unidades para massa, definidos anteriormente para os resíduos sólidos encontrados nos inventários da CODESP avaliados.

Tabela A3 - Fatores de conversão de massa e de unidades para quilogramas.

Resíduos em LITRO		KG / L
2012 - 2013	2014-2015	
Óleo usado	13 01 Óleos hidráulicos usados	0,89
	13 02 Óleos de motores, transmissões e lubrificação usados ou contaminados	
	13 03 Óleos isolantes, de refrigeração e de transmissão de calor usados	0,88
	13 05 Conteúdo de separadores óleo/água	0,82
Resíduos oleosos	13 08 Outros óleos usados não anteriormente especificados	0,85
Emulsão aquosa	16 03 Produtos fora de especificação e produtos vencidos ou não utilizados	1
	16 05 Gases em recipientes sob pressão e produtos químicos fora de uso	
	16 07 Resíduos da limpeza de tanques de transporte, de depósitos...	
	16 10 Resíduos líquidos aquosos destinados a serem tratados noutro local	
Efluente orgânico	19 08 05 Lodos do tratamento de efluentes urbanos	1,01
	19 08 09 Misturas de gorduras e óleos, da separação óleo/água, contendo apenas óleos e gorduras alimentares	0,89
	20 01 25 Óleos e gorduras alimentares	0,90
Solventes contaminados	20 01 27 (*) Tintas, produtos adesivos, colas e resinas....	0,87
	20 03 04 Lodos de fossas sépticas	1,02
Resíduos de madeira - não tóxicas		0,10
Resíduos ambulatoriais		0,03

Resíduos em UNIDADE		KG / UNID.
2012 - 2013	2014-2015	
Cartuchos de impressoras e toner	08 03 17 (*) Resíduos de tonner de impressão contendo substâncias...	1,13
	08 03 18 Resíduos de tonner de impressão não abrangidos....	
Resíduos de borracha	16 01 24 Pneus inservíveis/usados de automóveis	10,21
Pneus	16 01 26 Pneus inservíveis/usados de caminhões/ônibus	54,43

Resíduos em UNIDADE		KG / UNID.
2012 - 2013	2014-2015	
	16 01 29 Pneus inservíveis/usados outras aplicações	165,55
	16 02 16 Componentes retirados de equipamento fora de uso.....	10,35
	16 06 01 (*) Bateria e acumuladores elétricos à base de chumbo.....	55,22
	16 06 02 (*) Bateria e acumuladores elétricos de níquel-cádmio.....	38
Pilhas	16 06 04 Pilhas alcalinas (exceto 16 06 03)	0,10
Baterias	16 06 05 Outras pilhas, baterias e acumuladores	4,04
Lâmpadas	20 01 21 (*) Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista	0,15
	20 01 33 (*) Pilhas e acumuladores abrangidos em	46,61
	20 01 36 Produtos eletroeletrônicos e seus componentes....	13,85
	RCC - Classe B e C	556,64
	Resíduos têxteis contaminados	141,50
	Resíduos de materiais têxteis	103,80
	Resíduos materiais têxteis e/ou contaminados	21,36
	Resíduos de derramamento de produto químico	0,15
	Sucata metálica	953,67
	Resíduos sólidos contaminados	0,15

Fonte: elaboração própria.

APÊNDICE B - Índices de eficiência das fronteiras globais

Tabela B1 - Resultados das eficiências da fronteira global - modelo BCC.

	orientação output	orientação input	
DMU	Área (X) Atracação (Y)	Atracação (X) Carga (Y)	Resíduo (X) Carga (Y)
BT	100%	79%	100%
CB	23%	35%	11%
DE	29%	18%	27%
EC	37%	21%	5%
EM	60%	20%	26%
FI	83%	31%	100%
LI	99%	20%	14%
SA	100%	100%	100%
NS	40%	33%	100%
RO	59%	19%	19%
CT	46%	43%	34%
AD	68%	77%	10%
BG	19%	100%	100%
CA	40%	79%	5%
LD	37%	79%	5%
RM	95%	100%	43%
TE	43%	100%	1%
TX	44%	51%	1%
TM	17%	49%	7%
TA	99%	53%	28%
TG	21%	100%	77%
TO	52%	100%	2%
PE	22%	84%	31%
CE	24%	100%	100%
PT	48%	35%	100%
GQ	46%	22%	28%
SS	100%	27%	6%
AG	100%	14%	2%
AQ	60%	23%	30%

Fonte: elaboração própria.

