UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS EM PORTOS BRASILEIROS, SEGUNDO A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Clarice Neffa Gobbi

Rio de Janeiro

2015

Clarice Neffa Gobbi

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS EM PORTOS BRASILEIROS, SEGUNDO A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

Orientadores:

Prof.ª Maria José de Oliveira C. Guimarães, D.Sc.

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

Rio de Janeiro

2015

G 575a Gobbi, Clarice Neffa.

Avaliação do desempenho da gestão de resíduos plásticos em portos brasileiros, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos / Clarice Neffa Gobbi. – Rio de Janeiro, 2015.
xx, 191 f.: il.

Orientadores: Maria José de O. C. Guimarães e Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, 2015.

1. Resíduos sólidos portuários. 2. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). 3. Resíduos plásticos. 4. Análise Envoltória de Dados (DEA). I. Guimarães, Maria José de Oliveira C. (Orient.). II. Freitas, Marcos Aurélio Vasconcelos de. (Orient.). III. Título.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS EM PORTOS BRASILEIROS, SEGUNDO A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Clarice Neffa Gobbi

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

Data: 04 de Março de 2015.

Aprovada por:

Prof° Rodrigo de Alvarenga Rosa, D.Sc.
DEPR / UFES

Prof° Helson Moreira da Costa, D.Sc.
IPRJ / UERJ

Dra. Maria Elizabeth Ferreira Garcia, D.Sc.
PEQ / UFRJ

Prof.ª Juacyara Carbonelli Campos, D.Sc.
EQ / UFRJ

Prof. Estevão Freire, D.Sc.
EQ / UFRJ

Orientada por:

Profª Maria José de Oliveira Cavalcanti Guimarães, DSc.

Prof° Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, PhD.

“A humanidade manteve uma relação extremamente exploradora com nosso planeta. Podemos, e devemos, ter como objetivo tornar essa relação simbiótica.”

Michael Mack, Syngenta

Visão 2050 – A Nova Agenda para as Empresas

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por seu amor incondicional e pela realização de mais esta etapa em minha vida;

A minha família, que é sempre meu porto seguro, meus pais João Carlos e Jamilly, meus irmãos e minhas cunhadas, meu avô Jorge, por tudo que vocês representam para mim;

Ao meu marido, maior companheiro do mundo, Ricardo Furtado – te amo!

Aos meus orientadores, Prof^{a}. Maria José O. C. Guimarães e Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, pela confiança em mim depositada e por todas as contribuições e dedicação, fundamentais para a realização deste trabalho;

A Prof^{a}. Elen Pacheco, exemplo a ser seguido, pelo carinhoso acolhimento, fundamental apoio e preciosas contribuições;

Aos Professores Rodrigo de Alvarenga Rosa, Helson Moreira da Costa, Maria Elizabeth Ferreira Garcia, Juacyara Carbonelli Campos e Estevão Freire, pelo aceite ao convite para composição da banca examinadora desta Tese;

A todo o pessoal do IVIG/UFRJ e especialmente a minha “equipe”, Vânia Sanches, Pedro, Thales, Breno e Thiago, pelo apoio, amizade e bons momentos na convivência do dia da dia;

A Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR), pelo apoio, proporcionando o acesso a muitos dos dados deste trabalho.

PARTE DESTA TESE FOI PUBLICADA:

- GOBBI, C.N.; MOTA, T.D.; FILHO, C.R.B.A.; GUIMARÃES, M.J.O.C.; FREITAS, M.A.V. Solid Waste Management Web-Based Database System in Brazilian Seaports. **Espacios**. Vol. 36(2), 2015.

- GOBBI, C.N.; MOTA, T.D.; FILHO, C.R.B.A.; CASIMIRO, P.H.; SANCHES, V.M.; SANTOS, G.D.; MURTA, A.L.S.; MORAES, M.N.; FREITAS, M.A.V. Waste Management in the Cruise Port – A Web-Based System in Brazilian Ports**.** ***Green Port Congress*** - Barcelona – Espanha, 2014.

- GOBBI, C.N.; MACHADO, G.C.A.; SANCHES, V.M.; BRITTO, F.G.A.; SANTOS, G.D.; BARRETO, R.C.; GUIMARÃES, M.J.O.C.; MORAES, M.N.; MURTA, A.L.S.; FREITAS, M.A.V. Diagnosis of Solid Waste Generation in the Port of Rio de Janeiro – Brazil. **ISWA *Solid Waste World Congress*** – Viena - Áustria, 2013. Trabalho completo publicado nos Anais do Congresso – ISBN 978-3-200-03229-3.

- GOBBI, C.N; MACHADO, G.C.A.; SANCHES, V.M.; GUIMARÃES, M.J.O.C.; FREITAS, M.A.V. Gestão de Resíduos Plásticos Provenientes de Embarcações no Porto do Rio de Janeiro. **27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)** – Goiânia – Brasil, 2013.

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

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS EM PORTOS BRASILEIROS, SEGUNDO A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Clarice Neffa Gobbi

Março, 2015

Orientadores: Maria José de Oliveira Cavalcanti Guimarães, D.Sc.
Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.

Os portos são importantes geradores de resíduos e a adequada gestão destes se faz necessária na medida em que o país visa a melhoria da infraestrutura portuária nacional, de forma eficiente e competitiva. Assim, o principal objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o cenário atual relacionado à gestão de resíduos plásticos em alguns portos brasileiros, verificando a adequação destes à Política Nacional de Resíduos Sólidos através da metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA). Foram selecionados 20 portos marítimos brasileiros, vinculados à Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR), no período de 2010 a 2013. A aplicação do método DEA foi realizada por meio do *software* SIAD v.3.0 – Sistema Integrado de Apoio à Decisão, utilizando o modelo BBC orientado a *output*. A avaliação, realizada por fonte geradora de resíduos, mostrou que as áreas não arrendadas dos portos apresentam menor índice de eficiência de segregação e maior índice de eficiência de destinação para reciclagem, sugerindo que o gargalo da gestão de resíduos plásticos nesse caso é a etapa de segregação. As áreas arrendadas e embarcações apresentaram índices muito similares em relação à segregação de plásticos. Porém, na área arrendada, o índice relacionado à etapa de destinação para reciclagem foi muito maior quando comparado às embarcações. Dentre os índices de eficiência na etapa da destinação, o mais baixo foi relacionado às embarcações. A ferramenta DEA se apresentou eficaz para a avaliação da gestão de resíduos plásticos. Para o desenvolvimento sustentável da atividade portuária no país e possível aproximação dos portos marítimos brasileiros aos padrões internacionais de qualidade ambiental, são necessários estudos visando o monitoramento da evolução da gestão ambiental e fornecimento de subsídios para a tomada de decisão.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Portuários; Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); Resíduos Plásticos; Análise Envoltória de Dados (DEA).

Abstract of Doctoral Thesis presented to Escola de Quimica/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for obtaining the degree of Doctor of Science (D.Sc.).

ASSESSMENT OF THE PLASTIC WASTE MANAGEMENT PERFORMANCE IN BRAZILIAN PORTS, AS REQUIRED BY THE NATIONAL POLICY ON SOLID WASTE

Clarice Neffa Gobbi

March, 2015

Advisors: Maria José de Oliveira Cavalcanti Guimarães, D.Sc.
Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, D.Sc.

The seaports are important waste generators and the appropriate management of this waste is necessary once Brazil aims to improve the national port infrastructure, in an efficient and competitive way. The main objective of this study was to assess the current scenario related to the management of plastic waste in some Brazilian ports by verifying their suitability with the National Policy on Solid Waste through the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology. A total of 20 Brazilian ports linked to the Secretariat of Ports of the Presidency (SEP/PR) were selected, during the period of 2010 to 2013. The application of DEA method was performed using the SIAD v.3.0 software - Integrated Decision Support, using the BBC model oriented to output. The evaluation of the waste-generating sources showed that the non-leased port areas had lower segregation efficiency index and a higher efficiency index for recycling (destination), suggesting that the barrier of the plastics waste management is, in this case, the segregation process. The leased areas and the vessels had very similar rates in relation to the plastic segregation. However, in the leased area, the index related to destination step for recycling was much higher when compared to vessels. Among the efficiency index in the destination step, the lowest one was related to vessels. The DEA method appeared to be effective for the evaluation of the plastic waste management. For sustainable development of port activity in the country and possible approach of Brazilian ports to international standards of environmental quality, studies are necessary in order to monitor the progress of environmental management and generate subsidies for decision making.

Keywords: Seaports Solid Waste; National Policy on Solid Waste (PNRS); Plastic Waste; Data Envelopment Analysis (DEA).

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAPA - Associação Americana de Autoridades Portuárias

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APSFS - Administração do Porto de São Francisco do Sul

AFE - Autorização de Funcionamento de Empresa

BCC - *Variable Returns to Scale* ou VRS

CAP - Conselho de Autoridade Portuária

CBD - Companhia Brasileira de Dragagem

CCR - *Constant Returns to Scale* ou CRS

CDC - Companhia Docas do Ceará

CDP - Companhia Docas do Pará

CDRJ - Companhia Docas do Rio de Janeiro

CDSS - Companhia Docas de São Sebastião

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CIPS - Complexo Industrial Portuário de Suape

CODEBA – Companhia das Docas do Estado da Bahia

CODERN - Companhia Docas do Rio Grande do Norte

CODESA - Companhia Docas do Espírito Santo

CODESP - Companhia Docas do Estado de São Paulo

CONAPORTOS - Comissão Nacional das Autoridades nos Portos

COOCAMAR – Cooperativa de Materiais Recicláveis e Desenvolvimento Sustentável.

COOPERFOZ - Cooperativa dos Coletores de Material Reciclável da Foz do Rio Itajaí

CMIS - Sistema de Informação de Gestão de Substâncias Químicas

DEA - Análise Envoltória de Dado

DMUs – *Decision Making Units*

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DSS - *Decision Support System*

Ecoports - *Ecoports Network*

EP - Eficiência Produtiva

EMAP - Empresa Maranhense de Administração Portuária

EMS - *Environmental Management System*

ESPO – *European Sea Ports Organisation*

ETC - Estação de Transbordo de Cargas

EVA - Copolímero de acetato de vinila e etileno

FIRJAN - Federação das Indústrias do Rio de Janeiro

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INEA - Instituto Estadual de Ambiente (RJ)

INPH - Instituto Nacional de Pesquisa Hidroviária

IP4 - Instalação Portuária Pública de Pequeno Porte

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IMO - Organização Marítima Internacional

ISO - *International Organization for Standardization*

IVIG - Instituto Virtual Internacional de Mudanças globais

LO - Licença de Operação

MARPOL - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OPRC 90 - Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Casos de Poluição por Óleo

PC – Policarbonato

PE - Polietileno

PET - Poli(tereftalato de etileno)

PHP - *Hypertext Preprocessor*

PP - Polipropileno

PS - poliestireno

PVC - poli(cloreto de vinila)

PERS - *Port Environmental Review System*

PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PORTOBRAS - Empresa de Portos do Brasil S/A

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SDM - *Self Diagnosis Methodology*

SFA - *Stochastic Frontier Analysis*

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SEP/PR - Secretaria de Portos da Presidência da República

SIAD - Sistema Integrado de Apoio a Decisão

SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SUPRG - Superintendência do Porto de Rio Grande

SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*

TEU – *Twenty-Foot Equivalent Unit* – Unidade de medida referente a um contêiner de 20 pés de comprimento

TUP - Terminal de Uso Privativo

VBA - *Visual Basic for Applications*

VIGIAGRO - Sistema de Vigilância Agropecuária Internacional

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS 1

1.1 INTRODUÇÃO 1

1.2 OBJETIVOS 6

1.2.1 Objetivo Geral 6

1.2.2 Objetivos Específicos 6

1.3 ESTRUTURAÇÃO DA TESE 7

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 8

2.1 PORTOS BRASILEIROS 8

2.1.1 Histórico dos Portos Brasileiros 8

2.1.2 Sistema Portuário Nacional 12

2.1.3 Gestão Ambiental Portuária 19

2.2 GERAÇÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PORTUÁRIOS 21

2.3 A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS 25

2.4 SISTEMAS DECLARATÓRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS 32

2.4.1 Inventário de Resíduos 33

2.4.2 Manifesto de Resíduos (RJ) e outros documentos de controle 34

2.5 GESTÃO DE RESÍDUOS EM PORTOS INTERNACIONAIS 36

2.5.1 Portos Europeus 36

2.5.2 Portos Panamericanos 42

2.6 PLÁSTICOS NO CONTEXTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS 44

2.6.1 Introdução 44

2.6.2 Impactos Ambientais e Destinação dos Resíduos Plásticos 47

2.7 MÉTODO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS 60

2.8 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO SETOR PORTUÁRIO 69

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA 71

3.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS E PERÍODO DO ESTUDO 73

3.2 TIPOLOGIA DOS RESÍDUOS UTILIZADOS NO ESTUDO 79

3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS 79

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS 81

3.5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DEA 83

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO 86

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NOS PORTOS BRASILEIROS 86

4.2 A GESTÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS NOS PORTOS BRASILEIROS 90

4.2.1 Porto de Vila do Conde 90

4.2.2 Porto de Belém 91

4.2.3 Porto do Itaqui 93

4.2.4 Porto de Fortaleza 97

4.2.5 Porto de Natal 99

4.2.6 Porto de Cabedelo 100

4.2.7 Porto do Recife 101

4.2.8 Porto de Suape 103

4.2.9 Porto de Maceió 105

4.2.10 Porto de Salvador 105

4.2.11 Porto de Aratu-Candeias 108

4.2.12 Porto de Vitória 110

4.2.13 Porto de Itaguaí 111

4.2.14 Porto de São Sebastião 114

4.2.15 Porto de Santos 115

4.2.16 Porto de São Francisco do Sul 118

4.2.17 Porto de Itajaí 120

4.2.18 Porto de Imbituba 122

4.2.19 Porto do Rio Grande 124

4.2.20 Porto do Rio de Janeiro 127

4.2.20.1 Área não arrendada 127

4.2.20.2 Área arrendada 128

4.2.20.3 Gestão de resíduos plásticos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro 133

4.3 RESUMO DA GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS NOS PORTOS AVALIADOS 147

4.4 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS DOS PORTOS 153

4.4.1 Área não arrendada..... 154

4.4.2 Área arrendada 155

4.4.3 Embarcações 158

4.5 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NOS PORTOS .. 160

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 165

CAPÍTULO 6 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 171

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 172

Apêndice 189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Portos Brasileiros vinculados à SEP/PR. 17
Figura 2.2: Modelo de Manifesto de Resíduos (INEA – RJ). 35
Figura 2.3: Esquema de produção dos produtos plásticos a partir da nafta. 46
Figura 2.4: Produção e Consumo Aparente de Transformados Plásticos no Brasil. 48
Figura 2.5: Produção e rotas de destinação de plásticos. 52
Figura 2.6: Quantidade de empresas da indústria de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil em 2012. 56
Figura 2.7: Evolução do índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo (%) no Brasil. 58
Figura 2.8: Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo: Brasil no contexto mundial. 59
Figura 2.9: Exemplo de Fronteira de Eficiência. 63
Figura 2.10: Exemplo de diagrama para implementação da metodologia DEA. 66
Figura 3.1: Diagrama da metodologia empregada na Tese. 72
Figura 3.2: Portos selecionados para o desenvolvimento do estudo. 73
Figura 3.3: Formulário de entrada de dados em VBA em ambiente Excel. 82
Figura 4.1: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Vila do Conde em A) 2011 e B) 2012. 91
Figura 4.2: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área não arrendada do Porto do Itaqui em A) 2012 e B) 2013. 95
Figura 4.3: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Itaqui em 2011, 2012 e 2013. 96
Figura 4.4: Destinação dos resíduos plásticos de embarcação do Porto do Itaqui em 2011, 2012 e 2013. 97
Figura 4.5: Percentual volumétrico de resíduos sólidos provenientes das embarcações no Porto de Fortaleza em 2012. 98
Figura 4.6: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Natal em 2012. 100
Figura 4.7: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações no Porto de Cabedelo em 2011. 101
Figura 4.8: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Recife em 2011. 102
Figura 4.9: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Recife em 2012. 103

Figura 4.10: Percentual mássico de resíduos sólidos a partir dos dados registrados no inventário de resíduos da área não arrendada do Porto de Suape em A) 2012 e B) 2013. 104
Figura 4.11: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Salvador em 2012. 106
Figura 4.12: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes de embarcações do Porto de Salvador em 2011. 107
Figura 4.13: Destinação dos resíduos plásticos provenientes das embarcações do Porto de Salvador em 2011. 108
Figura 4.14: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Aratu-Candeias em 2012. 109
Figura 4.15: Percentual mássico de resíduos sólidos da área não arrendada do Porto de Vitória em 2011. 110
Figura 4.16: Percentual mássico de resíduos sólidos de embarcação do Porto de Vitória em janeiro e fevereiro de 2013. 111
Figura 4.17: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Itaguaí em A) 2011 e B) 2012. 113
Figura 4.18: Destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto de Itaguaí em 2011 e 2012. 114
Figura 4.19: Percentual mássico de resíduos sólidos de embarcação do Porto de São Sebastião em 2011 e 2012. 115
Figura 4.20: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Santos em 2012. 116
Figura 4.21: Destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto de Santos em 2012. 116
Figura 4.22: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Santos em 2013. 117
Figura 4.23: Destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto de Santos em 2013. 117
Figura 4.24: Percentual mássico de resíduos sólidos da área não arrendada do Porto de São Francisco do Sul, de 2010 a 2012. 119
Figura 4.25: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de São Francisco do Sul, de 2011 a 2013. 120
Figura 4.26: Percentual mássico de resíduos sólidos de embarcação do Porto de São Francisco do Sul, de 2010 a 2013. 120
Figura 4.27: Percentual mássico de resíduos sólidos do Porto de Itajaí (área arrendada e não arrendada) em 2011, 2012 e 2013. 121

Figura 4.28: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área não arrendada do Porto de Imbituba de setembro a novembro de 2013..... 123
Figura 4.29: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Imbituba de setembro a novembro de 2013..... 124
Figura 4.30: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Rio Grande em 2012. 125
Figura 4.31: Destinação dos resíduos plásticos provenientes da área arrendada do Porto de Rio Grande em 2012..... 126
Figura 4.32: Percentual volumétrico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto de Rio Grande em 2012. 127
Figura 4.33: Percentual mássico de resíduos sólidos na área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013. 129
Figura 4.34: Contribuição de cada arrendatária do Porto do Rio de Janeiro na geração de resíduos plásticos de 2011 a 2013..... 130
Figura 4.35: Tipo de plástico gerado no Terminal 2 do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013. 131
Figura 4.36: Destinação dos resíduos plásticos provenientes da área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013. 132
Figura 4.37: Participação das empresas receptoras na destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013..... 132
Figura 4.38: Quantidade percentual de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações, referentes a plásticos e processos em aberto, em A) 2011 e B) 2012. 137
Figura 4.39: Quantidade percentual de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações, referentes a plásticos, com declaração em massa (kg) e volume (m^3) no Porto do Rio de Janeiro em A) 2011 e B) 2012. 138
Figura 4.40: Quantidades percentuais mássicas estimadas de resíduos sólidos por tipo oriundos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em A) 2011 e B) 2012. 144
Figura 4.41: Percentual mássico das destinações dos resíduos plásticos das embarcações no Porto do Rio de Janeiro em A) 2011 e B) 2012. 145
Figura 4.42: Participação das empresas receptoras na destinação dos resíduos plásticos oriundos das embarcações do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2012..... 147

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Posição no *ranking* de qualidade da infraestrutura portuária 11
Tabela 2.2: Dez prioridades ambientais do setor portuário europeu ao longo dos anos (1996 a 2013). 41
Tabela 2.3: Trabalhos com aplicação de DEA voltados para o setor portuário..... 69
Tabela 3.1: Portos selecionados e respectivas descrições. 74
Tabela 4.1: Quantidades de resíduos gerados na área não arrendada do Porto do Itaqui em 2012 e 2013..... 94
Tabela 4.2: Quantidades de resíduos gerados na área arrendada do Porto de Itaguaí em 2011 e 2012..... 112
Tabela 4.3: Geração de resíduos sólidos por tipo na área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013. 128
Tabela 4.4: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em 2011. 134
Tabela 4.5: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações referentes a plásticos no Porto do Rio de Janeiro em 2011. 135
Tabela 4.6: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em 2012. 135
Tabela 4.7: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações referentes a plásticos no Porto do Rio de Janeiro em 2012. 136
Tabela 4.8: Quantidades de plásticos em diferentes unidades de medida verificadas nos manifestos de embarcações do Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012. 138
Tabela 4.9: Número de manifestos referentes a plásticos, quantidade total de plásticos e quantidade média de plástico por manifestos, no Porto do Rio de Janeiro, em 2011 e 2012. 139
Tabela 4.10: Número de manifestos de resíduos plásticos por tipo de embarcação no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012. 140
Tabela 4.11: Quantidade de resíduos plásticos por tipo de embarcação no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012. 141
Tabela 4.12: Média da quantidade de resíduos plásticos retirada por manifesto por tipo de embarcação no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012. 141
Tabela 4.13: Quantidades estimadas de resíduos sólidos por tipo oriundos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012. 143
Tabela 4.14: Empresas receptoras e respectivas destinações declaradas nos manifestos de resíduos plásticos oriundos das embarcações do Porto do Rio de Janeiro. 146

Tabela 4.15: Segregação dos resíduos plásticos em cada fonte geradora de todos os portos avaliados. 148
Tabela 4.16: Quantidade de resíduos plásticos segregados por porto e por fonte geradora e respectivas percentagens desse resíduo em relação ao total de resíduos sólidos declarados. 151
Tabela 4.17: Quantidade de resíduos plásticos reciclados por porto e por fonte de geradora e respectivas percentagens desse resíduo em relação ao total de resíduos plásticos segregados. 152
Tabela 4.18: Valores de *input* e *output* utilizados para avaliação da eficiência da área não arrendada por DEA. 154
Tabela 4.19: Resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente à área não arrendada. 154
Tabela 4.20: Valores de *input* e *output* utilizados para avaliação da eficiência da área arrendada por DEA. 156
Tabela 4.21: Resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente à área arrendada. 156
Tabela 4.22: Valores de *input* e *output* utilizados para avaliação da eficiência das embarcações por DEA. 158
Tabela 4.23: Resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente às embarcações. 158
Tabela 4.24: Resíduos plásticos segregados (toneladas) por porto e por fonte geradora, com destinações não declaradas para reciclagem. 161
Tabela 4.25: Estimativas dos benefícios do encaminhamento à reciclagem dos plásticos considerados, indevidamente, como rejeitos. 162
Tabela 4.26: Quantidade de resíduos plásticos e benefícios econômicos da reciclagem dos resíduos plásticos. 163

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 INTRODUÇÃO

Os portos são elos relevantes das cadeias logísticas, e, por conseguinte, para o comércio marítimo (CUNHA, 2006; UNEP, 2012). As flutuações de crescimento econômico não ocultam o papel central que o setor portuário desempenha na cadeia logística global e na expansão do comércio internacional. Cerca de 90% do comércio mundial é realizado pela indústria de transporte marítimo internacional, o que o torna vital para a economia mundial (DARBRA, 2014).

Na grande maioria dos portos mundiais, o volume de carga marítima tem aumentado significantemente e, como consequência, as instalações portuárias têm sido ampliadas e desenvolvidas com novos cais, canais mais profundos e modernas instalações de movimentação de carga (ALDERTON, 2005).

No Brasil, internacionalmente reconhecido como um país de economia de exportação de *commodities* agroindustriais, os portos movimentaram 928,4 milhões de toneladas em 2013, resultante de um crescimento de 2,7% em relação ao ano anterior (PORTAL WEBPORTOS, 2014). Dessa movimentação, 64% se deve à atuação da iniciativa privada no setor, já que o país conta com 148 Terminais de Uso Privativo (SEP/PR, 2014; ANTAQ, 2015). Em relação aos produtos transportados, destacam-se os granéis sólidos, sobretudo o minério de ferro e a soja (PORTAL WEBPORTOS, 2014).

É reconhecido que o desenvolvimento de instalações portuárias e suas operações associadas contribuem significativamente para o crescimento do transporte marítimo, para o desenvolvimento econômico de países costeiros e para a geração de empregos diretos e indiretos. No entanto, as operações e atividades portuárias também podem ter consequências negativas, impactando o meio ambiente, quando não realizada a gestão ambiental de forma adequada (DARBRA, 2014).

Sendo assim, em meio à conjuntura que exige que a sustentabilidade contemple todas as atividades econômicas, a atividade portuária também está englobada. A inserção da atividade portuária no contexto ambiental se faz necessária, através do esforço de incorporar à operação portuária uma cultura de desenvolvimento

sustentável, por meio da adoção de boas práticas gerenciais/operacionais e no sentido de cumprir a legislação vigente, aplicável à sustentabilidade.

No que se refere ao trato das questões ambientais, ao longo das últimas décadas foi possível perceber um aumento das preocupações ambientais e evolução do quadro relativo ao tema no setor portuário internacional (JACCOUD e MAGRINI, 2014).

Dentre os aspectos ambientais, o trato dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios atuais (INSTITUTO ETHOS, 2012). Os resíduos são os subprodutos em estado sólido ou semi-sólido, oriundos de atividades e locais diversos (Norma ANVISA RDC n° 56/2009; Norma ABNT NBR 10.004/2004).

Neste contexto, encontra-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída através da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010a) e regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010b). A PNRS passou a ser o marco regulatório na área de resíduos sólidos no país e contém as diretrizes para que o trato dos resíduos seja feita de maneira apropriada, considerando o meio ambiente, a saúde e a eficiência, dentre outros aspectos. Esta Lei foi resultante de ampla discussão entre os órgãos de governo, instituições privadas, organizações não governamentais e sociedade civil, reunindo um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos.

A PNRS estabelece, dentre outros, uma ordem de prioridade para destinação de resíduos sólidos, considerando que somente depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação do material residual por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, o material pode ser considerado rejeito e seguir para disposição em aterro sanitário.

Em relação aos resíduos, destaca-se a geração dos resíduos de materiais plásticos. Estes representam parte significativa do total de resíduos sólidos (RIOS *et al*., 2003; SANTOS, 2010), já que são materiais usados em inúmeras aplicações devido as propriedades como praticidade, baixo custo, leveza, flexibilidade, resistência e a grande versatilidade (MAGRINI *et al.*, 2012).

A problemática do grande volume de resíduos plásticos gerados atualmente inclui questões ambientais, sociais e econômicas. O descarte desse material de modo inadequado e sua não biodegradabilidade a curto/médio prazo, por exemplo, causa

o seu acúmulo no meio ambiente, gerando poluição de solos e corpos hídricos, entupimento de sistemas de drenagem urbana e consequente intensificação de inundações (THOMPSON *et al*., 2009; LITHNER *et al*., 2011; OLIVEIRA, 2012). A disposição de resíduos plásticos em aterros sanitários pode dificultar a compactação dos resíduos e diminuir a vida útil do aterro, já que este tipo de material ocupa grande volume (o material possui alta relação volume/massa) (CÂNDIDO *et al*., 2009). A estimativa é que cerca de 60% dos resíduos plásticos são dispostos em locais abertos (lixões) ou aterros sanitários em todo o mundo (AL-SALEM *et al*., 2010).

O assunto referente ao gerenciamento de resíduos plásticos é discutido pelos governos e o desenvolvimento de alternativas para o reaproveitamento desses materiais é cada vez mais necessário (OLIVEIRA, 2012).

Segundo a PNRS, os produtos plásticos pós-consumo não são rejeitos, devendo, por isso, ser encaminhados para tratamento e recuperação no processo de destinação como resíduo. A reciclagem do plástico pós-consumo é a opção apontada como ambientalmente e legalmente adequada para destinação deste material no processo de gestão, já que cumpre os preceitos da PNRS.

Os dados disponíveis sobre a reciclagem de plásticos no Brasil retratam o universo da indústria de reciclagem mecânica dos plásticos, a qual converte os materiais plásticos descartados pós-consumo em grânulos passíveis de serem utilizados na produção de novos artefatos plásticos. Em 2012 a indústria brasileira de reciclagem mecânica de plásticos era constituída por 762 empresas, sendo 6% localizadas no Estado do Rio de Janeiro, e o índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo no país alcançou 21%. Dentre os diversos tipos de plásticos utilizados, os dados disponíveis indicam que a reciclagem de PET apresenta uma curva crescente, atingindo o patamar de 58,9% em 2012 (ABRELPE, 2013).

A alternativa da reciclagem dos resíduos plásticos, em detrimento da disposição inadequada ou em aterros sanitários, proporciona além da vantagem de eliminação dos impactos adversos ao meio ambiente, o grande potencial de diminuir o consumo de combustíveis fósseis (PACHECO *et al*., 2012). Essa diminuição pode se dar tanto através dos plásticos reciclados que tem o potencial de substituir resinas virgens produzidas através do uso de combustível fóssil, como através da diminuição do uso de energia para produção dos mesmos materiais plásticos (SHENT *et al*., 1999).

Desta forma, os resíduos plásticos representam, além de desafios, grandes oportunidades na busca da sociedade por soluções mais sustentáveis e eficientes relacionadas à gestão de resíduos sólidos.

Os resíduos plásticos estão incluídos no volume de resíduos sólidos concentrado nos portos brasileiros, resultantes das diversas atividades humanas *onshore* e *offshore*. A adequada gestão dos resíduos portuários oriundos das embarcações, da operação portuária e das áreas administrativas, é procedimento fundamental para o controle e eliminação de situações de risco para operadores portuários e para a população local, uma vez que os resíduos estão relacionados a riscos ambientais e à saúde humana (BELLEZONI *et al*. 2014).

Vale ressaltar que além da proteção ambiental, a gestão eficiente dos resíduos portuários é também importante em termos de competitividade comercial dos portos brasileiros, visto que nos portos europeus esta questão já faz parte das prioridades ambientais portuárias desde 2004 (ESPO, 2013).

Em adição a este cenário, a intensificação das atividades portuárias, prevista com o aumento da movimentação de cargas nos portos brasileiros (ALDERTON, 2005; DARBRA, 2014), poderá levar a um aumento na geração de resíduos sólidos no porto, refletindo na aceleração do problema para a administração portuária e urgência em solucionar a questão do gerenciamento adequado dos resíduos portuários.

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; PORTO, 2011; MURTA *et al*., 2012; CARMO *et al*., 2014). Segundo MMA (2011), o gerenciamento de resíduos sólidos nos portos brasileiros não atende as exigências legais. Os portos brasileiros estão em estágios distintos quanto à elaboração, aprovação e execução de seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos pela Lei n° 12.305/2010 (BRASIL, 2010a). De acordo com a Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR), 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).

Os portos são importantes geradores de resíduos e a gestão destes resíduos em conformidade com a PNRS se faz necessária na medida em que o país visa, além da diminuição do impacto ambiental negativo de suas atividades, a melhoria da infraestrutura portuária nacional, com uma administração politicamente responsável, eficiente e competitiva.

A necessidade de pesquisas de base que possam apoiar e auxiliar a estruturação do gerenciamento dos resíduos sólidos nos portos brasileiros, de modo a alcançar a conformidade destes em relação à PNRS, motivou o desenvolvimento deste trabalho.

A escolha da pesquisa envolvendo especificamente os resíduos plásticos foi resultante da relevância deste tipo de material nas questões de sustentabilidade envolvendo vantagens ambientais e econômicas frente ao correto gerenciamento e destinação do mesmo (PACHECO *et al*., 2012).

O presente trabalho aborda o gerenciamento dos resíduos sólidos portuários, tema este de elevada importância econômica, social e ambiental. Embora relevante, o campo carece de estudos, sendo abordado de forma ainda esporádica e pontual na literatura. Portanto, o levantamento e tratamento dos dados relacionados à gestão de resíduos plásticos, e a elaboração de um inventário da situação atual em portos brasileiros, é a grande contribuição deste estudo.

Face ao exposto, este trabalho de tese apresenta-se como um importante subsídio e ponto de partida para a elaboração de futuros planos de gerenciamento de resíduos sólidos portuários, levando em consideração o marco regulatório (PNRS) instituído em 2010 e a importância de pesquisas para que sua implementação seja viável e realizada de forma eficaz no sistema portuário.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o cenário atual relacionado à gestão de resíduos plásticos em alguns portos brasileiros, verificando a adequação destes à Política Nacional de Resíduos Sólidos por meio da metodologia de Análise Envoltória de Dados.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar os resíduos recicláveis, incluindo os resíduos plásticos, gerados em portos brasileiros.

- Verificar o desempenho de portos brasileiros em relação à segregação dos resíduos recicláveis, incluindo os resíduos plásticos.

- Verificar a destinação final dos resíduos plásticos gerados nas atividades *onshore* (no porto) e *offshore* (em embarcações) de portos brasileiros.

- Avaliar a eficiência na gestão dos resíduos plásticos de portos brasileiros, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em relação à segregação e destinação destes resíduos.

- Avaliar, em especial, a gestão de resíduos plásticos do Porto do Rio de Janeiro, no que se refere às diferentes fontes de geração de resíduos: áreas não arrendadas, áreas arrendadas e embarcações.

- Analisar comparativamente, utilizando a ferramenta Análise Envoltória de Dados (DEA), diferentes portos brasileiros, quanto à eficiência ambiental e atendimento à PNRS, no que se refere à segregação e destinação de resíduos plásticos para a reciclagem.

- Realizar uma breve análise dos benefícios econômicos proporcionados pela reciclagem dos resíduos plásticos oriundos dos portos estudados.

- Identificar os principais entraves observados em relação à gestão de resíduos sólidos nos portos brasileiros.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

Esta tese de doutorado está estruturada em sete capítulos. Este Capítulo 1, já contextualizado, contém a introdução e os objetivos a serem alcançados. No Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica e no Capítulo 3 a metodologia utilizada no desenvolvimento da tese. Os resultados e discussão estão contemplados no Capítulo 4. Os Capítulos 5 e 6 apresentam as considerações finais e as sugestões, respectivamente. Finalmente, no Capítulo 7 estão compiladas as referências bibliográficas.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PORTOS BRASILEIROS

2.1.1 Histórico dos Portos Brasileiros

Em 28 de janeiro de 1808 foi decretada a abertura dos portos às nações amigas, por D. João VI, no Império. Inseria-se assim, no Brasil, o sistema econômico liberal internacional para realização do comércio de madeira, ouro e outras riquezas naturais existentes no país, assim como a importação de produtos manufaturados e outras especiarias para a nobreza e também para facilitar o tráfego de escravos da África (CODEBA, 2012).

Com o advento da proclamação da República, as administrações dos portos foram privatizadas, sendo a primeira a do Porto de Santos. O governo resolveu, então, abrir concorrência para exploração do porto e, em 1888, o grupo liderado por Cândido Gaffrée e Eduardo Guinle obteve autorização para explorar as operações do Porto de Santos. Assim, em lugar dos trapiches e pontes fincadas em terreno pantanoso, foram construídos 260 metros de cais e, com isso, permitida a atracação de navios com maior calado. Dava-se assim, partida às operações do primeiro porto organizado, explorado pela iniciativa privada através da então constituída, Companhia Docas de Santos (CODESP, 2012).

A partir desse momento, os portos passaram a ser considerados instituições extremamente importantes para o desenvolvimento econômico nacional. Com isso, durante o período monárquico e as primeiras décadas da República, os governantes reconheciam a importância dos portos na expansão da economia do país. A partir de 1930, com a Revolução de 30 da Aliança Liberal, houve novas mudanças nas atividades portuárias, pois, até então, essas atividades eram privadas, com caráter pontual de desenvolvimento. Já a partir de 1934, com o chamado “Estado Novo” e com um programa estatizante, o porto passa a ser tratado como fator de desenvolvimento econômico, porém, sob o controle do Estado (SEP/PR, 2012).

No período de 1964, no regime da ditadura militar, o enfoque era de área de segurança, não tendo como objetivo o aumento de movimentação de mercadoria nem avanço tecnológico das operações portuárias e, em 1975, foi criada a Empresa

de Portos do Brasil S/A – PORTOBRAS, seguindo o critério de centralização da administração pública federal vigente à época, iniciado no Estado Novo e intensificado após 1964. Consolidava-se o modelo monopolista estatal para o Sistema Portuário Nacional. A administração nos portos executada pela PORTOBRAS, através de Companhias Docas, ou concessionários privados e estaduais foi até 1990. Durante a administração da PORTOBRAS, implantou-se pelo menos um porto organizado por Estado, devido ao interesse de transferir investimentos para as regiões Norte e Nordeste e reduzir as diferenças inter-regionais. Nas regiões Sul e Sudeste foram implantadas duas ou mais instalações portuárias de porte médio ou grande, com diferentes graus de aparelhamento e de facilidades, mas nem sempre compatíveis com os níveis de demanda por serviços portuários (TOVAR e FERREIRA, 2006).

Com o intuito de solucionar déficits do setor público brasileiro e ampliar a eficiência econômica, o Plano Nacional de Desestatização (PND) foi criado em 1990. O foco desse Plano consistia na descentralização, flexibilização e reorientação das atividades do setor público. Essa reformulação da máquina administrativa acarretou na extinção da PORTOBRAS, em março de 1990 (AZEVEDO, 2014).

A extinção da PORTOBRAS causou transtornos administrativos no país, no que diz respeito aos portos e administrações hidroviárias, e para os órgãos vinculados à extinta empresa, como o Instituto Nacional de Pesquisa Hidroviária (INPH) e a Companhia Brasileira de Dragagem (CBD) (ROCHA e MORATO, 2012).

O Decreto nº 99.475, de agosto de 1990, autorizou o Ministério de Infraestrutura, por intermédio do Departamento Nacional de Transportes Aquaviários, a descentralizar as administrações dos portos, hidrovias e eclusas às sociedades de economia mista subsidiárias da extinta PORTOBRAS ou às unidades federadas, pelo prazo de um ano e mediante convênio (SEP/PR, 2012). Desta forma, houve uma desmobilização parcial, do INPH e da CBD, em virtude da importância desses órgãos para o desenvolvimento do setor, sendo incorporados à estrutura das Docas do Rio de Janeiro. No período de 1990 a 1997, foram ampliados os modelos de gestão dos portos públicos brasileiros, onde a promulgação da Lei nº 8.630/93, juntamente com a extinção da PORTOBRAS, foi fato importante para os processos de descentralização e de delegação para os estados e municípios (TOVAR e FERREIRA, 2006).

A Lei nº 8630 de 1993, conhecida como Lei de Modernização dos Portos, criou uma grande expectativa para que fossem atingidas as principais premissas para melhoria dos processos portuários, que deveriam incluir (BRASIL, 1993):

- Adequação da mão de obra na operação portuária quanto aos processos tecnológicos e produtivos;
- Arrendamento de instalações e de terminais a empresas privadas, promovendo a concorrência entre eles;
- Exploração de cargas de terceiros em terminais de uso privativo;
- Redução no tempo de espera e de permanência dos navios;
- Permissão da exploração das operações de movimentação e armazenagem portuária pelo setor privado;
- Aquisição de equipamentos novos e mais produtivos pelo setor privado;
- Investimentos em superestrutura e infraestrutura;
- Modernização da operação dos Terminais Portuários.

O setor portuário brasileiro sofreu profundas e relevantes mudanças ao longo das últimas décadas. Se por um lado houve uma importante expansão da capacidade física (infraestrutura) no período anterior à década de 1990, por outro, o estabelecimento da Lei dos Portos (Lei 8.630/1993) permitiu grande aumento da eficiência da operação portuária. Em especial, o aumento da participação privada na operação portuária, por intermédio de terminais arrendados a empresas privadas em portos sob a gestão pública, entre outras medidas, estimulou novos investimentos em superestrutura e a redução de custos de operação portuária (BOOZ e COMPANY, 2012).

Os benefícios puderam ser percebidos ao longo de diversos anos, com os volumes de carga movimentada nos portos aumentando paulatinamente. Entretanto, o crescimento do comércio exterior e as alterações na dinâmica do mercado foram impondo novos desafios aos portos. À medida que o Brasil se inseria na economia global, a capacidade instalada nos berços, pátios e acessos foi sendo modificada e exigiu nova infraestrutura. Com restrições de capacidade, o estabelecimento de uma dinâmica competitiva isonômica foi prejudicado, o nível de serviço decaiu e houve aumento dos preços médios pagos pela carga. As dificuldades decorrentes da desequilibrada relação entre oferta e demanda foram somadas àquelas relativas ao

ambiente regulatório/institucional, que dificultaram novas expansões (BOOZ e COMPANY, 2012).

A demanda por investimentos em infraestrutura portuária e de acesso há muito se tornou evidente para todos os órgãos e empresas que lidam com este setor. Persistem preocupações legítimas com a possibilidade de esgotamento do sistema (NETO *et al*., 2009).

De acordo com dados do Relatório de Competitividade Global 2014-2015, de 144 economias avaliadas, o Brasil ocupa a 122ª posição no *ranking* de qualidade da infraestrutura portuária, conforme apresentado na Tabela 2.1 (*WORLD ECONOMIC FORUM*, 2014). É inegável e inadiável a necessidade de investimentos que ampliem a capacidade portuária, facilitem os acessos (terrestres e hidroviários) e possibilitem a atracação de grandes embarcações.

Tabela 2.1: Posição no *ranking* de qualidade da infraestrutura portuária

PAÍS / ECONOMIA	POSIÇÃO
Holanda	1º
Singapura	2º
Emirados Árabes Unidos	3º
Hong Kong / China	4º
Finlândia	5º
Bélgica	6º
Panamá	7º
Dinamarca	10º
Nova Zelândia	11º
Estados Unidos	12º
Noruega	13º
Canadá	21º
Taiwan/China	25º
França	32º
Chile	35º
Uruguai	48º
México	62º
Índia	76º
Peru	87º
Colômbia	90º
Argentina	91º
Gana	92º
Paraguai	108º
Costa Rica	115º

PAÍS / ECONOMIA	POSIÇÃO
Angola	121º
Brasil	**122º**
Venezuela	130º
Haiti	133º
Quirguistão	144º

Fonte: Adaptado do Relatório de Competitividade Global 2014-2015 (*World Economic Forum*, 2014).

2.1.2 Sistema Portuário Nacional

O Brasil, com uma costa de 8,5 mil quilômetros navegáveis, possui um setor portuário que responde sozinho, por mais de 90% das exportações brasileiras (DARBRA, 2014).

Em relação à vinculação governamental, o setor portuário brasileiro permaneceu sob ingerência do Ministério dos Transportes entre 1967 a 2007. Em 2007, como reflexo da prioridade que o Governo Federal passou a atribuir ao setor, foi criada a Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR), órgão que absorveu a ingerência sob as instalações portuárias marítimas.

A Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR) foi criada pela Medida Provisória nº 369, de 7 de maio de 2007,seguida pela Lei nº 11.518, de 5 de setembro de 2007 (BRASIL, 2007).

A criação da SEP/PR teve como objetivo reorganizar o setor, identificando seus maiores problemas e necessidades de investimento, com o fim de aperfeiçoar o setor portuário brasileiro e de torná-lo mais competitivo na comunidade internacional. De acordo com o artigo 24-A da Lei nº 11.518/07, cabia à SEP/PR, entre outras competências (BRASIL, 2007):

- A formulação, coordenação e supervisão das políticas nacionais;
- A participação no planejamento estratégico, o estabelecimento de diretrizes para sua implementação e a definição das prioridades dos programas de investimento;
- A aprovação dos planos de outorgas;

- O estabelecimento de diretrizes para a representação do Brasil nos organismos internacionais e em convenções, acordos e tratados referentes às suas competências;
- O desenvolvimento da infraestrutura e da superestrutura aquaviária dos portos e terminais portuários sob sua esfera de atuação, visando à segurança e à eficiência do transporte aquaviário de cargas e passageiros (BRASIL, 2007).

Em 2013, para fazer frente às necessidades ensejadas pela expansão da economia brasileira, foi publicada a Lei nº 12.815/ 2013, regulamentada pelo Decreto nº 8.033/2013, contendo um conjunto de medidas para incentivar a modernização da infraestrutura e da gestão portuária, a expansão dos investimentos privados no setor, a redução de custos e o aumento da eficiência portuária, além da retomada da capacidade de planejamento portuário, com a reorganização institucional do setor e a integração logística entre modais.

A Lei nº 12.815/2013 (BRASIL, 2013) reafirmou os tipos de instalações para operações portuárias previstos na Lei nº 8.630/1993 (BRASIL, 1993):

- 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 de autoridade portuária”;
- Instalação Portuária de Uso Privativo ou Terminal de Uso Privativo: “instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do porto organizado”;
- Estação de Transbordo de Cargas: “instalação portuária explorada mediante autorização, localizada fora da área do porto organizado e utilizada exclusivamente para operação de transbordo de mercadorias em embarcações de navegação interior ou cabotagem”;
- Instalação Portuária Pública de Pequeno Porte: “instalação portuária explorada mediante autorização, localizada fora do porto organizado e utilizada em movimentação de passageiros ou mercadorias em embarcações de navegação interior”;
- Instalação Portuária de Turismo: “instalação portuária explorada mediante arrendamento ou autorização e utilizada em embarque, desembarque e trânsito

de passageiros, tripulantes e bagagens, e de insumos para o provimento e abastecimento de embarcações de turismo" (BRASIL, 2013).

Até a publicação da Lei nº 12.815/2013, o quadro institucional que determinava os papéis dos governos, nos diversos níveis, e da iniciativa privada era complexo e cada Administração Portuária ficava responsável pela elaboração individualizada do planejamento de seu respectivo porto. Porém, não havia garantia que esse planejamento estivesse integrado a uma programação nacional de investimentos (AZEVEDO, 2014).

Com o intuito de restaurar a capacidade de planejamento do setor portuário e redefinir competências, a Lei nº 12.815/2013 (BRASIL, 2013) instituiu a regulação da exploração direta ou indireta, dos portos e instalações portuárias, e das atividades desempenhadas pelos operadores portuários.

Esta lei atribui à SEP/PR, a responsabilidade de coordenar a atuação integrada dos órgãos e entidades públicos nos portos organizados e instalações portuárias e define a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) como entidade integrante da administração federal indireta, submetida ao regime autárquico especial e vinculada à Secretaria de Portos da Presidência da República. Com a publicação da Lei nº 12.815/2013, o marco regulatório do setor portuário foi aprimorado, conferindo maior segurança jurídica, promovendo maior competição e redefinindo as competências institucionais da ANTAQ, que passa a ter como responsabilidade a implementação das políticas formuladas pela Secretaria de Portos da Presidência da República – SEP/PR, pelo Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte – CONIT e pelo Ministério dos Transportes, segundo os princípios e diretrizes estabelecidos na legislação. É responsável por regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura portuária e aquaviária. Constituem esfera de atuação da ANTAQ:

- A navegação fluvial, lacustre e de travessia;
- A navegação de apoio marítimo, de apoio portuário, de cabotagem e de longo curso;
- Os portos organizados e as instalações portuárias neles localizadas;
- Os terminais de uso privado;

- As estações de transbordo de carga;
- As instalações portuárias públicas de pequeno porte;
- As instalações portuárias de turismo.

A Administração Portuária dos portos organizados é apoiada pelo Conselho de Autoridade Portuária (CAP). O CAP é um órgão consultivo da administração do porto, instituído em todos os portos organizados por força do art. 20 da Lei n° 12.815/ 2013, com as competências fixadas no art. 36 do Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013. Compete ao Conselho de Autoridade Portuária sugerir:

- Alterações do regulamento de exploração do porto;
- Alterações no plano de desenvolvimento e zoneamento do porto;
- Ações para promover a racionalização e a otimização do uso das instalações portuárias;
- Medidas para fomentar a ação industrial e comercial do porto;
- Ações com objetivo de desenvolver mecanismos para atração de cargas;
- Medidas que visem estimular a competitividade; e
- Outras medidas e ações de interesse do porto.

Em cada porto organizado, o CAP é presidido por um membro da Secretaria de Portos da Presidência da República e constituído por membros titulares e respectivos suplentes do poder público, da classe empresarial e da classe dos trabalhadores portuários, além de convidados permanentes que incluem um representante da ANTAQ e um representante dos terminais de uso privado que compartilham o canal de acesso do porto organizado.

A partir do novo marco regulatório, coube à Secretaria de Portos (SEP) a missão de elaborar o planejamento setorial em conformidade com as políticas e diretrizes de logística integrada, abrangendo tanto acessos portuários quanto infraestrutura e desenvolvimento urbano (JACCOUD e MAGRINI, 2014).

A Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR) é responsável pela formulação de políticas e pela execução de medidas, programas e projetos de apoio ao desenvolvimento da infraestrutura dos portos marítimos. Compete ainda à SEP/PR a participação no planejamento estratégico e a aprovação dos planos de outorgas, tudo isso visando garantir segurança e eficiência ao transporte marítimo de cargas e de passageiros.

A estrutura organizacional da SEP/PR está disposta no Decreto nº 8.088, de 02 de setembro de 2013, sendo formada pelos seguintes órgãos internos: Gabinete; Secretaria-Executiva, Assessoria de Informação e Articulação Institucional; Coordenação-Geral de Licitação e Contrato; Departamento de Gestão Corporativa; Assessoria Jurídica; Secretaria de Infraestrutura Portuária, Secretaria de Políticas Portuárias, Unidade de pesquisa: Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias - INPH; órgão colegiado: Comissão Nacional das Autoridades nos Portos - CONAPORTOS; Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ; e as Sociedades de Economia Mista: Companhia Docas do Ceará - CDC; Companhia das Docas do Estado da Bahia - CODEBA; Companhia Docas do Espírito Santo - CODESA; Companhia Docas do Estado de São Paulo - CODESP; Companhia Docas do Pará - CDP; Companhia Docas do Rio Grande do Norte – CODERN e Companhia Docas do Rio de Janeiro - CDRJ.

Dos 34 portos públicos marítimos[1] sob gestão da SEP/PR, 16 encontram-se delegados, concedidos ou tem sua operação autorizada aos governos estaduais ou municipais. Os outros 18 portos são administrados diretamente pelas Companhias Docas, sociedades de economia mista, que tem como acionista majoritário o Governo Federal e, portanto, estão diretamente vinculadas à Secretaria de Portos (SEP/PR, 2015). A Figura 2.1 apresenta os portos vinculados à SEP/PR.

[1] Por receberem linhas de navegação oceânica, alguns portos considerados geograficamente como fluviais são classificados como marítimos e administrados pela SEP/PR (Resolução ANTAQ nº 2.969/2013).

Fonte: Adaptado de SEP/PR, 2012.

Figura 2.1: Portos Brasileiros vinculados à SEP/PR.