APÊNDICE C - Gráficos com plotagem do cluster granel líquido com as fronteiras de eficiência de desempenho

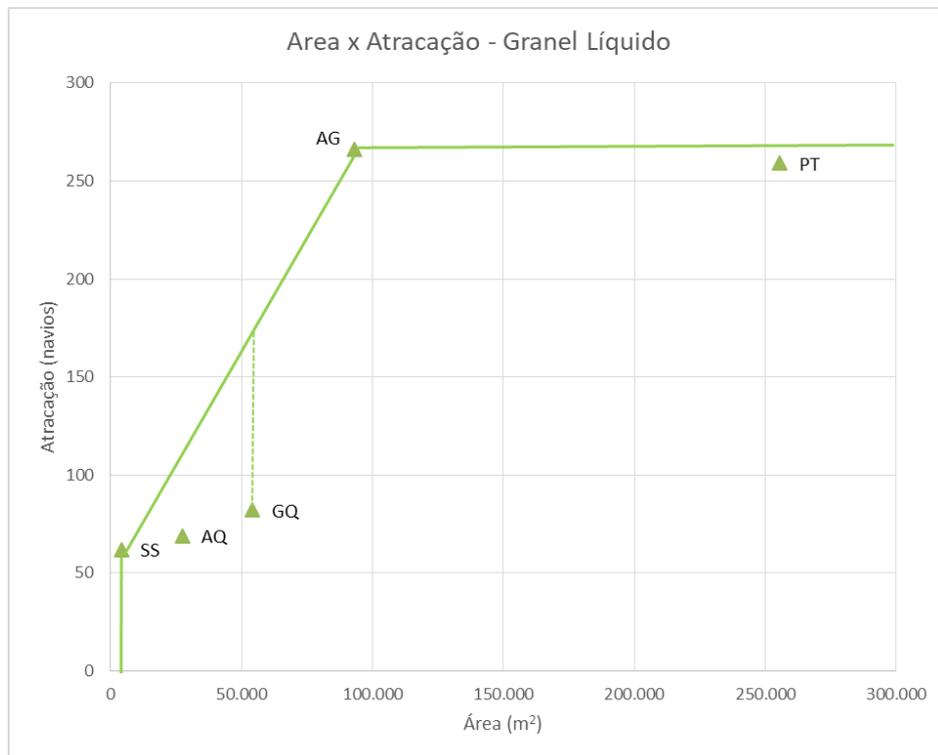


Figura C1 - Gráficos das fronteiras de eficiência dos cinco terminais de granel líquido – área *versus* atracação.

Fonte: elaboração própria.

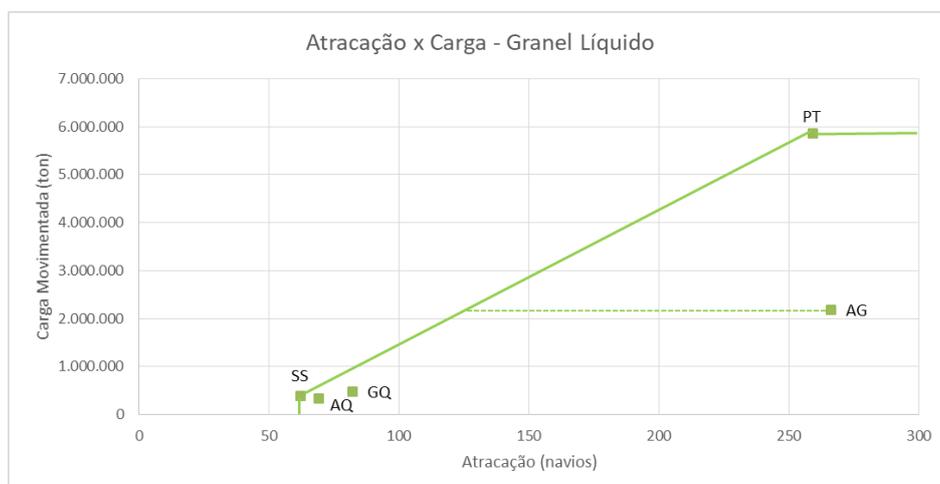


Figura C2 - Gráficos das fronteiras de eficiência dos cinco terminais de granel líquido – atracação *versus* carga movimentada.

Fonte: elaboração própria.

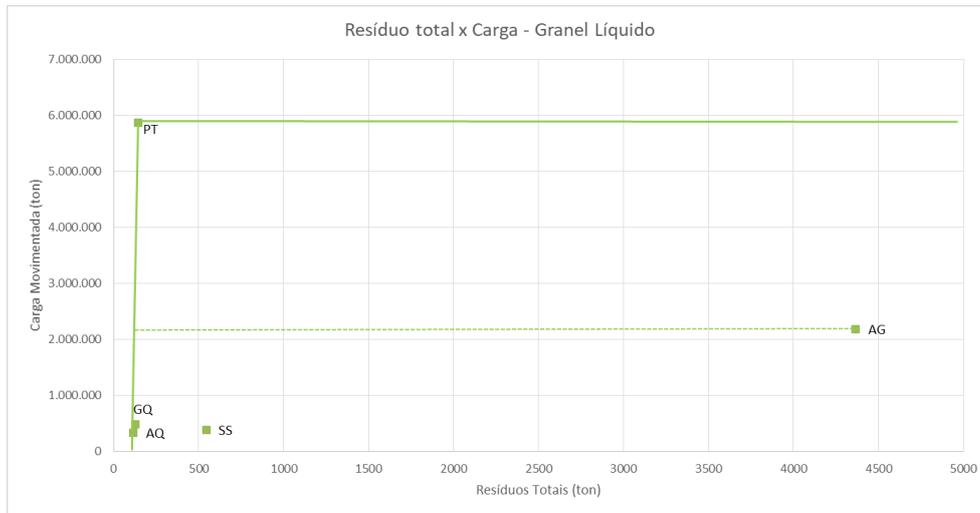


Figura C3 - Gráficos das fronteiras de eficiência dos cinco terminais de granel líquido - resíduos gerados *versus* carga movimentada.

Fonte: elaboração própria.

ANEXO - Legislação ambiental pertinente

Legislação Federal

- Convenção MARPOL 1973/1978 - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios (Anexos I, II, III, IV e V), em vigor a partir de 01/08/2005) – Anexo V (Regras para a Prevenção da Poluição Causada pelo Lixo dos Navios).
- Decreto 87.566, de 16 de setembro de 1982 - Promulga o texto da Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias, concluída em Londres, a 29 de dezembro de 1972 (Convenção de Londres).
- Decreto 875, de 19 de julho de 1993 - Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito (Convenção da Basileia).
- Lei 9.432, de 08 de janeiro de 1997 - Dispõe sobre a ordenação do transporte aquaviário e dá outras providências.
- Lei 9.605, de 13 de fevereiro de 1998 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- Decreto 2.508, de 04 de março de 1998 - Promulga o Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, concluída em Londres, em 2 de novembro de 1973, seu Protocolo, concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1978, suas Emendas de 1984 e seus Anexos Opcionais III, IV e V.
- Lei 9.966, de 28 de abril de 2000 - Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.