Um dos maiores bloqueios à expansão do setor portuário nacional está na deficiência de infraestrutura, que compromete o potencial do setor e representa um entrave ao crescimento do comércio internacional e de cabotagem no país. Para vencer este problema, fazem-se necessárias a efetivação de investimentos direcionados a obras portuárias e de acesso, e a equipagem dos portos nacionais. No entanto, a necessidade de investimentos em obras portuárias e de acesso vai além da simples redução de custos para a elevação da competitividade dos produtos transportados. No mercado internacional, e mesmo dentro do país, os portos enfrentam também uma competição própria. Cada vez mais, os portos organizados

têm que disputar seu espaço. Nesta disputa, o acesso e a capacidade operacional e de atracação são alguns dos grandes diferenciais que os portos podem oferecer. Integram o conjunto dos fatores que representam maior competitividade para os portos: calados que atendam a navios de grande porte; berços maiores e especializados no tratamento da carga; mecanização e automação do manuseio da carga; e sistemas eficientes de controle e informação (NETO *et al*., 2009).

Há muito são famosas as filas de caminhões ao longo das estradas e avenidas que levam aos grandes portos brasileiros, em especial nos períodos de safra. Além disso, não são raros os casos de navios de grande porte que se veem impedidos de atracar nos portos nacionais devido à falta de profundidade dos berços e baías de movimentação, ou, se conseguem atracar, os armadores são obrigados a embarcar com volumes inferiores à sua capacidade, elevando o preço dos fretes e reduzindo a competitividade dos portos e dos produtos. Por conta do forte crescimento do comércio internacional entre 2003 e 2008, tornaram-se ainda mais visíveis os gargalos e demandas presentes no sistema portuário brasileiro. A baixa eficiência e o déficit, sobretudo de infraestrutura, que assolam o setor passaram a alertar sobre um possível colapso, demandando imediata atuação do poder público nacional (FILHO, 2007; VALOIS, 2009; NETO *et al*., 2009).

Entre os principais problemas de infraestrutura identificados nos portos brasileiros, destacam-se os déficits em áreas portuárias – incluindo construção, ampliação ou recuperação de berços, píeres, terminais, pátios etc. – e a necessidade da expansão e melhoramento dos acessos terrestres. No estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em 2009 foi identificada a necessidade de realização de 133 obras de construção, ampliação e recuperação de áreas portuárias, 45 obras de acessos terrestres, 46 de dragagem e derrocamento e 41 de infraestrutura portuária, entre outras, totalizando uma necessidade de investimentos de cerca de R$ 43 bilhões para mitigar as dificuldades do setor portuário nacional (NETO *et al*., 2009).

Segundo Souza Jr. e colaboradores (2013), a estruturação dos portos brasileiros é bastante fragmentada, pois não foi concebida de forma integrada. Na concepção dos portos, não houve planejamento integrado, de forma que os portos foram se instalando em regiões e localidades sem o devido entendimento, para o país, de sua importância.

Além dessa falta de planejamento integrado, os portos brasileiros são precários devido à falta de indicadores confiáveis capazes de analisar a situação atual e o planejamento em médio e longo prazo. A ausência de dados ou a utilização de dados não confiáveis prejudica a análise, podendo até inviabilizar o planejamento do setor (SOUZA JR. *et al*., 2013).

2.1.3 Gestão Ambiental Portuária

Desde a década de 1990, o debate sobre o conceito de desenvolvimento sustentável 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, ou seja, criar mecanismos de desenvolvimento capazes de suprir às necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações (CODERN, 2012).

A inserção da atividade portuária nesse cenário também se faz urgente, pois, há a necessidade de se cumprir a legislação vigente, aplicável à sustentabilidade social e ambiental, que avança na medida em que incorpora à operação portuária uma cultura de desenvolvimento sustentável, por meio da capacitação da mão-de-obra e da adoção de boas práticas gerenciais e operacionais (MMA, 2011).

Uma das características de um sistema de gestão ambiental é ser dinâmico e fundamental para a constante verificação da eficiência e eficácia dos instrumentos utilizados na gestão. O fluxo de dados e informações sobre o sistema deve produzir um foco no aprimoramento progressivo da qualidade ambiental, segundo indicadores pré-estabelecidos, traduzidos em metas ou objetivos a serem alcançados pela gestão ambiental (ABNT NBR ISO 14001:2004). O sistema de gestão ambiental é a principal ferramenta para o tratamento da relação do porto com seu meio ambiente, utilizada para que se possa atingir o máximo de qualidade ambiental.

O processo de adequação da atividade portuária aos parâmetros ambientais ainda está em curso. Na década de 1990, a repaginação do setor portuário por meio da Lei de Modernização dos Portos (Lei n° 8.630/ 1993), não contemplou de forma decisiva a questão ambiental (SEP/PR e UFRJ. 2014a).

Antes da Lei nº 9.966/2000, o setor portuário havia assumido compromisso com a sociedade através da Agenda Ambiental Portuária de atuar no sentido de promover uma atividade voltada para a preservação, conservação e recuperação dos ambientes portuários (MMA, 2011).

A Agenda Ambiental Portuária foi criada em 1998, no âmbito do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro, e representou um marco da área ambiental para o setor portuário, no sentido de buscar a promoção de um sistema de gestão ambiental portuário para acompanhar o programa de modernização dos portos desenvolvido pelo Ministério dos Transportes (SEP/PR e UFRJ. 2014a).

Depois da Lei nº 9.966/2000, quando foram internalizados os dois protocolos internacionais assinados pelo Brasil e os acordos para combate à poluição pelo transporte marítimo e operação portuária, MARPOL 73 e OPRC 90, respectivamente, foram instituídos os primeiros elementos de gestão ambiental para serem implantados pelas Administrações Portuárias e agentes portuários diversos (BRASIL, 2000):

- Auditorias ambientais;
- Manual de gestão ambiental;
- Planos de contingência;
- Instrumentos coletores e de tratamento de resíduos.

Em paralelo às ações ambientais do setor portuário, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), em 2004, realizou uma avaliação do panorama da conformidade ambiental dos portos organizados (ANTAQ, 2004). A pesquisa mostrou, na época, que a maior parte das Administrações Portuárias apresentava algum tipo de unidade ambiental responsável por monitorar e administrar ações ambientais. No entanto, baixos índices de cumprimento foram observados em relação às aprovações de licenças de operação, planos de emergências individuais e auditorias ambientais.

Em 2009, por meio de normativa (Portaria nº 104/2009), a SEP/PR remeteu aos portos e terminais marítimos a obrigação de possuir um Sistema de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho e implantar um Sistema Integrado de Gestão Ambiental que incluísse ações relativas à Proteção do Meio Ambiente, à Segurança e à Saúde Ocupacional (ANTAQ, 2009).

Uma Portaria Interministerial expedida em 2011 (Portaria nº 425/2011) pelo Ministério do Meio Ambiente em conjunto com a Secretaria de Portos da Presidência da República, instituiu o Programa Federal de Apoio à Regularização e Gestão Ambiental Portuária (PRGAP) para portos e terminais portuários marítimos.

A Lei n° 12.815/2013, por sua vez, citou a questão do monitoramento ambiental, porém específico aos aspectos de dragagem. Contudo, já que a mesma Lei atribui à SEP/PR, a formulação de políticas e diretrizes para o setor portuário, promovendo programas e projetos de apoio ao desenvolvimento do setor, pode-se incluir nessas atribuições o fomento a políticas e programas ambientais.

2.2 GERAÇÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PORTUÁRIOS

O aumento das atividades humanas nos portos e nas suas áreas de entorno e a evolução econômica ocasionam uma quantidade crescente de resíduos sólidos. Este fator, aliado à escassez de áreas adequadas para tratamento e as limitadas possibilidades de incineração controlada e/ou aproveitamento energético, são fatores que demonstram as dificuldades para o gerenciamento de resíduos nos portos brasileiros (SEP/PR, 2012). Os serviços geradores de resíduos nas atividades portuárias incluem (MMA, 2011; SEP/PR, 2012):

- Operações de carga e descarga;
- Armazenamento temporário de cargas e produtos;
- Resíduos diretamente associados às operações administrativas (escritórios) e de manutenção das instalações;
- Acúmulo de grãos e resíduos de cargas nos pátios devido ao acondicionamento e limpeza inadequados durante carga e descarga para transporte ou armazenamento temporário;
- Manuseio de carga geral e de líquidos a granel;
- Resíduos de embarcações que fazem transporte de carga ou passageiros (cozinha, refeitório, varreduras dos serviços de bordo em geral, resíduos contaminados com óleo - resultantes das operações de manutenção do navio).

Com o objetivo de minimizar os impactos gerados pelos resíduos, existem diversas Leis e Regulamentos Internacionais e Nacionais. A Convenção Internacional para

Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL 73/78), que tem o Brasil como signatário, lista em seu Anexo 5 as regras para prevenção da poluição por resíduo de navios. De acordo com o art. 5º da Lei 9.966/2000, todo porto organizado, instalação portuária e plataforma, bem como suas instalações de apoio, disporá obrigatoriamente de instalações ou meios adequados para o recebimento e tratamento dos diversos tipos de resíduos e para o combate da poluição, observadas as normas e critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 2000).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), bem como o Sistema de Vigilância Agropecuária Internacional (VIGIAGRO) possuem regulamentos próprios para tratarem do assunto dentro das respectivas áreas de atuação. A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) também possui papel importante no sentido de estabelecer normas e padrões de qualidade da atividade portuária, inclusive de caráter ambiental. Além disso, representa o Brasil junto aos organismos internacionais de navegação, como a Organização Marítima Internacional (IMO), e em convenções, acordos e tratados sobre transporte aquaviário. Nesse sentido, a Resolução 2190/2011 da ANTAQ tem por objeto disciplinar a prestação de serviços de retirada de resíduos de embarcações em áreas sob a jurisdição de instalações portuárias brasileiras em conformidade com o disposto no artigo 27, incisos IV e XIV da Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001, na Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, na Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, e no Decreto nº 2.508, de 4 de março de 1998, que promulgou a Convenção Internacional para Prevenção de Poluição por Embarcações (MARPOL) da Organização Marítima Internacional (IMO), observado o disposto na legislação que confere competência pertinente à matéria a outros órgãos e entidades das administrações públicas federal, estaduais e municipais. A norma aplica-se aos serviços prestados em instalações portuárias de uso público; em terminais portuários de uso privativo (TUP), localizados dentro ou fora da área do porto organizado; e, no que couber, em estações de transbordo de cargas (ETC) e em instalações portuárias públicas de pequeno porte (IP4), incluindo as respectivas áreas de fundeio, sem prejuízo para a legislação específica de gestão de resíduos, como aspectos relativos à vigilância sanitária, agropecuária e fitossanitária.

Em âmbito portuário, os resíduos se dividem em provenientes de terra e de embarcação, de acordo com seu local de origem. Não há um órgão com

responsabilidade específica sobre o tema, sendo marcantes a atuação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e da *International Maritime Organization* (IMO), sendo ambas autoras de normas e recomendações acerca dos resíduos gerados em portos (GOULART, 2012).

Foi observado, por meio de pesquisa bibliográfica, que os resíduos sólidos portuários ainda são objeto de análise de forma pontual, com a identificação de trabalhos esporádicos. O primeiro trabalho referenciado é o estudo da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, que identifica as principais origens dos resíduos portuários, destaca a complexidade desses resíduos dado seu elevado grau de diversificação e quantidade, e os correlaciona com a poluição da baixada santista (CETESB, 1990).

Carvalho Junior *et al*. (2003), ao fazer um diagnóstico situacional dos resíduos sólidos do Porto de Recife e sua gestão, constataram a dificuldade quanto à identificação da legislação aplicável, e consequentemente, quanto à padronização dos procedimentos.

Cordeiro Filho *et al*. (2004) realizaram um levantamento durante os anos de 1999 e 2000 para identificar o estágio de implementação das atividades de gerenciamento de resíduos nos principais terminais portuários brasileiros. Na ocasião, foi constatado que menos de 20% dos terminais analisados possuíam “Planos de Gestão de Resíduos Sólidos” e menos da metade destes eram aprovados pelos órgãos competentes. No trabalho, atribui ausência e insuficiência de estruturas de gerenciamento de resíduos sólidos à necessidade de capacitação de recursos humanos e a necessidade de revisão da legislação vigente.

Cesar (2005) analisou o gerenciamento de resíduos sólidos em um terminal privado de granéis sólidos de um porto da região Sudeste, tomando por base as práticas recomendadas na norma ABNT NBR ISO 14001. No trabalho, aponta a necessidade de definição de parâmetros claros de qualidade das operações e a necessidade de integração entre os atores envolvidos nas operações portuárias e na gestão de resíduos.

Especificamente em relação à gestão dos resíduos sólidos no âmbito da gestão ambiental portuária proposta pela ANTAQ, são adotados como principais parâmetros para aferição da conformidade a existência e a efetiva implantação de “Planos de

Gestão de Resíduos", a existência de instalações para transbordo e armazenamento temporário dos resíduos do porto e de embarcações e a existência de procedimentos internos no porto para a gestão de resíduos. Na última estatística, referente aos anos de 2009-2010, o atendimento às conformidades pré-estabelecidas foi considerada insuficiente em 80% dos portos organizados marítimos (ANTAQ, 2010).

MMA (2011) e SEP/PR (2012) afirmaram que os portos ainda encontravam-se em estágios distintos quanto à elaboração, aprovação e implantação de seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

Trabalhos mais recentes, como o de Porto (2011), Murta *et al*. (2012), Goulart (2012), Jaccoud e Magrini (2014) e Carmo *et al*. (2014), avaliaram que a gestão dos resíduos nos portos organizados brasileiros ainda está abaixo da expectativa, não apresentado um atendimento satisfatório. Constatam que mesmo sendo tema de convenções internacionais e de políticas nacionais, como legislação de meio ambiente e de vigilância sanitária, o gerenciamento de resíduos sólidos nos portos ainda não está totalmente implantado ou consolidado, necessitando de aprimoramento.

Diversas são as falhas de gerenciamento de resíduos ainda ocorrentes em boa parte dos portos brasileiros. Dentre estas, o trabalho de Carmo *et al*. (2014) citou como mais relevantes às falhas em práticas relacionadas ao controle e geração de informações, uma vez que estas são indispensáveis para que se conheça o perfil dos resíduos de um porto e para que seja possível delinear soluções. Este cenário é seriamente lesivo ao gerenciamento de resíduos e, assim, segundo Carmo *et al*. (2014), deverá se constituir como o principal desafio em uma primeira fase rumo à adequação dos portos do país.

A fim de exercer seu papel na melhoria da infraestrutura nacional e cumprir sua responsabilidade política de administração portuária eficiente e competitiva, a Secretaria de Portos (SEP/PR), órgão federal da administração portuária nacional, vem fazendo um esforço conjunto com instituições públicas de pesquisa, como as Universidades Federais, para o entendimento da situação portuária nacional e para a delineação de estratégias de melhoria da infraestrutura portuária atual e futura.

Neste contexto, a SEP/PR vem desenvolvendo junto à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por meio do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais – IVIG/COPPE/UFRJ – desde 2010, o projeto "Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros", que tem como meta o diagnóstico atual da qualidade da infraestrutura e administração de 22 portos, além de proposições para melhorias nas áreas de resíduos sólidos, efluentes, fauna sinantrópica nociva[2] e tecnologias associadas ao setor. Visando atender às necessidades e características de projetos estratégicos, este projeto apresenta proposições preliminares para a área de infraestrutura portuária, voltada ao gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes, com foco ainda em tecnologias portuárias, na conservação de energia e na identificação de oportunidades para parcerias e negócios relacionados ao setor.

2.3 A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Após 21 anos de tramitação no Congresso Nacional, a Lei nº 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi sancionada no dia 2 de agosto de 2010 em Brasília. Após a PNRS, o país passou a ter um marco regulatório na área de Resíduos Sólidos. A PNRS foi produto de ampla discussão e forte articulação institucional envolvendo os três entes federados (União, Estados e Municípios), o setor produtivo/instituições privadas, organizações não governamentais e a sociedade civil, reunindo um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos no país (MMA, 2011).

A Lei impõe obrigações a governos, empresas e cidadãos quanto ao gerenciamento de resíduos, à redução da geração e à reciclagem. As normas e sanções previstas em caso do descumprimento da lei aplicam-se às pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos, além daquelas que desenvolvam ações relacionadas à gestão e ao

[2] Fauna sinantrópica nociva: 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 (Instrução Normativa IBAMA nº 141/2006).

gerenciamento dos resíduos. Trata-se, portanto, de um documento que traz importantes diretrizes para o norteamento de ações de toda a sociedade brasileira e por isso, devem ser amplamente conhecidas (FIRJAN, 2010).

O Título II, capítulo II, Art. 6º da Lei nº 12.305 identifica os princípios da PNRS, que incluem, dentre outros:

- A visão sistêmica na gestão dos Resíduos Sólidos, que considera as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- O desenvolvimento sustentável;
- A ecoeficiência, mediante a compatibilização entre 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 e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- A cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania.

A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o princípio que estabelece atribuições para todos os envolvidos na cadeia do produto: governo, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos e, inclusive, consumidores. O conceito de responsabilidade compartilhada reconhece a necessidade de participação de todos os elos da cadeia de produção e consumo para cumprir com o objetivo da Lei, ou seja, garantia de redução de geração e o melhor gerenciamento possível dos resíduos (FIRJAN, 2010). Os consumidores finais, desta forma, são responsáveis pelo acondicionamento de forma adequada dos resíduos gerados, visando uma coleta eficiente e inclusive fazendo a separação onde houver coleta seletiva.

O Título II, capítulo II, Art. 7º da Lei nº 12.305 identifica os objetivos da PNRS que incluem, dentre outros:

- Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- Incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- Gestão integrada de resíduos sólidos;
- Capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- Prioridade nas aquisições e contratações governamentais para produtos reciclados e recicláveis;
- Integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

Conforme apresentado, um dos objetivos fundamentais estabelecidos pela Lei é a ordem de prioridade para a gestão dos resíduos, que deixa de ser voluntária e passa a ser obrigatória: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A Lei estabelece a diferença entre resíduo e rejeito. Resíduos devem ser reaproveitados ou reciclados (destinados), enquanto apenas os rejeitos devem ter disposição final adequada. Ou seja, somente depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, o material é considerado rejeito e deve seguir para disposição final ambientalmente adequada (Lei n° 12.305/2010). A disposição final ambientalmente adequada é definida como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou

riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (Lei nº 12.305/2010; FIRJAN, 2010).

O Título II, capítulo III, Art. 8º da Lei nº 12.305 identifica os instrumentos da PNRS que incluem, dentre outros:

- A coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- O incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- A cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
- A pesquisa científica e tecnológica;
- A educação ambiental;
- Os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;
- O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR);
- Os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos;
- Os planos de resíduos sólidos.

Um dos pontos fundamentais da Lei nº 12.305, conforme apresentado como instrumento da PNRS, é o sistema de logística reversa, que se constitui como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial. O objetivo é aproveitar o resíduo no ciclo do próprio produto ou em outros ciclos produtivos, garantindo destinação final ambientalmente adequada. Os envolvidos na cadeia de comercialização de determinados produtos (fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes), deverão estabelecer um consenso sobre as responsabilidades de cada parte e implementar ações que viabilizem a coleta e restituição dos resíduos sólidos ao produtor, após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (FIRJAN, 2010). A implementação

da logística reversa será realizada de forma prioritária para seis tipos de resíduos, conforme *Art. 33* da Lei nº 12.305: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas; produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Também é instrumento da PNRS, conforme apresentado, inventários e sistemas declaratórios de resíduos sólidos. Estes documentos foram importantes no contexto desta Tese e serão mais detalhados a seguir, no item 2.4.

A PNRS exige ainda, como instrumento, conforme apresentado, a elaboração dos planos de resíduos sólidos. São planos de resíduos sólidos, conforme o Título III, Capítulo II, Seção I, Art. 14º da Lei nº 12.305:

- O Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- Os planos estaduais de resíduos sólidos;
- Os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerados urbanos;
- Os planos intermunicipais de resíduos sólidos;
- Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
- Os planos de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS).

Portanto, fica sob exigência a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos pela União, mediante processo de mobilização e participação social, incluindo a realização de audiências e consultas públicas.

Os Estados terão que elaborar seus Planos Estaduais de Resíduos Sólidos para terem acessos aos recursos da União ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos. Da mesma forma, a elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é condição necessária para os municípios terem acesso aos recursos da União, destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos. Para os territórios em que serão estabelecidos consórcios, bem como para as regiões metropolitanas e aglomerados urbanos, os estados poderão elaborar Planos Microrregionais de Gestão, obrigatoriamente com a participação dos municípios envolvidos na elaboração e implementação.

Os planos deverão possuir vigência por prazo indeterminado e horizonte de vinte anos, a serem atualizados a cada quatro anos. O conteúdo mínimo dos planos inclui (Título III, Capítulo II, Seção III, Art 15º, 16º e 17º da Lei nº 12.305):

- Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos e seus impactos socioeconômicos e ambientais;
- Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de matérias reutilizáveis e recicláveis;
- Programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas.

A elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos também constitui condição para os municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, possuindo dentre os itens para seu conteúdo mínimo (Título III, Capítulo II, Seção IV, Art 18º e 19º da Lei nº 12.305):

- Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;
- Metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem;
- Ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;
- Periodicidade de sua revisão.

Estão sujeitos à obrigatoriedade da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) alguns geradores específicos, como instalações industriais, estabelecimentos comerciais, empresas de construção civil, terminais alfandegários, rodoviários, ferroviários, **portos** e aeroportos, entre outros (Título III, Capítulo II, Seção V, Art 20º da Lei nº 12.305). Este plano de gerenciamento é parte integrante do processo de licenciamento ambiental do empreendimento ou atividade pelo órgão competente do SISNAMA, tendo a obrigatoriedade de possuir um

conteúdo mínimo, que engloba, dentre outros (Título III, Capítulo II, Seção V, Art 21º da Lei nº 12.305):

- 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;
- 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;
- Medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;
- Periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do SISNAMA.

Os responsáveis pelo plano de gerenciamento de resíduos sólidos deverão manter atualizadas e disponíveis ao órgão municipal competente, ao órgão licenciador do SISNAMA e a outras autoridades, informações completas sobre a implementação e a operacionalização do plano sob sua responsabilidade (Título III, Capítulo II, Seção V, Art 23º da Lei nº 12.305).

A PNRS estabelece, desta forma, princípios para a elaboração dos Planos Nacional, Estadual, Regional e Municipal de Resíduos Sólidos, além do PGRS, propiciando oportunidades de cooperação entre o poder público federal, estadual e municipal, o setor produtivo e a sociedade em geral na busca de alternativas para os problemas socioambientais existentes e na valorização dos resíduos sólidos, por meio da geração de emprego e renda. Esses planos determinarão, entre outros aspectos, o diagnóstico da situação e a proposição de metas e programas (FIRJAN, 2010).

O Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, regulamenta a Lei nº 12.305 (PNRS), estabelece normas para execução da PNRS, cria o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa e cria o Comitê Interministerial (CI), composto por doze ministérios, coordenado pelo MMA, com a responsabilidade de apoiar a estruturação e implementação da PNRS, por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais, de modo a possibilitar o cumprimento das

determinações e metas previstas na Lei. Dentre as competências do Comitê Interministerial, estão (Decreto nº 7.404/2010):

- Instituir os procedimentos para elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- Elaborar e avaliar a implementação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

O ano de 2014 impõe-se como um marco para o setor de resíduos sólidos no Brasil, já que a PNRS estabeleceu prazos para algumas ações, tais como a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e rejeitos, que deveria estar implantada no país até o mês de agosto de 2014.

Entretanto, diferentemente do que se esperava, os dados do Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2013 (ABRELPE, 2013), publicado no ano de 2014, revelam um cenário geral bastante similar àquele publicado na edição anterior, demonstrando apenas uma tímida evolução na gestão de resíduos e apresentando consideráveis desafios para cumprimento das determinações legais. Frente a tais fatos, permaneceram válidas para 2014 as constatações e reflexões apresentadas na edição anterior do Panorama, publicada em 2013 (ABRELPE, 2013).

2.4 SISTEMAS DECLARATÓRIOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a legislação vigente, a gestão de resíduos é obrigação de seus geradores, a quem cabe promover o gerenciamento dos mesmos, zelando pela destinação adequada. No entanto, um grande volume desses resíduos acaba descartado ou abandonado em vias públicas, ficando a cargo do poder público e custeado pela sociedade. Para esses casos, o avanço pode ser alcançado mediante a implementação de um sistema eficiente de fiscalização dos geradores, com rastreabilidade daquilo que é gerado, o que pode ser conseguido por meio de um sistema declaratório, para o qual todos os atores (geradores, transportadores e unidades de destinação) serão convocados a participar incluindo as informações correspondentes às etapas sob sua responsabilidade (ABRELPE, 2013).

Sendo assim, sistemas declaratórios de resíduos sólidos são documentos importantes do ponto de vista do controle de resíduos gerados e destinados, tendo sido instituídos como instrumentos fundamentais para a gestão de resíduos sólidos na Lei n°12.305/2010 (BRASIL, 2010a). O histórico de dois tipos de documentos relacionados a sistemas declaratórios, sua importância e utilização nesta tese, estão apresentados a seguir.

2.4.1 Inventário de Resíduos

A Resolução CONAMA nº 06 de 15/06/88, instituiu o Inventário Nacional de Resíduos Industriais, com a finalidade de sistematizar as informações sobre a situação dos resíduos industriais no Brasil, em especial os perigosos, e permitir o monitoramento e o controle de sua movimentação em todo o País. Nesse sentido, a partir das prioridades definidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, que incluíam a definição, a implantação e a manutenção de um sistema de informações para a gestão e o monitoramento do ambiente urbano, foi dado início, no primeiro semestre de 2000, à reformulação do Inventário Nacional de Resíduos Industriais, em parceria com os estados, que culminou na publicação da Resolução CONAMA 313, de 29/10/02.

A Resolução CONAMA 313/2002 dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais, e disponibiliza um formulário desenvolvido para a coleta de informações sobre os resíduos sólidos gerados na atividade industrial. Por meio deste é possível a obtenção das informações gerais da indústria, o processo e as etapas de produção desenvolvida e as informações sobre os resíduos sólidos gerados. Em seu *Art*. 1º, a Resolução define que os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais são objeto de controle específico, como parte integrante do processo de licenciamento ambiental.

A retomada do Inventário de Resíduos Industriais pelo Governo Federal, que vai além dos resíduos perigosos ou de Classe I, indica a importância atribuída a este tema da agenda ambiental. A gestão deste tipo de resíduo inclui o controle direto e individual das unidades geradoras e dos processos de destinação final. Os inventários mensais de resíduos sólidos são documentos exigidos para qualquer

empreendimento industrial, tendo sido usados para a obtenção de dados deste estudo conforme explicado no item metodologia.

2.4.2 Manifesto de Resíduos (RJ) e outros documentos de controle

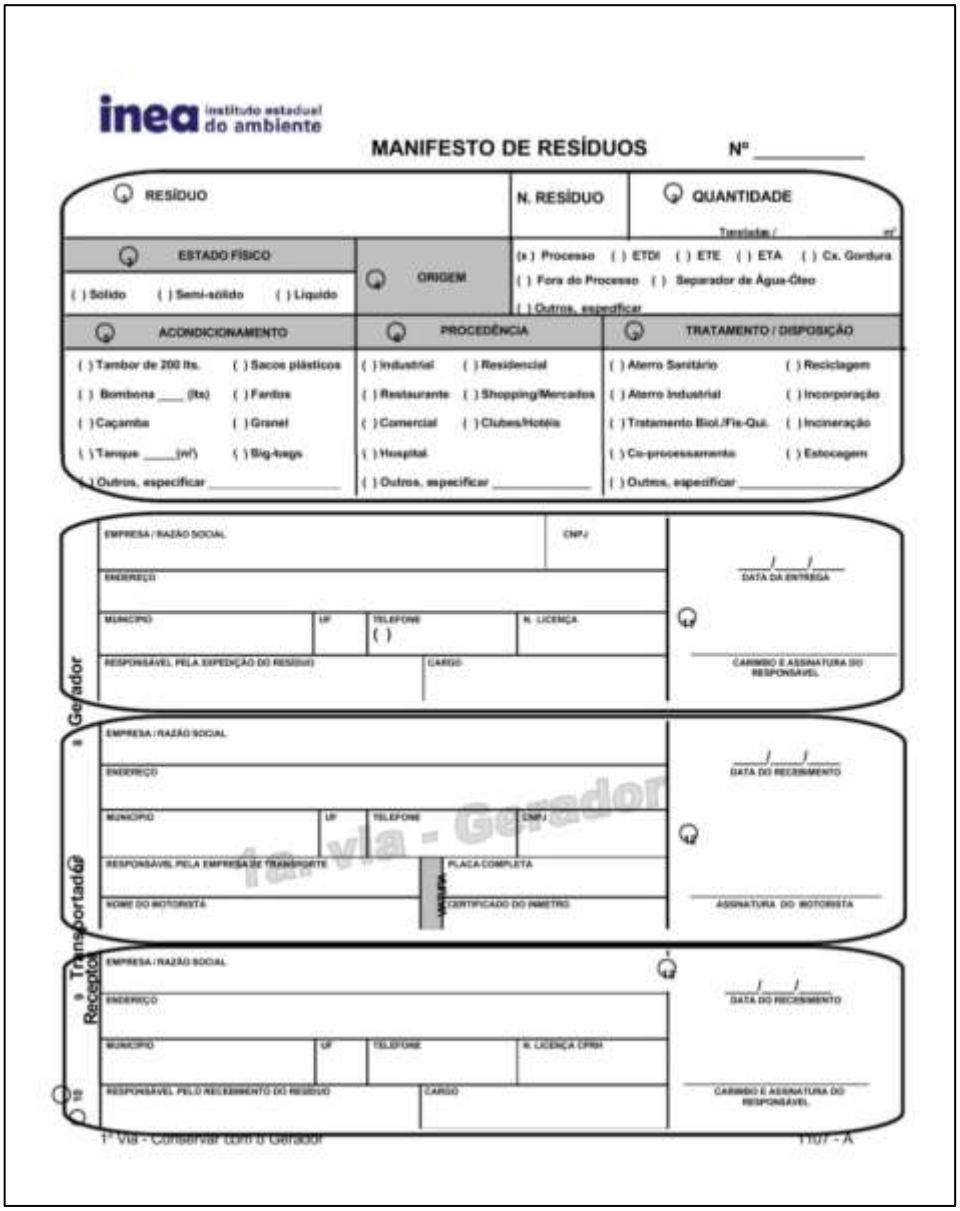
A Diretriz DZ 1310-R7 de 2004 (INEA, 2004) estabelece o Sistema de Manifesto de Resíduos, de forma a subsidiar o controle dos resíduos gerados no Estado do Rio de Janeiro, desde sua origem até a destinação final, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (na tentativa de evitar seu encaminhamento para locais não licenciados). O Sistema de Manifesto de Resíduos permite conhecer e controlar a forma de destinação dada pelo gerador, transportador e receptor de resíduos através de um documento conhecido como Manifesto de Resíduos.

Estão sujeitas à vinculação ao Sistema, todas as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, geradoras, transportadoras ou receptoras de resíduos. A legislação determina que a saída de todos os resíduos, exceto os domésticos, deve ser realizada mediante emissão de um manifesto de resíduo, devidamente preenchido e assinado, para cada retirada realizada. A Figura 2.2 apresenta o modelo do manifesto de resíduos do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) – RJ. Esse documento é um formulário numerado que é utilizado pelas atividades vinculadas ao Sistema de Manifesto, composto de 4 (quatro) vias. A 1ª via deve ficar com o gerador que irá arquiva-la após ter sido datada e assinada pelo transportador. O transportador deve ficar com a 2ª via e arquivá-la após ter sido datada e assinada pelo receptor. Ao receptor, cabe o arquivamento da 3ª via após ter sido datada e assinada pelo transportador e o envio da 4ª via para o gerador que deverá ser arquivada juntamente com a 1ª via até a solicitação do órgão ambiental.

Em julho de 2011, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) publicou o Decreto nº 2190, que regulamenta a retirada de resíduos de embarcações nos portos. Esse decreto exige que a Administração Portuária de todos os portos brasileiros faça um controle sobre o processo de retirada de resíduos de bordo e que mantenha um registro de todas as operações realizadas. Esse controle e registro devem conter os tipos de resíduos desembarcados, as quantidades, as formas de

acondicionamento, nome e registro da embarcação e empresas transportadoras e receptoras de cada tipo de resíduo.

Para cumprir o Decreto n° 2190/2011 publicado pela ANTAQ, a Administração Portuária do porto do Rio de Janeiro, Companhia Docas do Rio de Janeiro, passou a manter armazenada uma via do manifesto de resíduo gerado em cada operação de retirada de resíduo de bordo realizada no porto do Rio de Janeiro.



Fonte: INEA, 2004.

Figura 2.2: Modelo de Manifesto de Resíduos (INEA – RJ).

2.5 GESTÃO DE RESÍDUOS EM PORTOS INTERNACIONAIS

Mesmo que não sejam preconizados modelos regionais de desenvolvimento portuário, é possível agrupar as iniciativas e as formas de se tratar questões ambientais portuárias em dois principais modelos. O modelo Europeu é representado pela Organização Europeia de Portos Marítimos (ESPO) e o Panamericano é representado pela Associação Americana de Autoridades Portuárias (AAPA). As diretrizes técnicas e ambientais de organizações como ESPO e AAPA, alcançaram um nível de maturidade tal que foram adotadas como referencial de desenvolvimento portuário em diversos portos, principalmente aqueles com grandes movimentações de cargas (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

2.5.1 Portos Europeus

A Europa é uma das regiões de maior densidade portuária de todo o mundo. Ao longo dos 70.000 quilômetros de litoral da União Europeia localizam-se mais de 1200 portos comerciais, por onde passam 74% do comércio externo de mercadorias, 37% do tráfego interno de mercadorias e cerca de 385 milhões de passageiros por ano (EC, 2013 apud AZEVEDO, 2014).

O setor portuário, no modelo europeu, se baseia em aspectos que conciliam a sustentabilidade ambiental com a eficiência global do porto. Tais questões possuem intensa preocupação com o desenvolvimento portuário no ambiente costeiro, valorizando os contextos socioambientais regionais e suas políticas públicas. Na Europa, a atuação da Organização Europeia de Portos Marítimos (*European Sea Ports Organisation* - ESPO) tornou-se referência na gestão de portos. A ESPO é uma organização que representa as autoridades portuárias, as associações e as administrações de portos marítimos de 27 países na Europa. Criada oficialmente em 1993, a ESPO tem suas raízes no Grupo de Trabalho de Portos da Comissão Europeia, formada em 1974. Embora suas prescrições sejam de cunho facultativo, a instituição tem papel de destaque na indução de boas práticas de gestão ambiental nos portos europeus, incluindo a gestão de resíduos sólidos (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

Em 1994 a ESPO publicou o “Código de Boas Práticas Ambientais” (*Environmental Code of Practice*), revisto posteriormente em 2004, no qual estabelece uma política ambiental para os portos europeus em consonância com a política ambiental da União Europeia (ESPO, 2004). Neste documento, recomenda práticas ambientais para as administrações portuárias em relação à ampliação das áreas do porto, dragagem, contaminação do solo, gestão de ruído, de resíduos, de qualidade da água, de qualidade do ar, monitoramento e contingência. Propõe, ainda, recomendações para a interface porto/embarcações e para a área marítima, em particular para a gestão de resíduos de navios, movimentação de carga e cargas perigosas, emissões de navios e segurança marítima (AZEVEDO, 2014). Dentre as iniciativas da ESPO, também são abordados alguns instrumentos de gestão ambiental, suporte à decisão e comunicação, que serão mais detalhados posteriormente neste item.

Durante as últimas décadas, grande parte dos avanços portuários nas questões ambientais mundiais foi baseada no Código de Boas Práticas Ambientais da ESPO. Em 2012, o Código foi substituído pela publicação do *Green Guide: Towards excellence in port environmental management and sustainability* (ESPO, 2012). O *Green Guide*, além de reproduzir a essência do antigo Código, reafirma a posição da instituição como uma das principais referências das questões ambientais portuárias (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

No que diz respeito às regras referentes à gestão de resíduos sólidos em portos, a ESPO reconhece que os mecanismos de remoção e responsabilidades podem variar de nação para nação de acordo com a legislação de cada país. No entanto, recomenda que a gestão envolva sistemas que sejam técnica e economicamente viáveis e que cumpram a legislação nacional e comunitária de saúde pública e meio ambiente. Para tanto, sugere que sejam considerados aspectos relacionados ao reuso, reciclagem e queima para recuperação energética dos resíduos. No que tange os resíduos de embarcação, reitera a importância e a pertinência da Diretiva UE 2000/59/EC (AZEVEDO, 2014).

De acordo com a Diretiva UE 2000/59/EC (EC, 2000), os portos devem possuir “Planos de Recepção e Gestão dos Resíduos Gerados em Navios e Resíduos de Carga”. Além dos Planos, a Diretiva estabelece que os Estados-Membros devem assegurar instalações de recebimento (denominadas “meios portuários de

recepção”), adequadas às necessidades dos navios que normalmente utilizam o porto e com capacidade suficiente de recepção dos tipos e quantidades de resíduos gerados, a fim de evitar atrasos indevidos. Nesse sentido, faz-se especial destaque ao planejamento da recepção e gestão dos resíduos de embarcação, à ingerência da autoridade portuária no procedimento, à obrigatoriedade de entrega de resíduos no porto (salvo comprovação de capacidade de armazenamento até a escala seguinte) e à possibilidade de recuperação dos custos relativos à gestão dos resíduos sólidos compatibilizada com mecanismos que desestimulam a descarga de resíduos no mar. Diferentemente da normativa brasileira, a norma europeia permite que os Estados-Membros assegurem a recuperação dos custos dos meios portuários de recepção dos resíduos gerados em navios, incluindo os custos de tratamento e eliminação desses resíduos, mediante a cobrança de uma “taxa” aos navios, que pode ser cobrada independentemente da utilização efetiva dos meios existentes. Ante tal possibilidade, os portos europeus podem adotar diferentes regimes de aplicação como a adoção de um valor fixo, pago independente de haver o descarte dos resíduos no porto ou que permite o descarte de quantidade e tipologia pré-estabelecidas e a adoção de um valor variável, proporcional ao tipo e à quantidade de resíduo descartado. Em muitos portos estes regimes tarifários são adotados concomitantemente. A adoção de um valor fixo, além de possibilitar que todos os navios contribuam para os custos da recepção e gestão dos resíduos, estimula o descarte adequado de resíduos no porto em detrimento ao descarte no mar. A parte dos custos que eventualmente não for coberta pelo valor fixo é pela taxa variável, incidente sobre a quantidade de resíduos efetivamente coletados, estipulada com base nos tipos e nas quantidades e cujos valores podem ser diferenciados segundo a categoria, o tipo e a dimensão do navio. A Diretiva apresenta ainda mecanismos de inspeção, medidas de acompanhamento e sanções. Em relação às medidas de acompanhamento, determina que seja designada autoridade ou organismo competente para desempenhar tal função.

A ESPO reitera a importância da Diretiva UE 2000/59/EC especialmente em relação às instalações de recebimento e às responsabilidades legais, financeiras e práticas dos diferentes operadores envolvidos na entrega de resíduos dos navios nos portos europeus. Nesse sentido, estabelece recomendações para a administração portuária em relação à elaboração dos “Planos de Gestão de Resíduos de Embarcações”: i)

consultar as partes interessadas; ii) analisar as quantidades e tipos de resíduos gerados pelos navios que usam os portos; iii) considerar o tipo e a capacidade das instalações necessárias; iv) considerar a localização e a facilidade de uso das instalações; v) garantir que os sistemas de recuperação dos custos pelo uso das instalações portuárias de recepção não incentivem a descarga dos resíduos em mar; v) garantir a efetiva publicidade sobre as instalações; vi) submeter o Plano à autoridade competente e revisar regularmente o processo de planejamento (AZEVEDO, 2014).

A realização do *Ecoports* foi outra importante ação europeia, consistindo em um projeto de pesquisa da União Europeia com os objetivos de harmonizar a gestão ambiental entre os seus portos, trocar experiências, desenvolver ferramentas e metodologias para o aprimoramento do desempenho ambiental e implementar as melhores práticas ambientais portuárias (KITZMANN e ASMUS, 2006). O *Ecoports* envolveu pelo menos 150 portos e terminais europeus em uma rede ambiental e gerou diversos produtos e instrumentos de gestão, dentre os quais (SEP/PR e UFRJ, 2014a):

- Base de dados sobre boas práticas e estudos de caso exemplares;
- Programa de treinamento, com cursos adaptados às perspectivas locais e nacionais quanto à legislação e condições operacionais, com instrutores profissionais portuários e especialistas acadêmicos certificados;
- *Workshops*, organizados para a troca de experiências e melhores práticas ambientais;
- Formação de uma rede de universidades e consultores para prestar serviços multidisciplinares de pesquisa e desenvolvimento de soluções ambientais;
- Sistema de Gestão Ambiental (*Environmental Management System* – EMS);
- Sistema de Apoio à Decisão (*Decision Support System* - DSS);
- Metodologia de Autodiagnóstico (*Self Diagnosis Methodology* — SDM);
- Sistema de Revisão Ambiental Portuária (*Port Environmental Review System* — PERS).

Sendo assim, a ESPO, associada com a rede *Ecoports* (*Ecoports Network*), recomenda e oferece um conjunto de ferramentas para gestão ambiental dos portos membros, dentre as quais destacam-se a Metodologia de Autodiagnóstico (*Self Diagnosis Methodology* – SDM), o Sistema de Revisão Ambiental Portuária (*Port*

Environmental Review System – PERS) e o Sistema de Apoio à Decisão (Decision Support System – DSS).

O SDM é uma ferramenta de autoavaliação ambiental e consiste em um *checklist* para ser aplicado pelos gestores dos portos. Assim, permite a verificação do estágio de desenvolvimento do programa ambiental do porto como etapa inicial para implementação de um Sistema de Gestão Ambiental e/ou pode funcionar como uma auditoria periódica. São tratados temas como política ambiental, treinamento, plano de emergência, entre outros aspectos. A submissão dos resultados no portal *Ecoports* é feita de forma anônima e gera como respostas: a projeção do porto em relação às boas práticas dos portos europeus; a diferença entre a organização atual e a necessária para obtenção de certificados como PERS e ISO 14.000; uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*); e recomendações de especialistas (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

Já o PERS é o único sistema voltado exclusivamente para a gestão ambiental portuária, sendo delineado como suporte para os portos atingirem suas metas relacionadas ao desenvolvimento sustentável. O certificado PERS dá credibilidade aos portos europeus no que se refere ao seu compromisso com as questões ambientais. São seis passos a serem dados para obter a certificação, sendo todos assistidos pela ESPO. Os três primeiros passos dizem respeito ao cumprimento do SDM *checklist* por parte da equipe de gestão ambiental do porto e dão ao porto o *status* de "*EcoPorts port*". Ao submeter à análise da ESPO, o *checklist* com todas as informações, o porto passa ao quarto passo. Feito isso, ele recebe as normas PERS e as implementa para, no passo seguinte, solicitar a certificação PERS, que é analisada por entidade independente. Atualmente, 18 portos europeus possuem o selo PERS (SEP/PR e UFRJ, 2014). Além de definir um padrão de boa prática para análise e registro dos aspectos relevantes de gestão ambiental de portos, a possibilidade de certificação confere credibilidade em relação à gestão ambiental portuária e pode ser utilizado como diferencial competitivo do porto (AZEVEDO, 2014).

O DSS, ao trazer um sistema integrado de informações, disponibiliza um banco de dados sobre as melhores práticas portuárias que serve como base de conhecimento para a tomada de decisão e permite uma maior integração da gestão ambiental dos diferentes portos (AZEVEDO, 2014).

Na Europa, a necessidade de uma adequada gestão dos resíduos sólidos portuários é evidenciada na definição de prioridades ambientais dos portos, elaborada pela ESPO (2013). Segundo a listagem publicada, em 1996 o tema *resíduos* não se apresentava evidenciado entre as dez primeiras prioridades ambientais dos portos. Já em 2004 este tema se apresenta no topo da lista, em 2009 se apresenta na terceira posição e em 2013 na segunda posição, evidenciando a importância que ainda é dada à temática, conforme ilustrado na Tabela 2.2. No ano de 2013 foi observada também, pela primeira vez na listagem de prioridade, uma divisão do tema resíduos em dois: resíduos do porto e resíduos de embarcação, segunda e quinta posição em prioridade, respectivamente (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Dez prioridades ambientais do setor portuário europeu ao longo dos anos (1996 a 2013).

Prioridades	1996	2004	2009	2013
1	Desenvolvimento do porto (água)	**Lixo / Resíduos do porto**	Ruído	Qualidade do Ar
2	Qualidade da água	Operação de dragagem	Qualidade do Ar	**Lixo / Resíduos do porto**
3	Disposição de dragagem	Disposição de dragagem	**Lixo / Resíduos do porto**	Consumo de energia
4	Operação de dragagem	Poeira	Operação de dragagem	Ruído
5	Poeira	Ruído	Disposição de dragagem	**Resíduos de embarcação**
6	Desenvolvimento do porto (terra)	Qualidade do Ar	Relacionamento com a comunidade local	Relacionamento com a comunidade local
7	Terrenos contaminados	Carga perigosa	Consumo de energia	Operação de dragagem
8	Perda de habitat / degradação	Abastecimento	Poeira	Poeira
9	Volume de tráfego	Desenvolvimento do porto (terra)	Desenvolvimento do porto (água)	Desenvolvimento do porto (terra)
10	Efluentes industriais	Descargas de navio (porão)	Desenvolvimento do porto (terra)	Qualidade da água

Fonte: Adaptado de ESPO, 2013.

Ao analisar a mobilidade dos resíduos entre as prioridades ambientais ao longo dos anos, Dabra *et al.* (2004) justificam este mobilidade como reflexo da conscientização e ações realizadas em decorrência de legislações ambientais.

Especificamente em relação aos resíduos, a contextualização de sua gestão como parte integrante de uma sistêmica gestão ambiental nos portos europeus parece ter contribuído sobremaneira para sua efetividade, aliada a uma crescente preocupação com o planejamento, a conscientização e o diálogo entre os diferentes agentes no sentido de estruturar e implementar ações articuladas dentro do conceito de melhoria contínua (AZEVEDO, 2014). Pode-se ressaltar a ênfase dada à gestão dos resíduos de embarcação dentro do contexto europeu. As diretrizes da MARPOL 73/78 foram regulamentadas pela Diretiva 2000/59/EC, que por sua vez é ratificada pela ESPO.

Ao categorizar e listar as ações necessárias para cada aspecto relacionado à gestão de resíduos sólidos, a proposta da ESPO mostra-se didadicamente operacional e adaptável à realidade de cada porto. Os instrumentos de gestão ambiental propostos reforçam e facilitam a adequada implementação da gestão dos resíduos, ambicionam a melhoria contínua e a credibilidade em relação à gestão ambiental portuária, podendo ser um diferencial competitivo do porto (AZEVEDO, 2014).

A gestão dos resíduos sólidos em portos europeus é objeto de convenções internacionais, iniciativas de alguns países e iniciativas setoriais. Embora especificamente os resíduos de embarcação sejam objeto de regulamentações internacionais, destacando-se, nesse contexto, as regulamentações da *International Maritime Organization* (IMO), agência especializada das Nações Unidas responsável pela segurança da navegação e a prevenção da poluição marítima causada por navios, diferentes países desenvolvidos vêm implementando políticas próprias através de regulamentações e iniciativas pró-ativas por parte das entidades setoriais e autoridades portuárias (AZEVEDO, 2014).

2.5.2 Portos Panamericanos

A exemplo do que ocorre na Europa, no continente americano, uma entidade associativa congrega a maioria das autoridades portuárias da região. A Associação Americana de Autoridades Portuárias (AAPA), fundada em 1912, é uma associação

que representa mais de 160 autoridades portuárias públicas e privadas nos Estados Unidos, Canadá, Caribe e América Latina. A AAPA foi criada para apoiar os portos públicos na melhoria da gestão portuária, com especial atenção às questões ambientais. O modelo da AAPA apresenta algumas semelhanças com o modelo europeu, entretanto, por ter entre seus membros portos de países pequenos e portos de diversos tamanhos e complexidade, dedica-se mais atentamente à resolução de problemas, considerados de base. Em geral, os problemas são originados pela ausência de estruturas, sejam equipamentos públicos, infraestrutura de acesso, suprimento energético ou de saneamento. As orientações contidas nas produções da AAPA podem ser analisadas como básicas e procedimentais, mas colaboram fortemente para a adequação dos portos membros (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

A partir da criação, em 1973, do *Environmental Improvement Awards*, pelo qual a AAPA reconhece e estimula as atividades que beneficiam o ambiente em seus portos, nas categorias de melhoria ambiental, mitigação, envolvimento comunitário e gerenciamento ambiental, foram produzidos vários estudos e pesquisas, assim como foram realizados diversos eventos para discutir as formas de implementação e adaptação das práticas de gestão ambiental no ambiente portuário (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

A evidente diferença entre os modelos de gestão pública de portos, suas políticas de concessão, a relação das autoridades portuárias com os problemas de infraestrutura e em relação ao enfrentamento das limitações estruturais dos portos congregados na AAPA, orientaram a instituição na publicação do *Environmental Management Handbook* (AAPA, 1998). Este se consolidou como um guia com ferramentas e práticas de gerenciamento das atividades portuárias voltadas à prevenção e remediação dos impactos ambientais do setor. Neste guia é possível identificar claramente a base utilizada para sua implementação, extraída da ISO 14.001 e do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), que se destacam em outros setores produtivos.

2.6 PLÁSTICOS NO CONTEXTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

2.6.1 Introdução

A produção industrial de plásticos iniciou-se na primeira parte do século XX, com as pesquisas de Leo Baekeland sobre a resina fenólica conhecida como Bakelite (baquelite) e teve seu desenvolvimento intensificado após a 2ª Guerra Mundial (MANO *et al*., 2005). A fabricação em grande escala de polímeros sintéticos, como os plásticos, é considerada a principal conquista industrial da química orgânica no século XX. Desde o início da produção em escala industrial de plásticos, em 1940, as taxas de produção e consumo de material plástico aumentaram significativamente ao longo dos anos (AL-SALEM *et al*., 2009). Este fato está relacionado às grandes vantagens proporcionadas pelo material plástico, que causou uma verdadeira revolução para a indústria e o comércio, influenciando inclusive, práticas e costumes da sociedade no decorrer dos anos (CALLAPEZ, 2000). Dentre as vantagens proporcionadas pelo plástico, estão as propriedades do material como praticidade, baixo custo, leveza, flexibilidade, resistência e a grande versatilidade (MAGRINI *et al.*, 2012).

Os plásticos estão presentes em praticamente todos os setores da sociedade, incluindo roupas, artigos esportivos, edificações, automóveis, aviões, aplicações médicas, entre muitos outros. A diversidade e a versatilidade do material facilita a produção de uma enorme variedade de produtos que proporcionam avanços tecnológicos e diversos outros benefícios para a sociedade (ANDRADY e NEAL, 2009). Os plásticos ocupam, por exemplo, importante lugar no mercado de embalagens, representando aproximadamente 40% de todo o plástico consumido no Brasil. Eles substituem outros materiais com inúmeras vantagens, dentre as quais, a manutenção da qualidade do produto embalado e aumento de vida útil da embalagem (MAGRINI *et al.*, 2012).