A Lei 9.966/00 chamada de Lei do Óleo que determina a obrigação de todo porto, instalação portuária, plataforma e as instalações de apoio, manterem meios adequados para o recebimento e tratamento dos diversos tipos de resíduos, assim como a obrigação de elaborar manual de procedimento para o gerenciamento dos resíduos de poluição.

- Lei 10.233, de 05 de junho de 2001 - Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a

Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e dá outras providências.

A Lei aborda um dos princípios do gerenciamento da infraestrutura e da operação dos transportes aquaviário e terrestre para que seja reduzido os níveis de poluição sonora e de contaminação atmosférica, do solo e dos recursos hídricos. O gerenciamento da infraestrutura e da operação dos transportes aquaviário e terrestre tem como foco a implementação de práticas para a conservação e uso racional dos combustíveis e de preservação do meio ambiente.

- Decreto 4.136, de 20 de fevereiro de 2002 - Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob a jurisdição nacional, prevista na Lei 9.966, de 28 de abril de 2000, e dá outras providências.
- Decreto 5.472, de 20 de junho de 2005 - Promulga o texto da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, adotada, naquela cidade, em 22 de maio de 2001.
- Decreto 5.940, de 25 de outubro de 2006 - Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
- Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007 - Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
- Decreto 6.511, de 17 de julho de 2008 - Promulga as emendas aos Anexos da Convenção sobre Prevenção da poluição marinha causada pelo alijamento no mar de resíduos e outras matérias (Convenção de Londres).
- Decreto 6.514, de 22 de julho de 2008 - Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.
- Decreto 7.217, de 21 de junho de 2010 - Regulamenta a Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
- Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

Na PNRS estão contidos os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, com o objetivo de promover a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. É importante notar que deve ser ressaltada a ordem de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final adequada para o ambiente e a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos.

A Lei dispõe sobre os princípios da PNRS, que incluem o resíduo sólido reutilizável reciclável o qual é considerado um bem econômico; em todo o processo de gestão dos resíduos sólidos são consideradas as variáveis ambiental, social, cultural, econômica. A ecoeficiência, que é definida como o fornecimento a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental.

- Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010 - Regulamenta a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.
- Decreto 7.405, de 23 de dezembro de 2010 - Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003 dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.
- Lei 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; e dá outras providências (Lei dos Portos).

A Lei regula a exploração pela União, direta ou indiretamente, dos portos e instalações portuárias e as atividades desempenhadas pelos operadores portuários.

O art. 2º, em seu inciso I, define o conceito de Porto Organizado como um bem público construído e aparelhado para atender a necessidades de navegação, de movimentação de passageiros ou de movimentação e armazenagem de mercadorias, e cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de autoridade portuária.

Compete à administração do porto organizado, intitulada autoridade portuária, dentro dos limites da área do porto, a fiscalização das operações portuárias, zelando pela realização das atividades com regularidade, eficiência, segurança e respeito ao meio ambiente.

Resoluções CONAMA

- Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986 - Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental.

Essa resolução determinou a obrigatoriedade de realização do Estudo de Impacto Ambiental e seu Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA) para o licenciamento de atividades impactantes. Esses documentos devem ser submetidos para apreciação e aprovação do órgão estadual competente, para o licenciamento, dentre outras atividades, portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos e a abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação.

- Resolução CONAMA 1-A, de 23 de janeiro de 1986 - Dispõe sobre transporte de produtos perigosos.
- Resolução CONAMA 006, de 24 de janeiro de 1986 - Dispõe sobre a aprovação de modelos para publicação de pedidos de licenciamento.
- Resolução CONAMA 005, de 15 de junho de 1989 - Institui o Programa Nacional de Qualidade do Ar – PRONAR.
- Resolução CONAMA 003, de 28 de junho de 1990 - Dispõe sobre a ampliação do monitoramento e controle dos poluentes atmosféricos.
- Resolução CONAMA 2, de 22 de agosto de 1991 - Dispõe sobre o tratamento a ser dado às cargas deterioradas, contaminadas ou fora de especificações.
- Resolução CONAMA 6, de 19 de setembro de 1991 - Dispõe sobre o tratamento de resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.
- Resolução CONAMA 5, de 05 de agosto de 1993 – Dispõe sobre gerenciamento de resíduos sólidos gerados em portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários.