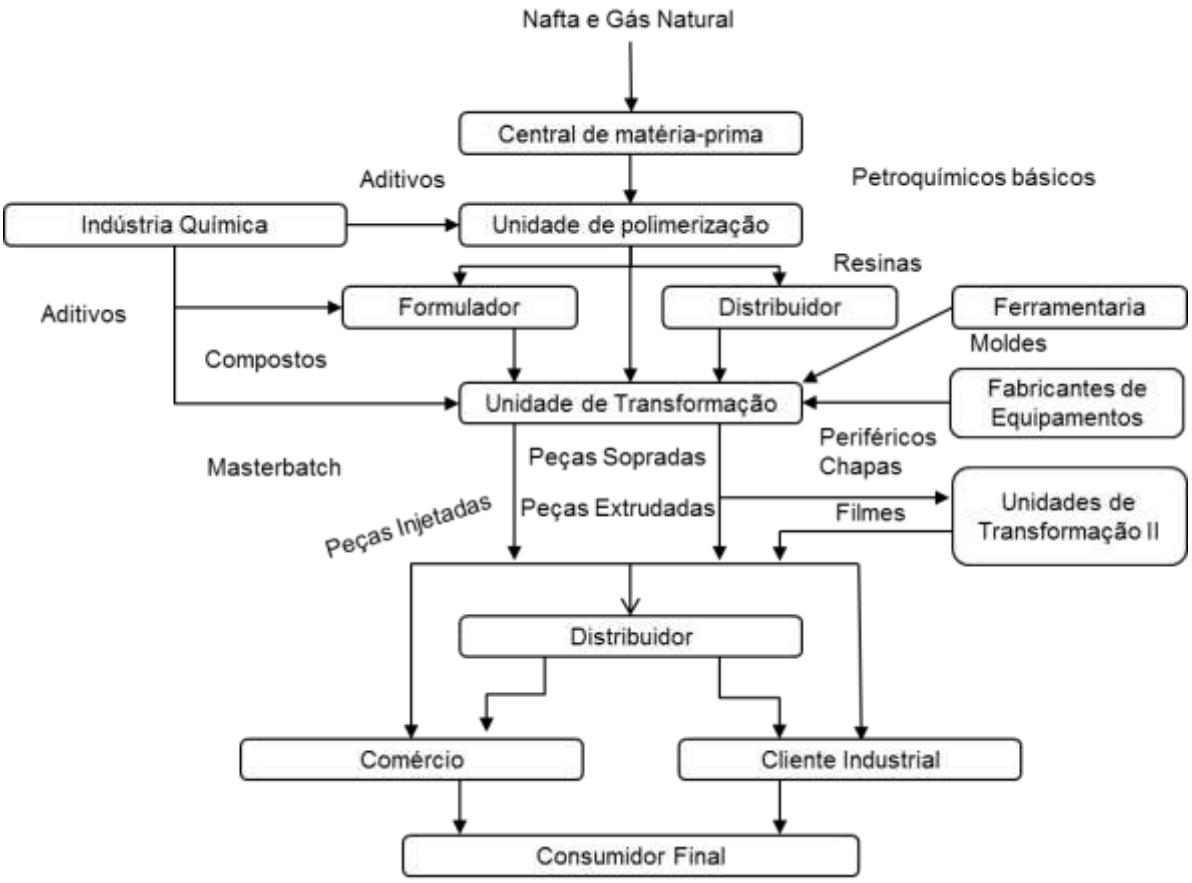
Os plásticos pertencem ao extenso grupo dos polímeros, sendo classificados como polímeros sintéticos. A reação de polimerização que dá origem a esses materiais, em geral, é classificada em dois tipos: condensação ou em etapas e adição ou em cadeias. Na reação por condensação, cada etapa do processo é acompanhada pela formação da molécula de uma substância simples, geralmente a água. Na polimerização por adição, os monômeros reagem para produzir um polímero, sem

formar subprodutos. As polimerizações por adição são normalmente conduzidas na presença de iniciadores ou catalisadores, os quais, em certos casos, exercem controle sobre a estrutura da molécula, com efeitos importantes nas propriedades do polímero. As poliamidas, como o nylon, os poliuretanos e os poliésteres, como o poli(tereftalato de etileno) (PET), são alguns polímeros obtidos por condensação. Como exemplos da polimerização por adição estão o polietileno (PE), o poli(cloreto de vinila) (PVC) e o poliestireno (PS), entre outros. A alta massa molar dos polímeros e a diversidade de estruturas (arquiteturas moleculares) que podem ser formadas pelo encadeamento dos monômeros conferem a estes materiais propriedades químicas e físicas especiais, como por exemplo, alta viscosidade, elasticidade ou dureza, resistência ao calor, à umidade e à abrasão (MANO e MENDES, 2000).

A cadeia produtiva dos plásticos inicia-se com o uso da nafta, obtida pelo processo de refino do petróleo ou do gás natural. A nafta é usada como matéria- prima para a obtenção de eteno, benzeno, propeno e isopropeno, tolueno, orto/para-xileno, xileno misto, buteno, butadieno e outros petroquímicos básicos. A primeira geração petroquímica é a responsável pela obtenção destes produtos petroquímicos básicos e sua conversão é realizada nas centrais de matérias-primas dos polos petroquímicos. A produção de resinas a partir dos produtos petroquímicos básicos constitui a segunda geração petroquímica. As resinas produzidas são então processadas para a geração de variados produtos nas indústrias de transformação, ou seja, nas empresas da terceira geração petroquímica. As primeiras duas gerações petroquímicas representam fabricantes de produtos padronizados e com especificações bem definidas, chamados de *commodities*. Por isso, são indústrias que dependem de níveis operacionais elevados, com pouca flexibilidade nos seus processos. As indústrias da terceira geração são intensivas em mão-de-obra e são as que produzem uma quantidade de produtos de maior diversificação. Assim, seus processos de produção são mais flexíveis, mas a escala de produção é menor do que nas duas gerações anteriores (OLIVEIRA, 2012).

Após a produção das resinas, estas devem receber aditivos e plastificantes, tais como pigmentos, corantes, retardantes de chama e antioxidantes, dentre outros, para cumprirem as funções para as quais foram fabricadas, resistirem aos processos de transformação e tornarem-se produtos duradouros (OLIVEIRA, 2012). Os

métodos utilizados na fabricação de produtos plásticos são vários, sendo os quatro principais: extrusão, injeção, sopro e termoformagem. Cada um desses processos é utilizado de acordo com a especificidade de cada produto a ser produzido (*AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL*, 2011). O processo de produção dos plásticos está esquematizado na Figura 2.3.



Fonte: Adaptado de Padilha, 1999.

Figura 2.3: Esquema de produção dos produtos plásticos a partir da nafta.

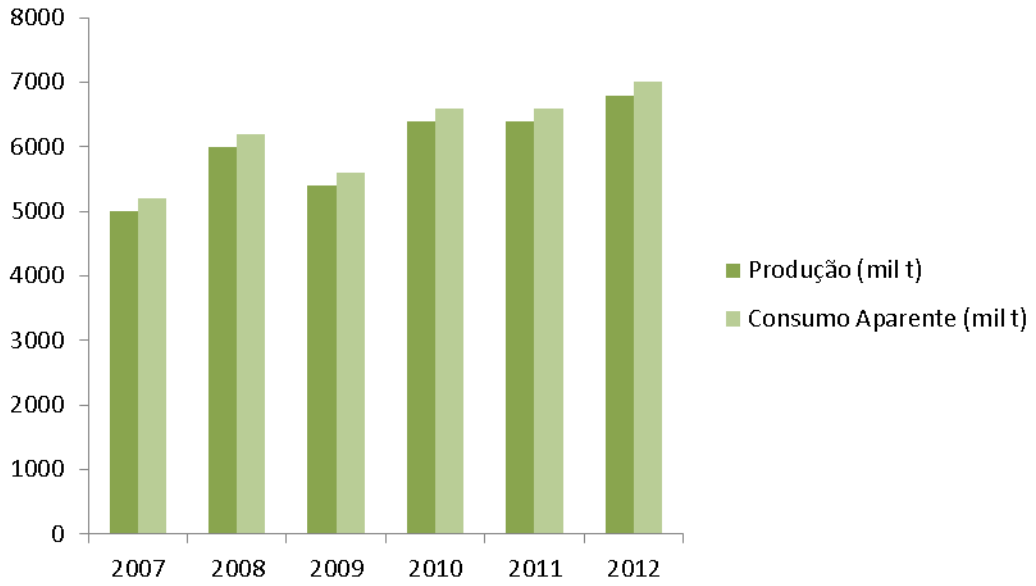
Os polímeros podem ser classificados em dois grandes grupos quanto ao seu comportamento térmico durante o processamento. Desta forma, uma parte desses materiais é chamada de termoplástico, ou seja, se fundem por aquecimento e se solidificam por resfriamento, reversivelmente. Esse processo pode ser repetido algumas vezes, podendo ocorrer degradação do polímero. Já o grupo dos termorrígidos são os polímeros que, por aquecimento, sofrem reação química e se transformam em massa insolúvel e infusível, como a resina fenólica (MANO *et al*.,

2005; PARENTE, 2006). Os principais tipos de polímeros termoplásticos são: acrílicos, celulósicos, copolímero de acetato de vinila e etileno (EVA), poli(tereftalato de etileno) (PET), poliamidas (*nylons*), polietileno (PE), poliestireno (PS), poli(cloreto de vinila) (PVC), policarbonato (PC) e polipropileno (PP). Desses, os que têm maior volume de produção e preço relativamente baixo são: PET, PVC, PE (alta densidade – HDPE e baixa densidade - LDPE), PS e PP (PARENTE, 2006; ANDRADY e NEAL, 2009).

Em 2007, a produção mundial de plásticos atingiu aproximadamente 260 milhões de toneladas (LAZAREVIC *et al*., 2010). A maioria dos artigos plásticos vendidos, especialmente as embalagens e outros bens não-duráveis, torna-se resíduo em menos de um ano (AL-SALEM *et al*., 2010). Na Europa, este fato resultou na geração de 24,6 milhões de toneladas de resíduos plásticos pós-consumo originados das indústrias de embalagem, construção, automotiva e setores de equipamentos eletroeletrônicos (LAZAREVIC *et al*., 2010).

2.6.2 Impactos Ambientais e Destinação dos Resíduos Plásticos

O consumo aparente (obtido a partir do total produzido, acrescido do importado, menos o exportado) de plásticos no Brasil, atingiu em 2012, a quantidade de 7.127 mil toneladas, representando um crescimento de cerca de 4,5% em relação a 2011 (ABRELPE, 2013) (Figura 2.4).



Fonte: Adaptado de Abrelpe, 2013.

Figura 2.4: Produção e Consumo Aparente de Transformados Plásticos no Brasil.

Os materiais plásticos tem se tornado uma das maiores categorias dentre os resíduos sólidos urbanos, gerando grande impacto na gestão de resíduos sólidos (SHENT *et al*., 1999). Dentre estes impactos está a grande pressão que o aumento da quantidade de polímeros plásticos realiza sobre o espaço limitado dos aterros sanitários. Este é um ponto preocupante visto a iminência de esgotamento de muitos aterros sanitários espalhados pelo mundo aliada a grande dificuldade de disponibilidade de locais adequados para implantação de aterros sanitários (BURAT *et al*., 2009). Os principais plásticos encontrados nos resíduos sólidos urbanos são representados principalmente por polietilenos (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), poli(tereftalato de etileno) (PET) e poli(cloreto de vinila) (PVC) (AL-SALEM *et al*., 2010).

De acordo com a ABNT NBR 10.004:2004, os resíduos plásticos se enquadram na classificação de resíduos Classe II, ou seja, resíduos sólidos não perigosos, já que os materiais poliméricos são, em sua maioria, bioquimicamente inertes, não oferecendo, portanto, riscos para a saúde humana ou para o ambiente quando manipulados ou descartados pelo consumidor (MAGRINI *et al*., 2012). Apesar disso, quando descartados inadequadamente, como, por exemplo, em rios, encostas ou

lixões, os plásticos causam diversos danos ambientais (SPINACÉ e DE PAOLI, 2005).

A grande maioria dos plásticos não é biodegradável, sendo materiais extremamente duráveis. Portanto, estes polímeros manufaturados persistirão no meio ambiente por no mínimo décadas, podendo contribuir ainda mais para a degradação ambiental. Mesmo os plásticos degradáveis podem persistir por um tempo considerável dependendo dos fatores locais/ ambientais. As taxas de degradação dependem de fatores físicos, tais como níveis de exposição à luz ultravioleta, oxigênio e temperaturas. As taxas de degradação variam consideravelmente entre os diferentes ambientes (aquático, terrestres, aterros sanitários). De qualquer forma, mesmo quando um item plástico é considerado degradável, através da influência de intempéries, ocorre a quebra em pedaços menores, mas o polímero propriamente dito não necessariamente é degradado por completo, gerando impactos significativos (HOPEWELL *et al*., 2009).

O potencial impacto negativo causado pelos plásticos resulta das reações de polimerização, que assim como ocorre com outras reações químicas, raramente são completas (os reagentes não são convertidos com 100% de eficiência). Resíduos de monômeros podem ser encontrados (na faixa de ppm) no material polimérico final, vários dos quais podem oferecer riscos para a saúde e o meio ambiente (HOPEWELL *et al*., 2009; MAGRINI *et al*., 2012). Além dos monômeros residuais, outras impurezas resultantes da etapa de polimerização podem também estar presentes no produto final. Estas impurezas incluem oligômeros (cadeias poliméricas curtas), resíduos de iniciador, resíduos de catalisador, solventes residuais de polimerização, assim como uma gama de aditivos plásticos, usados para auxiliar o processamento e modificar propriedades do produto final. Todos esses componentes não poliméricos apresentam baixa massa molar e podem, portanto, migrar do produto plástico para o ar, a água ou outro meio com o qual o produto esteja em contato. Os materiais adicionados ao produto polimérico, como plastificantes ou aditivos, são os que constituem os principais riscos ambientais oferecidos pelo setor (MAGRINI *et al*., 2012).

Os aditivos constituem um complexo grupo de derivados químicos e minerais responsáveis por 15-20% em peso de todo produto plástico comercializado. Os aditivos desempenham um papel fundamental na melhoria e criação de uma gama

de características de desempenho únicas nos plásticos, além de protegê-los contra os efeitos do calor, tempo e das condições ambientais. Normalmente os aditivos são estabilizantes (para assegurar a durabilidade) e plastificantes (para garantir a processabilidade e a boa flexibilidade), além de outras possíveis funções (como ação antimicrobiana, lubrificante, de pigmentação, retardante de chamas, modificação da resistência ao impacto, antiestético, antioxidante de absorção de radiação ultravioleta, compatibilizante, promoção de adesão, carga, dentre outros). Moléculas de aditivos, na maioria das vezes, são muito menores em tamanho do que as moléculas do polímero associado. Além disso, a maior parte dos aditivos é constituída por moléculas orgânicas que podem evaporar e migrar para a fase gasosa com facilidade (se os pontos de ebulição forem suficientemente baixos) ou podem migrar a partir da matriz polimérica para o material em contato. Se os aditivos forem tóxicos, a toxicidade pode ser transferida para a fase vapor (podendo ser absorvidas pelos seres vivos através da inalação) ou para o material líquido ou sólido em contato, sendo transferida, caso disposto em local inadequado, para o solo e/ou lençol freático, por exemplo, contaminando o meio ambiente e gerando uma potencial contaminação da fauna e flora presentes, podendo ser absorvida por ingestão pelos seres humanos (LITHNER *et al*., 2011). Como a maioria dos produtos químicos é potencialmente tóxica, dependendo da concentração, todos os aditivos adicionados a materiais plásticos devem ser registrados e analisados, qualitativa e quantitativamente (AKOVALI, 2007).

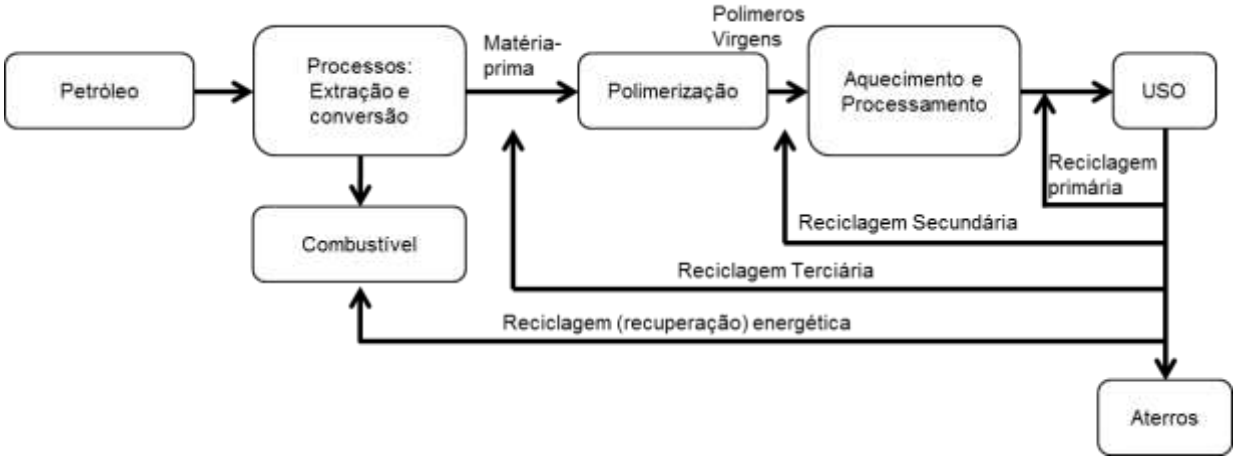
Lithner *et al*. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de identificar e compilar os riscos ambientais e à saúde humana relacionados à exposição a produtos químicos utilizados para a formulação de plásticos. Na categoria de maior risco foram inseridos os males associados ao caráter cancerígeno, caráter mutagênico, apresentação de toxicidade reprodutiva e degradação da camada de ozônio.

Estudos têm sido realizados a respeito dos eventuais malefícios causados pelos materiais plásticos, porém essa questão se faz complexa pois os níveis de toxicidade dependem do tipo de contato (ingestão, inalação, exposição à pele, etc) e do tempo de exposição (MAGRINI *et al*., 2012).

A alternativa da reciclagem dos resíduos plásticos, em detrimento da disposição inadequada ou em aterros sanitários, proporciona, além da vantagem de eliminação dos impactos adversos ao meio ambiente e da disposição deste tipo de material em

aterros (diminuindo a vida útil dos aterros), o grande potencial de diminuir o consumo de combustíveis fósseis (PACHECO *et al*., 2012). Essa diminuição pode se dar tanto através dos plásticos reciclados que tem o potencial de substituir resinas virgens produzidas através do uso de combustível fóssil, como através da diminuição do uso de energia para produção dos mesmos materiais plásticos. Portanto, plásticos reciclados conservam matéria-prima e energia, além de reduzir significativamente o volume de resíduos sólidos destinados para aterros, aumentando assim a vida útil de aterros sanitários e promovendo economia no armazenamento e transporte de resíduos sólidos urbanos (SHENT *et al*., 1999). Chen *et al.* (2011) destacaram que a conversão do plástico, através da reciclagem, em produtos que substituem materiais virgens, ainda possui a vantagem de ser efetiva na redução de emissão de gases de efeito estufa, sendo desta forma, uma prática importante principalmente para países industrializados (MAGRINI *et al*., 2012).

Segundo a hierarquia da gestão de resíduos, apresentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos, as opções adequadas de destino dos resíduos plásticos incluem redução, reuso, reciclagem, incineração e disposição em aterros. A redução pode ser entendida como a redução do uso/consumo de produtos plásticos pelo consumidor ou redução na quantidade de resina plástica utilizada na indústria para a fabricação de seus produtos. O reuso de materiais plásticos é uma prática facilitada que decorre da durabilidade e resistência das resinas, dependendo, portanto, do tipo de polímero. A reutilização de plásticos pode ser feita de diversas maneiras e para os mais diversos fins. Eventualmente, após diversos ciclos de uso, os materiais plásticos começam a degradar-se e já não são úteis, devendo ser reprocessados. Chega-se, então, à opção da reciclagem (AZAPAGIC, 2003; OLIVEIRA, 2012). Com o crescimento das exigências ambientais, a reciclagem também tem sido apontada de forma crescente como opção de destinação cada vez mais utilizada no pós-consumo, assim como a incineração. O aterro representa a última alternativa desejável, conforme apresentado na Figura 2.5 (OLIVEIRA, 2012).



Fonte: Adaptado de Oliveira, 2012.

Figura 2.5: Produção e rotas de destinação de plásticos.

Quanto à fase de processamento/manufatura, a reciclagem de plásticos pode ser realizada de diferentes formas, considerando a origem da matéria-prima e o processo de reciclagem propriamente dito (AL-SALEM *et al*., 2010).

A reciclagem mecânica é o reprocessamento de materiais poliméricos utilizando meios mecânicos (AL-SALEM *et al*., 2010). Está associada à utilização de um resíduo plástico (pré ou pós consumo) para obtenção de outro artefato plástico, envolvendo a aplicação de calor e pressão através do uso de equipamentos industriais (extrusoras) de transformação de plásticos. Desta forma o material é fundido, moldado e solidificado, sem sofrer alteração na sua estrutura química. Esse método pressupõe o processamento de materiais semi-limpos e com características semelhantes (OLIVEIRA, 2012).

A reciclagem primária, ou re-extrusão, também chamada de reciclagem pré-consumo (ROLIM, 2000), é um tipo de reciclagem mecânica envolvendo a reintrodução de sucatas e fragmentos de polímeros coletados na própria indústria (como rebarbas dos processos ou peças defeituosas/ mal moldadas) no ciclo para a produção de produtos de materiais similares. Consiste no re-processamento do refugo de plástico resultante do próprio processo produtivo ou do processo de reciclagem, não sendo aplicável, via de regra, aos plásticos pós-consumo. A reciclagem primária é um processo bastante disseminado para reciclagem de produtos industriais, pois os produtos já estão limpos e são de fácil identificação (OLIVEIRA, 2012).

A reciclagem secundária é o tipo mais difundido de reciclagem mecânica, sendo comumente utilizada nas indústrias recicladoras de plásticos. Esta reciclagem está associada à utilização de um resíduo plástico pós consumo para obtenção de outro artefato plástico. É comum a conversão dos descartes plásticos em grânulos que podem ser comercializados e reutilizados como matéria-prima para a produção de outros produtos (OLIVEIRA, 2012). A reciclagem secundária, em escala industrial, por ser um método que pressupõe o processamento de materiais semi-limpos e com características semelhantes (reciclagem mecânica), em geral envolve uma série de tratamentos e etapas de preparação (PARENTE, 2006):

- ➔ Separação: de acordo com o aspecto visual ou com a identificação, é feita uma triagem para separação dos diferentes tipos de plásticos. É uma tarefa essencialmente manual, e, portanto, depende da competência das pessoas que estão fazendo a triagem, cujo objetivo é separar materiais diferentes, metálicos, tampas de garrafas, produtos compostos por mais de um tipo de plástico, etc. Se o material for oriundo de coleta seletiva, estará mais limpo do que aquele que provém de aterros e lixões, facilitando, assim, sua reciclagem;
- ➔ Moagem: envolve a redução do tamanho do material, transformando-o em fragmentos menores, como grânulos, pó ou flocos;
- ➔ Lavagem: para retirar os contaminantes, o material é lavado com água, que depois deve receber um tratamento para sua possível reutilização ou descarte como efluente;
- ➔ Aglutinação: depois de lavado e seco, o material plástico é compactado em um aglutinador, para que o volume enviado ao processador final, normalmente uma extrusora, seja reduzido. Forma-se então grumos a partir do atrito dos fragmentos plásticos com as paredes do equipamento, devido a uma elevação da temperatura do conjunto;
- ➔ Processamento: a última etapa do processo é a que forma os *pellets* que serão enviados para as indústrias transformadoras. A massa plástica vai ser fundida e homogeneizada na extrusora. Na saída do processo, encontra-se um cabeçote do qual saem filamentos contínuos que serão resfriados em água. Em seguida, um granulador irá picotar esses filamentos, formando grãos de plásticos, os *pellets* (PARENTE, 2006).

Quanto mais contaminado e complexo for o resíduo plástico, contendo mais de um tipo de plástico ou material, mais difícil será sua reciclagem mecânica. A separação do material plástico previamente à coleta faz-se essencial (AL-SALEM *et al*., 2010). A princípio, todos os plásticos podem ser submetidos à reciclagem mecânica, mas a seleção dos que realmente serão reciclados dependerá do seu valor econômico e do volume de material disponível (COLTRO *et al*., 2008).

Novas tecnologias estão em estudo e algumas já estão sendo disponibilizadas para possibilitar o uso simultâneo de diferentes resíduos plásticos, sem que haja incompatibilidade e a conseqüente perda de resistência e qualidade. A chamada "madeira plástica", por exemplo, é feita com a mistura de vários plásticos reciclados (CEMPRE, 2012).

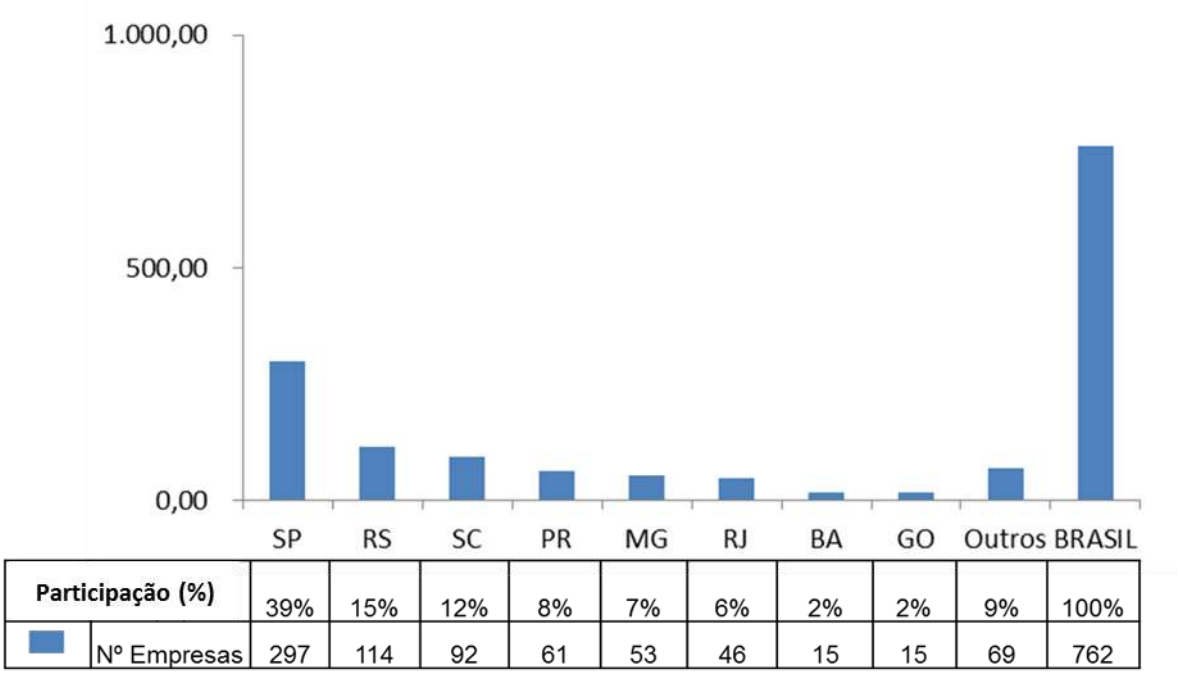
A reciclagem terciária, também chamada de reciclagem química, está associada à transformação dos resíduos plásticos em produtos químicos úteis, ou seja, visa obter os compostos químicos que deram origem aos plásticos. Os compostos resultantes podem ser usados para a produção dos polímeros originais, de novos polímeros ou de insumos petroquímicos básicos e serem incorporados aos diferentes tipos de produtos de refinarias ou centrais petroquímicas (OLIVEIRA, 2012). Esta reciclagem é realizada através de reações químicas, pela quebra parcial ou total das moléculas dos resíduos plásticos, selecionados e limpos (AL-SALEM *et al*., 2009; AL-SALEM *et al*., 2010). Tais processos permitem a obtenção de novas substâncias químicas que podem ser reincorporadas à cadeia produtiva, e o tipo de processo utilizado dependerá do material a ser reciclado (tipo do material, massa, aplicação, etc.). Esse processo de reciclagem geralmente é indicado para resíduos formados por misturas de diversos materiais, mas é mais eficiente quando os materiais chegam limpos e puros, facilitando, assim, a obtenção de produtos de melhor qualidade. Por isso, como na reciclagem mecânica, pode ser necessária a utilização de um pré-tratamento do resíduo com a finalidade de atender a especificação de um determinado processo de reciclagem (HOBBS e HALLIWELL, 2000).

Os compostos químicos produzidos por reciclagem química são obtidos por mecanismos de degradação, que incluem a despolimerização (reação inversa a polimerização) ou degradação com reações aleatórias na cadeia polimérica (HOPEWELL *et al*., 2009; AL-SALEM *et al*., 2010). A reciclagem química é um processo que requer grandes quantidades de resíduos e de capital aplicado para

que o reprocessamento seja economicamente viável (OLIVEIRA, 2012). Embora necessite ainda de avanços técnico econômicos para alcançar maior viabilidade, a reciclagem química apresenta perspectivas relevantes no futuro, e tem sido objeto de pesquisas e desenvolvimento por parte de diversas empresas (AL-SALEM *et al*., 2009; DAVE e JOSH, 2010; SINHA *et al*., 2010; OLIVEIRA, 2012).

A reciclagem quaternária, ou reciclagem energética, está associada à incineração de resíduos plásticos, com recuperação de energia sob a forma de calor, para produção de vapor ou geração de energia elétrica (MANO *et al*., 2005). Muitos autores não se referem a este processo como reciclagem e sim como recuperação energética de plástico (AL-SALEM *et al*., 2009; AL-SALEM *et al*., 2010). É um método de reciclagem que tem crescido muito nos últimos anos. A queima dos resíduos para gerar calor, vapor ou energia tem representado de modo crescente uma alternativa, seja para a destinação dos resíduos urbanos como um todo, seja para os resíduos de plásticos (OLIVEIRA, 2012). Devido aos benefícios econômicos limitados de muitas das técnicas de reciclagem, a utilização dos resíduos plásticos para a produção de energia ganhou destaque nos últimos vinte anos (SANTOS, 2010). O poder calorífico dos plásticos é de um modo geral elevado, o que os tornam uma conveniente fonte de energia. Calcula-se que a incineração de resíduos plásticos proporcione uma redução de 90 a 99% em volume, diminuindo, assim, o descarte em aterros (AL-SALEM *et al*., 2010; OLIVEIRA, 2012).

Os dados disponíveis sobre a reciclagem de plásticos no Brasil retratam o universo da indústria de reciclagem mecânica dos plásticos, a qual converte os descartes plásticos pós-consumo em grânulos passíveis de serem utilizados na produção de novos artefatos plásticos (PACHECO *et al*., 2012). Em 2012 a indústria brasileira de reciclagem mecânica de plásticos era constituída por 762 empresas, sendo 6% deste total representante do Estado do Rio de Janeiro (ABRELPE, 2013), conforme apresentado na Figura 2.6.



Fonte: Adaptado de Abrelpe, 2013.

Figura 2.6: Quantidade de empresas da indústria de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil em 2012.

Para que o processo de reciclagem do plástico seja viável técnica e financeiramente, quatro fases de atividades distintas são fundamentais: coleta, separação, processamento/manufatura e a existência de um mercado para absorção do material plástico reciclado produzido (SHENT *et al*., 1999; MANO *et al*., 2005).

É importante ressaltar, que em muitos países, a prática da reciclagem informal (muitas vezes aliada à gestão imprópria de resíduos) não é rara, causando severa poluição ambiental e riscos à saúde pública (CHEN *et al*., 2011). No Brasil, a presença de catadores de materiais recicláveis em lixões é frequente, sendo um impacto negativo do ponto de vista social e de saúde (PACHECO, 2000; PACHECO *et al*., 2012). Esta prática, mesmo representando cerca de 60% da coleta de plásticos destinados para a reciclagem, submete seres humanos a condições de vida e trabalho insalubres (PACHECO *et al*., 2012), o que é contrário a temática da sustentabilidade. Sendo assim, também para a reciclagem de resíduos plásticos, certos critérios e práticas devem ser levados em consideração para todos os elos da cadeia, a fim de se alcançar um processo de reciclagem realmente adequado do

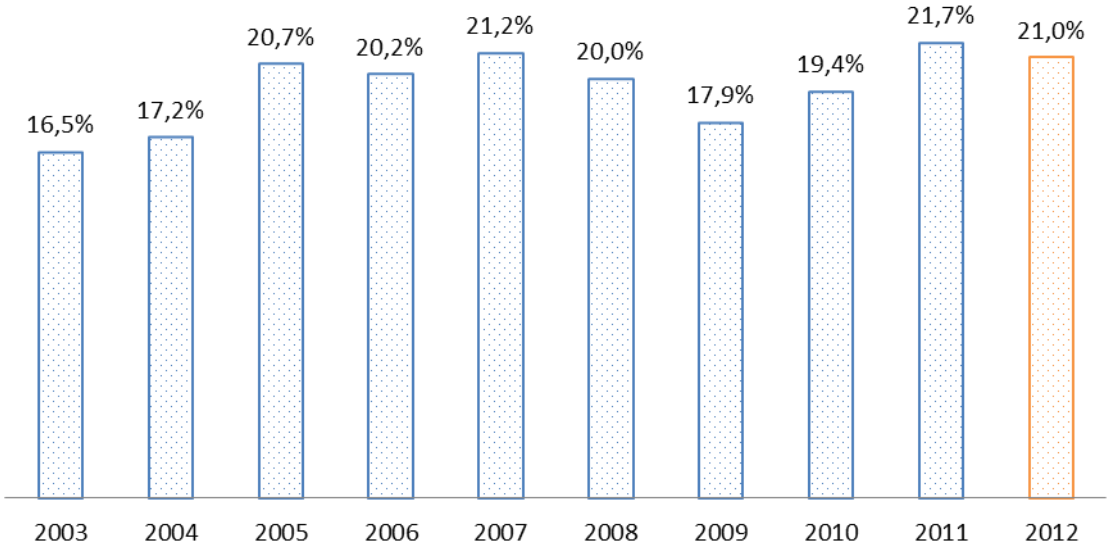
ponto de vista ambiental e sustentável, que esteja de acordo com uma gestão de eficiente de resíduos plásticos (HOPEWELL *et al*., 2009).

Um grande desafio na produção de resinas recicladas a partir de resíduos plásticos é o fato da maioria dos diferentes tipos de plásticos não serem compatíveis um com o outro. Esta incompatibilidade se deve a inerente imiscibilidade molecular e as diferenças de requisitos de processo em macro escala. A presença de uma pequena quantidade de PVC, por exemplo, pode se tornar um contaminante em um processo de reciclagem de PET, degradando a resina de PET reciclado na medida em que o ácido clorídrico gerado a partir da degradação do PVC atinge uma temperatura superior à necessária para fundir e reprocessar o PET (HOPEWELL *et al*., 2009). Portanto, a fase de separação dos diferentes tipos de plásticos é fundamental para o sucesso e eficiência do processo de reciclagem.

Alguns métodos de separação de misturas de polímeros baseados em tipos de polímeros incluem classificação manual e separação por densidade dos diferentes polímeros. O método de classificação torna-se complicado devido a grande variedade de resíduos plásticos, por exemplo. Já para misturas de polímeros com pequenas diferenças em densidade, o método de separação por densidade pode se tornar ineficaz, como no caso de misturas de PVC com PET, por exemplo (BURAT *et al*., 2009). Tecnologias promissoras para separação de misturas termoplásticas estão sendo estudadas, incluindo flotação/sedimentação, hidrociclone, despolimerização/ purificação/ repolimerização, dissolução seletiva, classificação baseada em análise por infra-vermelho ou escaneamento por laser e até mesmo a possibilidade de incorporação de marcadores químicos em diferentes tipos de polímeros (DRELICH *et al*., 1999; BURAT *et al*., 2009). Portanto, existe uma crescente necessidade de desenvolvimento de técnicas eficientes para separação adequada de vários materiais plásticos a fim de viabilizar muitos processos de reciclagem.

Em 2012 o índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo[3] no país alcançou 21% (ABRELPE, 2013), conforme apresentado na Figura 2.7.

[3] Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo é definido por: (resíduo reciclado + resíduo exportado para reciclagem) / resíduo plástico gerado (PLASTIVIDA, 2012).

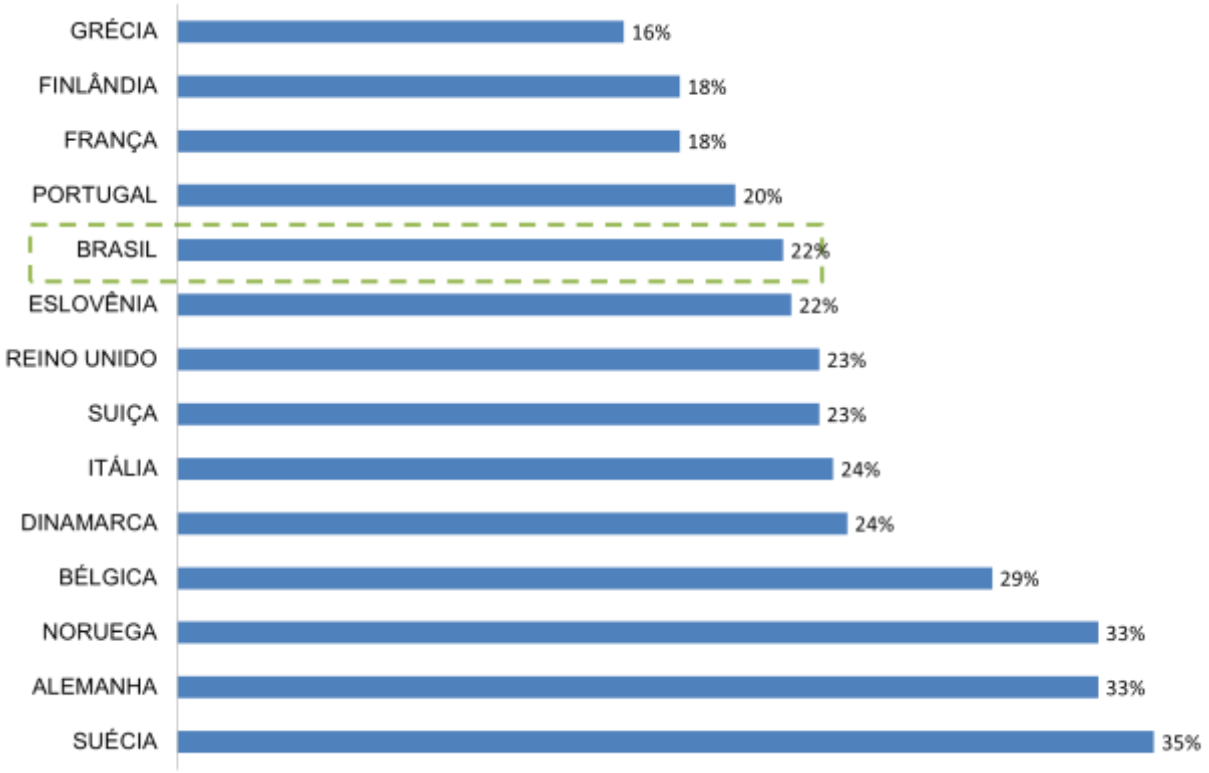


Fonte: Adaptado de Abrelpe, 2013.

Figura 2.7: Evolução do índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo (%) no Brasil.

A evolução do consumo de plásticos reciclados no Brasil apresenta índices diferenciados em função dos seus respectivos tipos. Em função dos dados consolidados e disponibilizados nos últimos anos, observa-se que a reciclagem de PET tem apresentado uma curva ascendente, atingindo o patamar de 58,9% em 2012 (ABRELPE, 2013). A obtenção de índices consideráveis da reciclagem de PET no Brasil, segundo a Abrelpe (2013), permitiu uma posição de destaque para o país no cenário internacional em relação ao índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo.

A Figura 2.8 apresenta o índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo no Brasil e países selecionados.



Fonte: Adaptado de Plastivida, 2012.

Figura 2.8: Índice de reciclagem mecânica de plástico pós-consumo: Brasil no contexto mundial.

Apesar do estudo em questão abordar resíduos plásticos de portos, o conhecimento dos oriundos de resíduos sólidos urbanos (RSU) é importante para compará-los. Os valores encontrados para a quantidade de resíduos plásticos contido nos resíduos sólidos urbanos brasileiros são bastante variáveis. Segundo Santos (2011) e Mattei e Escosteguy (2007), estes valores podem variar entre 7% a 30%. Magrini *et al*. (2012) apresentam a relação de alguns estudos independentes realizados a respeito da geração de RSU em diversas cidades brasileiras. De acordo com esses estudos, a composição do plástico presente no RSU nas principais cidades brasileiras flutua na faixa de aproximadamente 7 a 20% em peso. As diferenças encontradas nos vários estudos, segundo Magrini *et al*. (2012), podem estar relacionadas a diversos fatores, tais como: fatores socioculturais (diferenças de costumes, procedimentos e educação dos diferentes locais), fatores econômicos (variedades de atividades econômicas e poder aquisitivo), fatores sazonais (diferentes estações do ano), fatores temporais (mudanças da composição do lixo com o passar dos anos em

função das mudanças tecnológicas e costumes); fatores metodológicos (uso de diferentes metodologias, já que ainda não existem metodologias consolidadas para análise de RSU no Brasil).

2.7 MÉTODO ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Nos últimos anos, o método Análise Envoltória de Dados vem apresentando crescente número de aplicações na avaliação de eficiência de portos em todo o mundo. Entre os principais motivos para a utilização dessa análise, consideram-se os atributos metodológicos inerentes, adequados para a mensuração da eficiência no complexo ambiente portuário (MENEGAZZO, 2013).

A mensuração da eficiência do setor portuário, na literatura, envolve principalmente duas metodologias. O método de fronteiras estocásticas (*Stochastic Frontier Analysis* – SFA) considera a eficiência técnica e econômica dos portos, sendo um método paramétrico e estocástico. Este método envolve um modelo descrito a partir de uma equação linear e não utiliza dimensões restritas, permitindo a comparação do desempenho das unidades portuárias com padrões técnicos. Porém este método necessita de grande quantidade de dados e incorre em problemas na definição de variáveis (insumos e produtos) inseridas no setor portuário. O método Análise Envoltória de Dados envolve modelos não paramétricos e determinísticos, sendo baseada em programação linear, permitindo maior flexibilidade em relação às variáveis (insumos e produtos) e avalia a eficiência relativa dos portos da amostra. Contudo, os resultados obtidos em seu modelo, permitem apenas comparação das unidades inseridas nesse, sendo que o resultado de diferentes modelos não é comparável (SOUSA JR., 2010; FALCÃO e CORREIA, 2012).

A origem da técnica Análise Envoltória de Dados (*DEA – Data Envelopment Analysis*) se deu a partir de um trabalho desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), com base no trabalho de Farrel (1957). A proposta do trabalho de Charnes *et al*. em 1978 foi comparar a eficiência das escolas públicas americanas, sem a necessidade de se arbitrar pesos para cada variável, e sem converter as variáveis em valores econômicos comparáveis. Apesar da DEA, inicialmente, ter sido criada para avaliar a eficiência de um sistema de ensino, é uma técnica que tem

sofrido um processo de rápido desenvolvimento, com modelos cada vez mais acurados, sendo utilizada para avaliação da eficiência relativa de entidades comparáveis, tanto no setor público quanto no privado, por diversas áreas, tais como: comércio, setor financeiro, energia, recursos na área de saúde e educação (GUERREIRO, 2006; BARROS e GARCIA, 2006; LINS *et al*., 2007; RAFAELI, 2009; MACEDO *et al*., 2009; ENCINAS, 2010) e setor ambiental e de sustentabilidade (MACEDO, 2009; FARIA, 2011; CONCEIÇÃO, 2012).

A Análise Envoltória de Dados é uma técnica de programação matemática que tem como ponto de partida, a busca pela medição da eficiência ou desempenho, derivada a partir da razão entre entradas (recursos de que se dispõe ou *inputs*) e saídas (resultados alcançados ou *outputs*) de determinado grupo de entidades inseridas em um mesmo setor, as quais são denominadas Unidades Tomadoras de Decisão (*DMU*s – *Decision Making Units*). Trata-se de um processo comparativo, que se apoia na programação linear para a definição de uma escala de eficiência, cujo último nível refere-se àquelas unidades 100% eficazes ou relativamente eficientes, podendo-se classificar as demais unidades como relativamente ineficientes (GUERREIRO, 2006; PEIXOTO, 2013).

Esta técnica pode ser utilizada para avaliar qualquer tipo de empresa, departamentos ou setores, desde que o conjunto de DMU utilizado na análise seja homogêneo (SOUSA JR. *et al*., 2013). Dyson *et al*. (2001) definem como homogêneas as DMUs que contemplem os seguintes aspectos:

- Produzam produtos ou ofertem serviços similares, de forma que possuam *inputs* e *outputs* comparáveis;
- Possuam o mesmo conjunto de recursos disponíveis;
- Operem em ambientes similares.

Muitos estudos ressaltam a importância e o cuidado em determinar o tamanho da amostra antes da definição das variáveis. Uma grande quantidade de DMUs pode diminuir a homogeneidade dentro do conjunto analisado, aumentando a possibilidade dos resultados a serem afetados por fatores que foram desconsiderados pelo modelo. Por outro lado, se o tamanho da amostra for menor que a quantidade de *inputs* e *outputs*, a análise pode resultar em todas as DMU's serem eficientes. Alguns autores recomendam que o número de unidades

tomadoras de decisão (DMUs) deva ser o triplo do número de *inputs* e *outputs* considerados (NANCI *et al*., 2004). Porém, outros estudos citam a utilização do dobro (GUERREIRO, 2006; FARIA, 2011; CONCEIÇÃO, 2012).

Um ponto crítico na modelagem DEA é a seleção de variáveis. A seleção das variáveis deve ser realizada após prospecção das possíveis variáveis relacionadas ao problema, de forma que melhor caracterizem o problema a ser modelado. A introdução de um grande número de variáveis resulta em uma maior explicação causal do modelo, mas, por outro lado, devido às características matemáticas de DEA, pode avaliar como eficientes um grande número de DMU, reduzindo a capacidade de discriminar as eficientes das ineficientes, e com isso, tirando a utilidade do modelo como ferramenta de avaliação (SOUSA JR. *et al*., 2013). Desta forma, é evidente que deve haver um equilíbrio entre a quantidade de variáveis e o número de DMUs modeladas (CONCEIÇÃO, 2012). Portanto, o modelo deve ser mantido o mais compacto possível para maximizar o poder discriminatório de DEA, segundo Faria (2011).

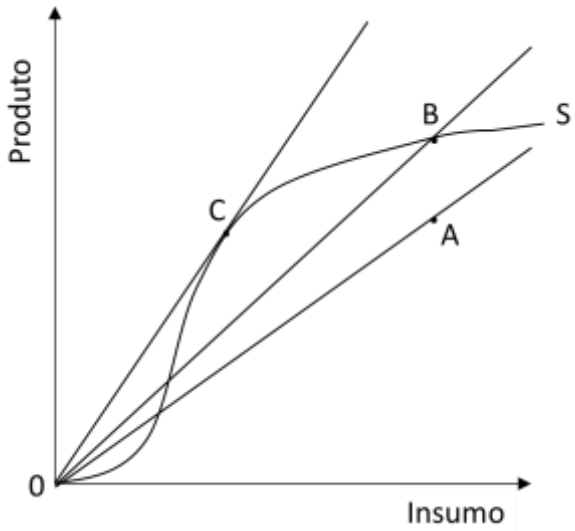
A alteração do conjunto de variáveis selecionadas poderá ter grande impacto no resultado da obtenção da eficiência das DMUs. Portanto, a etapa de seleção das variáveis é fundamental para o refinamento do método DEA (SOUSA JR. *et al*., 2013).

Um dos pontos importantes da técnica DEA é que os índices de eficiência são medidas comparativas entre as DMUs analisadas. Isto quer dizer que se uma ou mais DMUs for(em) incluída(s) na análise, os índices deverão ser recalculados, e a DMU que foi eficiente poderá não ser mais eficiente com a inclusão das novas unidades (GUERREIRO, 2006).

Sendo assim, diferentemente dos métodos paramétricos, cujo objetivo é otimizar um plano de regressão simples, a DEA permite observações individuais das unidades e otimiza a medida de eficiência para cada uma delas em relação às demais. A metodologia possibilita a obtenção da função de produção das DMUs mais eficientes, formando assim, uma fronteira de eficiência, que torna possível identificar a eficiência de cada DMU por meio de sua distância a essa fronteira. Segundo a distância de cada DMU à fronteira, DEA fornece uma medida de eficiência que determina a proporção em que devem ser reduzidos os *inputs*, ou aumentados os *outputs*, para alcançar a fronteira. A fronteira de eficiência é definida segundo o

conceito de Pareto-Koopmans, pelo nível máximo de produção para um dado nível de insumo. A eficiência Pareto-Koopmans é considerada o elemento-base sobre o qual se alicerçam diversos conceitos da DEA (FONTES, 2006; RAFAELI, 2009; MENEGAZZO, 2013). A análise fornece um indicador que varia de 0 a 1, ou de 0 % a 100 %, sendo que somente as empresas que obtém índice de eficiência igual a 1 é que fazem parte da fronteira eficiente (FARIA, 2011).

Conforme observado na função de produção da Figura 2.9, a curva OS representa a fronteira eficiente, ilustrando possíveis conjuntos de produção eficientes. A fronteira foi obtida por meio de observações das DMUs C e B, tecnicamente eficientes, por estarem sobre a curva. De maneira oposta, DMU A não se encontra sobre a fronteira, sendo considerada, portanto, ineficiente (MENEGAZZO, 2013).



Fonte: Adaptado de Menegazzo, 2013.

Figura 2.9: Exemplo de Fronteira de Eficiência.

O método DEA envolve diversos modelos, sendo que todos derivam do modelo clássico, e mais conhecido, denominado CCR de acordo com as iniciais dos nomes dos autores: Charnes, Cooper e Rhodes (CHARNES *et al.,* 1978). Este modelo supõe retornos constantes à escala de produção, ou seja, a alteração nos recursos (*inputs*) provoca alteração proporcional aos produtos (*outputs*), sendo uma medida de eficiência produtiva (EP). É também conhecido como modelo *Constant Returns to Scale* ou CRS (SOUSA JR., 2010; MENEGAZZO, 2013; PEIXOTO, 2013).

O modelo CCR e o modelo BCC são os mais tradicionais e principais utilizados na metodologia DEA, buscando apenas avaliar a eficiência relativa das unidades organizacionais (RAFAELI, 2009).