A Resolução atribui aos estabelecimentos, o gerenciamento de seus resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública.

- Resolução CONAMA 23, de 12 de dezembro de 1996 - Dispões sobre importação e uso de resíduos perigosos e classificação.
- Resolução CONAMA 237, de 19 de dezembro de 1997 - Dispõe sobre o licenciamento ambiental.

Essa resolução estabelece o Sistema de Licenciamento Ambiental. a licença ambiental é o ato administrativo com o qual o órgão ambiental estabelece as condições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor para operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou que, possam causar degradação ambiental.

Alterou o processo de licenciamento ambiental. Além do EIA/RIMA, já previstos, são estabelecidos os seguintes estudos ambientais: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental. O IBAMA tem a competência para conduzir o licenciamento ambiental, em obras com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional.

- Resolução CONAMA 275, de 25 de abril 2001 - Dispõe sobre Código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

A classificação dos resíduos segue com o seguinte padrão de cores: AZUL: papel/papelão; VERMELHO: plástico; VERDE: vidro; AMARELO: metal; PRETO: madeira; LARANJA: resíduos perigosos; BRANCO: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde; ROXO: resíduos radioativos; MARROM: resíduos orgânicos; CINZA: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.

- Resolução CONAMA 306, de 05 de julho de 2002 - Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais.
- Resolução CONAMA 307, de 05 de julho de 2002 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

- Resolução CONAMA 313, de 29 de outubro de 2002 - Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
- Resolução CONAMA 344, de 25 de março de 2004 - Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA 358, de 29 de abril de 2005 - Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
- Resolução CONAMA 362, de 23 de junho de 2005 – Estabelece novas diretrizes para o recolhimento e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado.
- Resolução CONAMA 382, de 26 de dezembro de 2006 - Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
- Resolução CONAMA 398, de 11 de junho de 2008 - Dispõe sobre o conteúdo mínimo do plano de emergência individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração.
- Resolução CONAMA 401, de 04 de novembro de 2008 - Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA 404, de 11 de novembro de 2008 – Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
- Resolução CONAMA 416, de 30 de setembro de 2009 - Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.
- Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias

químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

- Resolução CONAMA 421, de 03 de fevereiro de 2010 - Dispõe sobre revisão e atualização da Resolução CONAMA 344, de 25 de março de 2004.
- Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e altera a Resolução CONAMA 357, de 17/03/2005.
- Resolução CONAMA 450, de 06 de março de 2012 - Altera os artigos. 9º, 16, 19, 20, 21 e 22, e acrescenta o art. 24-A à Resolução 362, de 23 de junho de 2005, do CONAMA, que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.
- Resolução CONAMA 452, de 02 de julho de 2012 – Dispõe sobre os procedimentos de controle de importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito.
- Resolução CONAMA 454, de 01 de novembro de 2012 – Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Resoluções ANTAQ

- Resolução ANTAQ 1.766, de 23 de julho de 2010 - Aprova a norma que estabelece as atividades executadas nos portos e terminais aquaviários por empresas brasileiras de navegação autorizadas a operar na Navegação de Apoio Portuário.
- Resolução ANTAQ 1.812, de 02 de setembro de 2010 - Aprova a proposta de norma para disciplinar a prestação de serviços de retirada de resíduos de embarcações, a fim de submetê-la à audiência pública.
- Resolução ANTAQ 2.190, 28 de junho de 2011 - Aprova a norma para disciplinar a prestação de serviços de retirada de resíduos de embarcações.

Resoluções ANVISA

- Resolução – RDC 77, de 17 e agosto de 2000 - Dispõe sobre a extensão de uso do aditivo INS 905a Óleo Mineral, como agente supressor de pó em grãos de cereais.
- Resolução - RDC 217, de 21 de novembro de 2001 - Aprova o regulamento técnico, anexo a esta resolução, com vistas à promoção da vigilância sanitária nos portos de controle Sanitário instalados no território nacional, embarcações que operem transportes de cargas e ou viajantes nesses locais, e com vistas à promoção da vigilância epidemiológica e do controle de vetores dessas áreas e dos meios de transporte que nelas circulam.

Essa resolução trata da gestão de resíduos, trazendo regulamentos para vigilância sanitária de embarcações, portos de controle sanitário e da prestação de serviços de interesse da saúde pública e da produção e circulação de bens.

- Resolução - RDC 342, de 13 de dezembro de 2002 - Institui e aprova o termo de referência, em anexo, para elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos a serem apresentados à ANVISA para análise e aprovação. (revogada).
- Resolução - RDC 306, de 07 de dezembro de 2004 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.
- Resolução - RDC 56, de 06 de agosto de 2008 - Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas sanitárias no gerenciamento de resíduos sólidos nas áreas de portos, aeroportos, passagens de fronteiras e recintos alfandegados.

A resolução aprova o regulamento técnico de boas práticas sanitárias no gerenciamento de resíduos sólidos, nas áreas de portos, aeroportos, passagens de fronteiras e recintos alfandegados.

- Resolução - RDC 72, de 29 de dezembro de 2009 - Regulamento técnico que visa à promoção da saúde nos portos de controle sanitário em território nacional e embarcações que por eles transitam.

Norma Regulamentadora de segurança e saúde no trabalho portuário - NR 29, de 17 de dezembro de 1997.

Os dispositivos contidos nesta norma se aplicam aos trabalhadores portuários em operações, a bordo ou em terra, e também aos demais trabalhadores em atividades nos

portos organizados e instalações portuárias de uso privativo e retroportuárias, situados dentro ou fora da área do porto organizado.

Instrução Normativa IBAMA

- IN IBAMA 14, de 15 de maio de 2009 - Regula a metodologia para apuração de infrações administrativas por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, a imposição das sanções, a defesa ou impugnação, o sistema recursal e a cobrança de multa e sua conversão em prestação de serviços de recuperação, preservação e melhoria da qualidade ambiental no âmbito do IBAMA.
- IN IBAMA 13, de 18 de dezembro de 2012 – Estabelece a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos.
- IN IBAMA 01, de 25 de janeiro de 2013 - Regulamenta o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (CNORP), estabelece sua integração com o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF-APP) e com o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental (CTF-AIDA), e define os Procedimentos administrativos relacionados ao cadastramento e prestação de informações sobre resíduos sólidos, inclusive os rejeitos e os considerados perigosos.
- IN IBAMA 10, de 25 de maio de 2013 - Regulamenta o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF.

Instrução Normativa MAPA 36, de 10 de novembro de 2006 – Aprova o manual de procedimentos operacionais de vigilância agropecuária internacional - fiscalização do gerenciamento dos resíduos sólidos.

Resolução ANP 20, de 18 de junho de 2009 - Atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado e a sua regulação.

Normas ABNT

- NBR 98 - Armazenamento e Manuseio de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis.
- NBR 7.500 - Símbolos de Risco e Manuseio para o Tratamento e Armazenagem de Materiais – Simbologia.