O Modelo BCC, nomeado a partir das iniciais dos nomes dos autores: Banker, Charnes e Cooper (BANKER *et al.*, 1984), substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade. Desta forma, presume retornos variáveis, desconsiderando a proporcionalidade entre os *inputs* e os *outputs*. Sendo assim, este modelo considera retornos crescentes, constantes e/ou decrescentes em escala na fronteira eficiente. É uma medida de eficiência técnica, uma vez que está depurado dos efeitos de escala de produção. Este modelo é igualmente conhecido como *Variable Returns to Scale* ou VRS (SOUSA JR., 2010; MENEGAZZO, 2013; PEIXOTO, 2013).

A identificação do índice de eficiência da DMU através da projeção à fronteira de eficiência pode ser obtida por duas formas (GUERREIRO, 2006; MENEGAZZO, 2013):

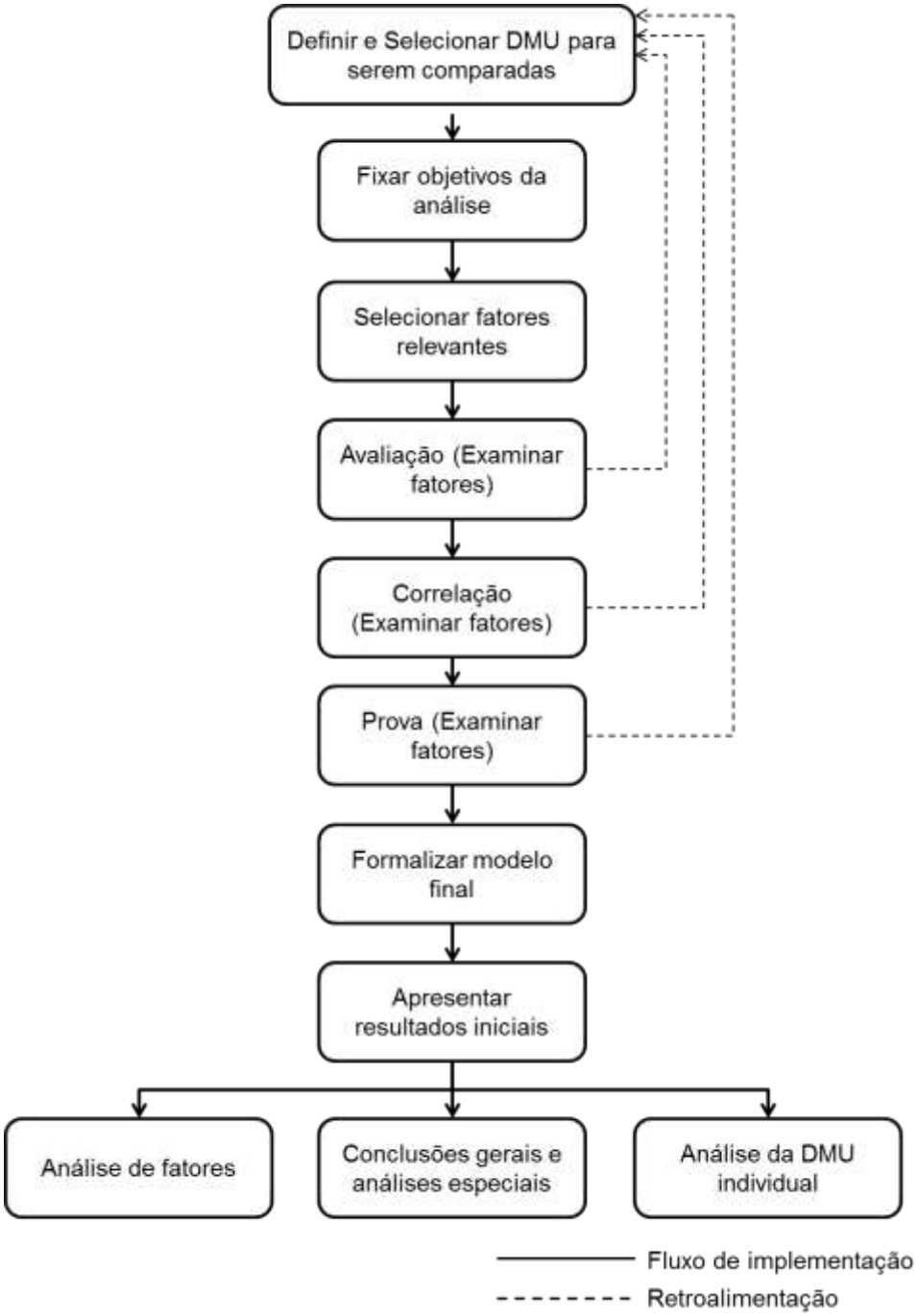
1- Modelos orientados a *inputs*: a distância é calculada através da máxima redução de *input* para uma mesma produção de *output* (produtos). Sendo assim esta orientação admite constante o produto e indica a quantidade de insumo a ser reduzida para tornar a DMU em análise uma unidade eficiente.

2- Modelos orientados a *outputs*: o índice é calculado através da máxima expansão do *output* (produtos) dado uma quantidade de *input* (insumo) utilizada. Sendo assim esta orientação admite constante o insumo e indica a quantidade de produto a ser ampliada, buscando tornar a unidade eficiente.

Um cuidado apropriado deve ser tomado, contudo, na determinação dos *inputs* e *outputs*. A base da análise por regressão foca em tendências centrais, enquanto a DEA foca em observações extremas, examinando cada unidade unicamente através da geração de escores individuais de eficiência relativa em comparação com toda a amostra sob investigação. Além disso, a DEA se beneficia em relação à regressão por não requerer hipóteses levantadas com antecedência a respeito da forma específica da função produção. Em vez disso, a DEA cria uma fronteira de melhores práticas baseada apenas nos valores das observações individuais, fazendo com que equívocos de má especificação, um problema frequente na análise por regressão e

que pode conduzir a conclusões incorretas, sejam evitados. Além disso, a DEA evita problemas tradicionalmente associados a modelos baseados em regressão que requerem que se façam conjecturas sobre o relacionamento exato entre as variáveis de *inputs* e *outputs* (RAFAELI, 2009).

Sousa Jr. (2010) apresenta um diagrama, dentre vários existentes, para implementação do método DEA (Figura 2.10).



Fonte: Adaptado de Sousa Jr. (2010).

Figura 2.10: Exemplo de diagrama para implementação da metodologia DEA.

O primeiro ponto do diagrama consiste em definir onde aplicar a análise, ou seja, estabelecer o conjunto de DMUs. A análise deve ser feita em entidades semelhantes que realizem atividades similares com mesmos objetivos. Depois de determinadas e selecionadas as DMUs, deve-se fixar qual o objetivo da análise, e, assim, selecionar os fatores (variáveis) que serão levados em consideração. Na seleção das variáveis

devem ser considerados quais são relevantes para a avaliação de eficiência das DMU selecionadas, de acordo com o objetivo do estudo. A definição de *inputs* e *outputs* pode ser baseada no conhecimento de especialistas, por algum método estatístico ou multicritério. Definido os fatores a serem utilizados, formaliza-se o modelo DEA a ser utilizado, assim como sua orientação (SOUSA JR., 2010).

Uma das principais vantagens da metodologia DEA e a possibilidade de se estabelecerem *benchmarks* sem a necessidade de estudos exaustivos em campo acerca de todo o conjunto de DMUs que se deseja avaliar. O levantamento de melhores práticas e estabelecimento de padrões operacionais em determinado negócio pode ser extremamente caro e consumir recursos humanos e tempo de trabalho muitas vezes indisponível nas empresas, razão que as levam a contratação de consultorias especializadas (MACEDO *et al.*, 2009).

Muitas das vezes, mais importante que os índices de eficiência obtidos pelas unidades avaliadas, são as metas daquelas qualificadas como ineficientes para se tornar eficientes, isto é, o estabelecimento de *benchmark*[4] (análise de *benchmark*). Tais metas indicam seus pontos fortes e fracos, e mais precisamente, quanto precisam evoluir para atingir as "melhores práticas" do mercado (FONTES, 2006). Na análise de *benchmark*, uma DMU é altamente ranqueada se for escolhida como alvo para se alcançar melhoria por diversas outras DMUs (RAFAELI, 2009). Portanto, podem-se identificar as causas da ineficiência de cada unidade, determinando procedimentos para ajustar os *inputs* e *outputs* das DMUs ineficientes para que estas atinjam a eficiência, bem como obter o índice de eficiência. Além disso, as unidades de melhor desempenho, as eficientes, passam a formar o conjunto de referências para as demais unidades (GUERREIRO, 2006; SOUSA JR. *et al*., 2008).

No Brasil, para auxiliar na aplicação de DEA, um grupo de professores no Rio de Janeiro, vinculados a Universidade Federal Fluminense (UFF), desenvolveu um *software* para Análise Envoltória de Dados, em português (ANGULO-MEZA *et al*.,

[4] Processo sistemático e contínuo de avaliação dos produtos, serviços e processos de trabalho das organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas com a finalidade de comparar desempenhos e identificar oportunidades de melhoria na organização (Bogan e English, 1996).

2005). O *software* é o Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) e foi desenvolvido em Delphi 7.0. Com a implementação do algoritmo Simplex, que representa a coluna vertebral do programa, foram introduzidos os modelos básicos de DEA, CCR e BCC, com as duas orientações, *input* e *output*, os quais fornecem os resultados completos desejados: índices de eficiência, pesos das variáveis, *benchmarks* e alvos (incluindo os valores das folgas, necessárias para algumas análises avançadas). Deve ser utilizado em uma plataforma Windows, permitindo trabalhar com até 100 DMUs e 20 variáveis, entre *inputs* e *outputs* (ANGULO-MEZA *et al*., 2005). O *software* conta com mais de cem citações em estudos publicados, segundo a página do grupo (http://www.uff.br/decisao/), incluindo a aplicação do SIAD no setor portuário (FONTES, 2006).

A Análise Envoltória de Dados, na condição de técnica de apoio ao processo de análise do desempenho de DMUs, vem ganhando cada vez mais espaço. Esse processo se verifica não somente no âmbito da pesquisa científica, como também dentro dos diversos setores empresariais, onde atua como importante ferramenta de auxílio à tomada de decisão. Frente a esse contexto, torna-se possível às unidades de análise envolvidas a formulação de um conjunto de ações corretivas a serem aplicadas sobre os possíveis gargalos identificados a partir da aplicação da DEA, tanto nas entradas como nas saídas (PEIXOTO, 2013).

Barros e Garcia (2006) sugerem que a DEA seja uma técnica apta a permitir à equipe gerencial a capacidade de se espelhar nas unidades de melhores práticas, usando-as como referência e fornecendo estimativas para a melhoria potencial que pode ser realizada pelas unidades ineficientes. Rafaeli (2009) corrobora Barros e Garcia (2006), garantindo ser a DEA uma ferramenta poderosa para gestores, que pode identificar o melhor desempenho e guiar a melhoria das ineficiências. Além disso, os autores qualificam a DEA como uma ferramenta que pode combinar muitas medidas de desempenho em um índice significativo de produtividade e que pode auxiliar no gerenciamento das unidades organizacionais rumo ao cumprimento de seus objetivos**.**

2.8 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO SETOR PORTUÁRIO

É possível observar o crescente interesse da comunidade acadêmica empenhada em analisar a eficiência no setor portuário, por meio do auxílio da Análise Envoltória de Dados. A Tabela 2.3 apresenta alguns trabalhos envolvidos neste contexto, tornando possível identificar uma tendência nacional e internacional do uso da metodologia neste tema.

Tabela 2.3: Trabalhos com aplicação de DEA voltados para o setor portuário.

TÍTULO DOS TRABALHOS	**REFERÊNCIA**	***INPUTS***	***OUTPUTS***
The measurement of port efficiency using data envelopment analysis	Valentine e Gray (2001)	Tamanho do berço Investimento	Nº de contêineres Toneladas movimentadas
Efficiency changes at major container ports in Japan: a window application of DEA	Itoh (2002)	Área do terminal Nº de berços Nº de funcionários Nº de guindastes	TEU*
Analisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura em Espana: una application al trafico de contenedores	Serrano e Castellano (2003)	Tamanho do berço Área do terminal Nº de guindastes	TEU* Toneladas movimentadas
North American containerport productivity: 1984 -1997	Turner *et al*. (2004)	Tamanho do berço Área do terminal Nº de guindastes	TEU*
An application of DEA windows analysis to container port production efficiency	Cullinane *et al*. (2004)	Tamanho do berço Área do terminal Nº de guindastes de berço Nº de guindastes de pátio Nº de *straddle carrier*	TEU*
Analysing the relative efficiency of container terminals of Mercosul using DEA	Rios e Maçada (2006)	Nº de guindastes Nº de berços Área do terminal Nº de funcionários Nº de equipamentos	TEU* Prancha média de movimentação de contêineres por hora
Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA	Fontes (2006)	Extensão total do cais acostável	Movimentação total de embarcações Movimentação total de carga
Uma Aplicação do Método de *Data Envelopment Analysis* - DEA para Medir a Eficiência Operacional dos Terminais de Contêineres	Costa (2007)	Comprimento dos berços Área total Nº de equipamentos do berço e reporto	TEU*
Análise da eficiência dos	Sousa Jr. *et al*.	Comprimento dos berços	Movimentação (em

TÍTULO DOS TRABALHOS	REFERÊNCIA	*INPUTS*	*OUTPUTS*
portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados	(2008)	Calado admissível	toneladas ou em nº de contêineres)
Análise da eficiência de portos de carregamento de minério de ferro	Pires *et al*. (2009)	Profundidade de berço Comprimento de berço Largura de berço	Movimentação de cargas
Análise de Eficiência dos Portos Marítimos do Brasil: uma abordagem utilizando a análise envoltória de dados (DEA)	Menegazzo (2013)	Tempo médio de espera para atracação (h) Extensão total do cais acostável (metro) Profundidade limitante dos acessos aquaviários (metro)	Movimentação de cargas (t/ano) Prancha Média (t/h) Atracações (unidades)
Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil	Sousa Jr. *et al*. (2013)	Calado Extensão do berço Capacidade estática (TEU*)	Quantidade de navios Movimentação (TEU*) Movimentação horária (un/h)

* TEU – *Twenty-Foot Equivalent Unit* – Unidade de medida referente a um contêiner de 20 pés de comprimento, onde um contêiner FEU (*Forty-Foot-Equivalent Unit*) representa dois TEU.

Como pode ser observado na Tabela 2.3, as variáveis mais utilizadas nos estudos do setor portuário, seja individualmente ou em conjunto, são relacionadas à infraestrutura física do porto (número e/ou tamanho de cais acostável, profundidade dos acessos aquaviários, etc), infraestrutura técnica (nº de equipamentos, etc) e quantidade de carga movimentada. Isto é justificado pelo objetivo em comum da maioria dos trabalhos em avaliar a eficiência operacional do transporte de cargas nos portos. Este objetivo comum pode estar relacionado ao fato de que, no setor portuário brasileiro, as vantagens competitivas ainda estarem fortemente ligadas à redução do tempo, das perdas e dos custos com o transporte de cargas. Porém, existe uma tendência internacional de valorização da adoção de boas práticas ambientais, assim como de certificações ambientais, como critério diferencial na competição entre portos e países que praticam o comércio marítimo (SEP/PR e UFRJ. 2014a).

Apesar de ter sido encontrado na literatura, estudos utilizando a metodologia DEA para verificar eficiências com relação ao desempenho ambiental (FARIA, 2011; CONCEIÇÃO, 2012), não foi encontrado, até a presente data, o uso de DEA para avaliação da eficiência da gestão de resíduos em portos. Sendo assim, neste

trabalho foi percebida a oportunidade de testar o uso da metodologia em questão para este fim, usando como estudo de caso, os resíduos plásticos.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento desta tese encontra-se esquematizada no diagrama de blocos apresentado na Figura 3.1.

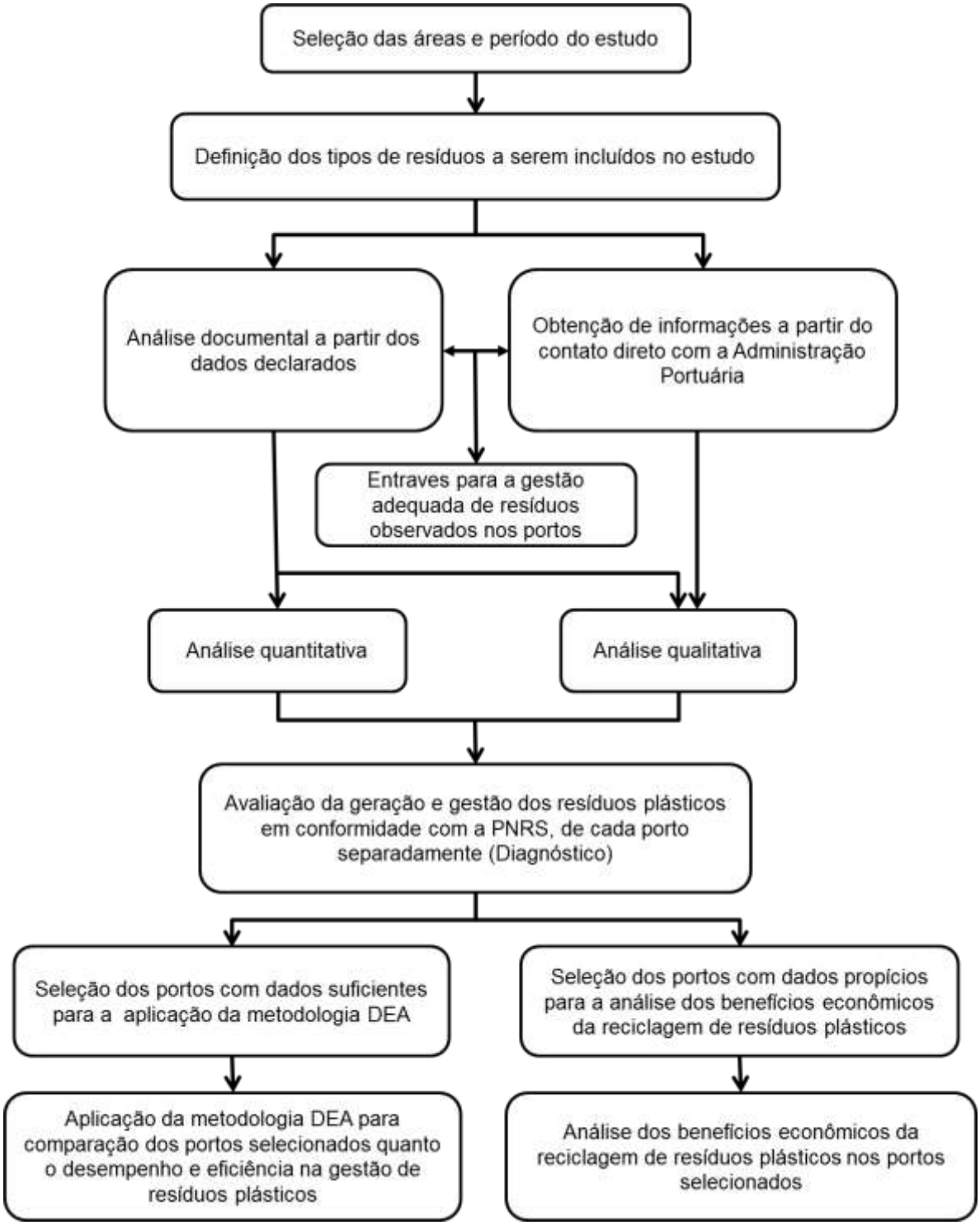


Figura 3.1: Diagrama da metodologia empregada na Tese.

3.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS E PERÍODO DO ESTUDO

Foram selecionados 20 portos marítimos brasileiros, vinculados à SEP/PR, de diferentes regiões do país, de modo a representar a extensa costa do Brasil. Além do critério de representatividade em relação ao litoral brasileiro, estes portos foram selecionados por estarem entre os portos priorizados para participação no "Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros" (SEP/PR e UFRJ), mencionado no Capítulo 2 (item 2.2) deste trabalho. Os portos selecionados estão indicados na Figura 3.2 e especificados na Tabela 3.1.

Figura 3.2: Portos selecionados para o desenvolvimento do estudo.

Tabela 3.1: Portos selecionados e respectivas descrições.

PORTO	DESCRIÇÃO
Porto de Belém	Administrado pela Companhia Docas do Pará (CDP), localizado na cidade de Belém, capital do estado do Pará, a cerca de 120 km do Oceano Atlântico. Possui uma área total de aproximadamente 160.000 m² e está localizado na margem direita da Baía de Guajará, formada pelos rios Moju, Guamá, Acará e Pará. O porto movimentou cerca de 3 milhões de toneladas de carga em 2013, incluindo granel sólido, líquido e carga geral (SEP/PR e UFSC, 2013a).
Porto de Vila de Conde	Localizado no Município de Barcarena, no Estado do Pará, possui uma área aproximada de 1,3 km². É administrado pela Companhia Docas do Pará (CDP) e movimentou cerca de 15 milhões de toneladas de carga em 2012, dentre elas, destaca-se a movimentação de bauxita e alumina (SEP/PR e UFSC, 2013b).
Porto do Itaqui	Localizado no município de São Luís, capital do Estado do Maranhão, estando distante em aproximadamente 11 km do centro da cidade, próximo ao limite da região Nordeste. Administrado pela Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP), o porto possui uma área aproximada de 1,6 km² situada no interior da Baía de São Marcos. Foram movimentadas mais de 15 milhões de toneladas de carga por ano em 2012 e 2013, destacando-se combustíveis e óleos minerais (SEP/PR e UFSC, 2012a; ANTAQ, 2014).
Porto de Fortaleza	Localizado na cidade de Fortaleza, também é conhecido com Porto do Mucuripe. Situado na enseada do Mucuripe, entre as praias do Futuro e do Meireles, mais especificamente no bairro denominado Cais do Porto. Sob administração da Companhia Docas do Estado do Ceará (CDC), ocupa cerca de 260.000m^2 e movimentou um total de aproximadamente 4,5 milhões de toneladas por ano em cargas no biênio passado (2012 – 2013), sendo em sua maioria combustíveis e óleos minerais (SEP/PR e UFSC, 2012b).
Porto de Natal	Localizado na zona leste da capital do Estado do Rio Grande do Norte. Com uma área aproximada de 50.000 m^2 e administrado pela Companhia Docas do Rio Grande do Norte (CODERN), movimentou cerca de 420 mil toneladas de carga por ano em 2012 e 2013, majoritariamente contêineres (ANTAQ, 2014).
Porto de Cabedelo	Administrado pela Companhia Docas da Paraíba, fica situado na porção noroeste da cidade de Cabedelo, à margem direita do

PORTO	DESCRIÇÃO
	estuário do Rio Paraíba do Norte, em frente à ilha da Restinga e vizinho ao Forte de Santa Catarina. O porto se localiza a 15 km do município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Por sua área de aproximadamente 300.000m^2, foram movimentadas pouco menos de 2 milhões de toneladas de cargas por ano no biênio passado, dentre as quais destacam-se combustíveis e óleos minerais (SEP/PR e UFSC, 2013c).
Porto do Recife	Localizado na capital do estado de Pernambuco, é o mais antigo porto pernambucano e é administrado pela empresa Porto do Recife S.A. Está situado na confluência e às margens dos rios Capibaribe e Beberibe, onde desaguam no Oceano Atlântico. Abrangendo uma área aproximada de 280.000m^2, o Porto do Recife possui acessos para algumas das rotas mais importantes da região nordeste, pelas quais foram movimentadas mais de 3 milhões de toneladas de cargas nos anos de 2012 e 2013 somados, principalmente açúcar (ANTAQ, 2014).
Porto de Suape	O Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) fica localizado no litoral sul do Estado de Pernambuco, próximo à foz dos rios Tatuoca, Ipojuca e Masangana, entre os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, distando aproximadamente 35 km de Recife, capital do Estado. O Complexo de Suape ocupa uma área de, aproximadamente, 2,8 km^2, é administrado pela SUAPE Complexo Industrial Portuário e é considerado um dos principais polos de investimentos do país. No ano de 2012, mais de 10 milhões de toneladas de cargas foram movimentadas pelo Porto de Suape, dentre elas, principalmente combustíveis e óleos minerais (SEP/PR e UFSC, 2012c; ANTAQ, 2013).
Porto de Maceió	Localizado na zona leste da cidade de Maceió, capital do Estado de Alagoas. Seus 470.000m^2 de área ficam mais precisamente situados entre as praias de Pajuçara e Jaraguá. Administrado pela Companhia Docas do Estado do Rio Grande do Norte (CODERN) desde 1990, o Porto de Maceió movimenta majoritariamente açúcar, que representou aproximadamente a metade do total de cargas movimentadas em 2013 (2 milhões e 300 mil toneladas) (ANTAQ, 2014).
Porto de Salvador	Administrado pela Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA), possui uma área aproximada de 330.000 m². Em 2013 movimentou quase 4 milhões de toneladas, majoritariamente contêineres. Está estrategicamente posicionado a meio caminho da Rota do Mercosul, sendo localizado na cidade Salvador, capital do estado da Bahia, e se situa na Baía de Todos os Santos, entre a Ponta do Monte

PORTO	DESCRIÇÃO
	Serrat, ao norte, e a ponta de Santo Antônio, ao sul (SEP/PR e UFSC, 2012d).
Porto de Aratu-Candeias	Administrado pela Companhia Docas do Estado da Bahia (CODEBA), desde 1977, e oferece suporte fundamental ao Centro Industrial de Aratu (CIA), tendo movimentado principalmente produtos químicos orgânicos, dentre as cerca de 6 milhões de toneladas de carga movimentadas em 2013. O porto ocupa aproximadamente 1,8 km^2 do município de Candeias, a 50 km de Salvador, no Estado da Bahia. Fica situado na enseada do Caboto, na Baía de Todos os Santos, mais precisamente em frente à costa leste da ilha da Maré, próximo à entrada do canal de Cotegipe (SEP/PR e UFSC, 2012e).
Porto de Vitória	Situa-se em ambas as margens do estuário do Rio Santa Maria (conhecido como Baía de Vitória), abrangendo parte da cidade de Vitória e do município de Vila Velha, totalizando uma área aproximada de 730.000 m². Sob administração da Companhia Docas do Espírito Santo (CODESA), o Porto de Vitória movimentou cerca de 6,8 milhões de toneladas no ano de 2012, em sua maioria contêineres (SEP/PR e UFSC, 2012f; ANTAQ, 2013).
Porto do Rio de Janeiro	Localizado na costa oeste da Baía da Guanabara, na cidade do Rio de Janeiro, é administrado pela Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ). Possui uma área aproximada de 1 km², e se situa de frente para as avenidas Rodrigues Alves e Rio de Janeiro que se ligam diretamente à Avenida Brasil e Ponte Rio-Niterói. Contêineres constituíram a principal carga movimentada em 2012, dentro de um total de quase 8 milhões de toneladas de cargas (SEP/PR e UFSC, 2014b).
Porto de Itaguaí	Localizado no município de Itaguaí no Estado do Rio de Janeiro, é administrado pela Companhia Docas do Rio de Janeiro (CDRJ). Possui área aproximada de 3,7 km² situada na costa norte da Baía de Sepetiba, a sudeste da Ilha da Madeira, em local abrigado, tendo como barreira natural a restinga da Marambaia. O minério de ferro constitui o principal produto movimentado pelo porto, onde foram transportados quase 60 milhões de toneladas de cargas no total em 2012 (SEP/PR e UFSC, 2014a).
Porto de São Sebastião	Sob administração da Companhia Docas de São Sebastião (CDSS) desde 2007, fica localizado na cidade de São Sebastião, no litoral norte do estado de São Paulo. Devido à

PORTO	DESCRIÇÃO
	configuração natural da região, o porto está situado no canal entre a cidade e a ilha de São Sebastião (Ilhabela). Através dos seus 380.000m^2, foram movimentadas em média 700.000 toneladas por ano no biênio passado, dentre as quais se destacam substancialmente produtos químicos inorgânicos (ANTAQ, 2014).
Porto de Santos	Localizado na Cidade de Santos, no litoral do Estado de São Paulo, distando aproximadamente 2 km do Oceano Atlântico. O porto é administrado pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP) e possui uma área aproximada de 5,5 km², que se estende ao longo de um estuário limitado pelas Ilhas de São Vicente e de Santo Amaro. Contêineres constituem a classe de cargas mais movimentada neste porto, que chegou a transportar um total de quase 100 milhões de toneladas de cargas no ano de 2013 (SEP/PR e UFSC, 2012g; ANTAQ, 2014).
Porto de São Francisco do Sul	Localizado na ilha de São Francisco do Sul, litoral norte de Santa Catarina, distando 215 km da capital Florianópolis. Mais precisamente, o porto está situado na porção leste da Baía da Babitonga, com uma área de aproximadamente 190.000 m² dirigida pela Administração do Porto de São Francisco do Sul (APSFS). Sua movimentação de cargas exerce influência principalmente nas regiões Sul e Centro-Oeste. A soja constitui o principal produto movimentado dentro de um total de, em média, 10 milhões de toneladas de cargas por ano alcançadas em 2012 e 2013 (SEP/PR e UFSC, 2012h; ANTAQ, 2013).
Porto de Itajaí	Localizado no município de Itajaí, no litoral norte do estado de Santa Catarina, posicionado em um dos principais entroncamentos rodoviários do sul do Brasil, distante poucos quilômetros das rodovias BR 101 e BR 470. Situado mais precisamente na margem direita do rio Itajaí-Açu, a cerca de 3,2 km de sua foz, o porto possui uma área aproximada de 190.000 m² e engloba, em um raio de 600 km, as capitais de Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, além de importantes municípios desses quatro estados. Sob administração da Superintendência do Porto de Itajaí, as cargas por ele movimentadas são em sua grande maioria contêineres e totalizaram cerca de 6 milhões de toneladas em 2012 e 2013 somados (SEP/PR e UFSC, 2012i).
Porto de Imbituba	Possui uma área aproximada de 700.000 m^2, localizada no litoral sul do Estado de Santa Catarina, distando aproximadamente 90 km da capital Florianópolis. Por se situar

PORTO	DESCRIÇÃO
	junto à ponta de Imbituba, em uma enseada aberta ao mar, possui águas abrigadas e profundas. Sob administração da SCPar Porto de Imbituba S.A. (empresa criada pelo Governo de Santa Catarina para administrar o porto que, até dezembro de 2012, era o único do Brasil a ser gerido por uma empresa privada), movimentou cerca de 2,5 milhões de toneladas de cargas em 2013, em sua maioria coques de petróleo. Além disso, o porto está conectado à BR-101, uma das mais importantes rodovias do país, permitindo o deslocamento acessível a todas as regiões do Brasil, assim como países do Mercosul (SEP/PR e UFSC, 2012j).
Porto do Rio Grande	Administrado pela Superintendência do Porto de Rio Grande (SUPRG), trata-se do porto marítimo mais meridional do Brasil. Fica localizado no município de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul. O porto ocupa uma área aproximada de 5 km² da margem oeste do canal do Norte, que é o escoadouro natural de toda a bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos. Contêineres são os principais produtos movimentados, dentro de um total de cargas que chegou a 20 milhões de toneladas no ano de 2013 (SEP/PR e UFSC, 2013d; ANTAQ, 2014).

Para um melhor gerenciamento dos dados obtidos e visando englobar todas as atividades e áreas dos portos selecionados, as informações foram divididas em três fontes geradoras de resíduos presentes nos portos:

- Área não arrendada do porto;
- Área arrendada do porto;
- Embarcações.

A área não arrendada foi considerada como o somatório das áreas do porto que não são arrendadas por alguma empresa privada (por exemplos, salas administrativas, oficinas, restaurante, enfermaria). A área arrendada foi considerada como o somatório das áreas do porto que são controladas por empresas privadas que exercem suas atividades no porto, também chamadas terminais arrendados. Por último, a fonte de geração referente às embarcações é o somatório de todas as embarcações que atracaram no porto e fizeram retiradas de resíduos sólidos, dentre estes, resíduos plásticos.

O período selecionado para obtenção dos dados para realização deste trabalho correspondeu aos anos de 2010 a 2013.

3.2 TIPOLOGIA DOS RESÍDUOS UTILIZADOS NO ESTUDO

O estudo em questão utilizou somente os dados referentes aos resíduos sólidos, sendo descartado qualquer tipo de efluente líquido. É importante ressaltar que também foram descartados resíduos sólidos perigosos, ou seja, considerados "Classe I" classificados segundo a norma NBR 10.004 (2004), como resíduos sólidos contaminados com óleo, resíduos de atividade de saúde, pilhas, baterias, lâmpadas, dentre outros. Também não foram considerados os resíduos de construção civil e os resíduos orgânicos facilmente biodegradáveis, como por exemplo, restos de alimentos, por não fazerem parte do escopo deste trabalho. Neste trabalho foram considerados os dados referentes ao lixo comum e aos resíduos recicláveis (Classe II), com foco nos resíduos plásticos.

Foram denominados como lixo comum os resíduos não recicláveis e não compatíveis tecnicamente ou economicamente à reciclagem, como por exemplo, os não segregados.

3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS

A obtenção dos dados relativos à geração e gestão dos resíduos sólidos, de cada porto, foi realizada paralelamente de duas formas:

1) A partir de dados disponíveis em sistemas declaratórios (conforme explicado no item Revisão Bibliográfica);
2) A partir de contato direto com a Administração Portuária.

Os dados declarados em forma de inventários de resíduos foram disponibilizados pela Administração Portuária e pelas empresas arrendatárias dos portos. A Administração Portuária apresentou o inventário de resíduos das áreas não arrendadas, e, em alguns portos, apresentou também inventários de resíduos de arrendatárias do porto, já que os mantinha armazenado. Já as empresas

arrendatárias apresentaram, cada qual, os inventários de resíduos de sua responsabilidade, ou seja, relacionados com a área arrendada do porto.

No caso do Porto do Rio de Janeiro, tanto para as áreas não arrendadas quanto para as empresas arrendatárias, os inventários de resíduos são elaborados pelas administrações (Administração Portuária e administração das empresas arrendatárias, respectivamente) a partir do manifesto de resíduo emitido pelas empresas transportadoras terceirizadas, responsáveis pela retirada de resíduos do porto.

Os dados relacionados aos resíduos de bordo (resíduos de embarcação) foram obtidos através dos documentos de controle elaborados a partir da exigência do Decreto n° 2190/2011 (ANTAQ, 2011), também disponibilizados pelas Administrações Portuárias. No caso do Porto do Rio de Janeiro, foram utilizadas as vias dos Manifestos de Resíduos, arquivadas no setor de meio ambiente da Companhia Docas do Rio de Janeiro, conforme mencionado no item Revisão Bibliográfica.

Dentre as informações necessárias para o trabalho, que puderam ser encontradas nestes sistemas declaratórios, estão:

- Data de retirada do resíduo
- Tipo de resíduo retirado
- Quantidade do resíduo retirado
- Empresa transportadora
- Empresa receptora
- Destinação final

Além da análise dos dados declarados, foram realizados contatos diretos com os setores de meio ambiente das Administrações Portuárias para obtenção de maiores informações principalmente no que se referia a dados qualitativos. Estes contatos foram realizados através de e-mails, telefonemas e, em muitos casos, de forma presencial (trabalho de campo no porto). Os contatos diretos foram propiciados pelo Projeto “Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros” (SEP/PR e UFRJ).

Para que os resultados apresentados fossem os mais fidedignos possíveis, antes da análise direta das informações contidas nos documentos dos sistemas declaratórios,

foi feita uma verificação da consistência dos dados, nos quais as informações incompletas ou não pertinentes ao escopo do estudo aqui proposto fossem suprimidas. Por informações incompletas entende-se: documentos não preenchidos corretamente, onde lacunas importantes para o trabalho em questão foram deixadas em branco.

É importante mencionar que, devido à presença de grande diversidade de nomenclatura em relação aos tipos de resíduos nos documentos declarados, foi estabelecida uma padronização para o estudo. Assim, resíduos declarados como "heterogêneos", "*mix* de resíduos" e outros termos deste tipo, foram considerados lixo comum.

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Em 2011, Santos e colaboradores desenvolveram um sistema de inventário de resíduos baseado na Web (Sistema de Informação de Gestão de Substâncias Químicas - CMIS) para produtos químicos e resíduos perigosos, de acordo com os regulamentos do governo filipino, utilizando programação linguagem *Hypertext Preprocessor* (PHP) e banco de dados MySQL para gerenciar, controlar e fornecer informações, tais como fichas de dados de segurança, sistema de rastreamento de código de barras, monitoramento dos níveis de estoque, taxas de consumo, de movimento e de datas de vencimento e outras aplicações. Esse sistema foi criado para facilitar o inventário, aquisição (comercialização), armazenamento, gestão de resíduos e descarte de produtos químicos, proporcionando acesso multi usuário e apoio às exigências de informação para os órgãos governamentais.

Assim, baseado no trabalho de Santos *et al*. (2011), foi desenvolvido um sistema para organizar o grande volume de informações não padronizadas obtidas sobre resíduos dos vinte portos selecionados. O sistema utilizado para organização e processamento das informações foi o baseado em Banco de Dados relacional com protocolos definidos (formulário fechado) com o objetivo de reduzir as manipulações de arquivo, garantindo a integridade das informações de forma padronizada e uniforme. Com esta garantia de uniformidade das informações, os dados puderam ser analisados, monitorados e comparados com diferentes períodos ou portos. O

formulário de entrada de dados em *Visual Basic for Applications* (VBA) está apresentado na Figura 3.3.

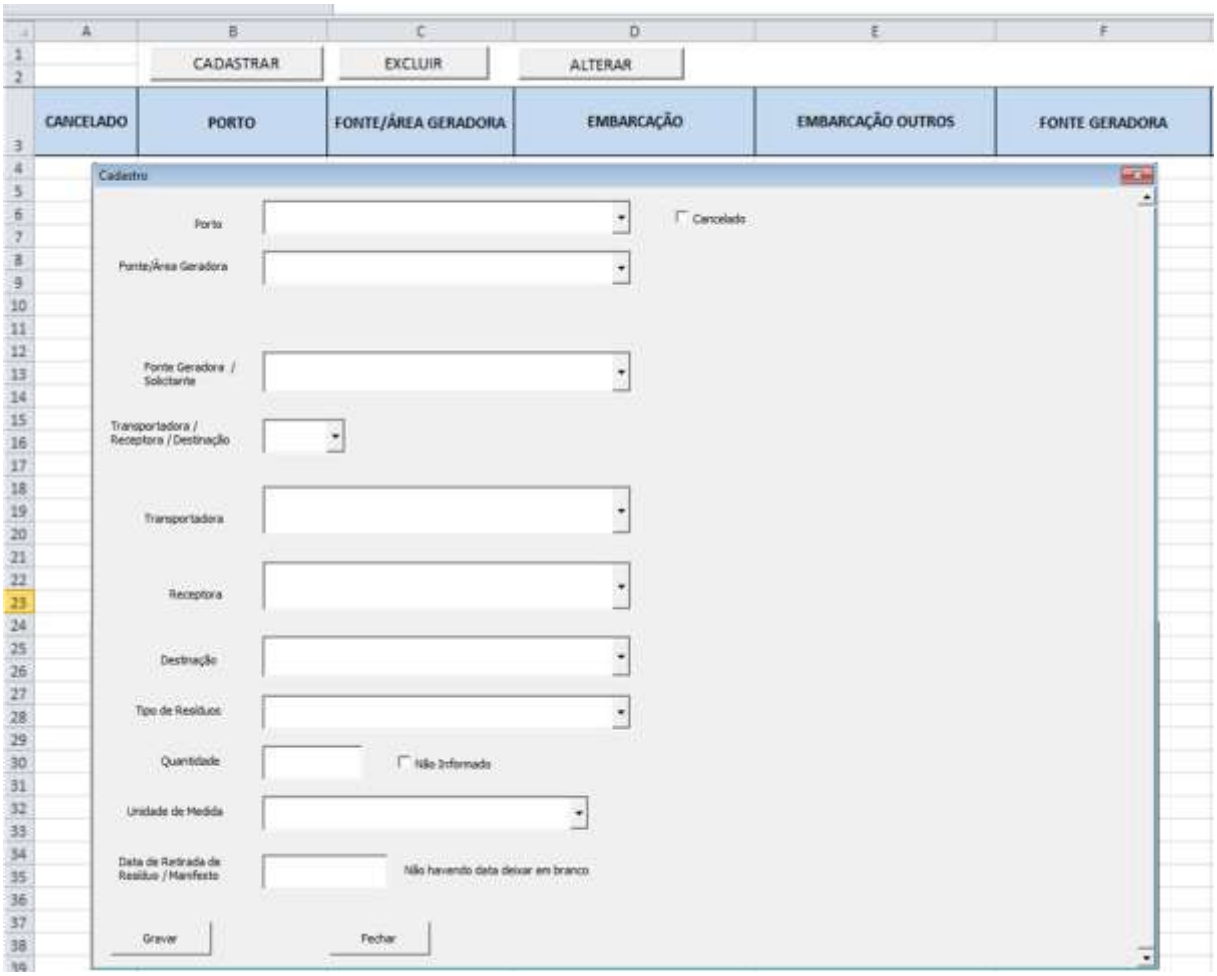


Figura 3.3: Formulário de entrada de dados em VBA em ambiente Excel.

O sistema foi desenvolvido com base nas informações contidas nos documentos dos sistemas declaratórios de resíduos.

Este sistema utilizou as linguagens de programação C # dot net (Asp net) (Sebesta, 2010). Para a manipulação e tratamento dos dados, os códigos de programação desenvolvidos foram adaptados para *Visual Basic for Applications* (VBA) dentro do ambiente Excel (software Microsoft Excel). *Visual Basic for Applications* é uma implementação da linguagem de programação do *Microsoft Visual Basic* que permite a construção de funções definidas pelo usuário (UDF), automatizando processos e

outras funcionalidades através de bibliotecas de ligação dinâmica (DLL) (SCHILDT, 1997).

Os dados das informações relacionadas à gestão de resíduos sólidos que foram incluídos via VBA no Excel incluem:

- Nome do porto
- Fonte geradora de resíduos
    - áreas arrendadas (nome da empresa arrendatária)
    - áreas não arrendadas
    - embarcações (nome da embarcação)
- Tipo do resíduo
- Data da saída do resíduo a partir do porto (dia, mês, ano)
- Quantidade do resíduo e sua respectiva unidade de medida (kg; m^3)
- Nome das empresas responsáveis pela logística do resíduo (transportadores e receptores)
- Destinação final do resíduo (aterros, incineração, reciclagem).

A utilização de um banco de dados relacional, além de promover uma observação mais ampla dos dados através da flexibilidade de cruzamentos e da facilidade de sumarizações e compilações, também funciona como subsídio para o diagnóstico quantitativo e qualitativo, podendo contribuir para a formulação de indicadores.

Após a seleção das informações de interesse, o sistema faz a busca no banco de dados e disponibiliza para *download* em formato Excel os dados de quantidades, fonte geradora, empresas transportadoras, empresa receptora e disposição final no período selecionado do porto em questão.

As informações analisadas, referentes ao período do estudo, foram organizadas em gráficos e tabelas para melhor visualização.

3.5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DEA

A metodologia DEA foi escolhida para avaliação da eficiência ambiental dos portos, pois foi verificado que se aplicava a uma gama de setores, se mostrando adequada, conforme apresentado no item Revisão Bibliográfica.

A utilização da metodologia DEA seguiu três etapas, a saber:

1) Definição e seleção das Unidades Tomadoras de Decisão (*DMU*s – *Decision Making Units*);
2) Seleção das variáveis (*input* e *output*);
3) Escolha do *software*, do modelo DEA e respectiva orientação.

No caso desse estudo, o número de DMUs foi pequeno e o uso de um grande número de variáveis tornaria inviável modelar as amostras por DEA. Portanto, o número de variáveis utilizadas foi igualmente restrito. As DMUs e variáveis selecionadas estão apresentadas no Capítulo 4 (Resultados e Discussão), item 4.4.

A aplicação do método DEA, objetivando a análise da eficiência dos portos em relação a gestão de resíduos plásticos, foi realizada por meio do *software* SIAD v.3.0 – Sistema Integrado de Apoio à Decisão, desenvolvido por Angulo Meza *et al*. (2005). O software é disponibilizado por meio do endereço eletrônico *www.uff.br/decisao*. O SIAD utiliza a plataforma Windows e permite o trabalho com a possibilidade de utilização de até 100 DMUs e 20 variáveis equilibradas entre *inputs* e *outputs*. Com a utilização deste programa, é obtida agilidade na determinação das eficiências, tendo em vista que possui interface de fácil manuseio por parte do usuário. O SIAD já foi utilizado em outros trabalhos acadêmicos, tendo propiciado resultados satisfatórios segundo seus autores, o que motivou seu emprego no presente estudo.

A análise da eficiência foi realizada utilizando o modelo BBC orientado a *output* para julgar os resultados obtidos. Os valores referentes aos *inputs* e *outputs* alimentaram o *software* SIAD para realização automática dos cálculos de eficiência. Os valores obtidos variam de zero à um, nos quais um representa a total eficiência, e zero, a total ineficiência.

Para efeito deste estudo só foi considerado o nível básico da metodologia, sem fazer uso de opções de nível avançado (restrição aos pesos, avaliação cruzada ou seleção de variáveis).

As avaliações foram realizadas para cada fonte geradora de resíduos, levando em consideração dois quesitos: eficiência de segregação dos resíduos plásticos e destinação adequada dos mesmos (reciclagem). Para isto, cada porto e respectivo período de um ano de dados foi considerado uma DMU.

Foram estabelecidos dois cenários para cada fonte geradora de resíduos, de acordo com os dois quesitos avaliados, sendo considerados como variáveis:

Cenário 1

Input – Quantidade de resíduos sólidos totais (toneladas)

Output – Plásticos segregados em relação aos resíduos sólidos totais (%)

Cenário 2

Input – Quantidade segregada de resíduos plásticos (toneladas)

Output – Plásticos reciclados em relação aos plásticos segregados (%)

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente será apresentada uma breve descrição geral de como os resíduos sólidos, nos quais os plásticos pertencem, são gerenciados nos portos. Após descrição geral, será apresentado, porto a porto, o gerenciamento dos resíduos plásticos, abordando dados qualitativos e quantitativos e apontando as falhas e dificuldades observadas neste gerenciamento. Os portos serão apresentados por ordem de localização, seguindo a direção de norte a sul do país, exceto pelo Porto do Rio de Janeiro, que será apresentado por último, já que foi dada uma maior ênfase neste porto pelo maior volume de dados obtidos.

Uma análise comparativa dos portos sobre a eficiência ambiental e atendimento à PNRS, no que se refere à segregação e destinação de resíduos plásticos foi realizada, como também uma análise dos benefícios econômicos proporcionados pela reciclagem dos resíduos plásticos oriundos dos portos estudados.

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NOS PORTOS BRASILEIROS

Cada porto apresenta suas especificidades quanto a gestão dos resíduos sólidos gerados tanto no porto (áreas públicas não arrendadas e arrendadas) quanto nas embarcações, retirados através do porto.

Apesar das especificidades, de forma geral, as empresas arrendatárias (também chamadas terminais arrendados) localizadas nos portos são responsáveis cada qual pela gestão dos seus resíduos, que acontece de forma totalmente independente do restante do porto.

Portanto, cada empresa arrendatária no porto contrata seus próprios transportadores de resíduos, que por sua vez possuem estabelecidas as parcerias com as empresas receptoras de resíduos para onde levarão os resíduos transportados de acordo com a destinação de cada tipo de resíduo. Algumas vezes a própria empresa transportadora é também receptora do resíduo. Muitas vezes, a única obrigação estabelecida pela Administração Portuária quanto à contratação de empresas transportadoras de resíduos pelo terminal arrendado, é que esta transportadora

esteja credenciada no porto (Administração Portuária). De uma forma geral, cada porto apresenta procedimentos próprios de cadastramento/credenciamento das transportadoras autorizadas a prestar serviços no local e, na maioria das vezes, os documentos necessários incluem o Certificado do Cadastro Técnico Federal – IBAMA; a Licença Ambiental emitida pelo órgão estadual de meio ambiente; a Licença de Operação (LO) emitida pelo órgão ambiental competente, quando cabível, e suas condicionantes para a retirada de resíduos, incluindo-se o licenciamento do transporte, do terminal onde ocorrerá o desembarque e licenciamento da empresa responsável pelo local de destinação final dos resíduos; e a Autorização de Funcionamento de Empresa (AFE), emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

O inventário mensal de resíduos é elaborado pelos terminais conforme determinado na metodologia desenvolvida por cada um. Não há uma padronização estabelecida, por exemplo, pela Administração Portuária, para ser seguido por todos os terminais do porto. Alguns terminais, inclusive, elaboram o inventário de forma anual e não mensal.

Em alguns portos é exigido que o inventário de resíduos elaborado pelos terminais seja encaminhado para a Administração Portuária a fim de estabelecer o controle por parte desta. Porém, esta prática não é realizada em todos os portos, e mesmo nos portos onde é feita esta exigência, a mesma não necessariamente é obedecida por todos os terminais. Portanto, muitas Administrações Portuárias não possuem os inventários de resíduos dos terminais do porto, ou possuem somente de alguns poucos anos ou meses (não completando um ano) e muitas das vezes, quando possuem, somente arquivam estes documentos, sem realizar qualquer tipo de estudo ou fiscalização.

Um dos entraves apontados pelas principais Administrações Portuárias para a falta de estudos, diagnósticos ou monitoramento dos resíduos gerados pelos terminais (através dos inventários) é a falta de pessoas suficientes na equipe de meio ambiente para realizar tal tarefa, aliada a falta de padronização dos inventários.

Algumas empresas arrendatárias não possuem central de resíduos, dispondo de caçambas e coletores espalhados pela sua área. Dessa forma, a transportadora de resíduos é obrigada a realizar a coleta indo a cada caçamba do terminal. Algumas arrendatárias possuem centrais de resíduos. Porém a função da central de resíduo

difere muito de um terminal para outro. Em alguns, a central de resíduos é somente uma área destinada para armazenar os resíduos e ponto fixo de coleta da transportadora, porém sem a devida segregação dos resíduos armazenados. Em outros terminais, a central de resíduos possui áreas de segregação dos diferentes tipos de resíduos gerados pelo terminal, com pessoal específico para realizar esta atividade.

É importante ressaltar que os projetos, estrutura e modelo das centrais de resíduos dos terminais são estabelecidos por cada um destes, sem qualquer exigência de padronização pela Administração Portuária.

A grande maioria das centrais de resíduos, seja dos terminais ou da própria área não arrendada do porto, não estão de acordo com a norma da Associação Brasileira de Norma Técnica NBR 11.174 (1990) (classe II) e a NBR 12.235 (1992) (perigosos ou classe I).

Nem todos os portos e/ou arrendatárias possuem balanças a fim de promover a pesagem dos resíduos na área primária do porto, procedimento este que facilitaria a gestão e controle dos resíduos gerados.

Já o gerenciamento de resíduos da área pública não arrendada dos portos é responsabilidade da Administração Portuária. Geralmente a Administração terceiriza uma empresa de limpeza para trabalhar diariamente no porto, além de empresa(s) transportadora(s) de resíduos.

Da mesma forma como acontece nas arrendatárias, cada Administração Portuária elabora o inventário mensal de resíduos conforme estabelecido internamente, sem exigência de padronização. Algumas Administrações Portuárias não elaboram inventários de resíduos, não possuindo, desta forma, controle em relação aos resíduos gerados na área pública não arrendada.

Em alguns casos, os resíduos da área não arrendada, classificados como lixo comum (não segregados), são dispostos em sacos ou coletores na via pública e coletados pela transportadora de resíduos municipal. É importante destacar que, segundo a PNRS, o gerador é o responsável pela destinação do seu resíduo, sendo, desta maneira, contestável a transferência de responsabilidade para o município.

Em relação aos resíduos provenientes das embarcações que atracam no porto, de maneira geral, o comandante da embarcação, diretamente ou por meio do seu

agente marítimo, é o responsável pela contratação de empresa coletora de resíduos credenciada pela Administração Portuária para a prestação dos serviços de retirada de resíduos da embarcação. A retirada de resíduos de bordo é previamente solicitada à Administração Portuária, pelo comandante ou agente marítimo, por meio do encaminhamento da notificação de chegada da embarcação ao porto.

Alguns portos cumprem as exigências legais estabelecidas pela Resolução da Agência Nacional de Transportes Aquaviários nº 2190 (ANTAQ, 2011), que aprova a norma para disciplinar a prestação de serviços de retirada de resíduos de embarcações. Porém outros portos ainda estão se adaptando a esta Resolução e, por isso, a documentação gerada na ação de retirada de resíduos de embarcação não cumpre as exigências legais estabelecidas por esta.

Dentre os procedimentos exigidos pela Resolução ANTAQ nº 2190/2011, a empresa coletora de resíduos contratada deverá apresentar à Administração Portuária, após o término do serviço, cópia do certificado de retirada de resíduos de embarcação.

É válido ressaltar que foi verificado um grande obstáculo relacionado às práticas de geração, controle e registro dos dados qualitativos e quantitativos dos resíduos sólidos provenientes dos portos, seja das áreas não arrendada e arrendada, seja das embarcações. Poucas informações estão disponíveis para acesso nas Administrações Portuárias e na grande maioria dos casos estas informações não são registradas em nenhuma base de dados. Foi verificada, ainda, a falta de padronização dos dados, dificultando estudos de comparação e monitoramento da geração de resíduos portuários.

Este cenário é seriamente lesivo ao gerenciamento de resíduos, já que o controle e a geração das informações relacionadas a este são indispensáveis para que se conheça o perfil dos resíduos de um porto e, assim, seja possível elaborar soluções e tomadas de decisão referentes a uma gestão eficiente de resíduos portuários.

Desta forma, é de extrema importância a elaboração de um sistema de banco de dados integrado, que possa registrar de forma padronizada e organizada, as informações referentes à geração dos resíduos portuários brasileiros.

4.2 A GESTÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS NOS PORTOS BRASILEIROS

4.2.1 Porto de Vila do Conde

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto de Vila do Conde são referentes aos anos de 2011 a 2013, sendo que somente resíduos do tipo lixo comum foram declarados, somando uma quantidade de 44,5 toneladas.

Quanto aos dados referentes à área arrendada do porto, os anos de 2011 e 2012 apontaram para a segregação dos resíduos recicláveis, conforme apresentado na Figura 4.1. Porém, não há a identificação específica da quantidade de resíduos plásticos, já que estes se apresentam englobados no tipo heterogêneos recicláveis, provavelmente junto com outros tipos de resíduos recicláveis.

Os heterogêneos recicláveis corresponderam a uma porcentagem de 11% em 2011 (de um total de 236 toneladas) e 12% em 2012 (de um total de 634 toneladas). Foi possível verificar que a porcentagem de lixo comum diminuiu significantemente em 2012, quando comparado ao ano de 2011 (Figura 4.1).

Já os dados relacionados aos resíduos provenientes das embarcações, só apontaram a declaração de resíduos perigosos, não sendo utilizados para esta avaliação.

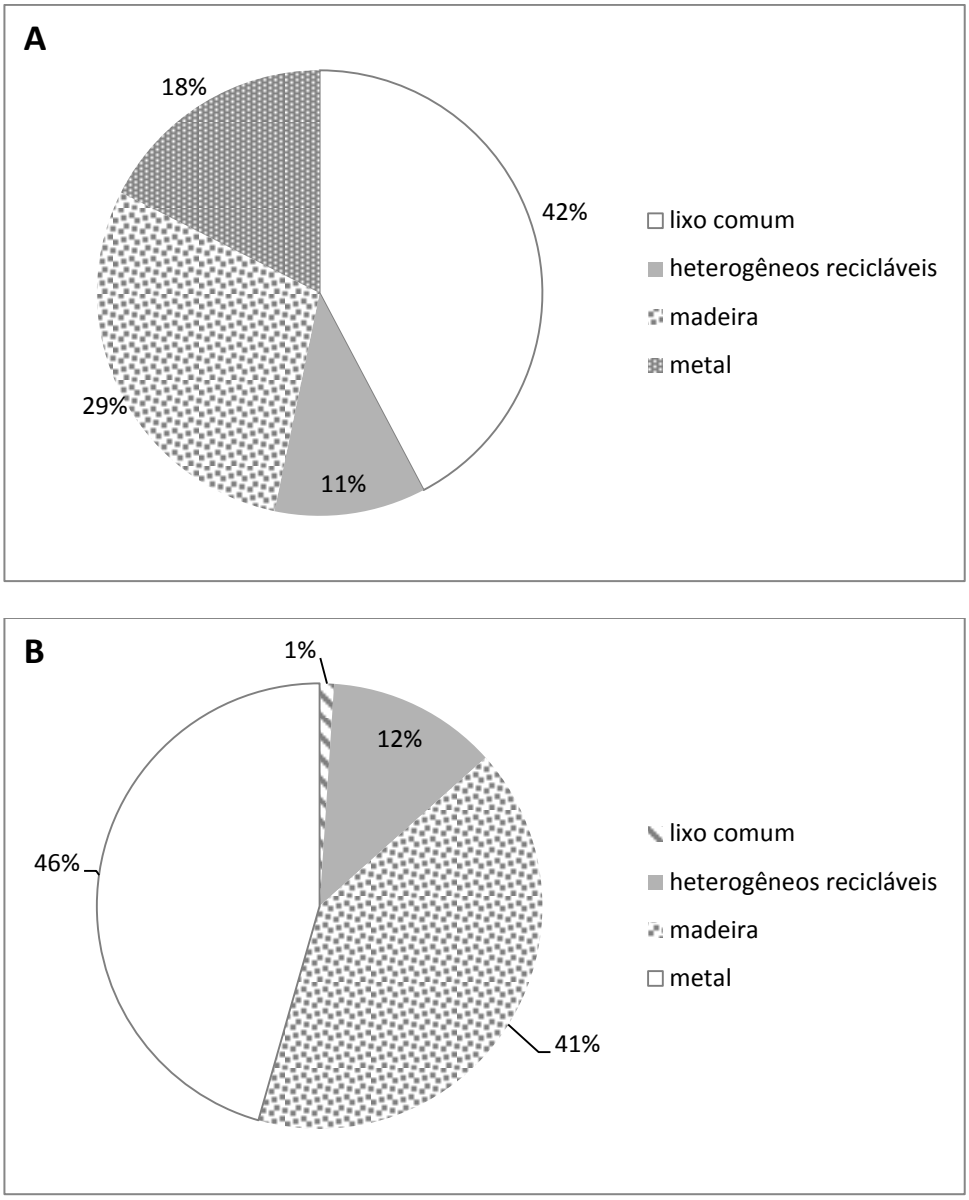


Figura 4.1: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Vila do Conde em A) 2011 e B) 2012.

4.2.2 Porto de Belém

Em relação à área não arrendada do Porto de Belém, foram geradas 238,9 toneladas de lixo comum, quando somados os anos de 2011 e 2012. Os inventários mensais, elaborados pela administração portuária, só declararam este tipo de resíduo nos dois anos de geração avaliados. Sendo assim, é possível inferir que os

resíduos recicláveis, inclusive o resíduo plástico, são misturados ao lixo comum e destinados como tal. No caso do Porto de Belém, o resíduo é destinado a um aterro em Belém, que apresenta características de lixão.

Sendo assim, não foi possível determinar a quantidade de resíduo plástico gerada na área não arrendada do Porto de Belém. Porém, através dos dados publicados no Relatório Diagnóstico do Porto de Belém (SEP/PR e UFRJ, 2014b), onde foram divulgados os resultados da análise gravimétrica realizada no lixo comum do Porto de Belém, foi possível estimar a quantidade de plástico gerada entre 2011 e 2012 nesta área do porto. A análise gravimétrica estimou a composição média dos diferentes tipos de resíduos encontrados no lixo comum, apontando um percentual médio de 17% em massa (kg) dos plásticos no total gerado.

Desta forma, segundo esta análise gravimétrica, 40,6 t de resíduos plásticos gerados em dois anos consecutivos, provenientes do Porto de Belém, deixaram de ser reciclados, já que foram aterrados junto ao lixo comum.

Vale ressaltar que apesar de não declarado nos inventários mensais, segundo relatos de funcionários, existe uma coleta seletiva realizada de forma parcial e informal no Porto de Belém. Esta coleta engloba somente alguns poucos resíduos recicláveis, em algumas partes do porto, para serem encaminhados a uma cooperativa de catadores de material reciclável. Apesar de positiva do ponto de vista ambiental, esta atividade possui a limitação/desvantagem em termos de gerenciamento, por não ser controlada pela Administração Portuária e não gerar documentos de registro da retirada dos resíduos em questão, dificultando o planejamento da gestão e destinação adequadas dos resíduos.

Os dados relacionados aos resíduos das áreas arrendadas no Porto de Belém não puderam ser fornecidos pela Administração Portuária, já que esta não recebe a documentação registrada pelos arrendatários.

Os dados relacionados aos resíduos de embarcação do Porto de Belém apontam a geração de aproximadamente 21 toneladas de lixo comum em dois anos de avaliação (2011 e 2012). A grande maioria das embarcações não realiza segregação de resíduos, sendo todos misturados e classificados como lixo comum.

No Porto de Belém há uma particularidade em relação aos resíduos de embarcações, pois além de embarcações de carga geral, aportam embarcações de

navegação interior de passageiros vindas da Ilha de Marajó e das cidades de Manaus e Macapá. Esse fator dificulta ainda mais o gerenciamento dos resíduos no ambiente portuário, já que existe grande dificuldade em conscientizar os usuários das embarcações, que apresentam grande rotatividade, sobre a importância da segregação e coleta seletiva de resíduos.

A análise gravimétrica dos resíduos sólidos das embarcações no Porto de Belém, publicada no Relatório Diagnóstico do Porto de Belém (SEP/PR e UFRJ, 2014b), estimou um percentual médio de 22% em massa (kg) dos resíduos plásticos no total gerado. Assim, uma estimativa de 4,6 t de resíduos plásticos deixaram de ser recicladas, sendo dispostos em aterro.

As informações obtidas através da investigação da composição gravimétrica dos resíduos gerados no Porto de Belém corroboram a importância da coleta seletiva para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, conforme aponta a PNRS (BRASIL, 2010a).

4.2.3 Porto do Itaqui

Na área não arrendada do Porto do Itaqui é realizada a segregação dos resíduos e coleta seletiva. Os dados completos dos anos de 2012 e 2013 foram analisados, sendo possível observar que a quantidade de resíduos plásticos segregados diminuiu quando comparado o ano de 2013 com o ano de 2012. As quantidades de cada tipo de resíduo e suas respectivas percentagens estão apresentadas na Tabela 4.1 e na Figura 4.2, respectivamente. Todo o resíduo plástico segregado na área não arrendada foi destinado para reciclagem. A grande quantidade de lixo comum observada nos dois anos pode refletir um potencial para expansão da segregação dos resíduos recicláveis e coleta seletiva dos mesmos para reciclagem.

Tabela 4.1: Quantidades de resíduos gerados na área não arrendada do Porto do Itaqui em 2012 e 2013.

Tipo de resíduo	**Ano (kg)**	
	2012	**2013**
Lixo comum	176.040	338.979
Madeira	45.079	137.627
Metal	33.756	78.089
Papel	8.088	12.684
Plástico	9.832	5.370
Total	**272.795**	**572.749**

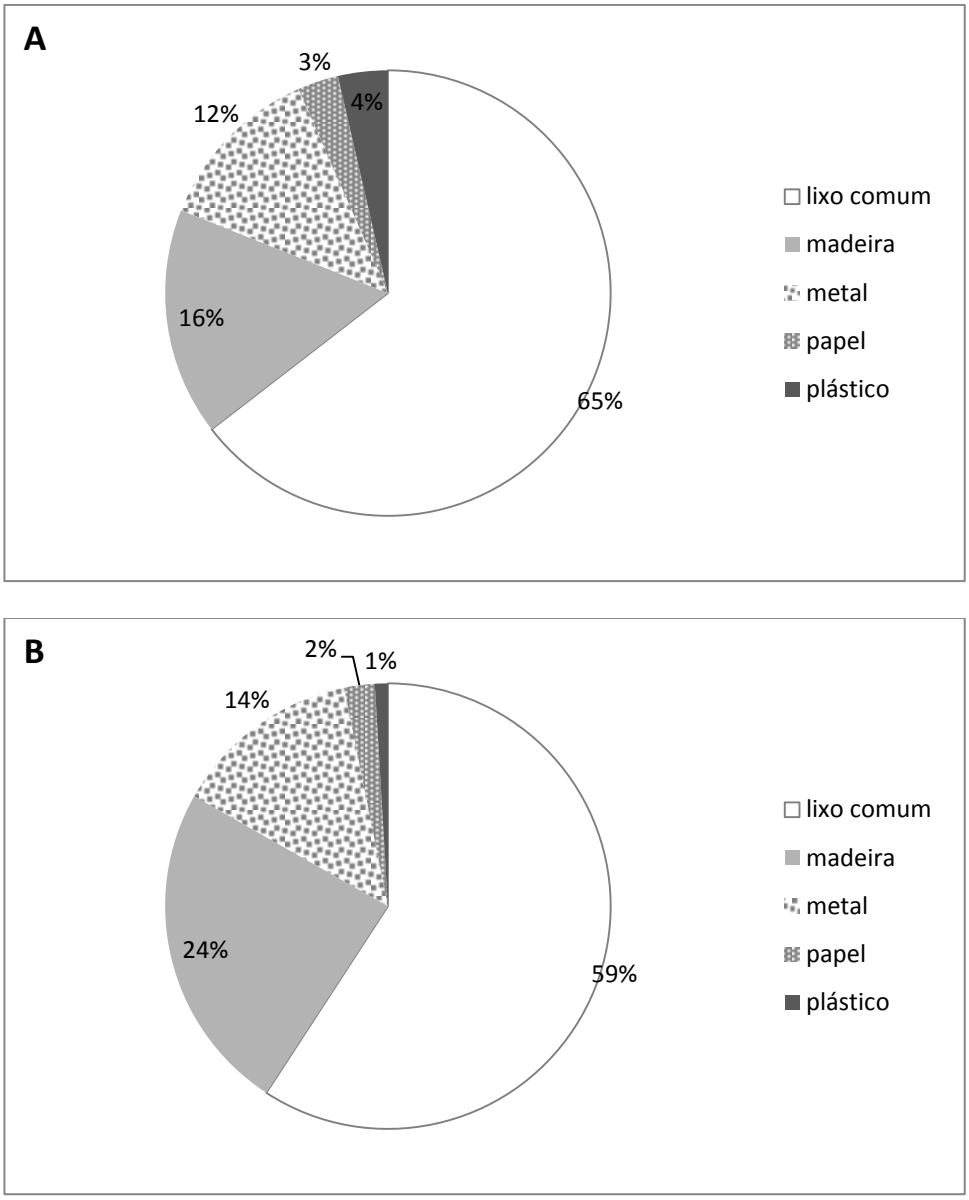


Figura 4.2: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área não arrendada do Porto do Itaqui em A) 2012 e B) 2013.

Os dados relacionados aos resíduos da área arrendada do Porto do Itaqui não puderam ser utilizados nesta avaliação, já que não foram disponibilizados pela Administração Portuária.

Quanto aos resíduos provenientes das embarcações, três anos consecutivos de dados completos (2011 a 2013) apontaram para a realização da segregação e coleta seletiva dos resíduos recicláveis. A percentagem de lixo comum correspondeu a 36% no somatório dos três anos avaliados, que totalizaram a geração de 522,58

toneladas de resíduos sólidos. A percentagem de resíduos plásticos segregados atingiu 13% deste montante, representando uma parcela significativa (Figura 4.3).

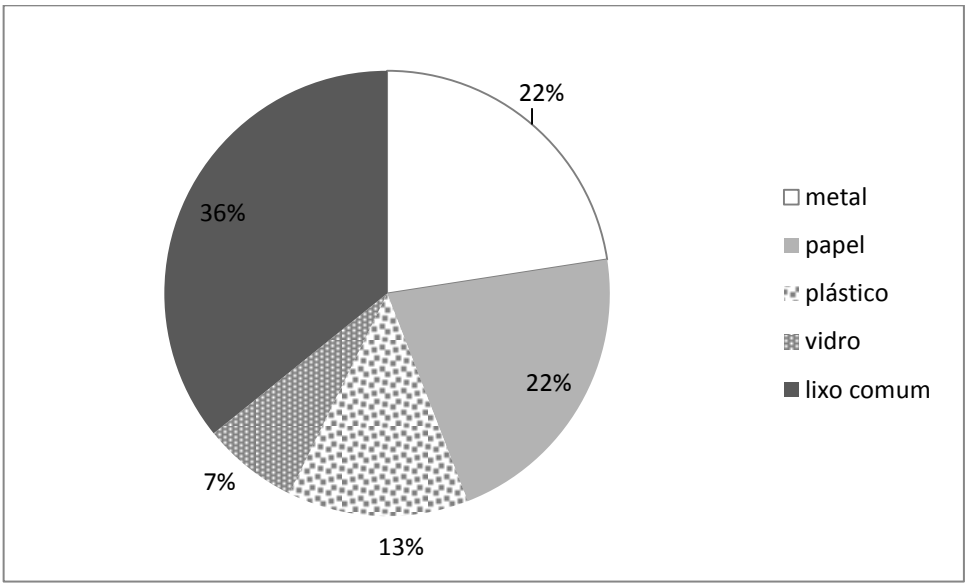


Figura 4.3: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Itaqui em 2011, 2012 e 2013.

Os plásticos provenientes das embarcações, apesar de representar uma parcela significativa de resíduos recicláveis segregados, não foram totalmente destinados para a reciclagem. Segundo os dados declarados, do total de resíduos plásticos (68,66 toneladas), 38,3% foram destinados para aterro sanitário em detrimento à reciclagem, 36,3% foram destinados para reciclagem, 25,2% não apresentaram informação quanto a sua destinação e 0,1% foi destinado para incineração (Figura 4.4).

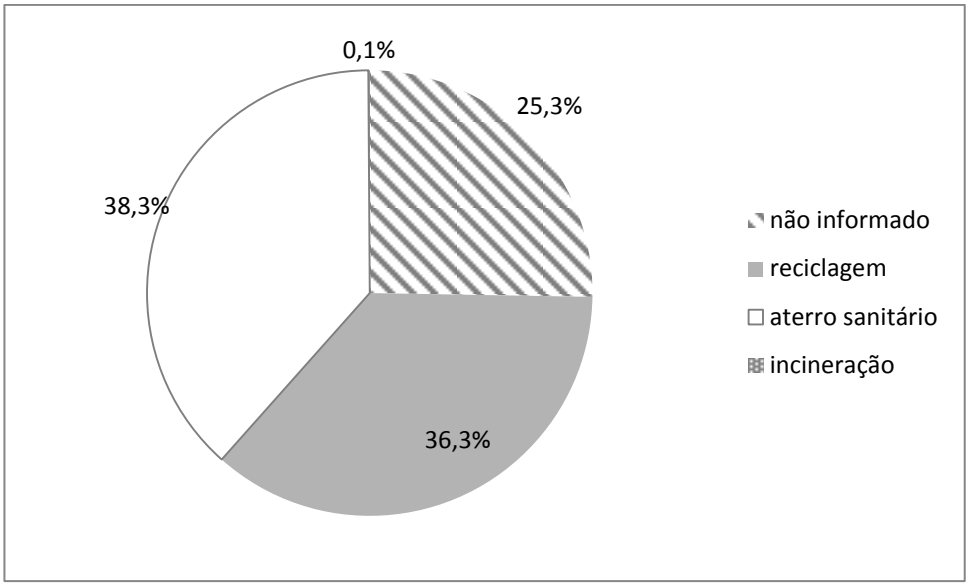


Figura 4.4: Destinação dos resíduos plásticos de embarcação do Porto do Itaqui em 2011, 2012 e 2013.

4.2.4 Porto de Fortaleza

Foram obtidos os dados completos do Porto de Fortaleza referentes ao ano de 2012. Apesar da divulgação de um programa de segregação de resíduos e disponibilização de coletores para tipos específicos de resíduos nas áreas administrativas e operacionais, a adesão ao procedimento foi baixa. Dessa forma, a grande maioria dos resíduos recicláveis foi misturada ao rejeito comum não reciclável.

Vale salientar que alguns resíduos recicláveis, principalmente papel proveniente da área administrativa e/ou plásticos provenientes dos lacres de contêiner, são separados diretamente pela empresa de limpeza terceirizada e quando o volume alcança razoáveis quantidades, uma associação de catadores é comunicada para fazer a retirara do material do porto. Esse procedimento, quando é realizado, não possui nenhum controle em termos de registro e documentação.

Em 2012, todo o resíduo registrado da área não arrendada foi classificado e destinado como lixo comum para aterro sanitário, correspondendo a aproximadamente 316 toneladas de resíduos.

Da mesma forma, foi verificado que nas áreas arrendadas do Porto de Fortaleza, em 2012, não houve uma segregação e coleta seletiva de resíduos de maneira eficaz.

Nos dados declarados nos inventários mensais de resíduos, somente foi verificado o registro de 300 kg de resíduo plástico e 4 kg de vidro, enquanto totalizou-se uma quantidade de 488 toneladas de lixo comum.

A destinação do plástico segregado, assim como a empresa receptora deste resíduo especificamente, não foram informadas. Porém, foi possível observar que a empresa transportadora do resíduo foi a mesma que fez as retiradas de resíduo de construção civil do porto, encaminhando para reciclagem. Desta forma, é possível supor que o resíduo plástico segregado e registrado no inventário de resíduos tenha sido destinado para reciclagem. De qualquer forma, a baixa quantidade de segregação dos resíduos recicláveis, incluindo o plástico, evidencia a necessidade de adequação à PNRS (BRASIL, 2010a).

Quanto aos resíduos provenientes das embarcações em 2012, foi verificada uma segregação de 7% de resíduos recicláveis, em um total de 1189,5 m^3 de resíduos totais. Porém, não há indicação quantitativa por tipo de material a respeito desses resíduos recicláveis (Figura 4.5). De qualquer forma, quando comparado ao montante de lixo comum, esta parcela pode ser considerada baixa, levando em conta os preceitos da PNRS (BRASIL, 2010a).

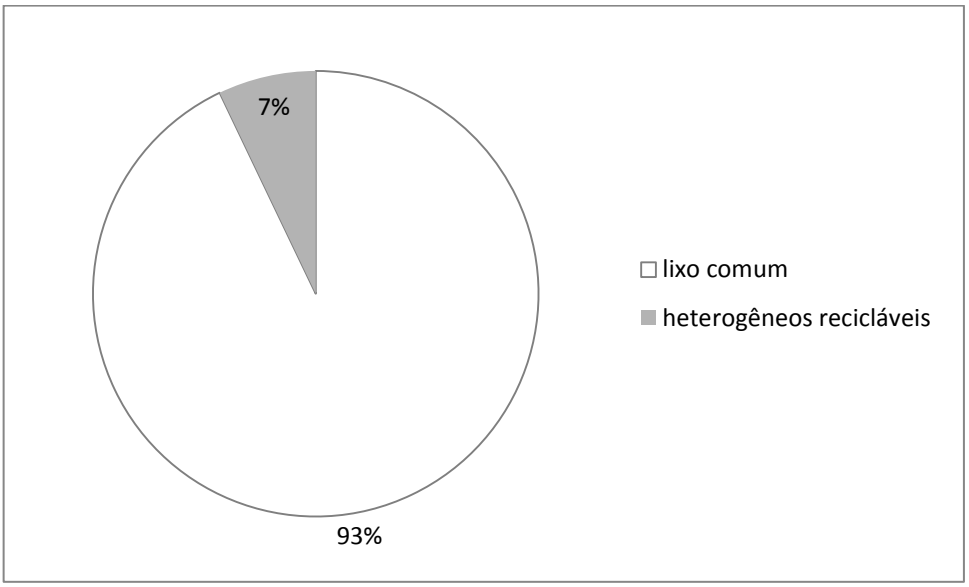


Figura 4.5: Percentual volumétrico de resíduos sólidos provenientes das embarcações no Porto de Fortaleza em 2012.

4.2.5 Porto de Natal

Os dados declarados relacionados à área não arrendada do Porto de Natal corresponderam ao ano de 2012. Neste ano só foi declarado resíduo do tipo lixo comum, sugerindo que os resíduos recicláveis gerados, incluindo plásticos, foram misturados ao rejeito comum não reciclável e destinados para aterro sanitário, em detrimento da reciclagem. A quantidade total de lixo comum declarada no ano de 2012 foi 69,2 toneladas.

Para o Porto de Natal, os dados relacionados aos resíduos da área arrendada não puderam ser obtidos já que a Administração Portuária não possuía esses dados para disponibilização dos mesmos.

Quanto aos resíduos provenientes das embarcações, os dados relacionados ao ano de 2012 apresentaram um somatório de 93,9 toneladas de resíduos sólidos. Neste montante, 76% corresponderam a resíduos do tipo lixo comum e 1% a resíduos plásticos (Figura 4.6). A alta porcentagem de lixo comum sugere um provável potencial para expansão da segregação dos resíduos recicláveis (incluindo os plásticos) e coleta seletiva dos mesmos para reciclagem. Além do lixo comum, é possível que mais resíduo plástico estivesse presente na parcela de 3% registrada de heterogêneos recicláveis.

O total de resíduos plásticos segregados (1.050 kg) foi todo destinado à reciclagem através do envio para a COOCAMAR – Cooperativa de Materiais Recicláveis e Desenvolvimento Sustentável.

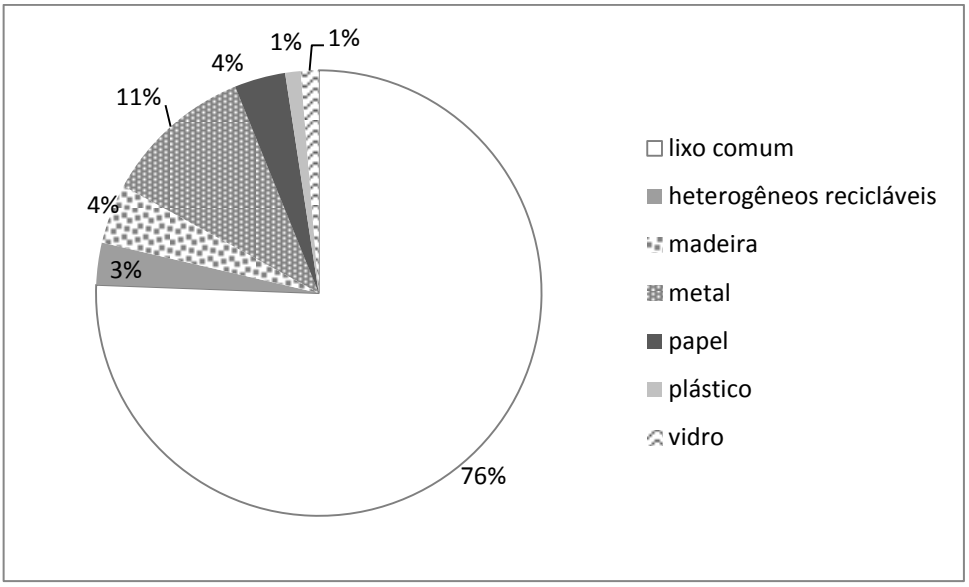


Figura 4.6: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Natal em 2012.

4.2.6 Porto de Cabedelo

No Porto de Cabedelo não foram disponibilizadas informações acerca da geração de resíduos da área não arrendada e arrendada pela Administração Portuária. É marcante o fato de que há apenas registro das informações relativas aos resíduos provenientes de embarcação. Deste modo, todos os resíduos gerados em arrendatárias e na área pública não arrendada, deixam a área do porto sem a geração de informações como quantidade, composição e destinação.

Quanto aos resíduos de embarcações, só foi possível obter de maneira completa os dados referentes ao ano de 2011. Neste ano foi gerado um total de 263.871 kg de resíduos sólidos provenientes das embarcações atracadas no porto. Estes resíduos foram segregados para coleta seletiva, de acordo com a Figura 4.7. Os resíduos plásticos corresponderam a 5% do total de resíduos gerados.

Apesar da correta prática de segregação dos resíduos de embarcação na fonte visando à coleta seletiva, segundo os dados disponibilizados, a destinação de todos os resíduos gerados foi o Aterro Sanitário Municipal de João Pessoa. Desta forma, 11.845 kg de resíduo plástico provenientes do Porto de Cabedelo foram aterrados em detrimento da reciclagem, no ano de 2011.

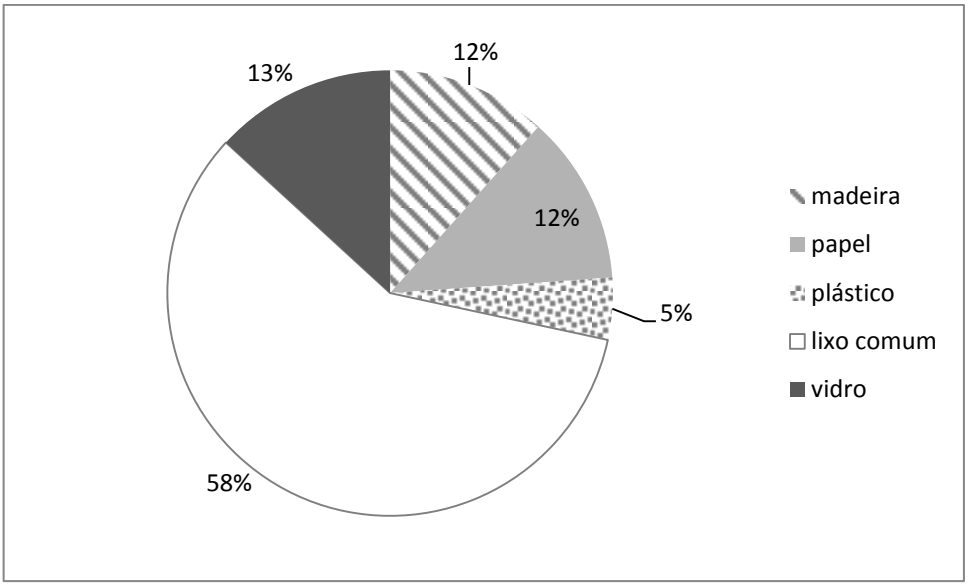


Figura 4.7: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações no Porto de Cabedelo em 2011.

4.2.7 Porto do Recife

Os dados declarados nos inventários mensais de resíduos relacionados à área não arrendada do porto corresponderam aos anos de 2011 e 2012. No ano de 2011 foram registrados somente resíduos do tipo lixo comum, totalizando 4.528,6 m^3. Já em 2012, foi detectada a segregação de uma quantidade de 7,8 m^3 de heterogêneos recicláveis, além de 2.824 m^3 de lixo comum. Apesar da baixa quantidade segregada de resíduos recicláveis apresentada, esta quantidade representa uma evolução, mesmo que pequena, em relação ao ano anterior, onde não houve segregação alguma de resíduos recicláveis.

De qualquer maneira, a grande quantidade de resíduos do tipo lixo comum sugere que os resíduos recicláveis gerados, incluindo plásticos, foram misturados aos demais resíduos, sendo classificados como lixo comum e destinados para aterro sanitário, em detrimento da reciclagem.

Para o Porto do Recife, os dados relacionados aos resíduos da área arrendada não puderam ser utilizados nesta avaliação, já que a Administração Portuária não possuía esses dados de forma completa, ou seja, relacionada a todos os arrendatários durante pelo menos um ano. De qualquer maneira, foi observado somente o registro de lixo comum para os dados que constavam de poucas arrendatárias em meses pontuais.

Em relação aos dados provenientes dos resíduos de embarcação, no ano de 2011 foi gerado um total de 456,5 toneladas de resíduos sólidos. Deste total, verificou-se uma grande porcentagem de segregação de resíduos recicláveis (93%), enquanto a geração de resíduos do tipo lixo comum representou 6% (Figura 4.8). Este fato sugere eficiência de segregação para coleta seletiva dos resíduos recicláveis. Também foi verificada a existência de 1% de resíduos recicláveis do tipo plástico. Apesar desta baixa porcentagem, é muito provável que maiores quantidades de plástico estejam englobadas na parcela dos heterogêneos recicláveis, que não foram identificados por tipo nos dados declarados.

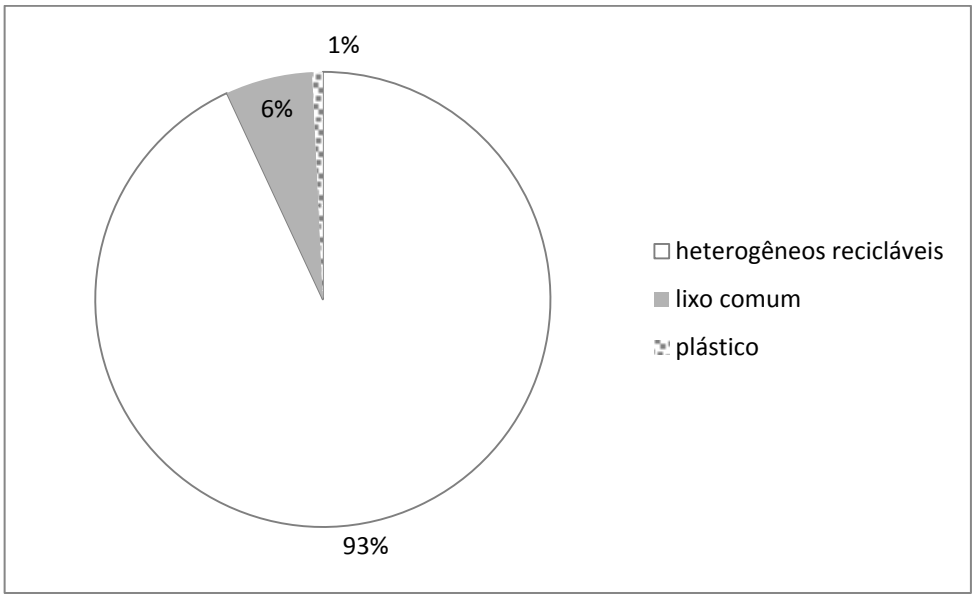


Figura 4.8: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Recife em 2011.

A destinação do total de resíduos pláticos segregados e registrados não foi informada, assim como sua empresa transportadora ou receptora. Desta forma, não houve possibilidade de rastreamento para identificação da destinação deste resíduo.

Já no ano de 2012, os resíduos de embarcação totalizaram uma quantidade de 311,6 toneladas. Deste total, 78% corresponderam a resíduos recicláveis e 22% a lixo comum, podendo representar uma diminuição da eficiência de segregação, quando comparado ao ano de 2011 (Figura 4.9). Além disso, a pequena parcela segregada de resíduos plásticos que aparecia em 2011 não ocorreu em 2012, apontando mais uma vez, para a diminuição da eficiência de segregação.

De qualquer forma, a quantidade de recicláveis totais segregados ainda foi superior ao lixo comum, representando uma conformidade em relação à PNRS (BRASIL, 2010a).

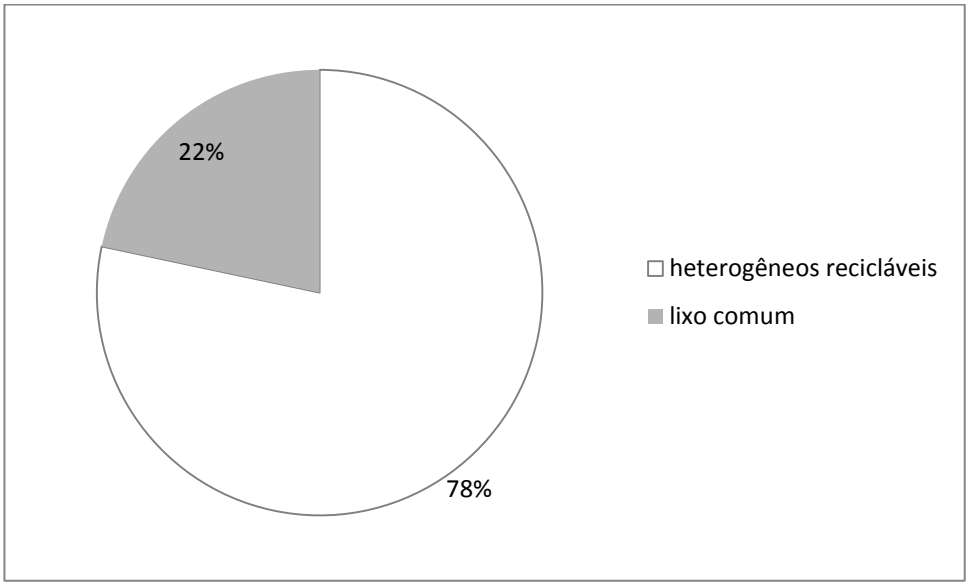


Figura 4.9: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto do Recife em 2012.

4.2.8 Porto de Suape

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto de Suape englobaram os anos de 2010 a 2013, sendo que nos anos de 2010 e 2011 somente resíduos do tipo lixo comum foram registrados nos inventários de resíduos, somando uma quantidade de 232,2 toneladas deste resíduo. Já nos anos de 2012 e 2013, alguns resíduos recicláveis foram segregados a partir da coleta seletiva. A Figura 4.10 apresenta as porcentagens de cada tipo de resíduo no ano de 2012 e 2013.

É possível verificar que tanto no ano de 2012 (total de 157,503 toneladas de resíduos) como no ano de 2013 (total de 118,045 toneladas) as porcentagens dos resíduos recicláveis, incluindo os resíduos plásticos, foram muito baixas. Porém, considerando os anos anteriores (2010 e 2011), nos quais não foi realizado qualquer tipo de segregação, é possível considerar que houve uma pequena evolução no quesito relacionado à atividade de segregação na área não arrendada do Porto de Suape.

Também foi possível perceber que, no ano de 2013, a porcentagem de segregação de resíduos plásticos teve um leve aumento em relação ao ano de 2012. É importante ressaltar que, apesar da baixa porcentagem, os resíduos plásticos foram todos destinados para reciclagem nos dois anos.

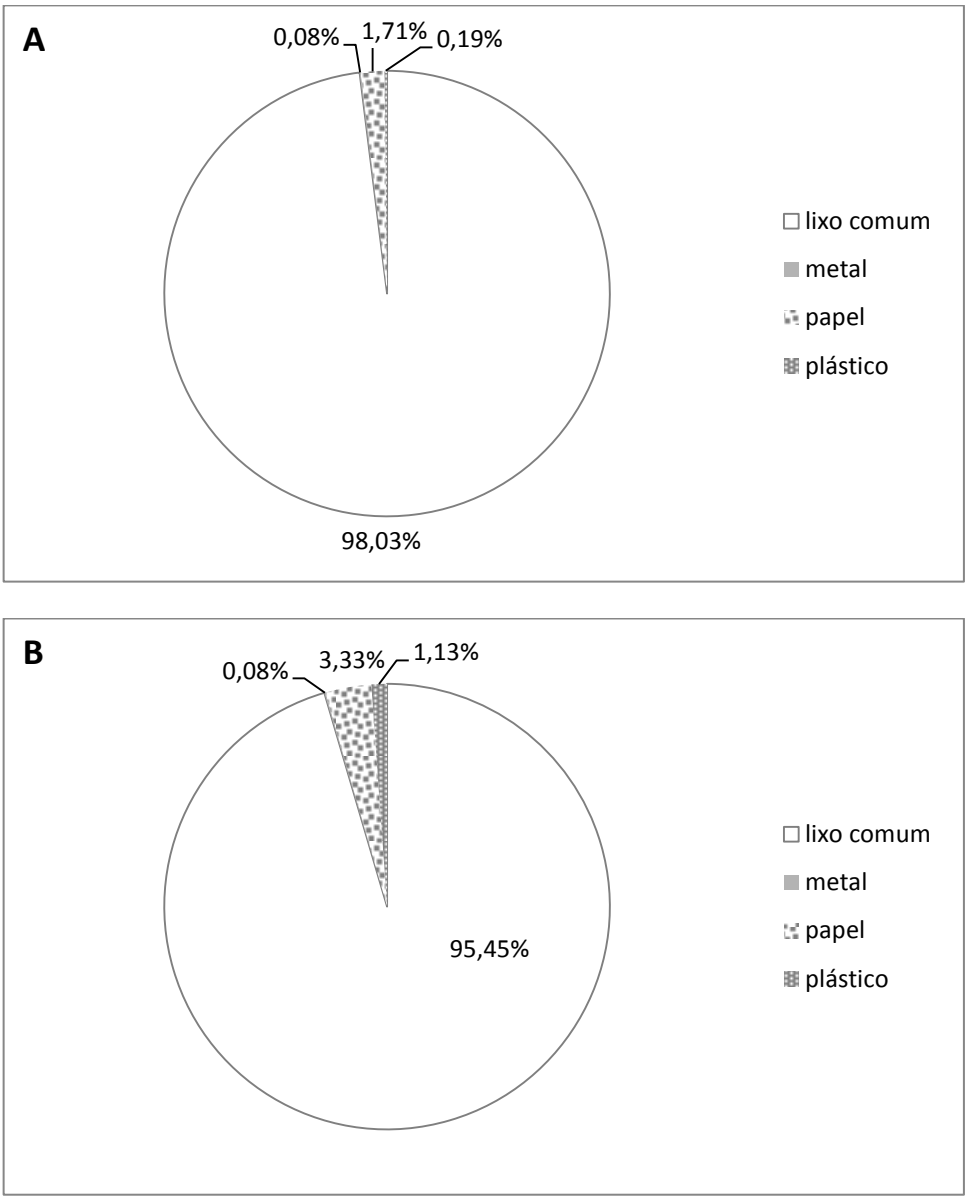


Figura 4.10: Percentual mássico de resíduos sólidos a partir dos dados registrados no inventário de resíduos da área não arrendada do Porto de Suape em A) 2012 e B) 2013.

Os dados relacionados aos resíduos da área arrendada do Porto de Suape não puderam ser utilizados nesta avaliação, já que não foram disponibilizados pela Administração Portuária.

Já os dados dos resíduos provenientes de embarcação englobaram o ano de 2012. Neste ano, somente resíduos do tipo heterogêneos recicláveis foram declarados, totalizando 203,4 m^3, não sendo possível quantificar especificamente a geração dos resíduos plásticos, pois os mesmos encontraram-se misturados a outros tipos de resíduos recicláveis. Porém, ressalta-se que a destinação final informada foi a reciclagem.

4.2.9 Porto de Maceió

Os dados declarados nos inventários de resíduos relacionados à área não arrendada do porto corresponderam aos anos de 2011 e 2012. Nestes anos só foi registrado resíduo do tipo lixo comum, sugerindo que os resíduos recicláveis gerados, incluindo plásticos, não foram segregados, estando incluídos no lixo comum e foram destinados para aterro sanitário, em detrimento da reciclagem. O somatório de lixo comum dos dois anos avaliados totalizou 2.586 m^3.

Para o Porto de Maceió, os dados relacionados aos resíduos da área arrendada não puderam ser obtidos já que a Administração Portuária não possuía esses dados para disponibilização dos mesmos.

Já os dados relacionados aos resíduos provenientes das embarcações só apresentaram retiradas de resíduos oleosos líquidos, fora do escopo deste trabalho.

4.2.10 Porto de Salvador

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto de Salvador não foram disponibilizados de forma completa pela Administração Portuária, não podendo ser utilizados nesta avaliação. De qualquer maneira os poucos meses pontuais que apresentavam dados mostraram o registro da retirada apenas de resíduos de construção civil e efluentes sanitários.

Os dados relacionados à área arrendada correspondem ao ano de 2012, totalizando 50,2 toneladas de resíduos sólidos. Deste total, 4% foram identificados como resíduo plástico e 14% como lixo comum, conforme apresentado na Figura 4.11. Todo o resíduo plástico segregado, segundo os dados, foi destinado para reciclagem.

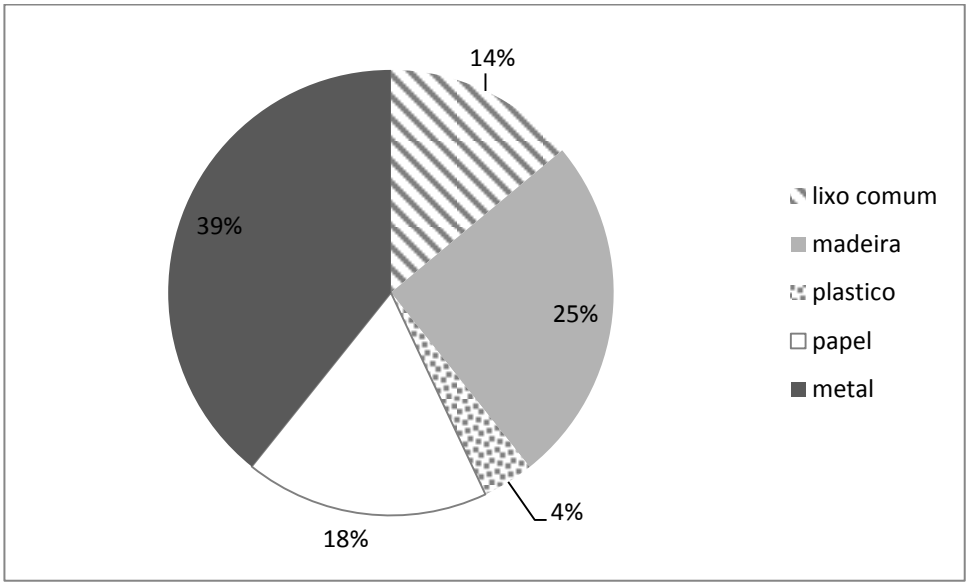


Figura 4.11: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Salvador em 2012.

Já em relação aos resíduos provenientes das embarcações, a geração no ano de 2011 totalizou 5.482 toneladas de resíduos sólidos. Deste total, somente 0,03% foram identificados como resíduos plásticos. Quase 10% do total corresponderam a lixo comum e 2,3% foram registrados como heterogêneos recicláveis (Figura 4.12). Devido à baixa porcentagem de plásticos segregados, é possível inferir que grande parte deste tipo de resíduo ainda se encontra no lixo comum, sendo destinado para aterro sanitário, o que destoa dos preceitos apontados pela PNRS. Também é possível que parte deste material tenha sido segregada, porém esteja englobado na parcela dos heterogêneos recicláveis, sem possibilidade de quantificação específica do plástico.

É relevante ressaltar que a porcentagem de 0,03% de resíduo plástico segregado, que corresponde a 1.650 kg, é referente a somente 11 retiradas deste resíduo em todo o ano. Constam ainda, nos dados declarados, outras 54 retiradas de resíduos plásticos de embarcações em 2011, porém sem informação sobre a quantidade de cada retirada. Sendo assim, fica destacada que a quantidade de plásticos neste caso é provavelmente bem maior do que o que foi declarado. Para uma estimativa rápida sobre o quantitativo potencial, se 1.650 kg correspondem a 11 retiradas, a quantidade média retirada por embarcação foi 150 kg. A quantidade de plásticos em

54 retiradas seria de 8.100 kg, que somados aos 1.650 kg já declarados, totalizariam quase 10 toneladas no ano de 2011.

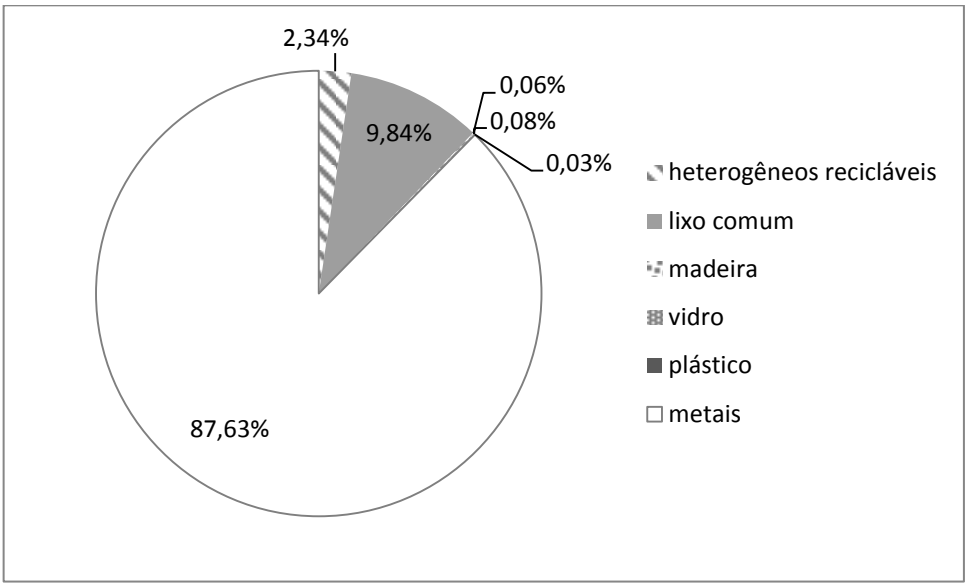


Figura 4.12: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes de embarcações do Porto de Salvador em 2011.

Quanto à destinação dos resíduos plásticos segregados nas embarcações (1.650 kg), 61% foram encaminhados para aterro sanitário e 39% não tiveram sua destinação informada (Figura 4.13).

Das 54 retiradas de resíduos plásticos nas quais não foram informadas as quantidades, 35 mostram que o resíduo foi destinado para reciclagem e 19 não informaram a destinação do resíduo.