- NBR 7.501 - Transporte de Cargas Perigosas – Terminologia.
- NBR 7.502 - Transporte de Cargas Perigosas – Classificação.
- NBR 7.503 - Ficha de Emergência para o Transporte de Cargas Perigosas.
- NBR 7.504 - Envelope para Transporte de Cargas Perigosas - Dimensões Utilizadas.
- NBR 7.505 - Armazenamento de petróleo e seus derivados líquidos e álcool carburante.
- NBR 8.843 - Procedimentos do gerenciamento dos resíduos sólidos e as alternativas.
- NBR 9.648 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento.
- NBR 10.004 - Classificação de Resíduos Sólidos.
- NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos.
- NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos.
- NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos.
- NBR 10.703 - Degradação do Solo – Terminologia.
- NBR 11.174/NBR 1.264 - Armazenamento de Resíduos, Classe II - não inertes e Classe II – inertes.
- NBR 12.235 - Armazenamentos de Resíduos Sólidos Perigosos.
- NBR 12.807 - Resíduos de Saúde – Terminologia.
- NBR 12.808 - Resíduos de Saúde – Classificação.
- NBR 12.809 - Manuseio de Resíduos de Serviço de Saúde – Procedimento.
- NBR 12.810 - Coleta de Resíduos de Serviço de Saúde – Procedimento.
- NBR 12.988 - Líquidos Livres - Verificação de Amostragem de Resíduos.
- NBR 13.221- Transporte de Resíduos.
- NBR 13.853- Fixa as características de coletores destinados ao descarte de resíduos de serviços de saúde perfurantes ou cortantes, tipo A.4, conforme a NBR 12.808.
- NBR 13.894 - Tratamento do Solo.
- NBR 14.652 - Coletores transportadores de resíduos de serviço de saúde.
- NBR 15.112 - Áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.

- NBR 15.113 - Aterros de resíduos sólidos da construção civil Classe A e de resíduos inertes.
- NBR 15.114 - Áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil Classe A.
- NBR 15.911-3 - Contentor móvel de plástico de quatro rodas, com capacidade de 660 L, 770 L e 1.000 L destinado ao acondicionamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) e de saúde (RSS).
- NBR 15.911-2 – Contentor móvel de plástico de duas rodas, com capacidade de 120 L, 240 L e 360 L, destinado ao acondicionamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) e de saúde (RSS).

Legislação Estadual de São Paulo

- Lei 997, de 31 de maio de 1976 - Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente.
- Decreto 8468, de 08 de setembro de 1976 - Aprova o regulamento da Lei 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.
- Resolução SMA 39, de 21 de julho de 2004 - Estabelece as diretrizes gerais à caracterização do material a ser dragado para o gerenciamento de sua disposição em solo.
- Lei 12.288, de 22 de fevereiro de 2006 - Dispõe sobre a eliminação controlada dos PCBs e dos seus resíduos, a descontaminação e da eliminação de transformadores, capacitores e demais equipamento elétricos que contenham PCBs, e dá providências correlatas.
- Lei 12.300, de 16 de março de 2006 - Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes.
- Resolução SMA 75, de 01 de novembro de 2008 - Dispõe sobre licenciamento das unidades de armazenamento, transferência, triagem, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos sólidos de Classes II A e II B, classificados segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 10.004, e dá outras providências.
- Lei 13.576, de 06 de julho de 2009 - Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico.

- Lei 14.186, de 15 de julho de 2010 - Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final das embalagens plásticas de óleos lubrificantes, e dá outras providências correlatas.
- Resolução SMA 103, de 20 de dezembro de 2012 - Dispõe sobre a fiscalização do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.
- Resolução SMA 115, de 03 de dezembro de 2013 - Trata do estabelecimento de programas de responsabilidade pós-consumo para os medicamentos domiciliares, vencidos ou em desuso.

Legislação Municipal

Município de Santos

- Lei Complementar 84, de 14 de julho de 1993 - Institui o Código de Edificações no município de Santos e adota providências correlatas. Essa Lei instituiu o Código de Edificações no município de Santos e adotou providências estabelecendo normas e procedimentos administrativos para o controle de obras na cidade.

A Prefeitura é responsável por licenciar e fiscalizar a execução. O proprietário fica responsável pela manutenção das condições da edificação. A Lei Complementar 84/93 determina também as responsabilidades para o autor do projeto da obra.