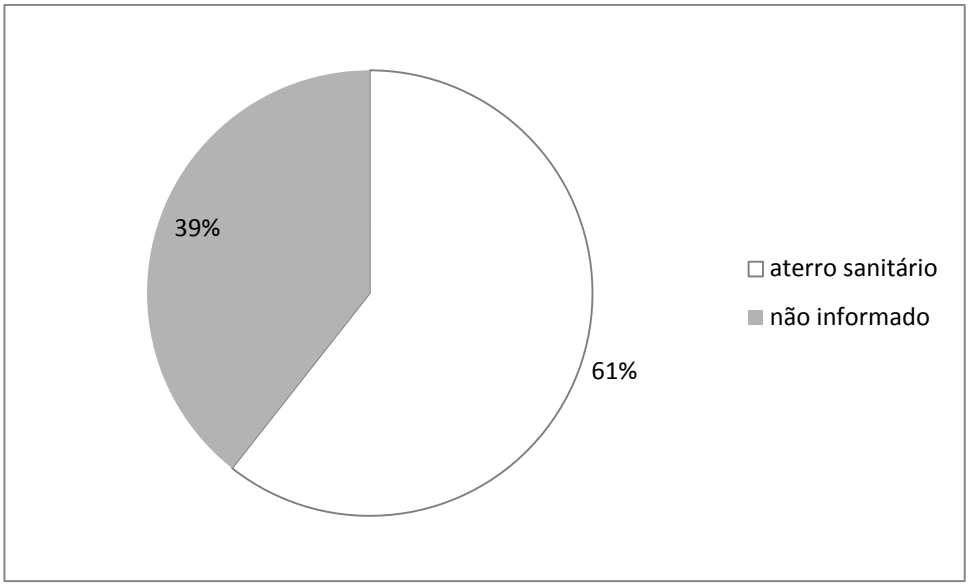


Figura 4.13: Destinação dos resíduos plásticos provenientes das embarcações do Porto de Salvador em 2011.

4.2.11 Porto de Aratu-Candeias

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto de Aratu-Candeias não foram utilizados nesta avaliação, pois não foram fornecidos pela Administração Portuária.

Porém, foi possível obter o inventário mensal de resíduos do ano de 2012 da área arrendada do Porto de Aratu-Candeias e, por isso, foi o único ano utilizado para a avaliação desta fonte de geração nesse porto. Foi verificado que não houve a segregação específica de resíduos plásticos, sendo evidenciada somente a declaração da retirada de madeira, sucata metálica e heterogêneos compatíveis para reciclagem (resíduos recicláveis em geral, sem distinguir quais tipos de recicláveis estão englobados nesta parcela). Mesmo com esta segregação, a porcentagem de lixo comum foi muito alta, correspondendo a 92% de um total de 654,6 toneladas de resíduos, enquanto a segregação dos recicláveis foi de 8% (Figura 4.14). Este fato sugere uma falta de eficiência em relação à segregação dos resíduos recicláveis, etapa fundamental para um bom sistema de gestão de resíduos e que é obrigatório segundo a PNRS (BRASIL, 2010a).

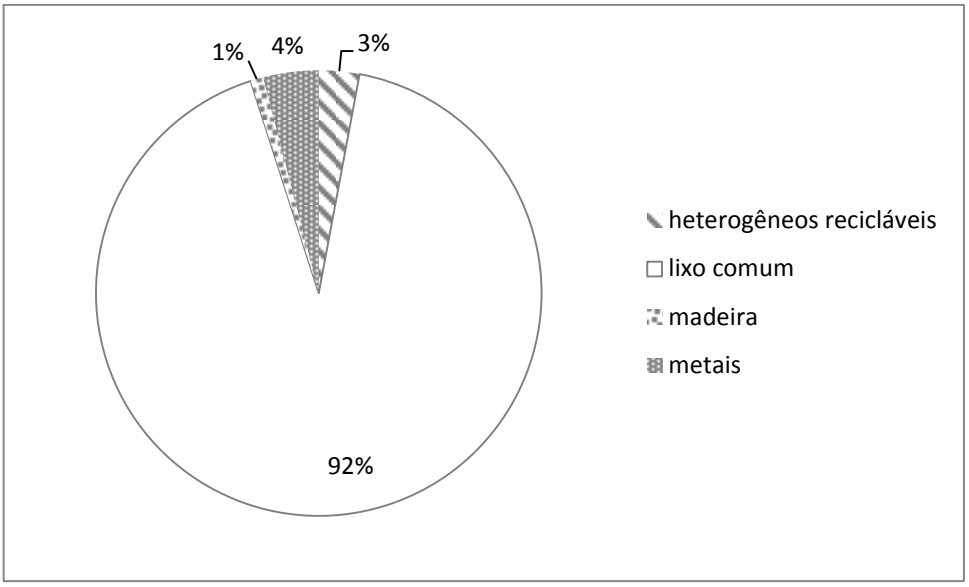


Figura 4.14: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Aratu-Candeias em 2012.

Para os resíduos de embarcação, foram obtidos os dados do período de 2011 a 2013, porém nenhum desses anos foi apresentado de forma completa, ou seja, apresentando todos os meses. Além disso, foi verificada a existência de inconsistências no processo, tais como: diferentes resíduos registrados no mesmo manifesto e muitos campos do formulário não informado (como tipo de resíduo, quantidade e/ou destinação). Como exemplo, pode-se destacar o fato de que em um total de 217 retiradas de resíduos do tipo lixo comum ao longo destes três anos, não foi informado a quantidade deste resíduo em cada retirada.

Em relação aos resíduos plásticos, uma quantidade registrada de 131 kg foi verificada no período do estudo, correspondente somente a duas retiradas de resíduos de embarcação. Contudo, uma quantidade de aproximadamente 180 toneladas de lixo comum foi contabilizada, correspondentes a 166 retiradas de resíduos de embarcação. Ressalta-se que o potencial de geração de lixo comum foi muito maior que as 180 toneladas registradas, pois como citado anteriormente, 217 retiradas de lixo comum não apresentaram a informação sobre a quantidade.

Mesmo com muitas inconsistências na documentação, foi possível inferir que praticamente 100% dos resíduos de embarcação são relacionados a lixo comum, sugerindo a falta de segregação dos resíduos na fonte e destinação de resíduos plásticos para aterro sanitário, misturado ao lixo comum.

Segundo a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (BRASIL, 2010a), o aterro sanitário deve ser usado em último caso, para destinação de rejeitos, ou seja, quando não há mais possibilidade de aproveitamento do resíduo.

4.2.12 Porto de Vitória

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto de Vitória englobaram o ano de 2011, totalizando 994,7 toneladas de resíduos, quando contabilizados o lixo comum e os resíduos recicláveis. Deste total, somente 0,4% foi correspondente a resíduos plásticos e 69,7% a lixo comum (Figura 4.15). Este fato pode sugerir que a segregação dos resíduos plásticos não foi realizada de maneira muito eficiente e muito plástico pode ter sido englobado no lixo comum, sendo encaminhado para aterro sanitário como destinação final.

A destinação de todo o resíduo plástico declarado não foi informado, mas a empresa receptora deste resíduo possui atividade de comércio de sucatas e resíduos industriais recicláveis no Espírito Santo. Assim, foi possível inferir que o material em questão teve como destino a reciclagem.

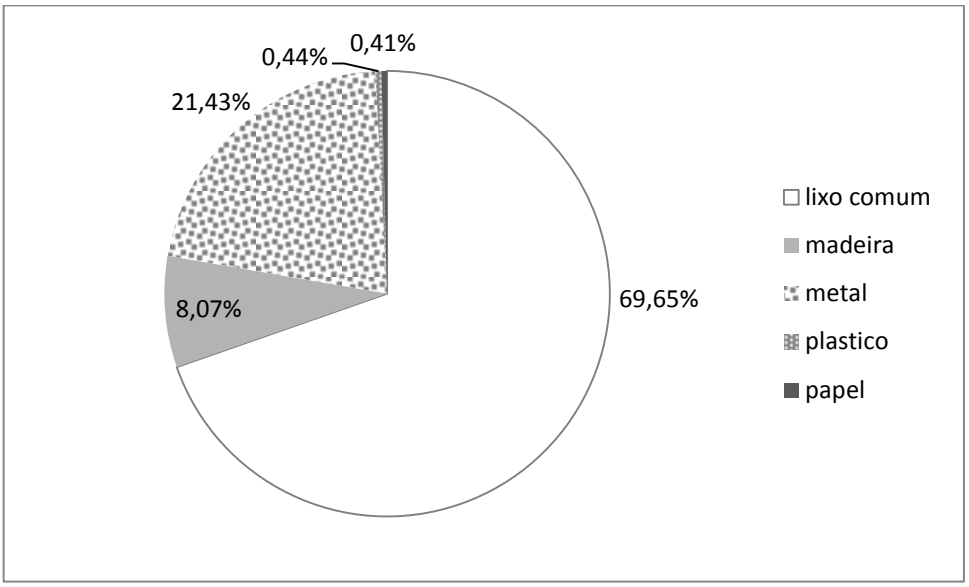


Figura 4.15: Percentual mássico de resíduos sólidos da área não arrendada do Porto de Vitória em 2011.

Os dados relacionados aos resíduos da área arrendada não foram disponibilizados pela Administração Portuária e por isso não fizeram parte desta avaliação.

Já em relação aos dados dos resíduos de embarcação foram disponibilizados somente dois meses consecutivos de 2013 (janeiro e fevereiro) no Porto de Vitória. Esses dados não foram utilizados na avaliação geral, por não representaram no mínimo um ano de dados. A título de informação, para esta fonte de geração de resíduos, foi possível verificar a geração e segregação de 8% de resíduo plástico de um total de 11 toneladas de resíduos sólidos, conforme apresentado na Figura 4.16. Ressalta-se que todo o resíduo plástico registrado das embarcações foi destinado para aterro sanitário.

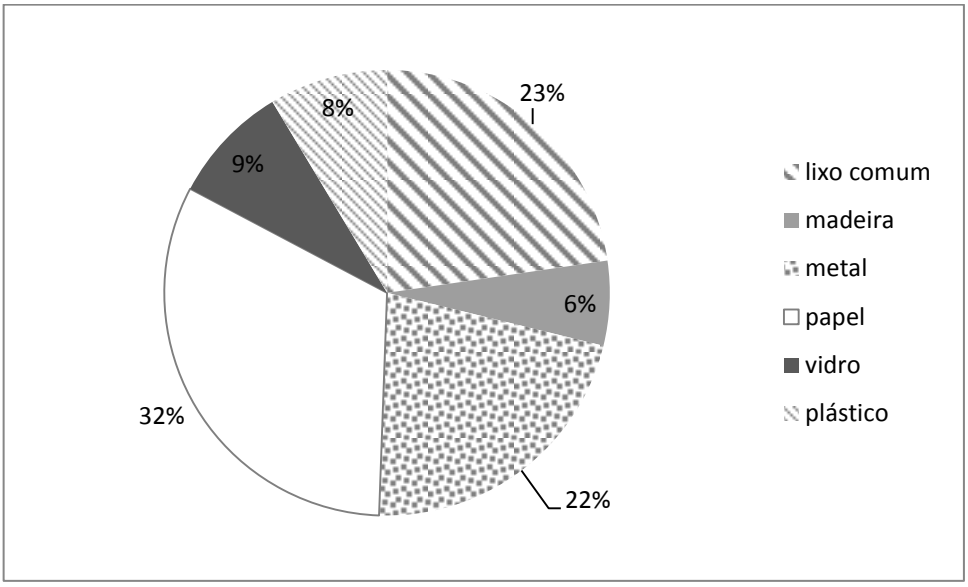


Figura 4.16: Percentual mássico de resíduos sólidos de embarcação do Porto de Vitória em janeiro e fevereiro de 2013.

4.2.13 Porto de Itaguaí

No Porto de Itaguaí, os resíduos gerados na área não arrendada não são controlados, não existindo documentação com informações quantitativas e qualitativas até o ano de 2014. Não foi evidenciada nesta área, a prática da segregação dos resíduos na fonte e coleta seletiva. Sabe-se que o resíduo é todo correspondente a lixo comum, sendo retirado pela empresa de limpeza da prefeitura municipal de Itaguaí e encaminhado para aterro sanitário, juntamente com os demais resíduos da cidade.

Ademais, vale lembrar que, segundo os preceitos da PNRS (BRASIL, 2010a), o aterro sanitário deve ser usado em último caso, para destinação de rejeitos, ou seja,

quando não há mais possibilidade de tratamento do resíduo, o que não é o caso do lixo comum gerado nesta área do porto.

Os dados dos resíduos gerados na área arrendada do porto, referentes aos anos de 2011 e 2012, apontam a realização da segregação e coleta seletiva dos resíduos recicláveis. Na Tabela 4.2 e Figura 4.17, estão apresentadas as quantidades dos resíduos em cada ano e suas respectivas percentagens. Foi possível observar que a quantidade segregada de plástico aumentou significantemente do ano 2011 para o ano 2012. Também se verifica que a porcentagem de lixo comum é baixa em relação ao total de resíduos gerados, sugerindo que a segregação dos resíduos recicláveis é realizada de forma eficaz nesta área do porto.

Tabela 4.2: Quantidades de resíduos gerados na área arrendada do Porto de Itaguaí em 2011 e 2012.

Tipo de resíduo	**Ano (kg)**	
	2011	**2012**
Lixo comum	49.595	130.120
Madeira	1.216.326	2.197.993
Plástico	26.441	85.200
Papel	33.840	15.000
Metal	1.884.836	2.115.790
Total	**3.211.038**	**4.544.103**

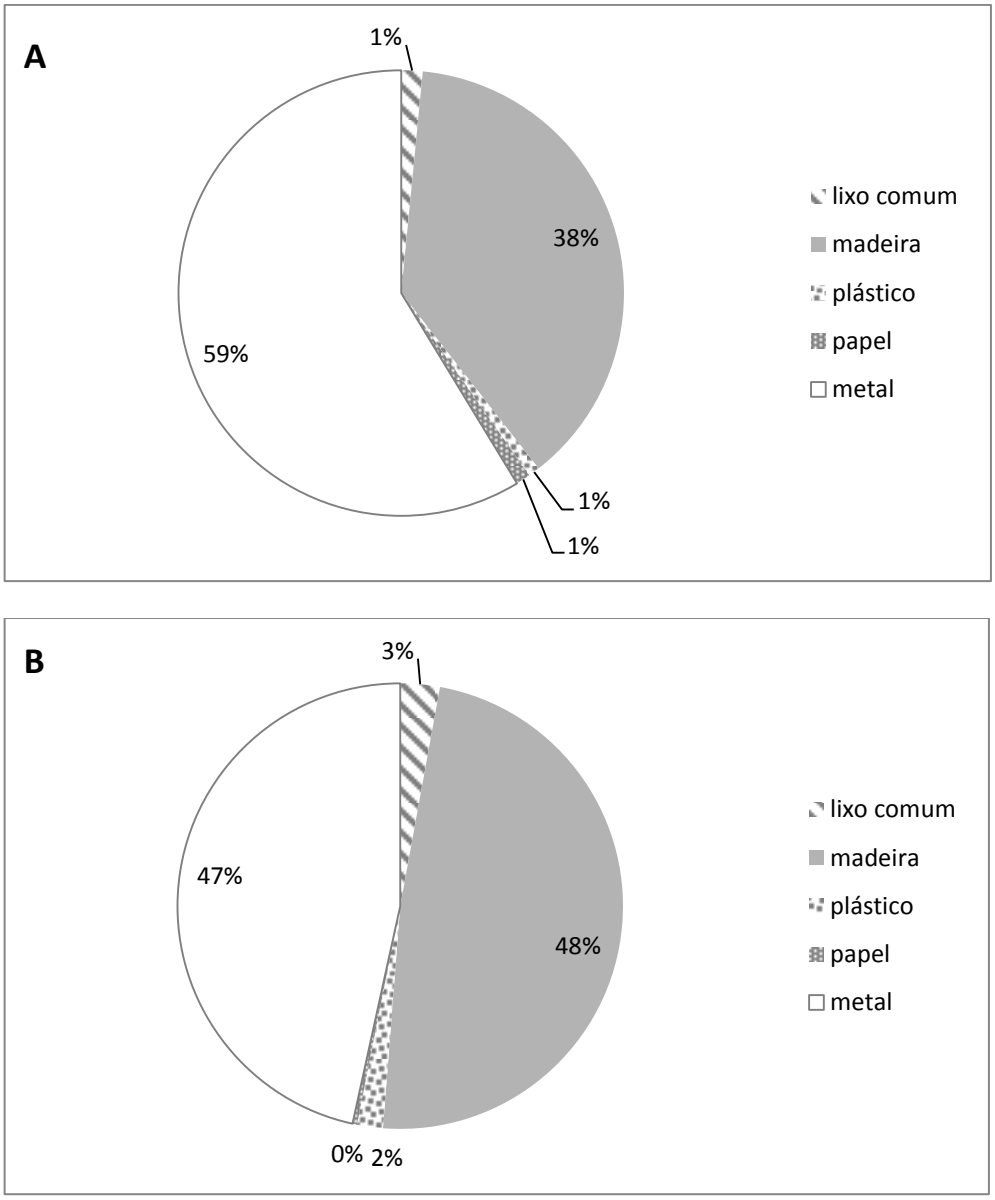


Figura 4.17: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Itaguaí em A) 2011 e B) 2012.

Em relação à destinação dos resíduos plásticos, cerca de 92% ao longo dos dois anos foram destinados a empresas com atividade de comércio atacadista de resíduos e cerca de 7,7% foram destinados para aterro sanitário (Figura 4.18). Todo o resíduo plástico foi distribuído entre 7 empresas receptoras.

O Porto de Itaguaí não realiza retirada de resíduos de embarcação. Portanto, as embarcações, neste porto, não são fontes geradoras de resíduos.

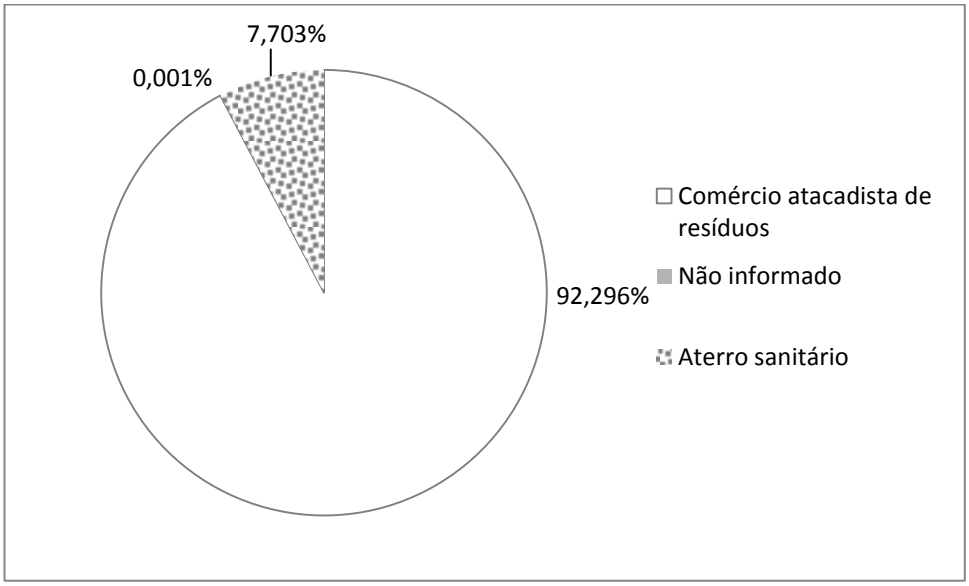


Figura 4.18: Destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto de Itaguaí em 2011 e 2012.

4.2.14 Porto de São Sebastião

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto de São Sebastião não foram disponibilizados de forma completa pela Administração Portuária, não podendo ser utilizados nesta avaliação por serem relacionados apenas a cinco meses de geração. De qualquer maneira, os meses pontuais que apresentaram dados mostraram o registro de um total de 900 kg de resíduos, sendo apenas 1 kg de plástico segregado e 320 kg de resíduos heterogêneos recicláveis.

Os dados relacionados aos resíduos da área arrendada não puderam ser obtidos já que a Administração Portuária não possuía esses dados para disponibilização dos mesmos.

Quanto aos resíduos provenientes das embarcações, os dados de dois anos consecutivos (2011 e 2012) totalizaram 207,6 toneladas, quando contabilizados o lixo comum e os resíduos recicláveis. Porém, o único tipo de resíduo reciclável declarado nos dados destes dois anos foi o metal, correspondendo a 4% do total gerado. Todos os demais resíduos foram misturados e declarados como lixo comum (96%), conforme apresentado na Figura 4.19.

Conclui-se então que os resíduos plásticos gerados foram misturados aos demais resíduos, sendo classificados como lixo comum e destinados para aterro sanitário.

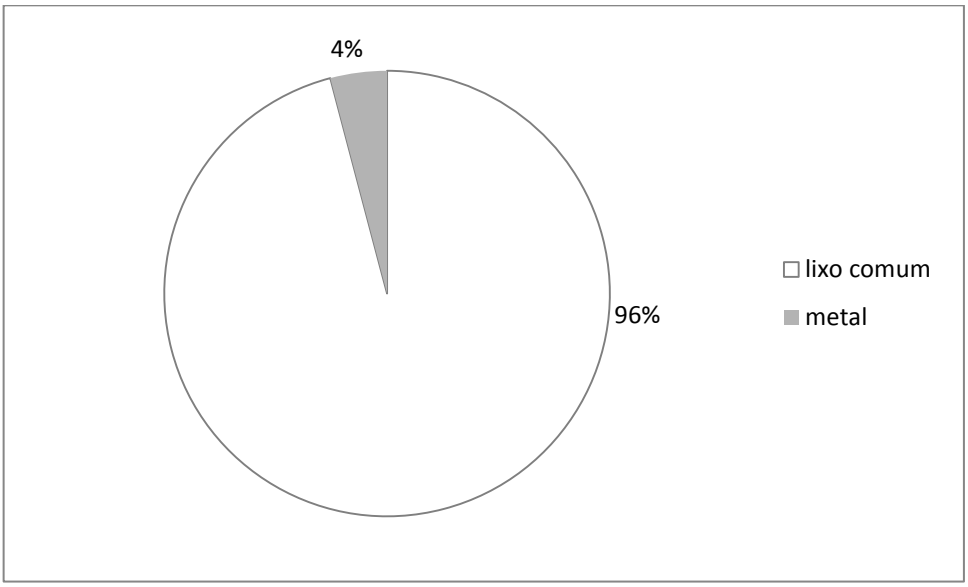


Figura 4.19: Percentual mássico de resíduos sólidos de embarcação do Porto de São Sebastião em 2011 e 2012.

4.2.15 Porto de Santos

Os dados da área não arrendada do Porto de Santos englobaram os anos de 2011 a 2013 e totalizaram a quantidade de 8.487,9 toneladas de resíduos. Deste montante, 68,9% corresponderam a lixo comum, enquanto o restante correspondeu a resíduos recicláveis. Porém, os resíduos recicláveis declarados nesta área corresponderam somente a metal, papel e vidro, sugerindo que os resíduos plásticos foram misturados aos rejeitos não recicláveis e classificados como lixo comum.

Já os dados relacionados à área arrendada do Porto de Santos corresponderam aos anos de 2012 e 2013. No ano de 2012 foram gerados 11.013,9 toneladas de resíduos, sendo 2% declarados como resíduos plásticos e 75% como lixo comum, conforme mostrado na Figura 4.20.

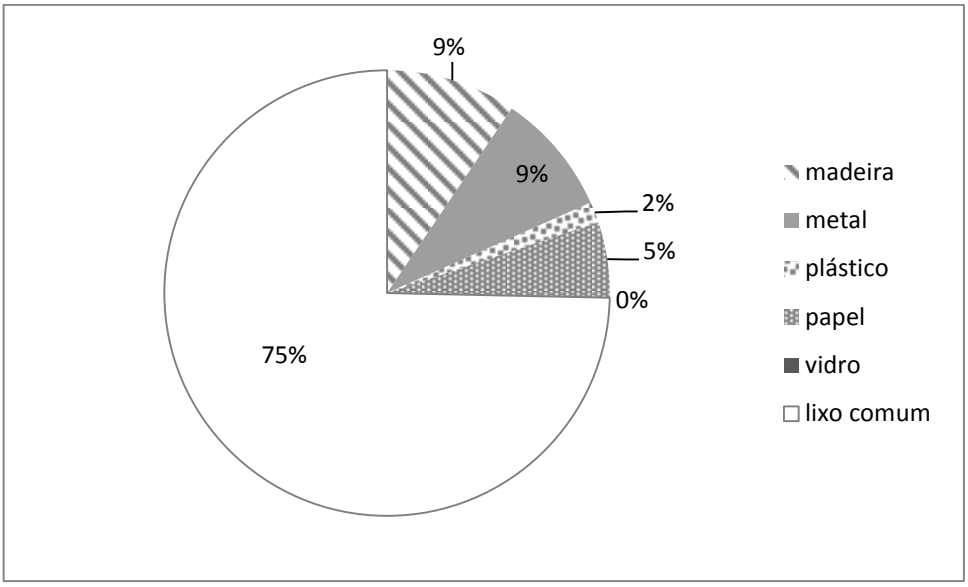


Figura 4.20: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Santos em 2012.

Apesar da baixa porcentagem, os 2% de resíduos plásticos corresponderam a uma quantidade de 165,7 toneladas. Desta quantidade, 6,6% foram encaminhados para aterro sanitário, em detrimento da reciclagem, conforme apresentado na Figura 4.21.

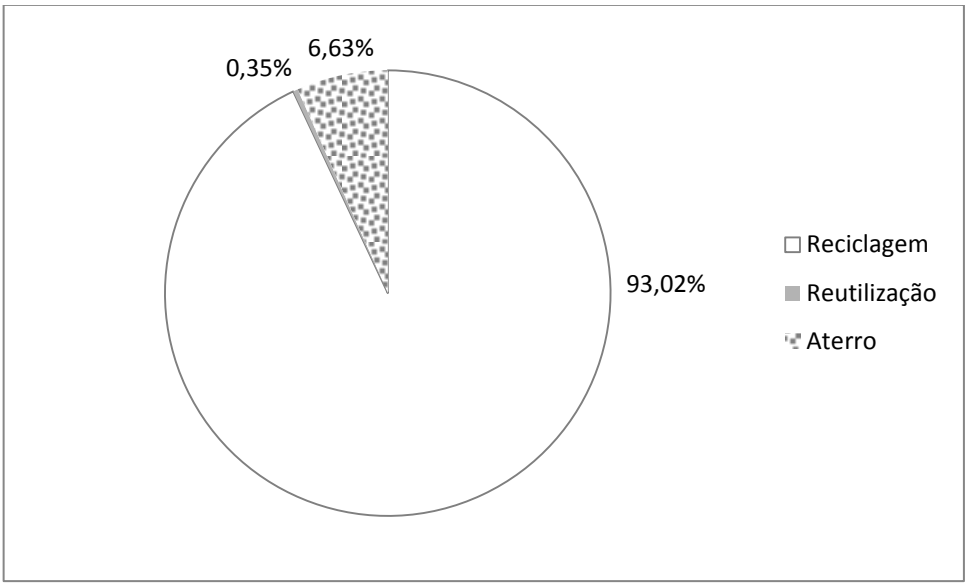


Figura 4.21: Destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto de Santos em 2012.

No ano de 2013 foram gerados 16.558,9 toneladas de resíduos, sendo 1% correspondente a resíduos plásticos e 74% a lixo comum (Figura 4.22).

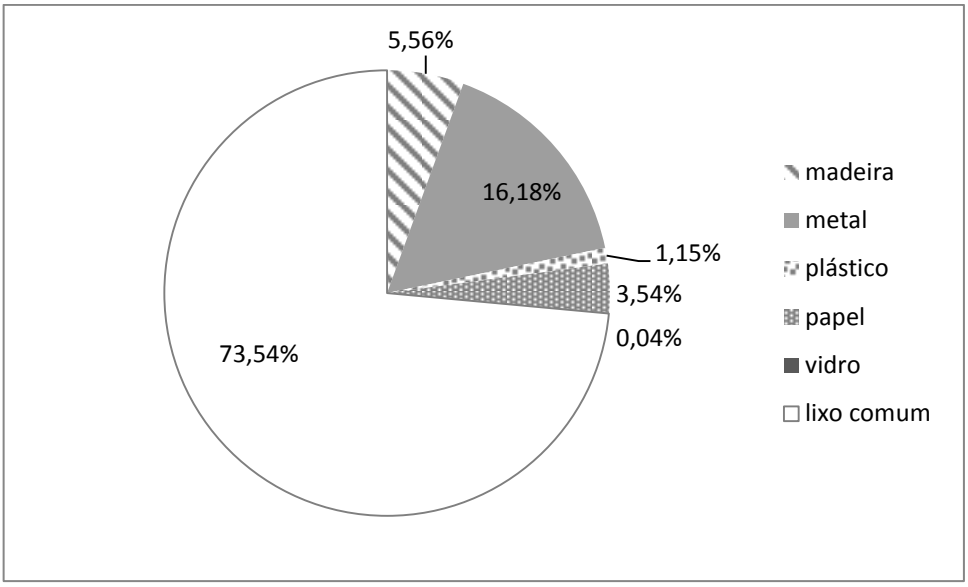


Figura 4.22: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de Santos em 2013.

Apesar da diminuição na porcentagem de resíduos plásticos, quando comparado o ano de 2013 em relação ao ano de 2012, a porcentagem de 1% correspondeu a uma quantidade de 190,2 toneladas, indicando o aumento da quantidade de plásticos no ano de 2013 quando comparado ao ano de 2012. Os dados relacionados à destinação deste total de resíduos plásticos segregado indicaram que uma porcentagem de 13,2% foi encaminhada para aterro sanitário (

Figura 4.23).

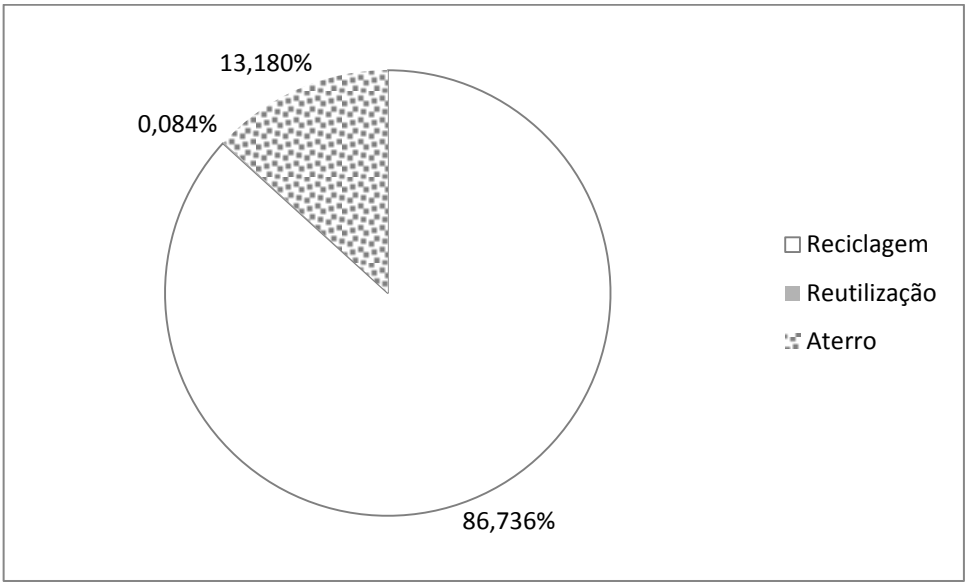


Figura 4.23: Destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto de Santos em 2013.

Em relação aos resíduos sólidos provenientes das embarcações no Porto de Santos, não foi possível detectar a quantidade de plástico gerado, ou mesmo de resíduos heterogêneos recicláveis, já que foram somente declarados resíduos de taifa (2.370 toneladas em 2013).

Resíduo de taifa, segundo a Companhia Docas do Estado de São Paulo na Resolução DP nº. 13.2014, de 03 de fevereiro de 2014 (CODESP, 2014), é definido como "resíduo operacional, não gasoso e não oleoso oriundo das embarcações, tais como resíduos de alimentação e embalagens equiparáveis a lixo doméstico, bem como os resíduos de operação e de manutenção do navio (fuligem, resíduos gerados na área de máquinas, borra de tinta, limpeza em geral, etc.). A depender da especificação dos resíduos poderá ser enquadrado como Classe I – Perigoso ou Classe II – Não Perigoso".

4.2.16 Porto de São Francisco do Sul

Os dados de três anos consecutivos (2010 a 2012) da área não arrendada do Porto de São Francisco do Sul totalizaram 629 toneladas de resíduos gerados, quando contabilizados o lixo comum e os resíduos recicláveis. Destaca-se que os resíduos recicláveis não são segregados por tipo de material, sendo quantificados de maneira global, exceto pela madeira. Não foi possível identificar a quantidade de resíduo plástico gerado. Este tipo de resíduo está englobado na parcela de heterogêneos recicláveis, a qual correspondeu a 14% do total gerado (Figura 4.24). Uma porcentagem alta de lixo comum foi verificada, correspondendo a 65%.

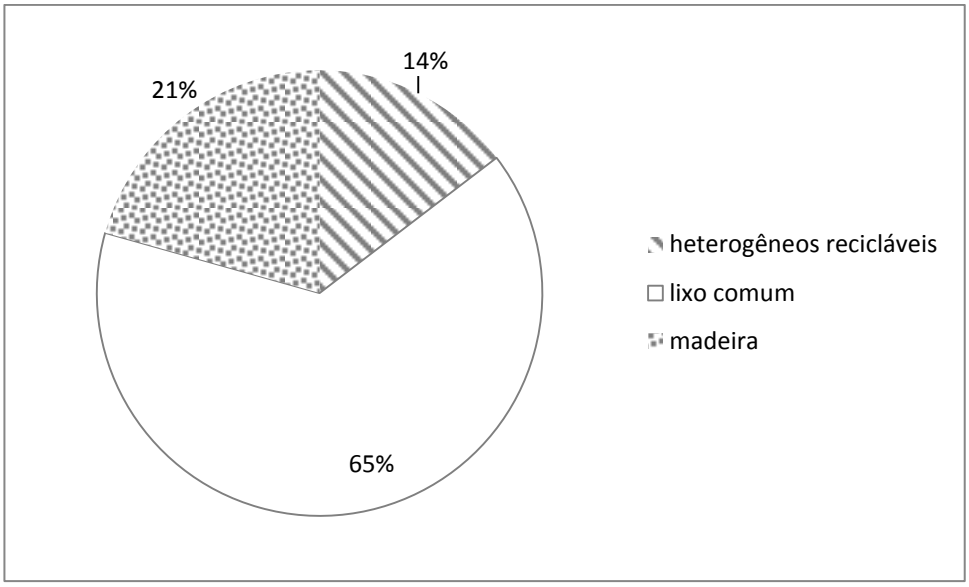


Figura 4.24: Percentual mássico de resíduos sólidos da área não arrendada do Porto de São Francisco do Sul, de 2010 a 2012.

A mesma forma de segregação dos resíduos foi realizada na área arrendada do Porto de São Francisco do Sul e também identificada nas embarcações. Ou seja, os resíduos foram declarados em heterogêneos recicláveis, madeira e lixo comum, sem possibilitar a quantificação específica do resíduo plástico.

No caso da área arrendada, os dados englobaram os anos de 2011 a 2013, e apontaram uma porcentagem de 19% de heterogêneos recicláveis em um total de 921,8 toneladas, conforme mostrado na Figura 4.25. Ainda na Figura 4.25 é possível verificar que 27% dos resíduos corresponderam a lixo comum.

Já no caso dos resíduos provenientes de embarcação os dados englobaram os anos de 2010 a 2013 e apontaram uma porcentagem de 38% de heterogêneos recicláveis (Figura 4.26) em um total de 1.835 toneladas de resíduos, a maior porcentagem se comparado com as duas outras áreas. Já a porcentagem de geração de lixo comum foi a menor em comparação com as outras duas áreas, correspondendo a 2% (Figura 4.26). Este fato sugere que neste caso a segregação de resíduos recicláveis para coleta seletiva é mais eficiente que nas outras duas áreas abordadas anteriormente no Porto de São Francisco do Sul.

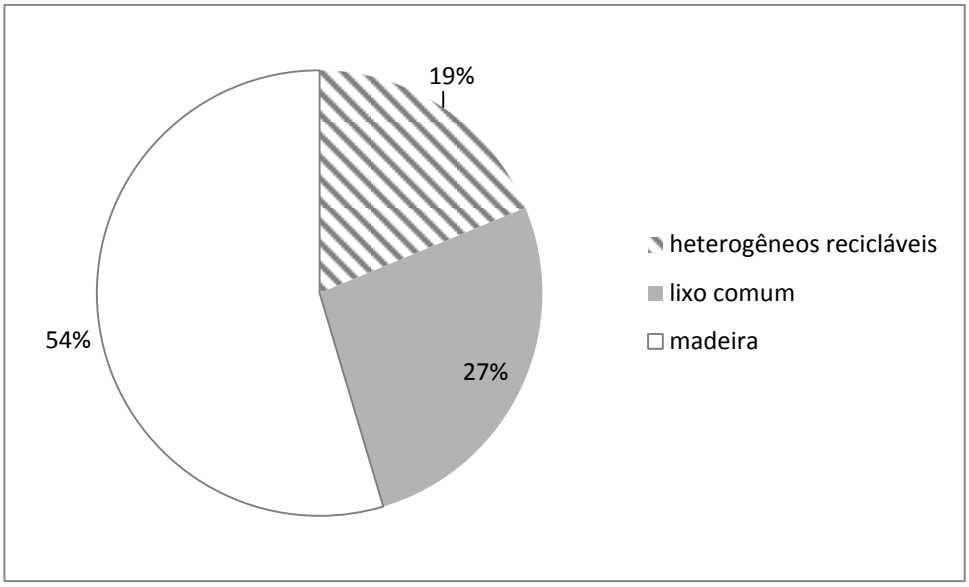


Figura 4.25: Percentual mássico de resíduos sólidos da área arrendada do Porto de São Francisco do Sul, de 2011 a 2013.

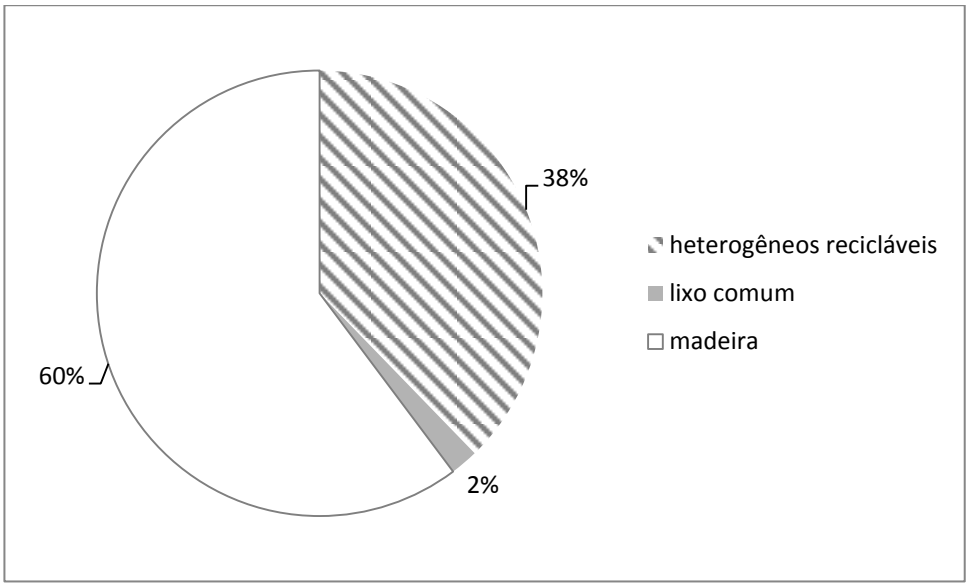


Figura 4.26: Percentual mássico de resíduos sólidos de embarcação do Porto de São Francisco do Sul, de 2010 a 2013.

4.2.17 Porto de Itajaí

É importante destacar que no Porto de Itajaí o gerenciamento de resíduos é realizado de maneira integrada, não sendo possível separar os resíduos de áreas arrendadas e não arrendadas. Essa gestão consiste em um convênio com a arrendatária, que paga uma taxa à Administração Portuária para o serviço em questão.

A avaliação de três anos consecutivos (2011, 2012 e 2013) do Porto de Itajaí apresentou uma alta porcentagem de resíduos recicláveis segregados, quando comparado a outros portos. Um total de 383,6 toneladas de resíduos sólidos foram gerados nos três anos de avaliação. Deste total, 46% corresponderam a resíduos recicláveis, conforme a Figura 4.27. Porém, os inventários mensais de resíduos não informam quais tipos de resíduos recicláveis e respectivas quantidades estão englobados nesta parcela. Sendo assim, não foi possível analisar a quantidade de resíduos plásticos gerados neste porto.

Todo resíduo reciclável é doado para Cooperativa dos Coletores de Material Reciclável da Foz do Rio Itajaí (Cooperfoz). Essa cooperativa foi implantada com o apoio do porto e é, inclusive, a cooperativa para onde a prefeitura destina os resíduos recicláveis gerados na cidade.

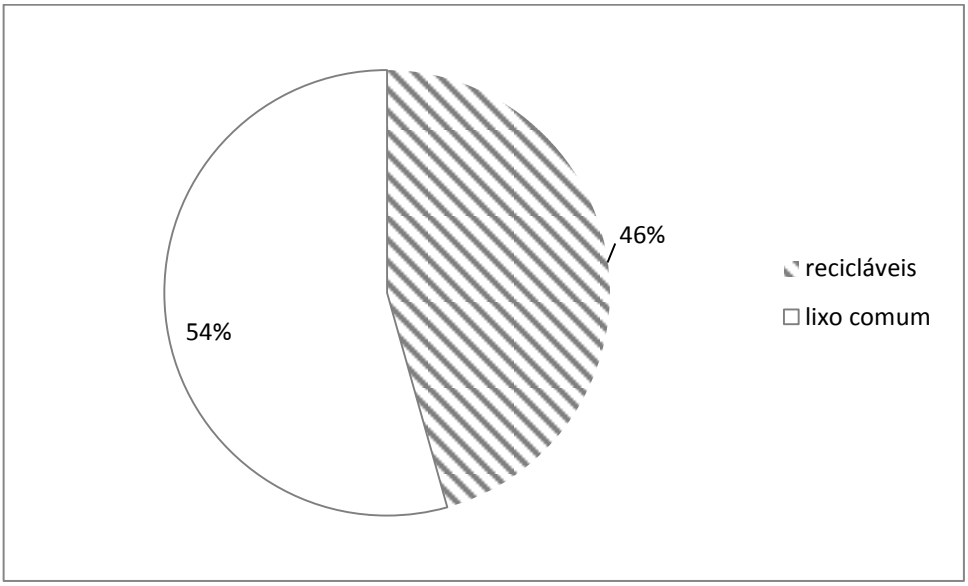


Figura 4.27: Percentual mássico de resíduos sólidos do Porto de Itajaí (área arrendada e não arrendada) em 2011, 2012 e 2013.

Em relação aos resíduos provenientes das embarcações, não considerando a retirada de resíduos oleosos líquidos, a grande maioria corresponde aos resíduos recicláveis. No ano de 2011 foram retirados 113 m^3 de resíduos sólidos, sendo 91% deste volume correspondentes a resíduos recicláveis. Contudo, foi possível observar que no Porto de Itajaí a média mensal de retiradas de resíduos deste tipo é

pequena, com somente 1,6 retiradas (19 retiradas em 12 meses). Apesar da grande porcentagem de resíduos de embarcação segregados, não foi possível detectar a quantidade de resíduos plásticos englobados nesta parcela, já que os manifestos de resíduos não apontam o tipo do resíduo reciclável gerado. A Administração Portuária exige que todo resíduo reciclável retirado de embarcação seja doado para a Cooperativa dos Coletores de Material Reciclável da Foz do Rio Itajaí (Cooperfoz).

4.2.18 Porto de Imbituba

Os resíduos sólidos recicláveis provenientes de toda a área portuária eram destinados, até maio de 2012, à cooperativa de reciclagem Cooperzimba, localizada em Imbituba – SC. Mas devido ao encerramento das atividades da cooperativa, os resíduos sólidos recicláveis passaram a ser destinados ao Aterro Sul da Serrana Engenharia, localizado no município de Laguna – SC.

No caso da área não arrendada, através da licitação do Edital 038/2013, uma empresa terceirizada passou a gerenciar, no final de 2013, os resíduos sólidos desta fonte geradora. A empresa executa, dentre outros, serviços de triagem de todos os resíduos gerados, sendo segregados e coletados de acordo com a classificação preconizada segundo a norma NBR 10.004 da ABNT.

Em 2013, os resíduos da área não arrendada do porto foram declarados todos como lixo comum (não havendo coleta seletiva) até agosto, sendo destinados para o aterro sanitário privado em Biguaçu – SC. Neste período (janeiro a agosto de 2013) foram destinados 27,5 toneladas de resíduos para o aterro. Porém, conforme explicado anteriormente, a partir de setembro de 2013, a segregação e coleta seletiva passaram a ser realizadas. Sendo assim, de setembro a novembro de 2013 foram gerados na área não arrendada 12,8 toneladas de lixo comum e aproximadamente 1,8 toneladas de resíduos recicláveis. A Figura 4.28 apresenta as porcentagens de resíduos geradas em 3 meses de avaliação com funcionamento da segregação, coleta seletiva e destinação correta dos resíduos recicláveis.

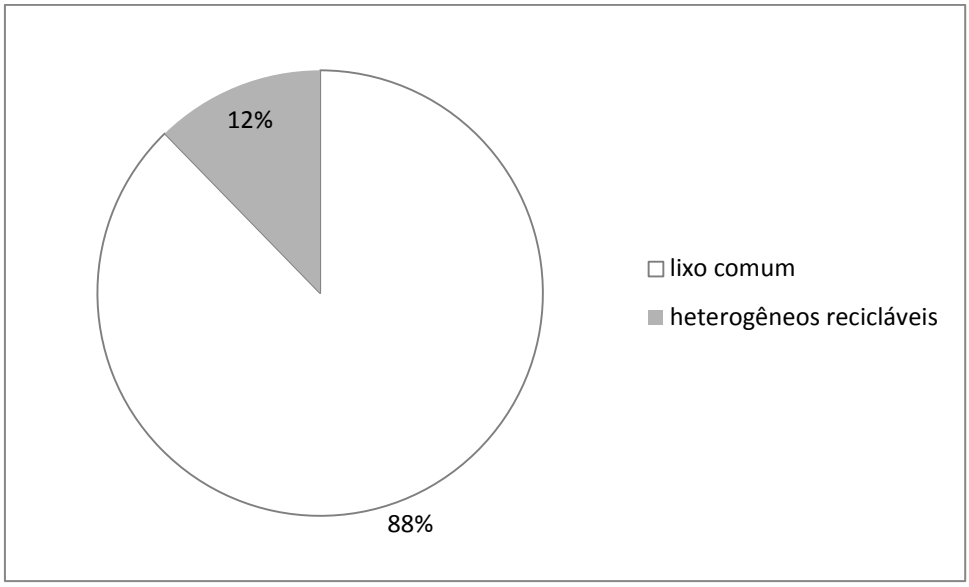


Figura 4.28: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área não arrendada do Porto de Imbituba de setembro a novembro de 2013.

Apesar de segregados e destinados para reciclagem, os inventários mensais não apresentam o tipo e respectivas quantidades de resíduo reciclável englobado na parcela total de resíduos recicláveis. Sendo assim, não foi possível determinar a quantidade de resíduo plástico gerada em 2013 na área não arrendada do Porto de Imbituba.

Quanto à área arrendada do porto, da mesma forma, de janeiro a agosto de 2013, todo o resíduo reciclável foi misturado ao lixo comum e destinado ao aterro sanitário (totalizando 59,3 toneladas). Já de setembro a novembro de 2013, com o início da realização da segregação e coleta seletiva, aproximadamente 5,3 toneladas de resíduos recicláveis foram encaminhados para reciclagem, correspondendo a 28% do total gerado de resíduos (Figura 4.29).

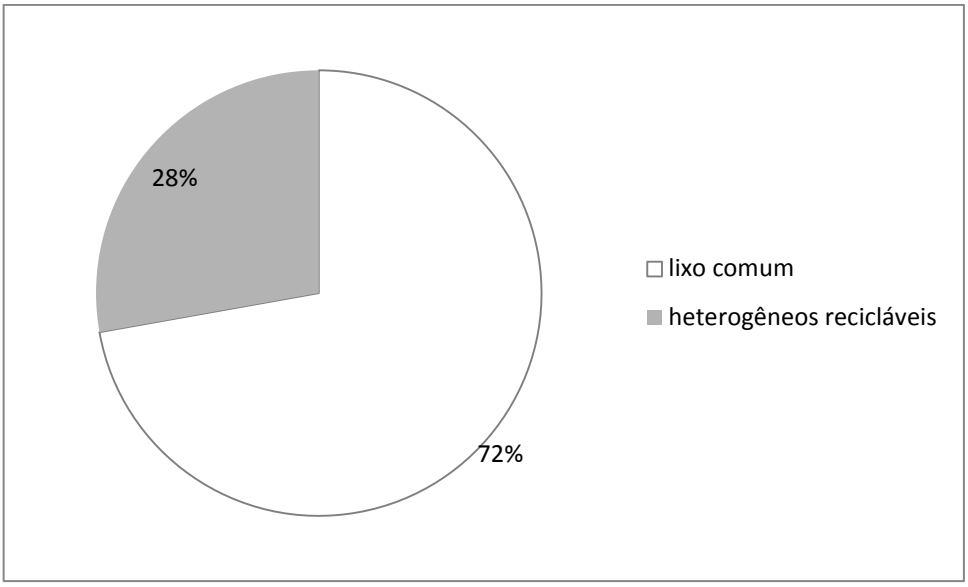


Figura 4.29: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Imbituba de setembro a novembro de 2013.

Apesar de segregados e destinados para reciclagem, os inventários mensais não apresentam o tipo e respectivas quantidades de resíduo reciclável englobado na parcela total de resíduos recicláveis, não sendo possível conhecer a quantidade de resíduo plástico gerada em 2013 na área arrendada do porto.

Não foi possível incluir a avaliação dos resíduos provenientes das embarcações do Porto de Imbituba neste trabalho, pois não houve disponibilização dos dados completos para um ano de geração pela Administração Portuária. De qualquer forma, os dados de quatro meses pontuais de 2013 mostraram o registro apenas de resíduos perigosos e lixo comum provenientes de embarcações, não sendo observada a segregação de resíduos recicláveis, incluindo os plásticos.

4.2.19 Porto do Rio Grande

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto do Rio Grande apresentaram somente o registro de resíduos perigosos nos inventários mensais de resíduos, e consequentemente, não foram utilizados nesta avaliação.

Os dados relacionados à área arrendada corresponderam ao ano de 2012, totalizando 15.543,4 toneladas de resíduos sólidos. Deste total, 16% foram identificados como resíduo plástico e somente 5% como lixo comum, conforme

apresentado na Figura 4.30. A grande quantidade de resíduo plástico segregada em um ano (2.528,4 toneladas) na área arrendada demonstra o grande potencial da área portuária na geração deste tipo de material.