- Lei 1.660, de 11 de março de 1998 - Dispõe sobre o conselho municipal de defesa do meio ambiente, e dá outras providências.
- Lei Complementar 311, de 23 de novembro de 1998 - Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento e Expansão do município de Santos, e dá outras providências.

São considerados princípios básicos dessa Lei a melhoria da qualidade de vida da população e o pleno desenvolvimento das funções social e econômica do município de Santos, conforme determina a Lei Orgânica. O Plano Diretor é o instrumento legal básico e estratégico da política de desenvolvimento do Município. Ele estabelece as diretrizes de atuação de agentes públicos e privados.

Município de Guarujá

- Lei Complementar 108, de 31 de janeiro de 2007 - Institui o Novo Plano Diretor, a Lei de Zoneamento, Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo do município de Guarujá, e dá outras providências.
- Lei municipal 1.259, de 21 de dezembro de 1975 - Institui o Código de Edificações e Instalações do município de Guarujá e dá outras providências.

Normas CODESP

- Resolução DP 34.2000 de 14 de abril de 2000 - Reitera a proibição da descarga indevida de resíduos dos navios e outras embarcações na área do Porto Organizado de Santos.
- Resolução DP 35.2000 de 14 de abril de 2000 - Proíbe a permanência, o depósito e o abandono de materiais, equipamentos, cargas, embalagens, produtos inservíveis, mantas plásticas e outros utensílios, sem a devida autorização, nas dependências portuárias.
- Ordem de Serviço DC 002, de 07 de julho de 2000 - Regulamenta o manual de procedimentos para elaboração de auto de inspeção de qualidade, meio ambiente e de segurança.
- Resolução DP 68.2000, de 04 de setembro de 2000 - Proíbe o descarte de pilhas e baterias de telefones celulares em lixo comum.
- Resolução da Presidência 52.2001, de 24 de maio de 2001 - Proíbe o descarte e o abandono de pneus ou pneumáticos nas áreas do Porto Organizado de Santos.
- Resolução da Presidência 105.2001, de 10 de outubro de 2001 - Determina que a recuperação da carga, a coleta e destinação final de lixo e resíduos sejam de responsabilidade exclusiva do gerador.
- Resolução DP 138.2001, de 27 de dezembro de 2001 - Determina o máximo cuidado nas operações de embarque e desembarque de açúcar nas áreas do Porto Organizado de Santos.
- Resolução DP 11.2002, de 24 de janeiro de 2002 - Proíbe o ingresso, o trânsito e as operações com aparelhos, equipamentos ou veículos automotivos em mau estado de conservação, comprometendo a segurança ou o meio ambiente nas áreas do Porto de Santos.

Esta resolução, visando à qualidade das condições de segurança, de emissão de gases poluentes e ruídos, proíbe o ingresso, trânsito e a operação de todo veículo

automotivo, articulado, reboque ou semirreboque, aparelhos ou equipamentos sobre rodas, tracionados ou autopropulsionados, em mau estado de conservação nas dependências do Porto de Santos.

- Resolução DP 95.2002, de 23 de outubro de 2002 - Proíbe qualquer tipo de lançamento, descarga ou despejo não autorizado, inclusive água de lastro, sobre o cais e píeres.
- Resolução DP 100.2003, de 28 de maio de 2003 - Determina que a recuperação da carga, a coleta e a destinação final de resíduos e lixo sejam exclusivos do gerador ou responsáveis.
- Resolução DP 12.2012, de 27 de janeiro de 2012 - Estabelece procedimentos para os serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos provenientes de embarcações nas áreas do Porto Organizado de Santos.
- Resolução DP 13.2014, de 03 de fevereiro de 2014 - Altera a resolução 12.2012, que estabelece procedimento para os serviços de coleta, transporte e destinação de resíduos, provenientes de embarcação nas áreas do porto organizado de Santos.