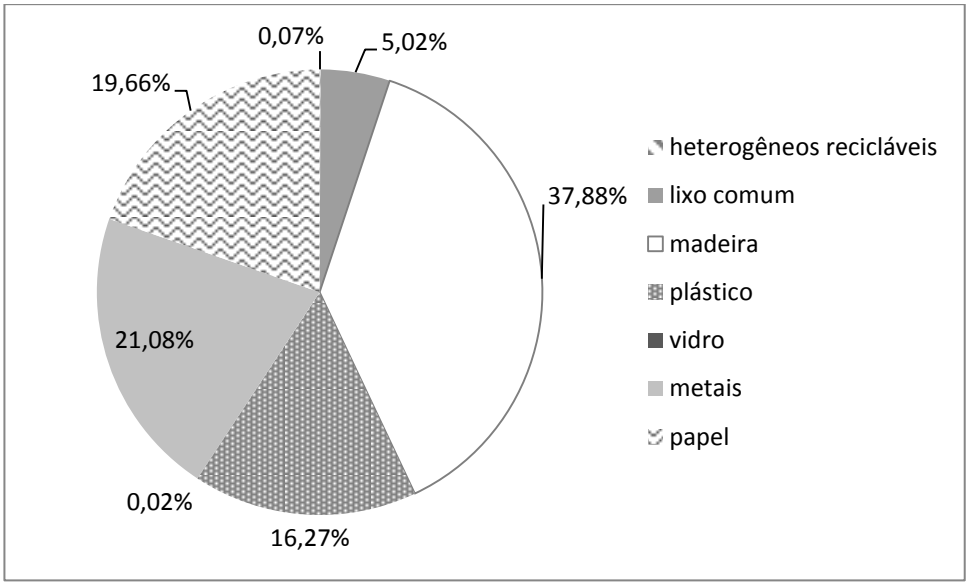


Figura 4.30: Percentual mássico de resíduos sólidos provenientes da área arrendada do Porto de Rio Grande em 2012.

Apesar da grande quantidade de resíduos plásticos segregados, os dados mostram que nem toda esta quantidade foi encaminhada para reciclagem. Conforme observado, 7% do total segregado de plástico foram destinados para o aterro sanitário municipal em detrimento da reciclagem. A destinação do restante do material foi registrada no inventário de resíduos sem informação sobre a forma utilizada, se aterro ou outra, conforme a Figura 4.31 Apesar de não informado, foi possível observar que todo este material foi transportado para uma mesma empresa receptora com atividade de “comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicas”. Pode-se inferir, então, que os 93% de plástico, apesar de não possuírem destinação informada de forma clara, foram encaminhados para reciclagem.

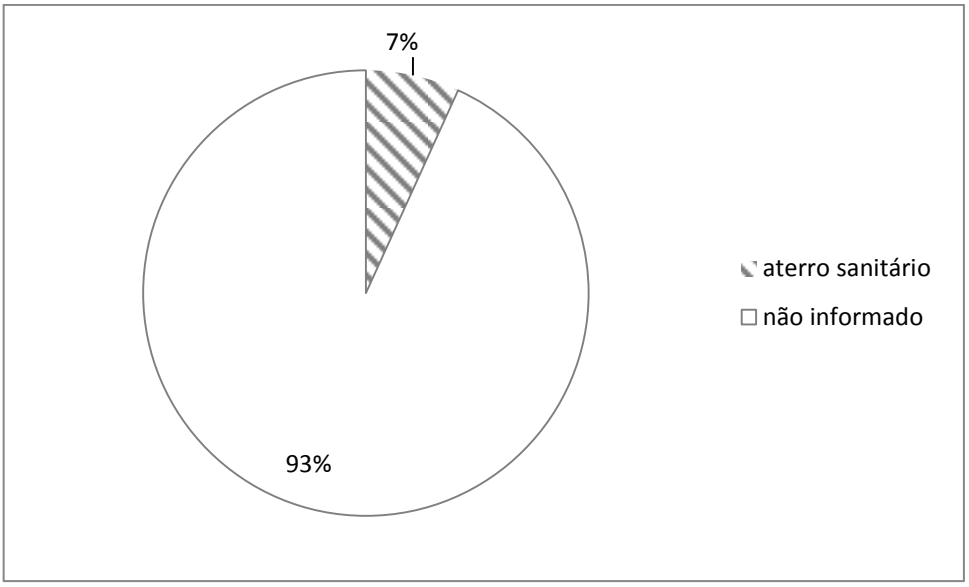


Figura 4.31: Destinação dos resíduos plásticos provenientes da área arrendada do Porto de Rio Grande em 2012.

Quanto aos resíduos provenientes de embarcação, assim como aconteceu na área arrendada, os dados sugerem que a segregação dos resíduos recicláveis é realizada de forma eficiente, já que mais de 98% de 488,4 m^3 de resíduos corresponderam a resíduos recicláveis no ano de 2012 (Figura 4.32).

Os resíduos plásticos não foram registrados nos manifestos analisados, concluindo-se que estes foram misturados a outros tipos de resíduos recicláveis e declarados como heterogêneos recicláveis, os quais apresentaram uma porcentagem de aproximadamente 98% do total.

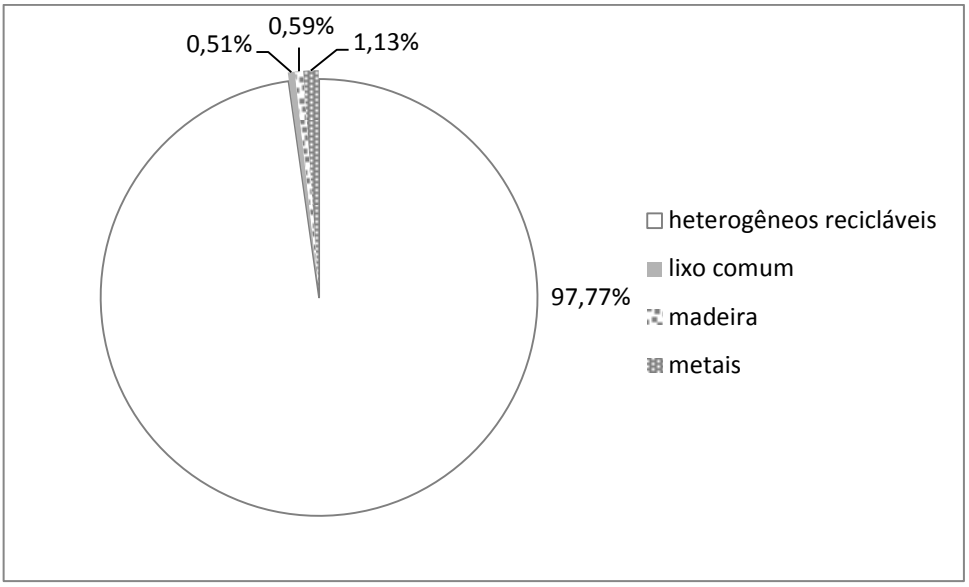


Figura 4.32: Percentual volumétrico de resíduos sólidos provenientes das embarcações do Porto de Rio Grande em 2012.

4.2.20 Porto do Rio de Janeiro

Conforme citado no início deste Capítulo 4, uma maior ênfase foi dada ao Porto do Rio de Janeiro pelo maior volume de dados obtidos, sendo este, então, subdividido em outros itens para melhor análise.

4.2.20.1 ÁREA NÃO ARRENDADA

Os dados relacionados à área não arrendada do Porto do Rio de Janeiro corresponderam aos anos de 2010 a 2013, totalizando uma quantidade de 990,1 toneladas de resíduos. O resíduo da área não arrendada do porto não é segregado, sendo todo ele declarado como lixo comum e destinado para aterro sanitário.

Apesar de não segregado, foi possível estimar a quantidade de plástico neste total, através da análise gravimétrica encontrada no Relatório Diagnóstico do Porto do Rio de Janeiro (SEP/PR e UFRJ, 2014c). Por meio desta análise estimou-se a composição média dos diferentes tipos de resíduos encontrados no lixo comum da área não arrendada do Porto do Rio de Janeiro, indicando um percentual médio de 52% em participação em massa (kg) dos plásticos no total gerado.

Segundo esta análise gravimétrica, uma quantidade de 514,9 toneladas de resíduos plásticos pode ter sido gerada em quatro anos consecutivos, provenientes da área

não arrendada do Porto do Rio de Janeiro, deixando de ser reciclados para serem aterrados.

4.2.20.2 ÁREA ARRENDADA

Já em relação à área arrendada do Porto do Rio de Janeiro, os dados registrados nos inventários mensais de resíduos dos anos de 2011 a 2013, revelaram a geração de 21.891,2 toneladas de resíduos sólidos, conforme a Tabela 4.3. Para os resíduos plásticos foi verificado um grande aumento da geração / segregação do ano de 2012 para 2013. Entre esses dois anos, a geração e segregação de plásticos da área arrendada aumentaram mais que o dobro. Este fato pode estar relacionado ao aumento de operações portuárias no ano de 2013, aumentando a quantidade de resíduos gerados, assim como uma maior eficiência nas práticas de segregação dos resíduos plásticos.

Tabela 4.3: Geração de resíduos sólidos por tipo na área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013.

Tipo de resíduo	Quantidade anual de resíduos (kg)			
	2011	**2012**	**2013**	**Total**
Lixo comum	194.095	632.249	382.880	**1.209.224**
Madeira	719.102	1.193.700	1.176.000	**3.088.802**
Metal	4.825.138	10.313.310	2.021.698	**17.160.146**
Papel	53.145	31.718	58.257	**143.120**
Plástico	79.032	47.737	111.169	**237.938**
Vidro	-	44.820	7.165	**51.985**
Total	**5.870.512**	**12.263.534**	**3.757.169**	**21.891.215**

A Figura 4.33 mostra o percentual de cada tipo de resíduo registrado nos inventários do ano de 2011 a 2013 na área arrendada do Porto do Rio de Janeiro. Do total

gerado, uma parcela de 78,4% foi correspondente a resíduos de metal, 14,1% a resíduos de madeira, 5,5% a lixo comum, 1% a plástico, 0,7% a papel e 0,2% a vidro. Sendo assim, foi possível observar que a porcentagem de resíduo plástico gerado e segregado foi significativa, sendo maior que papel e vidro somados.

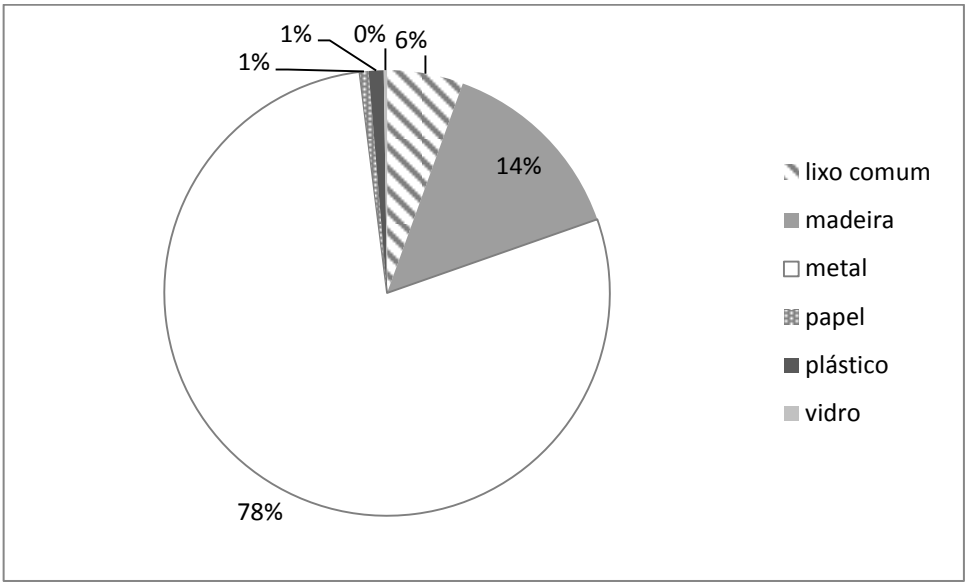


Figura 4.33: Percentual mássico de resíduos sólidos na área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013.

A porcentagem de contribuição de cada arrendatária na geração de resíduos plásticos ao longo dos três anos está apresentada na Figura 4.34. Observou-se que duas arrendatárias (Terminal 1 e 2) contribuíram com porcentagens muito similares (13% e 14% em massa, respectivamente). Essas arrendatárias possuem o mesmo tipo de atividade, sendo terminais de contêineres.

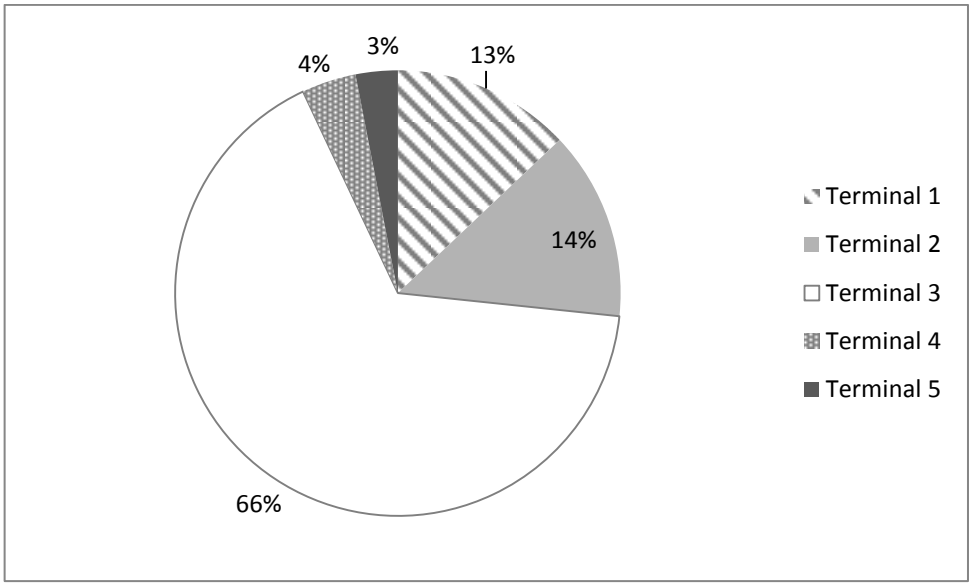


Figura 4.34: Contribuição de cada arrendatária do Porto do Rio de Janeiro na geração de resíduos plásticos de 2011 a 2013.

Na arrendatária representada pelo Terminal 2 a identificação do tipo de plástico gerado foi realizada pois esta informação foi registrada no inventário mensal de resíduos. Foi observado que a maioria dos resíduos plásticos segregados (70%) correspondia ao tipo filme, já que este tipo de material é amplamente usado para embalar cargas. O segundo maior tipo observado foi de plástico rígido (26%), provenientes de bombonas e outras peças plásticas descartadas. O plástico do tipo PET correspondeu a 4% de todo o plástico segregado neste terminal, sendo praticamente todo proveniente de garrafa usada no refeitório da empresa (Figura 4.35).

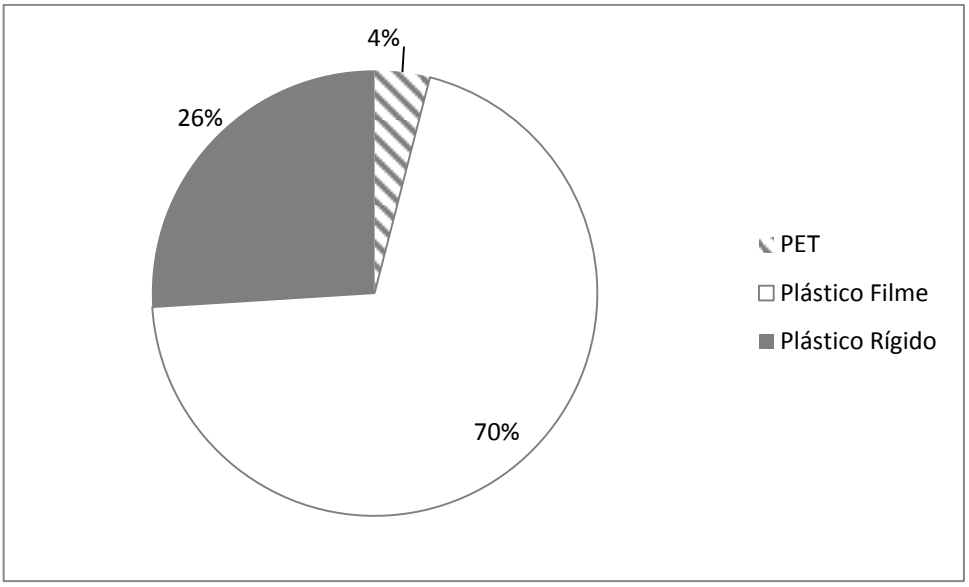


Figura 4.35: Tipo de plástico gerado no Terminal 2 do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013.

Para averiguar a destinação dos resíduos plásticos provenientes das arrendatárias do Porto do Rio de Janeiro, as empresas receptoras declaradas nos inventários mensais de resíduos foram pesquisadas quanto a sua atividade. Essa medida foi tomada, já que a grande maioria dos inventários de resíduos das arrendatárias não possuía a informação clara quanto à destinação. A Figura 4.36 mostra que 88,6% dos resíduos plásticos foram destinados a empresas com atividade de comércio atacadista de resíduos, 7% não foram informados e 4,4% foram destinados a aterro sanitário. É importante destacar que nos Terminais 2 e 3, todo plástico segregado foi enviado para comércio atacadista de resíduos. Nos Terminais 4 e 5, não houve qualquer indicação sobre a destinação dos resíduos plásticos. Já no Terminal 1, houve a indicação de 66% dos resíduos plásticos para comércios atacadistas de resíduos, enquanto o restante foi enviado para aterro sanitário.

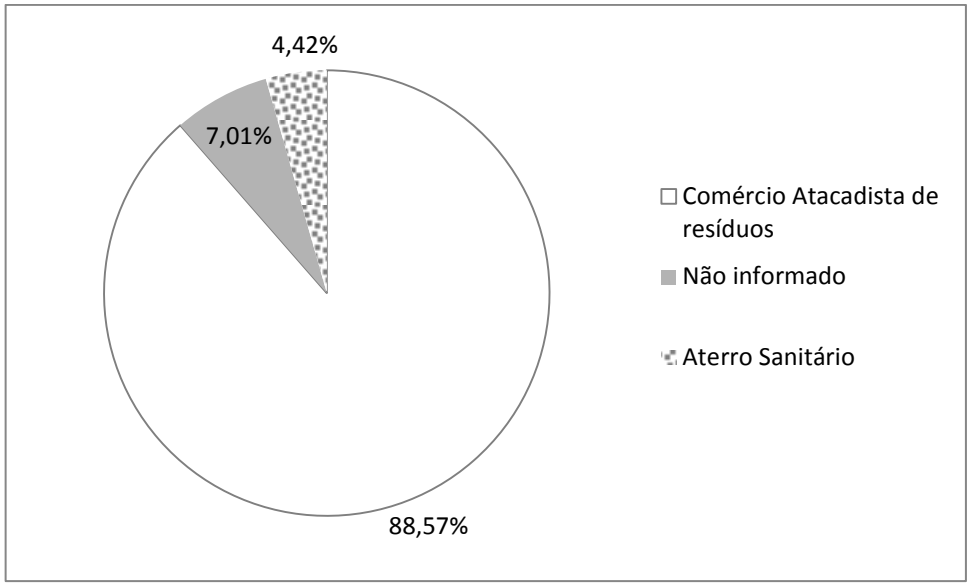


Figura 4.36: Destinação dos resíduos plásticos provenientes da área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013.

Um total de 5 empresas receptoras foram declaradas nos inventários mensais de resíduos das arrendatárias entre os anos de 2011 e 2013. A distribuição dos resíduos plásticos entre essas cinco empresas receptoras se encontra na Figura 4.37. As empresas de A a D são consideradas de comércio atacadista de resíduos e uma única empresa (E), aterro sanitário.

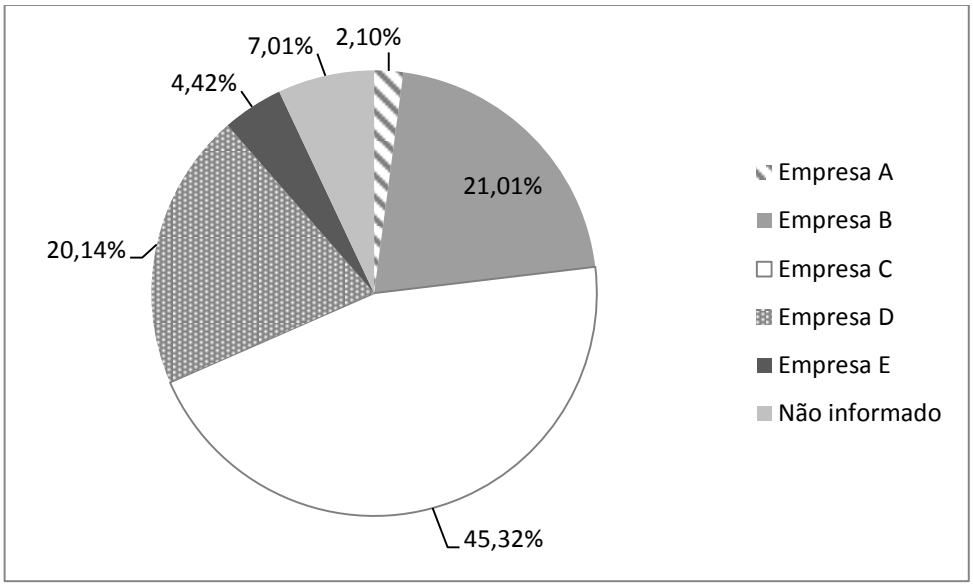


Figura 4.37: Participação das empresas receptoras na destinação dos resíduos plásticos da área arrendada do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2013

4.2.20.3 GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS DE EMBARCAÇÕES NO PORTO DO RIO DE JANEIRO

Os dados analisados, entre o ano de 2011 e 2012, revelaram que não houve padronização quanto à unidade de medida declarada nos manifestos de transporte de resíduos plásticos retirados das embarcações no Porto do Rio de Janeiro. As unidades de medida aparecem ora em massa (kg), ora em volume (m^3).

Em se tratando do plástico, material que apresenta diferentes densidades dependendo do tipo, a conversão dos valores, necessária em termos comparativos, é complicada. Por isso, os valores encontrados foram analisados seguindo as respectivas unidades declaradas. Sendo assim, os resultados são apresentados de acordo com as unidades declaradas, em gráficos distintos.

É válido ressaltar que muitos manifestos foram cancelados ao longo do processo em virtude da desistência de realização da retirada, sendo portanto excluídos da análise.

Os manifestos de resíduos plásticos que se apresentavam sem o preenchimento da quantidade retirada e/ou unidade de medida utilizada para quantificação também foram verificados, sendo contabilizados para análise do cenário encontrado e denominados de manifestos plásticos não válidos.

Além disso, muitos manifestos foram encontrados ainda em processo aberto, ou seja, a solicitação e retirada de resíduos da embarcação foram registradas na Administração Portuária, porém uma das vias do manifesto, até o momento da análise para o trabalho (2014), ainda não havia voltado para armazenamento na Administração Portuária. Deste modo, a informação quanto ao tipo de resíduo e quantidade retirada da embarcação, ainda não se encontrava disponível para análise. Ressalta-se que, visto o ano da última atualização dos dados, 2014, foi possível verificar que mesmo após um ou dois anos da retirada dos resíduos, muitos processos continuaram em aberto, concluindo-se que, provavelmente, não serão fechados. Ou seja, a via com as informações quanto ao tipo de resíduo e respectiva quantidade retirada, assim como transportador, receptor e destinação do respectivo resíduo, muitas das vezes, acaba não voltando para a Autoridade Portuária. Este fato é um grande obstáculo para a realização de uma análise realista do cenário quantitativo e qualitativo dos resíduos de embarcação.

A) Cenário analisado: Emissão de manifestos

Os dados relacionados ao ano de 2011 revelaram a emissão de um total de 2.871 manifestos de resíduos de embarcação do Porto do Rio de Janeiro. Deste total, 193 são referentes a processos em aberto (não foi registrado na Autoridade Portuária o tipo de resíduo e sua respectiva quantidade retirada), 496 são relacionados à retirada de efluentes, 374 são referentes a resíduos sólidos perigosos e também resíduos facilmente degradáveis e 1.808 manifestos são correspondentes a resíduos recicláveis e lixo comum, que representaram uma porcentagem de 63% do total de manifestos emitidos (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em 2011.

Manifestos	Quantidade (unidade)	%
Em aberto	193	7
Efluentes	496	17
Resíduos sólidos perigosos/ resíduos facilmente biodegradáveis	374	13
Resíduos sólidos recicláveis/ lixo comum	1808	63
Total	**2871**	**100**

Os resíduos plásticos, segregados ou não, se encontram na parcela dos resíduos sólidos recicláveis e lixo comum. Portanto, excluindo a parcela de processos em aberto, efluentes, resíduos perigosos e facilmente biodegradáveis, uma parcela significativa de 22% dos manifestos totais emitidos correspondeu a resíduos plásticos (Tabela 4.5). É importante ressaltar que 36 manifestos de resíduos plásticos foram considerados como “não válidos”, já que o campo no formulário relacionado à quantidade e/ou unidade de medida não foi preenchido. Esta parcela representou uma porcentagem de 2% (Tabela 4.5).

Tabela 4.5: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações referentes a plásticos no Porto do Rio de Janeiro em 2011.

Manifestos de resíduos plásticos	**Quantidade (unidade)**	**%**
Válidos	355	20
Não válidos	36	2
Outros	1417	78
Total	**1808**	**100**

Os dados relacionados ao ano de 2012 revelaram a emissão de um total de 2.915 manifestos de resíduos de embarcação do Porto do Rio de Janeiro. Deste total, 335 são referentes a processos em aberto (não foi registrado na Administração Portuária o tipo de resíduo e sua respectiva quantidade retirada), 171 são relacionados à retirada de efluentes, 461 são referentes a resíduos sólidos perigosos e também resíduos facilmente biodegradáveis e 1.948 manifestos são correspondentes a resíduos recicláveis e lixo comum, que representaram uma porcentagem de 67% do total de manifestos emitidos (Tabela 4.6 e Figura 4.38).

Tabela 4.6: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em 2012.

Manifestos	**Quantidade (unidade)**	**%**
Em aberto	335	11
Efluentes	171	6
Resíduos sólidos perigosos/ resíduos facilmente biodegradáveis	461	16
Resíduos sólidos recicláveis/ lixo comum	1948	67
Total	**2915**	**100**

Visando uma análise mais detalhada dos resíduos plásticos, a parcela dos resíduos sólidos recicláveis e lixo comum foram verificadas. Portanto, excluindo a parcela de processos em aberto, efluentes, resíduos perigosos e facilmente biodegradáveis, uma parcela significativa de 19% dos manifestos totais emitidos correspondeu a resíduos plásticos (Tabela 4.7). Em relação aos resíduos plásticos, 12 manifestos foram considerados como “não válidos”, já que o campo no formulário relacionado à quantidade e/ou unidade de medida não foi preenchido. Esta parcela representou uma porcentagem de 1% (Tabela 4.7).

Tabela 4.7: Quantidade de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações referentes a plásticos no Porto do Rio de Janeiro em 2012.

Manifestos de resíduos plásticos	**Quantidade (unidade)**	**%**
Válidos	353	18
Não válidos	12	1
Outros	1583	81
Total	**1948**	**100**

Foi possível detectar, como ponto negativo, quando comparado o ano de 2011 com o ano de 2012, um aumento do número de processos em aberto e como ponto positivo, a diminuição do número de manifestos de resíduos plásticos não válidos, conforme mostrado na Figura 4.38.

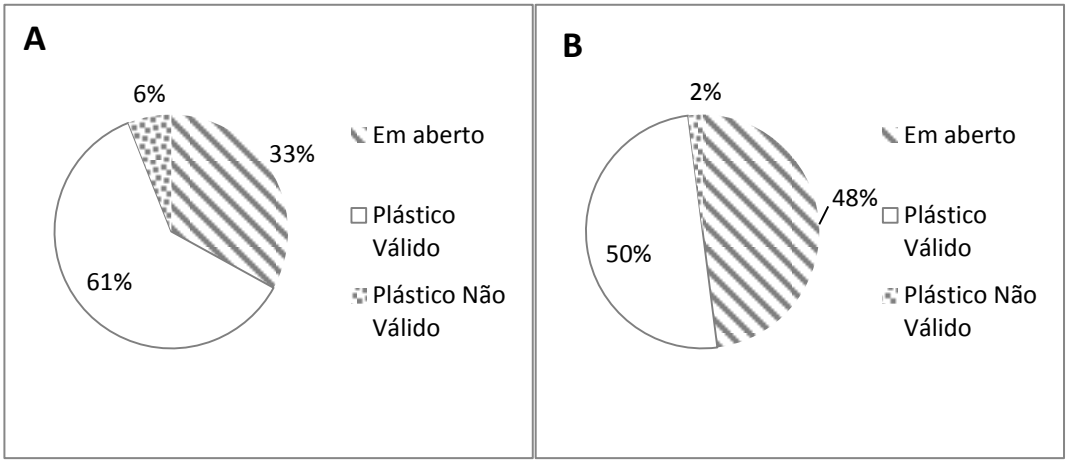


Figura 4.38: Quantidade percentual de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações, referentes a plásticos e processos em aberto, em A) 2011 e B) 2012.

Vale salientar que o potencial quantitativo de manifestos relacionados aos resíduos plásticos é maior do que verificado nos gráficos, tendo em vista a parcela de processos em aberto.

B) Cenário analisado: Unidades de medida e quantificação dos resíduos plásticos

Conforme mencionado anteriormente, diferentes unidades de medida foram declaradas nos manifestos para resíduos plásticos, dificultando a quantificação total e comparação entre os anos. Porém, foi verificado que a maioria dos manifestos de plásticos para o ano de 2011 e 2012 apresentou a declaração do resíduo em unidade de massa (kg).

Analisando os manifestos referentes a resíduos plásticos válidos de 2011 e 2012, 83% e 81% dos manifestos apresentaram o resíduo declarado em massa (kg) respectivamente (Figura 4.39).

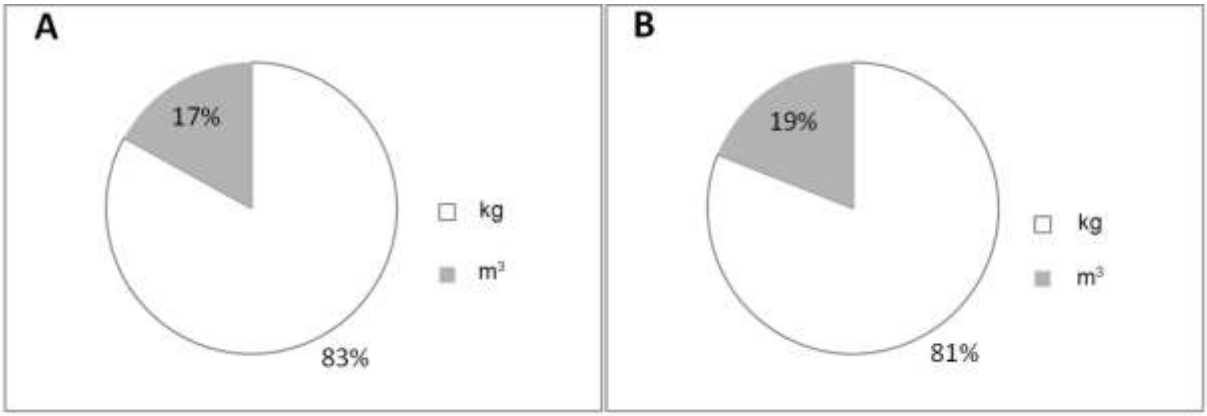


Figura 4.39: Quantidade percentual de manifestos emitidos no processo de retirada de resíduos de embarcações, referentes a plásticos, com declaração em massa (kg) e volume (m^3) no Porto do Rio de Janeiro em A) 2011 e B) 2012.

A Tabela 4.8 indica as quantidades de plástico em diferentes unidades de medida verificadas nos manifestos. A quantidade declarada em volume (m^3) não mudou significantemente de 2011 para 2012. Já na quantidade declarada em massa (kg) houve um aumento significativo.

Tabela 4.8: Quantidades de plásticos em diferentes unidades de medida verificadas nos manifestos de embarcações do Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012.

Unidade	Ano	
	2011	2012
kg	14.300	299.956
m^3	403	310

Como não houve aumento significativo no número de manifestos de resíduos plásticos emitidos (declarados em kg) entre os anos de 2011 e 2012, conforme destacado na Tabela 4.9, o aumento significativo da quantidade de plásticos gerados em 2012, quando comparado ao ano de 2011, foi oriundo de um aumento na quantidade retirada de plásticos por manifesto (Tabela 4.9).

O aumento significativo da quantidade de resíduos plásticos em 2012 pode sugerir que a segregação dos plásticos na fonte tenha sido realizada de maneira mais efetiva nas embarcações em 2012.

Tabela 4.9: Número de manifestos referentes a plásticos, quantidade total de plásticos e quantidade média de plástico por manifestos, no Porto do Rio de Janeiro, em 2011 e 2012.

	Número de manifestos		Quantidade de plástico		Quantidade média de plástico por manifesto	
Ano / Unidade	2011	2012	2011	2012	2011	2012
kg	294	287	14.300	299.956	48,6	1.045,1
m^3	61	67	403	310	6,6	4,6

C) Cenário analisado: tipo de embarcação

O tipo de embarcação que mais retirou resíduos plásticos no Porto do Rio de Janeiro, tanto em 2011 como em 2012, foi representada pela embarcação do tipo Multifuncional (*Supply*). No caso do ano de 2011, o segundo tipo de embarcação que mais retirou resíduos plásticos foi do tipo Passageiros, seguido pelas embarcações do tipo Cargueiro.

A recorrente presença de embarcações do tipo Multifuncionais (*Supply*) no Porto do Rio de Janeiro aponta o papel de base de apoio deste porto às plataformas de exploração de petróleo. Este tipo de embarcação é utilizado principalmente no suporte desta atividade, carregando ou descarregando as plataformas com suprimentos e equipamentos, além de realizar a retirada dos resíduos gerados nas mesmas. Com relação aos navios de passageiros, segunda maior ocorrência no Porto do Rio de Janeiro, vale ressaltar que estes estão diretamente relacionados ao panorama turístico da cidade (cruzeiros marítimos). Por esse motivo, apresentam uma sazonalidade específica que acompanha o calendário da alta temporada turística da cidade.

É válido ressaltar que não foi possível contabilizar os navios de passageiros que retiraram resíduos plásticos no ano de 2012 porque todas as retiradas de resíduos de navios de passageiros neste ano ainda encontram-se em processo aberto na Administração Portuária.

A Tabela 4.10 evidencia o número de manifestos relacionados a resíduos plásticos emitidos por tipo de embarcação nos anos de 2011 e 2012. Os manifestos foram

separados, para cada ano, por tipo de unidade de medida declarada. Destaca-se que para o ano de 2012 existem 67 manifestos de retirada de resíduos de navios de passageiros, porém todos os processos encontram-se, até o momento, em aberto. Desta maneira não foi possível identificar quantos manifestos foram relacionados especificamente aos resíduos plásticos.

Tabela 4.10: Número de manifestos de resíduos plásticos por tipo de embarcação no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012.

Tipo de embarcação	**2011**		**2012**	
	kg	**m^3**	**kg**	**m^3**
Multifuncional (*Supply*)	283	35	272	66
Passageiro	1	23	MA	MA
Cargueiro	9	0	10	1
Outros	1	3	4	0

MA = Manifestos com processo em aberto, não sendo possível identificar quantos manifestos foram especificamente relacionados aos resíduos plásticos.

As quantidades totais em massa e volume para cada tipo de embarcação nos anos de 2011 e 2012 estão apresentadas na Tabela 4.11. Com estas quantidades e respectivos números de manifestos por tipo de embarcação foi possível determinar a média da quantidade de resíduos plásticos retirada por manifesto e por tipo de embarcação (Tabela 4.12).

Tabela 4.11: Quantidade de resíduos plásticos por tipo de embarcação no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012.

Tipo de embarcação	2011		2012	
	kg	m^3	kg	m^3
Multifuncional (*Supply*)	13.863,6	121,94	299.342,7	310
Passageiro	80	267,95	MA	MA
Cargueiro	312	0	449	0,1
Outros	45	13,5	165	0

MA = Manifestos com processo em aberto, não sendo possível identificar quantos manifestos foram especificamente relacionados aos resíduos plásticos.

Tabela 4.12: Média da quantidade de resíduos plásticos retirada por manifesto por tipo de embarcação no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012.

Tipo de embarcação	2011		2012	
	kg	m^3	kg	m^3
Multifuncional (*Supply*)	49	3,5	1.100,5	4,7
Passageiro	80	11,65	MA	MA
Cargueiro	34,7	0	44,9	0,1
Outros	45	4,5	41,2	0

MA = Manifestos com processo em aberto, não sendo possível identificar quantos manifestos foram especificamente relacionados aos resíduos plásticos.

Foi verificado que, em 2011, apesar da grande maioria dos manifestos de resíduos plásticos terem sido emitidos a partir das embarcações do tipo Multifuncional (*Supply*), o que consequentemente gerou grande quantidade de plásticos total para este tipo de embarcação, quando analisada a quantidade média gerada por tipo de

embarcação, os navios de passageiros (como cruzeiros marítimos) mostraram uma geração significantemente maior de plástico. Enquanto as embarcações do tipo Multifuncional (*Supply*) geraram uma média de 49 kg de plástico (quando declarado em massa) e 3,5 m^3 (quando declarado em volume) por manifesto, as embarcações de passageiros geraram uma média de 80 kg de plástico (quando declarado em massa) e 11,7 m^3 (quando declarado em volume) (Tabela 4.12).

Em 2012 foi verificado aumento das médias de geração de plástico por manifestos para os tipos de embarcação do tipo Multifuncional (*Supply*) e cargueiro (Tabela 4.12), principais tipos de embarcações do Porto do Rio de Janeiro, juntamente com os navios de embarcação. Porém, os dados para as embarcações de passageiros não foram passíveis de verificação, já que se apresentavam em processo aberto na Administração Portuária.

D) Homogeneização das quantidades em função das unidades utilizadas para a quantificação dos plásticos

Visando uma melhor compreensão e visualização dos dados relacionados aos resíduos de embarcação no Porto do Rio de Janeiro, foi realizada a conversão dos valores declarados em volume (m^3) para massa (kg). Foi utilizado, neste trabalho, o fator de conversão encontrado nos relatórios internos do Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros (projeto da UFRJ vinculado a SEP/PR). Segundo esses relatórios, o fator de conversão foi identificado a partir de trabalho de campo no Porto do Rio de Janeiro, sugerindo que 1m^3 de resíduos plásticos do porto equivale a 50 kg.

A Tabela 4.13 apresenta as quantidades de cada tipo de resíduo por ano e respectivas somas.

Tabela 4.13: Quantidades estimadas de resíduos sólidos por tipo oriundos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em 2011 e 2012.

Tipo de resíduo	Quantidade (kg)		
	2011	2012	Total
Lixo comum	69.812,5	366.755,5	**436.568**
Recicláveis heterogêneos	2.862,9	1.188,6	**4.051,5**
Metal	40.735,5	285.507,3	**326.242,8**
Madeira	8.585,5	9.165,1	**17.750,6**
Papel	56.305,5	589.940,5	**646.246**
Vidro	73.380,8	54.765	**128.145,8**
Plástico	34.470,1	315.456,7	**349.926,8**
Total	**286.152,8**	**1.622.779**	**1.908.931,5**

Foi observado um aumento significativo do plástico, quando comparado o ano de 2012 com o de 2011 (Tabela 4.13). Este fato pode estar relacionado ao aumento de operações portuárias no ano de 2012, aumentando a quantidade de resíduos gerados, assim como uma maior eficiência nas práticas de segregação dos resíduos plásticos.

A Figura 4.40 mostra as porcentagens de cada tipo de resíduo por ano. A diminuição do lixo comum e dos heterogêneos recicláveis pode indicar, mais uma vez, um aumento na eficiência de segregação dos resíduos na fonte.

A significativa diminuição na porcentagem de resíduos de vidro provavelmente foi causada pela falta de informação sobre os resíduos provenientes dos navios de passageiros em 2012, já que estes são grandes geradores de vidro.

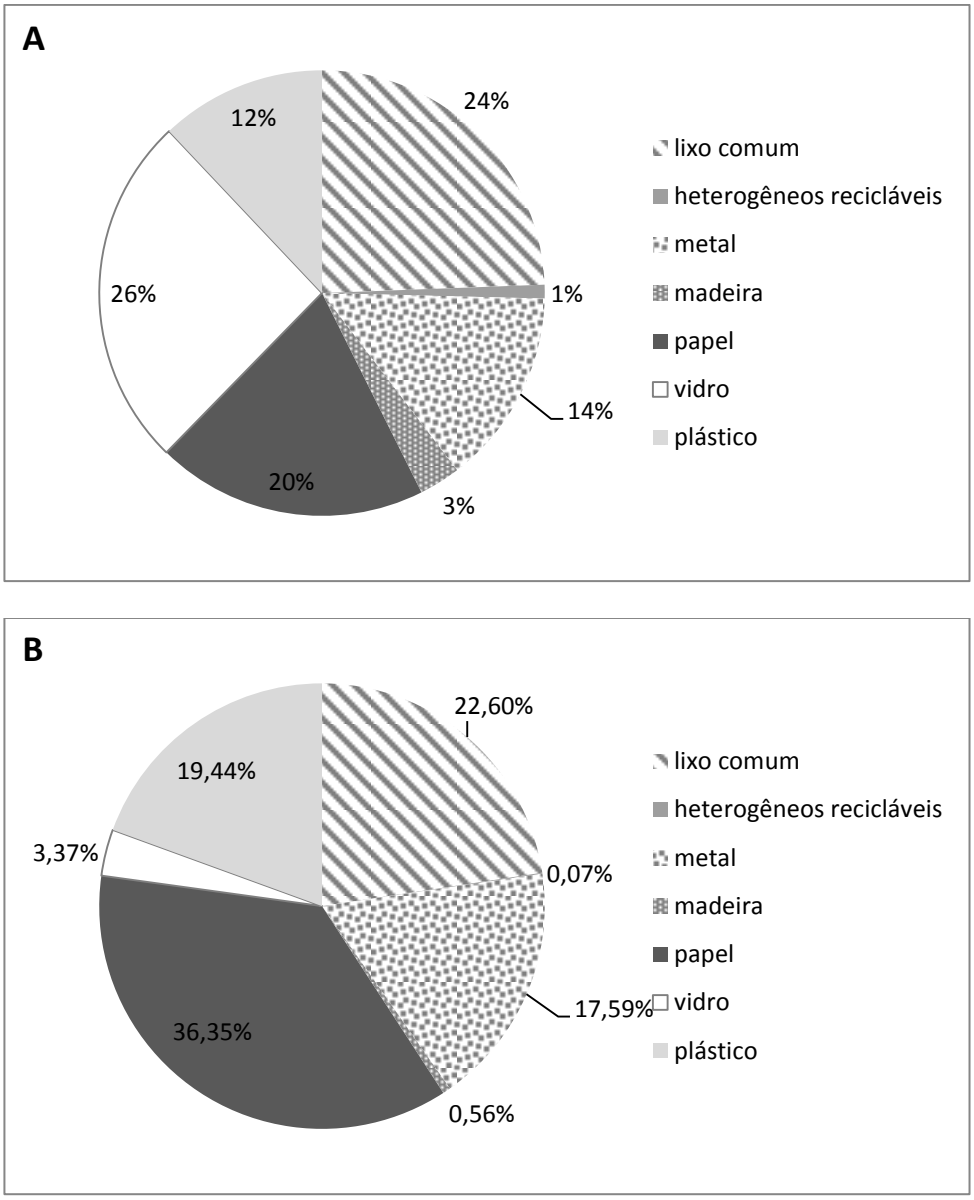


Figura 4.40: Quantidades percentuais mássicas estimadas de resíduos sólidos por tipo oriundos de embarcações no Porto do Rio de Janeiro em A) 2011 e B) 2012.

As destinações declaradas para os resíduos plásticos no ano de 2011 e 2012 estão apresentadas em porcentagem na Figura 4.41. Como é possível perceber, as declarações quanto à destinação do plástico nos manifestos, algumas vezes, não são claras. Termos como “preparo para disposição”, “armazenamento temporário” e “estocagem” não definem claramente a destinação final do resíduo em questão.

Verificou-se, no entanto, como pontos positivos quando comparado o ano de 2012 com o ano de 2011, a diminuição bastante significativa da destinação declarada dos resíduos plásticos para aterro sanitário (44% para 0%).

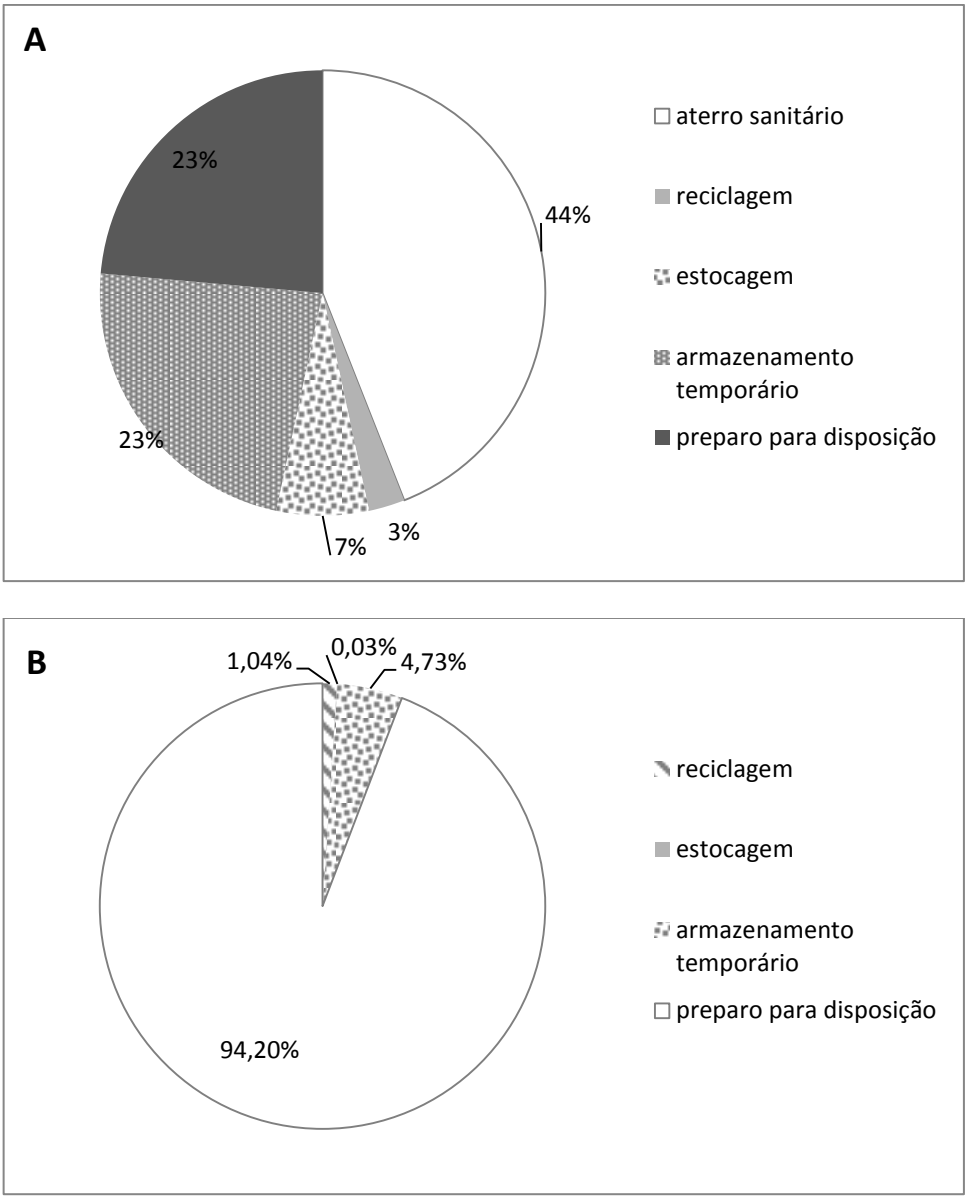


Figura 4.41: Percentual mássico das destinações dos resíduos plásticos das embarcações no Porto do Rio de Janeiro em A) 2011 e B) 2012.

Todo o resíduo plástico retirado das embarcações nos dois anos foi distribuído a 12 empresas receptoras diferentes. A Tabela 4.14 mostra as respectivas destinações declaradas, por cada empresa receptora, para os resíduos plásticos recebidos das embarcações do Porto do Rio de Janeiro. A empresa indicada pela letra E se apresentou atrelada a três declarações de destinação, sendo que duas (estocagem e preparo para disposição) não informam claramente a real destinação do plástico. As empresas receptoras A, B e C também não informam claramente a real destinação do plástico, conforme mostrado na Tabela 4.14. Esta constatação é um

exemplo da falta de padronização nas informações dos manifestos em relação à destinação do resíduo e a consequente ação prejudicial que isto acarreta, tanto no seu gerenciamento quanto nas tomadas de decisão e planejamentos futuros, já que dificulta significativamente um diagnóstico preciso do cenário atual.

A empresa receptora E recebeu a grande maioria dos resíduos plásticos das embarcações dos Portos do Rio de Janeiro, 88%, como mostrado na Figura 4.42.

Tabela 4.14: Empresas receptoras e respectivas destinações declaradas nos manifestos de resíduos plásticos oriundos das embarcações do Porto do Rio de Janeiro.

Receptora	Destinação declarada (resíduo plástico)
Receptora A	Armazenamento temporário
Receptora B	Armazenamento temporário
Receptora C	Estocagem
Receptora D	Aterro sanitário
Receptora E	Estocagem / Preparo para disposição / Reciclagem
Receptora F	Reciclagem
Receptora G	Reciclagem
Receptora H	Reciclagem
Receptora I	Reciclagem
Receptora J	Reciclagem
Receptora K	Reciclagem
Receptora L	Reciclagem

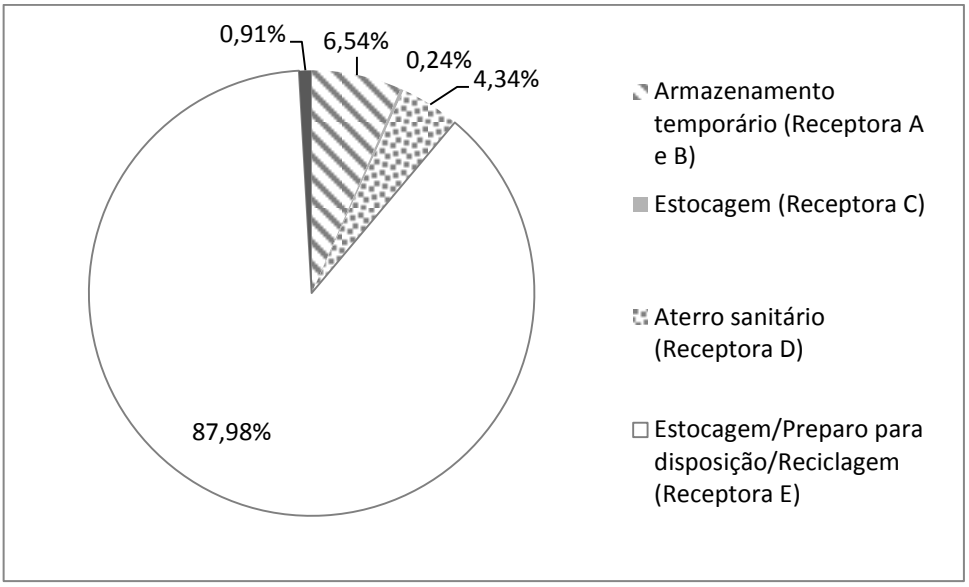


Figura 4.42: Participação das empresas receptoras na destinação dos resíduos plásticos oriundos das embarcações do Porto do Rio de Janeiro de 2011 a 2012.

4.3 RESUMO DA GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS NOS PORTOS AVALIADOS

Com o objetivo de indicar de forma concisa e clara todas as informações apresentadas até o momento, foram elaboradas três tabelas. A Tabela 4.15 apresenta as informações a respeito da segregação dos resíduos plásticos em cada fonte geradora de todos os portos avaliados com seus respectivos períodos de geração. Foram usados somente os dados que representavam no mínimo um ano de geração.

Tabela 4.15: Segregação dos resíduos plásticos em cada fonte geradora de todos os portos avaliados.

PORTOS	Área não arrendada		Área arrendada		Embarcações	
	Situação	Ano	Situação	Ano	Situação	Ano
Belém	LC	2011/2012	ND	-	LC	2011/2012
Vila do Conde	LC	2011 a 2013	HR	2011/2012	ND	-
Itaqui	**RP**	2012/2013	ND	-	**RP**	2011 a 2013
Fortaleza	LC	2012	**RP**	2012	HR	2012
Natal	LC	2012	ND	-	**RP**	2012
Cabedelo	ND	-	ND	-	**RP**	2011
Recife	HR	2011/2012	ND	-	**RP**	2011
Suape	**RP**	2010 a 2013	ND	-	HR	2012
Maceió	LC	2011/2012	ND	-	ND	-
Salvador	ND	-	**RP**	2012	**RP**	2011
Aratu-Candeias	ND	-	HR	2012	LC	2011 a 2013
Vitória	**RP**	2011	ND	-	ND	-
Rio de Janeiro	LC	2010 a 2013	**RP**	2011 a 2013	**RP**	2011/2012
Itaguaí	LC	2010 a 2013	**RP**	2011/2012	Não realiza	-
São Sebastião	ND	-	ND	-	LC	2011/2012
Santos	LC	2011 a 2013	**RP**	2012/2013	LC	2013
São Francisco do Sul	HR	2010 a 2012	HR	2011 a 2013	HR	2010 a 2013
Itajaí	HR	2011 a 2013	HR	2011 a 2013	HR	2011
Imbituba	HR	2013	HR	2013	ND	-
Rio Grande	ND	-	**RP**	2012	HR	2012

ND = Dado não disponível
LC = Resíduos plásticos incluídos no lixo comum (não segregados)
HR = Resíduos plásticos incluídos na segregação de heterogêneos recicláveis em geral
RP = Registro específico da quantidade de resíduos plásticos segregados

Dos vinte portos avaliados, em relação à área não arrendada, somente sete apresentaram segregação dos resíduos recicláveis de modo a incluir os resíduos plásticos. Destes sete portos, somente três (Porto do Itaqui, Porto de Suape e Porto de Vitória) apresentaram registro específico da quantidade de resíduos plásticos segregados. Os demais apresentaram o registro dos resíduos recicláveis como um todo, sem identificar o tipo de cada resíduo, como é o caso dos três portos de Santa Catarina (Porto de São Francisco do Sul, Itajaí e Imbituba), além do Porto do Recife. Dentre os vinte portos avaliados, cinco não possuem o controle da geração e retirada dos resíduos (ND – dado não disponível) nesta fonte geradora e oito não segregam resíduos plásticos, que são misturados ao lixo comum. Esta fonte geradora representou o maior número de portos sem segregação, indicando a grande necessidade de planejamento e implantação da coleta seletiva e segregação dos resíduos nas áreas não arrendadas dos portos.

Já em relação à área arrendada dos portos, foi verificado um número maior de portos com segregação de resíduos recicláveis de modo a incluir os resíduos plásticos, quando comparado a fonte geradora anterior. Onze dos vinte portos realizaram esta segregação, porém somente seis destes portos apresentaram registro específico da quantidade de resíduos plásticos segregados. Os demais apresentaram o registro dos resíduos recicláveis em geral, sem distinção quanto ao tipo de resíduo. Não foi observada, nesta fonte de geração de resíduos, a ocorrência da falta de segregação dos resíduos plásticos e mistura destes com o lixo comum, conforme observado anteriormente (em áreas não arrendadas), indicando adequação deste quesito à PNRS. Porém, foi evidenciado nesta fonte geradora, o maior número de portos sem dados disponíveis (9 portos no total), indicando a necessidade de maior integração dos terminais arrendatários com as Administrações Portuárias no que diz respeito a documentação e registro do gerenciamento de resíduos sólidos. Esta necessidade se mostrou maior para os portos do Nordeste e Norte do país, já que do total de 9 portos sem dados disponíveis, 7 estão localizados nestas regiões.

A importância desta maior integração de dados se deve principalmente em relação ao planejamento e elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos, instrumento exigido pela PNRS.

Um exemplo de boa prática que poderia solucionar esta questão é encontrada no Porto de Itajaí. Neste porto, a Administração Portuária assumiu o gerenciamento dos resíduos sólidos de sua arrendatária, que é realizado em conjunto com a área não arrendada. Esse procedimento traz vantagens no sentido de trazer controle sobre todo o processo (da origem à destinação), além de uniformizar informações e facilitar a adequação de todo o porto à PNRS. Outro exemplo, que também traz essas vantagens e já funciona tanto em portos internacionais como no Brasil, é a centralização do gerenciamento de todo resíduo gerado no porto, incluindo todas as fontes geradoras, em uma empresa terceirizada especializada. Assim, a gestão é de responsabilidade da Administração Portuária, mas o gerenciamento é terceirizado (SEP/PR e UFRJ, 2014a).

Para as embarcações, foram avaliados 19 portos, já que no Porto de Itaguaí não é realizada retirada de resíduos de embarcação. Assim como observado na área arrendada dos portos, para a área referente aos resíduos de embarcação, também foram identificados onze portos realizando a segregação de resíduos recicláveis de modo a incluir os resíduos plásticos. Também foram identificados que, destes onze portos, seis apresentaram registro específico da quantidade de resíduos plásticos segregados. Foi evidenciada a falta de segregação de resíduos plásticos em quatro portos, incluindo os dois portos do estado de São Paulo (Santos e São Sebastião), além do Porto de Belém e Aratu-Candeias.

Nesta fonte geradora, somente quatro portos não tiveram seus dados disponibilizados, sendo um porto de cada região estudada (norte, nordeste, sudeste e sul). Este fato indica que esta área de geração possui maior controle em relação ao registro e documentação do gerenciamento de resíduos sólidos por parte da Administração Portuária.

De acordo com a Tabela 4.15, os três portos do estado de Santa Catarina (São Francisco do Sul, Itajaí e Imbituba) se destacaram no que diz respeito ao cumprimento da etapa de segregação de resíduos na origem. Esses portos possuem procedimentos similares, discriminando nos documentos declaratórios, as quantidades totais segregadas de resíduos recicláveis em geral. A triagem e quantificação específica do plástico ocorrem nas empresas receptoras, após a saída dos resíduos do porto. Assim, esses portos não puderam ser avaliados em relação à quantidade de resíduos plásticos gerados e segregados.

A partir dos portos que realizaram a segregação específica do plástico em alguma das três fontes geradoras, declarando este quantitativo em sistemas declaratórios, foram elaboradas as outras duas tabelas, englobando 12 portos no total. A Tabela 4.16 apresenta as quantidades e respectivas percentagens de resíduos plásticos segregados e a Tabela 4.17 apresenta as quantidades e respectivas percentagens de resíduos plásticos enviados para reciclagem.

Tabela 4.16: Quantidade de resíduos plásticos segregados por porto e por fonte geradora e respectivas percentagens desse resíduo em relação ao total de resíduos sólidos declarados.

Portos	Área não arrendada (t)	%	Área arrendada (t)	%	Embarcações (t)	%
Itaqui	15,20	2,00	-	-	68,66	13,00
Fortaleza	-	-	0,30	0,06	-	-
Natal	-	-	-	-	1,00	1,00
Cabedelo	-	-	-	-	11,84	5,00
Recife	-	-	-	-	4,56	1,00
Suape	1,63	0,60	-	-	-	-
Salvador	-	-	2,00	4,00	1,65	0,03
Vitória	4,40	0,44	-	-	-	-
Rio de Janeiro	-	-	238,00	1,00	350,00	18,30
Itaguaí	-	-	111,60	1,00	-	-
Santos	-	-	356,00	1,30	-	-
Rio Grande	-	-	2.528,00	16,00	-	-
Total	**21,23**	**1,00**	**3.235,90**	**4,43**	**437,71**	**5,00**

Conforme observado na Tabela 4.16, o porto e fonte geradora com a maior percentagem de segregação de resíduos plásticos foi o Porto do Rio de Janeiro, em relação às embarcações (18,3%), seguido pela área arrendada do Porto do Rio Grande (16%) e as embarcações do Porto do Itaqui (13%). A área não arrendada dos portos avaliados apresentou a menor porcentagem total de segregação de plásticos (1%), quando comparada às demais fontes geradoras (4,43% e 5% para área arrendada e embarcações, respectivamente). Sendo assim, a área não arrendada dos portos foi indicada como a fonte geradora com o menor desempenho em relação à segregação dos resíduos plásticos.

Tabela 4.17: Quantidade de resíduos plásticos reciclados por porto e por fonte de geradora e respectivas percentagens desse resíduo em relação ao total de resíduos plásticos segregados.

Portos	Área não arrendada (t)	%	Área arrendada (t)	%	Embarcações (t)	%
Itaqui	15,20	100,00	-	-	24,92	36,30
Fortaleza	-	-	0,30	100,00	-	-
Natal	-	-	-	-	1,00	100,00
Cabedelo	-	-	-	-	0,00	0,00
Recife	-	-	-	-	0,00	0,00
Suape	1,63	100,00	-	-	-	-
Salvador	-	-	2,00	100,00	0,00	0,00
Vitória	4,40	100,00	-	-	-	-
Rio de Janeiro	-	-	210,00	88,60	4,20 *	1,20 *
Itaguaí	-	-	102,60	92,00	-	-
Santos	-	-	319,10	89,60	-	-
Rio Grande	-	-	2351,00	93,00	-	-
Total	**21,23**	**100,00**	**2985,00**	**92,25**	**48,17**	**11,00**

* Foram utilizados somente os valores com as destinações declaradas como reciclagem. Destinações como "preparo para disposição", "armazenamento temporário" e "estocagem", que apareceram declaradas nas embarcações do Porto do Rio de Janeiro, não foram contabilizadas já que não definem claramente a destinação final do resíduo plástico. Assim, é possível que a quantidade de resíduos plásticos e respectiva porcentagem das embarcações do Porto do Rio de Janeiro sejam maiores que as indicadas na tabela.

A Tabela 4.17 mostra que os três portos avaliados em relação à área não arrendada reciclaram 100% do resíduo plástico segregado. Os seis portos avaliados em relação à área arrendada reciclaram grande parte dos resíduos plásticos segregados, com uma porcentagem que variou de 100 a 88,6%. Já dos seis portos avaliados em relação às embarcações, somente o Porto de Natal reciclou 100% dos plásticos segregados. O Porto do Itaqui reciclou 36,3% dos plásticos segregados e o Porto do Rio de Janeiro, 1,2%. Nos demais portos (Cabedelo, Recife e Salvador), nenhuma parcela dos plásticos segregados foi encaminhada para reciclagem. As embarcações dos portos avaliados apresentaram a menor porcentagem total de reciclagem de plásticos segregados (11%), quando comparada às demais fontes geradoras (100% e 92,25% para área não arrendada e arrendada, respectivamente). Portanto, a fonte geradora representada pelas embarcações dos portos foi a de menor desempenho em relação à destinação de reciclagem dos resíduos plásticos segregados.

4.4 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO E EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS DOS PORTOS

Os dados compilados foram tratados com o uso da metodologia Análise Envoltória de Dados (DEA), combinando-se o número de Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs) com as variáveis (*input* e *output*), para avaliar o desempenho e eficiência na gestão de resíduos plásticos dos portos. Dois quesitos foram levados em consideração: eficiência de segregação dos resíduos plásticos e destinação adequada dos mesmos (reciclagem).

Cada porto e respectivo período de um ano de dados foi considerado uma DMU. Foram estabelecidos dois cenários para cada fonte geradora de resíduos, sendo considerados como variáveis:

Cenário 1

Input – Quantidade de resíduos sólidos totais (toneladas)

Output – Plásticos segregados em relação aos resíduos sólidos totais (%)

Cenário 2

Input – Quantidade segregada de resíduos plásticos (toneladas)

Output – Plásticos reciclados em relação aos plásticos segregados (%)

O objetivo do cenário 1 foi identificar a eficiência e desempenho de cada porto avaliado em relação a segregação e coleta seletiva dos resíduos plásticos. O objetivo do cenário 2 foi identificar a eficiência e desempenho de cada porto avaliado em relação ao encaminhamento dos resíduos plásticos segregados para reciclagem (destinação adequada).

Com o intuito de visualizar a combinação dos dois cenários e desta forma determinar o desempenho e eficiência dos portos em relação à gestão adequada completa dos resíduos plásticos (segregação + destinação), foi realizada a média aritmética dos resultados relativos aos dois cenários. Além disso, foi observada a média aritmética dos resultados de todas DMUs avaliadas por cenário de cada fonte geradora.

A metodologia DEA foi aplicada utilizando diferentes DMUs por fonte geradora, já que nem todos os portos possuíam dados suficientes ou adequados para se tornarem DMUs em todas as fontes geradoras.

4.4.1 Área não arrendada

Para as áreas não arrendadas dos portos foram estabelecidos 5 DMUs e respectivos valores de *inputs* e *outputs*, conforme mostrado na Tabela 4.18. A Tabela 4.19 apresenta os resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD).

Tabela 4.18: Valores de *input* e *output* utilizados para avaliação da eficiência da área não arrendada por DEA.

Porto / ano (DMU)	Área não arrendada			
	Cenário 1		Cenário 2	
	***Input* (t)**	***Output* (%)**	***Input* (t)**	***Output* (%)**
Itaqui/2012	272,80	4,00	9,80	100,00
Itaqui/2013	572,70	1,00	5,40	100,00
Suape/2012	157,50	0,20	0,30	100,00
Suape/2013	118,00	1,10	1,34	100,00
Vitória/2011	994,70	0,40	4,38	100,00

Tabela 4.19: Resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente à área não arrendada.

DMU	Cenário 1	Cenário 2
Itaqui/2012	1,00	1,00
Itaqui/2013	0,25	1,00
Suape/2012	0,10	1,00
Suape/2013	1,00	1,00
Vitória/2011	0,11	1,00
Média	**0,49**	**1,00**

O cenário 1 indicou uma eficiência de 100% para o Porto do Itaqui no ano 2012. Este porto, neste ano, apresentou a maior porcentagem de segregação de plásticos quando comparado com os demais portos avaliados. Porém, o mesmo Porto do Itaqui no ano de 2013 apresentou uma eficiência de 25% no cenário 1, seguido pelo Porto de Suape (2012) com 10% e pelo Porto de Vitória (2011) com 11%. O Porto de Suape no ano de 2013 também, segundo a metodologia DEA, apresenta 100% de eficiência no cenário 1, devido a menor geração de resíduos sólidos totais (Tabela 4.19; Apêndice 1).

Observou-se, para o cenário 1, o grande aumento da eficiência no Porto de Suape, entre os anos de 2012 e 2013. Porém, para o Porto do Itaqui, nesses mesmos anos houve um decréscimo na eficiência da segregação de plásticos (Tabela 4.19).

A média aritmética dos resultados de eficiência de todos os portos deste conjunto e respectivos anos no cenário 1 (eficiência na segregação de resíduos plásticos) alcançou 49%, indicando necessidade de melhora nesta etapa da gestão para as áreas não arrendadas.

Já o cenário 2 mostrou 100% de eficiência para todos os DMUs analisados. Apesar da observação de necessidade de melhora na etapa de segregação dos resíduos plásticos das áreas não arrendadas dos portos em questão, todo o resíduo plástico segregado foi encaminhado para reciclagem como destinação final (Tabela 4.19).

4.4.2 Área arrendada

Para as áreas arrendadas dos portos foram estabelecidos 10 DMUs e respectivos valores de *inputs* e *outputs*, conforme mostrado na Tabela 4.20. A Tabela 4.21 apresenta os resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD).

Tabela 4.20: Valores de *input* e *output* utilizados para avaliação da eficiência da área arrendada por DEA.

Porto / ano (DMU)	Área arrendada			
	Cenário 1		Cenário 2	
	***Input* (t)**	***Output* (%)**	***Input* (t)**	***Output* (%)**
Fortaleza/2012	488,00	0,06	0,30	100,00
Salvador/2012	50,13	4,00	2,00	100,00
Rio de Janeiro/2011	587,00	2,00	79,00	99,70
Rio de Janeiro/2012	12263,50	1,00	47,70	75,00
Rio de Janeiro/2013	3757,20	3,00	111,20	87,00
Itaguaí/2011	3211,00	1,00	26,44	100,00
Itaguaí/2012	4544,10	2,00	85,20	90,00
Santos/2012	11013,90	2,00	165,70	93,00
Santos/2013	16558,90	1,00	190,20	86,70
Rio Grande/2012	15543,40	16,00	2528,00	93,00

Tabela 4.21: Resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente à área arrendada.

DMU	Cenário 1	Cenário 2
Fortaleza/2012	0,01	1,00
Salvador/2012	1,00	1,00
Rio de Janeiro/2011	0,45	0,99
Rio de Janeiro/2012	0,07	0,75
Rio de Janeiro/2013	0,43	0,87
Itaguaí/2011	0,15	1,00
Itaguaí/2012	0,26	0,90
Santos/2012	0,16	0,93
Santos/2013	0,06	0,86
Rio Grande/2012	1,00	0,93
Média	**0,36**	**0,92**

Para o cenário 1 foi obtida uma eficiência de 100% para o Porto de Salvador (2012) e Porto do Rio Grande (2012). O Porto do Rio Grande apresentou a maior porcentagem de segregação de resíduos plásticos, quando comparado aos demais portos, e o Porto de Salvador a menor geração de resíduos sólidos totais. Os outros oito portos da análise apresentaram uma eficiência que variou entre 1% e 45%, sendo o menos eficiente Fortaleza (2012) e o mais eficiente Rio de Janeiro (2011) (Tabela 4.21; Apêndice 2).

Comparando-se os três anos consecutivos de dados do Porto do Rio de Janeiro, constatou-se que, segundo a metodologia DEA utilizada, o ano de 2012 apresentou significativo decaimento da eficiência (7%), quando comparado ao ano de 2011 (45%), relacionado à segregação dos plásticos (cenário 1). Porém, no ano de 2013, esta eficiência volta a subir, alcançando praticamente o mesmo valor de 2011 (43%). A variação de eficiência observada ao longo dos anos pode estar relacionada às falhas em práticas e procedimentos de controle, produção e registro de informações fidedignas a respeito dos resíduos gerados e destinados pelo porto (Tabela 4.21).

Para o Porto de Itaguaí, observa-se o aumento da eficiência do cenário 1, de 15% para 26%, quando comparados os anos de 2011 e 2012. Já o Porto de Santos apresentou diminuição da eficiência no mesmo cenário, de 16% para 6%, quando comparados os anos de 2012 e 2013 (Tabela 4.21).

A média aritmética dos resultados de eficiência de todos os portos e respectivos anos no cenário 1 (eficiência na segregação de resíduos plásticos) alcançou 36%, indicando necessidade de melhora nesta etapa da gestão para as áreas não arrendadas (Tabela 4.21).

Um pequeno decaimento da eficiência no cenário 2 foi observado no Porto do Rio de Janeiro (de 99% para 87%, nos anos de 2011 para 2013), no Porto de Santos (93% para 86%, nos anos de 2012 para 2013) e no Porto de Itaguaí (de 100% para 90%, nos anos de 2011 para 2012), gerando um alerta para esta etapa da gestão. No cenário 2, a média de eficiência foi de 92% para os dez portos avaliados, indicando maior eficiência da gestão nas áreas arrendadas, na etapa de destinação dos plásticos segregados (Tabela 4.21).

4.4.3 Embarcações

Para as embarcações dos portos foram estabelecidos 9 DMUs e respectivos valores de *inputs* e *outputs*, conforme mostrado na Tabela 4.22. A Tabela 4.23 apresenta os resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD).

Tabela 4.22: Valores de *input* e *output* utilizados para avaliação da eficiência das embarcações por DEA.

Porto / ano (DMU)	**Embarcações**			
	Cenário 1		**Cenário 2**	
	***Input* (t)**	***Output* (%)**	***Input* (t)**	***Output* (%)**
Itaqui/2011	73,23	31,00	22,57	78,00
Itaqui/2012	84,20	22,00	18,50	38,00
Itaqui/2013	365,15	8,00	27,59	1,00
Natal/2012	93,93	1,00	1,00	100,00
Cabedelo/2011	263,87	5,00	11,84	0,00
Recife/2011	456,52	1,00	4,56	0,00
Salvador/2011	5482,00	0,03	1,65	0,00
Rio de Janeiro/2011	286,15	12,00	34,47	2,61
Rio de Janeiro/2012	1622,77	19,44	315,45	1,00

Tabela 4.23: Resultados obtidos por meio do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente às embarcações.

DMU	**Cenário 1**	**Cenário 2**
Itaqui/2011	1,00	0,78
Itaqui/2012	0,70	0,38
Itaqui/2013	0,25	0,01
Natal/2012	0,03	1,00
Cabedelo/2011	0,16	0,00
Recife/2011	0,03	0,00
Salvador/2011	0,00	0,00
Rio de Janeiro/2011	0,38	0,02
Rio de Janeiro/2012	0,62	0,01
Média	**0,35**	**0,24**

Conforme o cenário 1, o Porto do Itaqui/2011 foi o mais eficiente (100%), quando comparado aos demais portos e respectivos anos. Dentre os outros oitos portos, o Porto do Itaqui/2012 e o Porto do Rio de Janeiro/2012 apresentaram as maiores eficiências de segregação de plásticos, com 70% e 62%, respectivamente. Os demais portos apresentaram uma eficiência que variou entre 0% e 25% (Tabela 4.23; Apêndice 3).

Foi possível detectar um significativo aumento da eficiência de segregação de plásticos no Porto do Rio de Janeiro, entre os anos 2011 e 2012 (de 38% para 62%). Porém, no Porto do Itaqui foi observada a diminuição desta eficiência, de 100% para 25% (no ano de 2011 para 2013).

A média aritmética dos resultados de eficiência de todos os portos e respectivos anos no cenário 1 (eficiência na segregação de resíduos plásticos) foi de 35%, indicando necessidade de melhora nesta etapa da gestão para as embarcações.

Já o cenário 2 apontou como 100% eficiente, o Porto de Natal (2012), quando comparado aos demais portos. O Porto do Itaqui (2011) apresentou uma eficiência de 78% nesta etapa de gestão, seguido pelo Porto do Itaqui (2012). Os outros seis portos apresentaram baixa eficiência, variando entre 0% e 2%. Desta forma, a média de eficiência desta etapa da gestão dos nove portos avaliados foi de 24%, a mais baixa dentre todas as fontes de geração (Tabela 4.23). Este fato aponta a grande necessidade de adequações para a correta destinação dos resíduos plásticos provenientes das embarcações.

O uso da metodologia DEA para a avaliação do desempenho da gestão de resíduos portuários e em particular, resíduos plásticos, foi usada pela primeira vez neste trabalho. Até o momento, a utilização desta metodologia em ambiente portuário constava em trabalhos envolvendo análise de eficiência operacional e logística de movimentação de cargas.

A aplicação do método no contexto ambiental para análise de eficiência de gestão de resíduos se mostrou adequada. Como pode ser visto, os resultados obtidos corroboraram com as análises realizadas anteriormente por meio de observações acerca do levantamento de dados.

Assim como levantado anteriormente, para a área não arrendada, o índice de eficiência na etapa de segregação dos resíduos plásticos se mostrou baixa (49%), diferentemente do índice na etapa de destinação para reciclagem, que se apresentou como o mais alto (100%), sugerindo que o gargalo da gestão nesse caso é a etapa de segregação. Os índices de eficiência na etapa da segregação de plásticos para as áreas arrendadas e embarcações se mostraram similares (36% e 35%), sendo que na etapa de destinação para reciclagem, a área arrendada apresentou eficiência bem maior quando comparada às embarcações (92% para área arrendada e 24% para embarcações). Dentre os índices de eficiência na etapa da destinação, o mais baixo foi relacionado às embarcações.

4.5 ANÁLISE DOS BENEFÍCIOS DA RECICLAGEM DE PLÁSTICOS NOS PORTOS

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em estudo sobre Pagamento de Serviços Ambientais, realizou uma avaliação nacional sobre os benefícios econômicos da reciclagem, segmentado por materiais passíveis de reciclagem tais como o aço, o alumínio, a celulose, os plásticos e os vidros (IPEA, 2010). Este estudo apresenta a economia de recursos financeiros promovidos pela reciclagem, com base na utilização de recursos naturais, consumo de energia e custos com destinação final.

Segundo este estudo, a estimativa dos benefícios econômicos (diferença do custo de produção a partir de materiais virgens e a partir do material reciclável) e ambientais (custos evitados dos danos ambientais, não só da disposição em aterros, mas também aqueles associados à produção de bens a partir de materiais virgens) gerados pela reciclagem do resíduo plástico é de R$ 1.107,00 por tonelada (IPEA, 2010).

Assim, os benefícios que a reciclagem dos resíduos plásticos poderia trazer aos portos avaliados, com base na economia de recursos financeiros apontada pelo IPEA (2010), foram estimados nesta Tese.

Para a estimativa, foram contabilizadas as toneladas de plásticos cuja destinação não foi declarada como sendo a reciclagem. As destinações declaradas como aterro

ou mesmo não informadas de oito dos vinte portos estudados puderam ser utilizadas nesta estimativa, conforme apresentado na Tabela 4.24, sendo separadas por fonte geradora.

Tabela 4.24: Resíduos plásticos segregados (toneladas) por porto e por fonte geradora, com destinações não declaradas para reciclagem.

Portos	Área arrendada	Embarcações
Cabedelo	ND	**11,84** (em 2011)
Itaguaí	**8,60** (em 2011 e 2012)	Não realiza retirada de resíduos de embarcação
Itaqui	ND	**43,74** (de 2011 a 2013)
Recife	ND	**4,56** (em 2011)
Rio de Janeiro	**27,20** (de 2011 a 2013)	**345,80** (em 2011 e 2012)
Rio Grande	**177,00** (em 2012)	ND
Salvador	NA	**1,65** (em 2011)
Santos	**36,00** (em 2012 e 2013)	ND
TOTAL	**248,80**	**407,60**

ND = Dado não disponível; NA = Dado não aplicável a esta tabela (100% do plástico foram destinados à reciclagem).

Em relação à área arrendada, 248,80 toneladas de resíduos plásticos gerados não foram destinados para reciclagem, segundo os dados declarados. Este total foi relacionado a quatro portos, sendo o mais representativo, quantitativamente, o Porto do Rio Grande, com 177 toneladas. Já na fonte geradora representada pelas embarcações dos portos, um total de 407,6 toneladas de resíduos plásticos gerados não foi destinado para reciclagem, segundo os dados declarados. Este total foi

relacionado a cinco portos, sendo o mais representativo, quantitativamente, o Porto do Rio de Janeiro, com 345,8 toneladas (Tabela 4.25).

As quantidades em toneladas apresentadas na Tabela 4.25 foram multiplicadas pelo valor estimado no estudo do IPEA (R$ 1.107,00 por tonelada). Assim, a Tabela 4.25 apresenta o benefício (econômico e ambiental) da reciclagem de plástico que poderia ter sido obtido caso estes resíduos tivessem sido destinados à reciclagem.

Tabela 4.25: Estimativas dos benefícios do encaminhamento à reciclagem dos plásticos considerados, indevidamente, como rejeitos.

Portos	Área arrendada	Embarcações
Cabedelo	ND	**R$ 13.106,88** (em 2011)
Itaguaí	**R$ 9.520,20** (em 2011 e 2012)	Não realiza retirada de resíduos de embarcação
Itaqui	ND	**R$ 48.420,18** (de 2011 a 2013)
Recife	ND	**R$ 5.047,92** (em 2011)
Rio de Janeiro	**R$ 30.110,40** (de 2011 a 2013)	**R$ 382.800,60** (em 2011 e 2012)
Rio Grande	**R$ 195.939,00** (em 2012)	ND
Salvador	NA	**R$ 1.826,55** (em 2011)
Santos	**R$ 39.852,00** (em 2012 e 2013)	ND
TOTAL	**R$ 275.421,60**	**R$ 451.202,13**

ND = Dado não disponível; NA = Dado não aplicável a esta tabela (100% do plástico foram destinados à reciclagem).

As quantidades encontradas de resíduos plásticos que não foram para reciclagem como destinação final, levaram a perda de uma economia potencial significativa de

recursos financeiros. Um total de R$ 275.421,60 foi estimado quando avaliados os dados disponíveis relacionados à área arrendada de quatro portos em um período de três anos consecutivos (2011 a 2013). Já em relação às embarcações, um total R$ 451.202,13 foi estimado na avaliação dos dados disponíveis de cinco portos em um período de três anos (2011 a 2013). Vale salientar que estes valores estão subdimensionados já que nem todos os portos disponibilizaram os dados correspondentes aos anos completos do período avaliado. Alguns portos apresentaram somente os dados correspondentes a um ou dois anos do período avaliado (Tabela 4.25).

O potencial ganho econômico com a reciclagem de resíduos plásticos portuários poderia ser convertido para o próprio porto, sendo utilizado, por exemplo, para incremento de ações socioambientais e minimização de impactos ambientais no entorno do porto, promovendo melhorias na relação porto cidade.

Com o objetivo de ratificar a importância da reciclagem de resíduos plásticos do setor portuário pela óptica dos benefícios econômicos/ ambientais e visando estimar valores para as áreas não arrendadas, os resíduos plásticos calculados por análise gravimétrica do lixo comum relativos às áreas não arrendadas dos Portos de Belém e Rio de Janeiro (SEP/PR e UFRJ, 2014b; SEP/PR e UFRJ, 2014c) foram escolhidos para análise.

A Tabela 4.26 apresenta a quantidade estimada de resíduos plásticos através da análise gravimétrica nos dois portos citados (contidos no lixo comum e por isso, não reciclados) e a estimativa dos valores relacionados aos benefícios econômicos que seriam gerados a partir do encaminhamento destes resíduos para a reciclagem, segundo o estudo do IPEA (2010).

Tabela 4.26: Quantidade de resíduos plásticos e benefícios econômicos da reciclagem dos resíduos plásticos.

	Área não arrendada	
Porto / Período	**t**	**R$**
Belém (2011 e 2012)	40,60	44.944,20
Rio de Janeiro (2010 a 2013)	514,86	569.950,00
TOTAL	**555,46**	**614.894,20**

Um total de 555,46 toneladas de resíduos plásticos foi estimado nas áreas não arrendadas dos Portos de Belém e Rio de Janeiro, sendo a maioria (514,86 t) relacionada ao período de 2010 a 2013 do Porto do Rio de Janeiro e 40,60 t relacionado ao período de 2011 e 2012 do Porto de Belém (Tabela 4.26).

Conforme apresentado na Tabela 4.26, os plásticos gerados na área não arrendada do Porto de Belém poderiam ter promovido uma economia de recursos financeiros de cerca de R$ 45.000,00 entre os anos de 2011 e 2012. Já os plásticos gerados na área não arrendada do Porto do Rio de Janeiro, entre os anos de 2010 a 2013, poderiam ter promovido um benefício econômico de cerca de R$ 570.000,00, caso fossem destinados à reciclagem, segundo os dados fornecidos pelo estudo do IPEA (2010).

Vale salientar que em relação à área não arrendada, oito dos vinte portos avaliados nesta Tese não realizaram a segregação dos resíduos recicláveis nos quatro anos verificados. Assim, pode-se perceber o potencial benefício que está sendo perdido devido à falta do procedimento de segregação na origem.

Os benefícios estimados são bastante significativos levando em consideração qualquer uma das três fontes geradoras.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Cerca de 104 mil toneladas de resíduos sólidos foram contabilizados no período de 2010 a 2013, referentes aos 20 portos. Ressalta-se que este valor está subestimado à realidade, já que em vários casos, não foram disponibilizados os dados completos referentes aos quatro anos para todas as fontes de geração de resíduos de cada porto. Além disso, nesta quantidade não está incluído o total de resíduos em unidade volumétrica (10.750 m^3), que foram encontrados nos sistemas declaratórios de alguns portos.

- Deste total (104 mil toneladas), 3,54% corresponderam a resíduos plásticos segregados, perfazendo cerca de 3.700 toneladas. O restante correspondeu a lixo comum (37,46%), metal (35,17%), papel (5,08%), vidro (0,27%), madeira (16,32%) e resíduos recicláveis em geral - Classe II (2,17%), que não foram segregados por tipo de material reciclável.

- Foi observado um alto potencial de segregação de plásticos nos portos de maneira geral. Além da porcentagem já segregada (3,5%), muito resíduo plástico ainda é misturado ao lixo comum e destinado para aterro sanitário, em desacordo com a PNRS. Oito portos, em relação à área não arrendada, evidenciaram não realizar a segregação do plástico, que acaba misturado ao lixo comum. Dentre estes, estão os portos da região norte, alguns da região nordeste e quase todos da região sudeste (incluindo Rio de Janeiro, Itaguaí e Santos). Em relação às embarcações, também foram evidenciadas a não segregação de resíduos plásticos em quatro portos, incluindo os dois portos do estado de São Paulo (Santos e São Sebastião), além do Porto de Belém e Aratu-Candeias. Assim, os portos da região sul, nesta questão, mostraram-se adequados à PNRS.

- As áreas arrendadas apresentaram o maior número de dados não disponíveis, quando comparadas às demais fontes geradoras de resíduos. Nove portos não puderam ser avaliados em relação a estas áreas, evidenciando a necessidade de maior integração entre as empresas arrendatárias com as Administrações Portuárias no que diz respeito à documentação e registro do gerenciamento de

resíduos sólidos. Esta necessidade se mostrou maior para os portos do norte e nordeste do país.

- Nos três portos de Santa Catarina (São Francisco do Sul, Itajaí e Imbituba) ocorre a segregação de resíduos plásticos englobando todas as fontes geradoras, porém a quantidade destes não é discriminada nos documentos declaratórios, onde só aparece a quantidade total de resíduos recicláveis em geral. A triagem e quantificação específica do plástico ocorrem nas empresas receptoras.

- Da quantidade de resíduos plásticos segregados que foi identificada (3.700 toneladas), uma porcentagem de 82,5% foi destinada para reciclagem, sugerindo que o maior gargalo para a gestão adequada deste tipo de resíduo, nos portos de maneira geral, está na etapa de segregação.

- Quando realizada a avaliação da gestão de plástico por fonte geradora de resíduos, verificou-se que as áreas não arrendadas dos portos deste estudo apresentam menor percentagem de segregação (1%) e maior percentagem de destinação para reciclagem (100%). Ou seja, apesar da baixa segregação, todo plástico segregado foi destinado para reciclagem. Já relacionado às áreas arrendadas e embarcações, estas apresentaram porcentagens muito similares em relação à segregação de plásticos (4,43% e 5%, respectivamente). Porém, na área arrendada, a porcentagem relacionada à etapa de destinação para reciclagem foi muito maior, representando 92,25%, enquanto para as embarcações foi de 11% (a menor dentre todas as fontes geradoras).

- A aplicação da metodologia DEA possibilitou a avaliação do desempenho da gestão de resíduos plásticos em diferentes anos para alguns portos. De modo geral, foi verificada uma grande variação de índice de eficiência entre os anos. Essa variação incluiu tanto o aumento como o decaimento de eficiência, sugerindo que a gestão na maioria dos casos não se sustenta de ano para ano. Esta variação pode estar relacionada às falhas em práticas e procedimentos de controle, produção e registro de informações fidedignas a respeito dos resíduos gerados e destinados pelo porto.

- A metodologia DEA se mostrou eficaz como ferramenta para avaliação do desempenho da gestão de resíduos plásticos, já que os resultados obtidos corroboraram as observações realizadas inicialmente neste trabalho.

- Segundo o método DEA, para a área não arrendada, o índice de eficiência na etapa de segregação dos resíduos plásticos se mostrou baixa (49%), diferentemente do índice na etapa de destinação para reciclagem, que se apresentou como o mais alto (100%), sugerindo que o gargalo da gestão nesse caso é a etapa de segregação. O mesmo método mostrou similaridade entre os índices de eficiência na etapa da segregação de plásticos para as áreas arrendadas e embarcações (35%), sendo que na etapa de destinação para reciclagem, a área arrendada apresentou eficiência bem maior quando comparada às embarcações (92% para área arrendada e 24% para embarcações). Dentre os índices de eficiência na etapa da destinação, o mais baixo foi relacionado às embarcações.

- A estimativa dos benefícios econômicos (diferença do custo de produção a partir de materiais virgens e a partir do material reciclável) e ambientais (custos evitados dos danos ambientais, não só da disposição em aterros, mas também aqueles associados à produção de bens a partir e materiais virgens) que deixaram de ser gerados devido a não reciclagem do resíduo plástico dos portos avaliados foi significativa. Um montante de R$ 275.421,60 foi estimado quando avaliados os dados disponíveis relacionados à área arrendada de quatro portos em um período de três anos consecutivos (2011 a 2013). Já em relação às embarcações, um montante de R$ 451.202,13 foi estimado na avaliação dos dados disponíveis de cinco portos no mesmo período.

- A gestão de resíduos sólidos nos 20 portos avaliados apresentam inúmeras questões que podem ser consideradas como entraves. É válido ressaltar que esses entraves são justamente questões já superadas nos portos europeus, e que fazem com que esses portos sejam considerados os melhores em desempenho ambiental. Dentre os principais entraves que são prioritários para a adequada gestão de resíduos sólidos nos portos brasileiros estão:

- O reduzido número de funcionários da equipe de meio ambiente do porto, que não consegue atender à demanda de trabalho de forma eficiente. Esta questão é intensificada em portos onde a mesma equipe de meio ambiente ainda é responsável pela área de segurança do trabalho e possui mais de um porto (fisicamente distantes) sob seu comando.

- Em muitos portos, as empresas arrendatárias não enviam para a Administração Portuária os inventários mensais de saída de resíduos, impedindo o registro e controle da Administração Portuária sobre os resíduos gerados no porto de forma geral.

- Falta de organização, por parte da Administração Portuária, no arquivamento dos documentos referentes ao controle da saída de resíduos sólidos, tanto para áreas arrendadas e não arrendadas, como principalmente em relação aos documentos de resíduos das embarcações.

- Ocorrência de preenchimento incompleto e/ou de forma não adequada dos documentos de controle como manifestos de transporte de resíduos e inventários mensais de geração de resíduos. Este fato compromete a obtenção de informações fidedignas acerca da gestão dos resíduos portuários.

- A não existência de um sistema de controle e monitoramento que possa fiscalizar o recebimento adequado dos documentos relacionados à geração de resíduos e arquivamento dos mesmos de forma organizada e acessível na Administração Portuária.

- Os dados, quando disponíveis, não mantem um padrão uniforme quanto à tipologia dos resíduos e unidades de medida em um mesmo porto. Este fato dificulta muito a elaboração de um diagnóstico fiel a respeito da geração dos resíduos em cada porto, como também a visualização de um panorama sazonal de geração. Tal situação é um fator essencial e limitante para a

elaboração de um eficaz Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

- Não existe uma diretriz/guia padrão para uniformizar as informações, principalmente no que tange à nomenclatura dos resíduos e as unidades de medida a serem adotadas.

- Com exceção do Porto de Itajaí, em relação ao gerenciamento dos resíduos sólidos, a gestão da área pública não arrendada e da área arrendada é realizada de forma totalmente separada, ou seja, não há uma interação entre as partes para realização da gestão de resíduos de forma unificada. Um modelo centralizado de gestão de resíduos poderia trazer benefícios importantes como uniformidade das informações relativas aos resíduos e melhor controle sobre todo o processo, dentre outros.

- Algumas empresas arrendatárias não possuem centrais de resíduos (área de transbordo temporária e central de triagem) e as empresas que possuem centrais, não apresentam padronização e adequação destas centrais, segundo recomendações das Normas Técnicas Brasileiras 11.174/1990 e 12.235/1992. O mesmo acontece para as áreas públicas não arrendadas em muitos portos, que na maioria das vezes apresentam um armazenamento temporário do resíduo não adequado às Normas Técnicas Brasileiras (NBR) 12.235/1992, NBR 11174/1990 e a resolução RDC n° 56/2008 (Resolução da Diretoria Colegiada – ANVISA). Os resíduos acumulados, por exemplo, ultrapassam as baias de separação que são abertas e não são sinalizadas. Em alguns portos, os resíduos são armazenados temporariamente de forma dispersa em coletores localizados por todo o porto, não existindo estrutura fixa de armazenamento para os resíduos oriundos da área pública não arrendada.

- Nem todos os portos e/ou arrendatárias possuem balanças a fim de promover a pesagem dos resíduos sólidos ainda na área primária do porto, facilitando, desta forma, a gestão e controle dos resíduos gerados.

- Existe certa dificuldade legal de integração das cooperativas de catadores de materiais recicláveis com o gerenciamento e destinação dos resíduos sólidos gerados nos portos devido à necessidade de obtenção da Autorização de Funcionamento (AFE), emitida pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), para entrada de empresas transportadoras nos portos. A inclusão de cooperativas de catadores no processo poderia contribuir para cumprimento: 1) Do Decreto nº 5.940, de 25/10/06, que instituiu 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; 2) Da Lei n° 12.305/2010 (Brasil, 2010a), que prevê a inclusão da participação de cooperativas e associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nos planos de gestão integrada de resíduos sólidos.

Dentro de um cenário de mudanças para o setor portuário visando a excelência da gestão de resíduos, uma primeira providência seria a superação de desafios de base, tais como, a padronização de procedimentos que possibilitem o atendimento à legislação ambiental vigente. Assim, para que a atividade portuária no país seja desenvolvida de modo sustentável, estudos precisam ser conduzidos, de modo a possibilitar a coleta de dados primários que sirvam de subsídio para a tomada de decisão quanto aos procedimentos padrões e a infraestrutura, necessários a adequada gestão dos diferentes resíduos.

O aumento de eficiência ambiental é importante no sentido de aproximar os portos marítimos brasileiros aos padrões internacionais de qualidade. Muito ainda precisa ser feito neste sentido. O enquadramento dos portos nacionais às classificações internacionais de qualidade ambiental proporcionaria ganhos em gestão e competitividade para o setor portuário no Brasil.

CAPÍTULO 6 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para aprimoramento e continuidade deste trabalho, sugere-se:

- Ampliar a avaliação da gestão de resíduos para os demais portos públicos brasileiros;

- Expandir o estudo para portos privados, de modo a promover a comparação entre os resultados obtidos para portos públicos e privados;

- Explorar mais a utilização do método Análise Envoltória de Dados (DEA) para a gestão de resíduos sólidos portuários, empregando maior quantidade de DMUs e variáveis, assim como a utilização de opções de nível avançado (restrição aos pesos, avaliação cruzada, seleção de variáveis).

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAPA – American Association of Port Authorities. Environmental Management Handbook, USA, 1998. Disponível em: <http://www.aapa-ports.org/Issues/content.cfm?ItemNumber=989> Acesso em: dezembro/2014.

ABIPET – Associação Brasileira da Indústria de PET. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/> Acesso em: maio/2014.

ABNT NBR ISO 14001:2004 – Associação Brasileira de Normas Técnicas - Sistema de Gestão Ambiental. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/> Acesso em: maio/2014.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm> Acesso em: maio/2014.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm> Acesso em: outubro/2014.

AKOVALI, G. Plastics, Rubber and Health. Shawbury, Inglaterra: Smithers Rapra Technology Limited. 2007.

ALDERTON, P. Port Management and Operations. London: Informa Maritime & Transport. 2005.

AL-SALEM, S.M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. Waste Management, 29: 2625–2643, 2009.

AL-SALEM, S.M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals. Progress in Energy and Combustion Science, 36: 103–129, 2010.

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2011. Disponível em: <http://plastics.americanchemistry.com/Life-Cycle#production> Acesso em maio/2014.

ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. Applications and Societal Benefits of Plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364: 1977-1984, 2009.

ANGULO MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; GOMES, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. Pesquisa Operacional, 25 (3): 493-503, 2005.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Panorama geral da situação ambiental dos portos. Seminário EcoBrasil 2004. Revista Portos e Navios, Rio de Janeiro, 2004.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Resultado das Avaliações SIGA 2009-2010, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/MeioAmbiente_ResultadosSiga.asp>. Acesso em: outubro/2014.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 2011. Anuário Estatístico Aquaviário 2011. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal>. Acesso em: outubro/2014.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 2011. Resolução nº 2190, de 28 de junho de 2011 - Aprova a norma para disciplinar a prestação de serviços de retirada de resíduos de embarcações. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/pdfSistema/Publicacao/0000004320.pdf> Acesso em maio/2014.

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Análise da movimentação de cargas nos portos organizados e terminais de uso privado – 2012 – Brasília, 2013.

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Análise da movimentação de cargas nos portos organizados e terminais de uso privado – 2013 – Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/Portos_PrincipaisPortos.asp> Acesso em: outubro/2014.

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Lista Consolida de Instalações Portuárias Autorizadas, 2015. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/pdf/ContratoAdesao/2015/Lista_Consolidade_Instalacoes_Portuarias_Autorizadas.pdf> Acesso em: outubro/2014.

ANVISA - Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 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.

AZAPAGIC, A.; EMSLEY, A.; HAMERTON, I. *Polymers, The Environment and Sustainable Development*. John Wiley & Sons, England, 2003.

AZEVEDO, C.V.J.C. Regulação e Gestão de Resíduos Sólidos em Portos Marítimos: Análise e Proposições para o Brasil. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

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

BARROS, C. P.; GARCIA, M. T. M. Performance evaluation of pension funds management companies with data envelopment analysis. Risk Management and Insurance Review, Mount Vernon, 9(2): 165-88, 2006.

BEAUCHESNE, I.; BARNABÉ, S.; COOPER, D.G. e NICELL, J.A. Plasticizers and related toxic degradation products in wastewater sludges. Water Sci Technol., 57 (3): 367-374, 2008.

BELLEZONI, R.A.; MENDES, P.H.; CARMO, T.F.; GOBBI, C.N.; CASIMIRO, P.H.; GOULART, G.P.; SANCHES, V.M.; MORAES, M.N.; MURTA, A.L.; FREITAS, M.A.; NETO, A.V. Preliminar Assessment of the Generation of Solid Waste in Brazilian Ports. ISWA 2014 - Solid Waste World Congress, São Paulo, 2014.

BILA, D. M.; MONTALVAO, A. F.; SILVA, A. C.; DEZOTTI, M. Ozonation of a landfill leachate: evaluation of toxicity removal and biodegradability improvement. J Hazard Mater **117**(2-3): 235-42, 2005.

BIRKETT, J.W. e LESTER, J.N. Endocrine Disrupters in Wastewater and Sludge Treatment Processes. CRC Press LLC and IWA publishing, London, UK, 2003.

BOGAN, C.E. e ENGLISH, M.J. Benchmarking Aplicações Práticas e Melhoria Contínua. Editora Makron Books. ISBN: 85-346-0482-7. 1996.

BOOZ & COMPANY. Análise e Avaliação da Organização Institucional e da Eficiência de Gestão do Setor Portuário Brasileiro - São Paulo: 2012.

BRASIL, 1973. Decreto nº 72.439, de 9 de julho de 1973. Aprova a constituição da Companhia Docas da Guanabara. Disponível em: < www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 1990. Decreto nº 99.475, de 24 de agosto de 1990. Dispõe sobre a descentralização da administração dos portos, hidrovias e eclusas que menciona e dá outras providencias. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 1993. Lei nº 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). Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 1998. Decreto nº 2.508, de 4 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. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2000. Lei nº 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. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2001. Lei nº 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 Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2002. Decreto nº 4.554, de 27 de Dezembro de 2002. Dispõe sobre a delimitação da Área do Porto Organizado do Rio de Janeiro - RJ. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2007. Lei nº 11.518, de 5 de setembro de 2007. Acresce e altera dispositivos das Leis n°s 10.683, de 28 de maio de 2003, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.893, de 13 de julho de 2004, 5.917, de 10 de setembro de 1973, 11.457, de 16 de março de 2007, e 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, para criar a Secretaria Especial de Portos, e dá outras providências. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2010a. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2010b. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei n° 12.305/2010, 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. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BRASIL, 2013. Lei nº 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. Disponível em: <www4.planalto.gov.br> Acesso em: maio/2014.

BURAT, F.; GUNEY, A.; KANGAL, M.O. Selective separation of virgin and post-consumer polymers (PET and PVC) by flotation method. Waste Management 29: 1807–1813, 2009.

CALLAPEZ, M.E. Os plásticos em Portugal – a origem da indústria transformadora. Lisboa: Editorial Estampa, 2000.

CÂNDIDO, C.V.L.; SILVA, D.D.; BAIÃO, E.B.; MACHADO, F.M.; FREITAS, F.A.M.; SANTOS, R.R.D. Plano de gerenciamento integrado de resíduos plásticos – PGIRP. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente e Fundação Israel Pinheiro, 2009.

CARMO, T.F.; GOBBI, C.N.; SANCHES, V.M.; CASIMIRO, P.H.; BELLEZONI, R.A.; MENDES, P.H.; GOULART, G.P.; NETO, A.V.; MORAES, M.N.; MURTA, A.L.; FREITAS, M.A. Analysis of Waste Management in the Brazilian Port Sector. ISWA 2014 - Solid Waste World Congress, São Paulo, 2014.

CARVALHO JUNIOR, F. H; MOTA, S.; AQUINO, M. D. Proposta de um novo modelo de gerenciamento de respiduos sólidos para portos marítimos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, 2003.

CDRJ, Companhia Docas do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http//: www.portosrio.gov.br> Acesso em maio/2014.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <http://www.cempre.org.br> Acesso em: julho/2014.

CESAR, G. M. A gestão de Resíduos em Atividades Portuárias: um Estudo das Oportunidades de Melhorias. Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário SENAC, São Paulo/SP, 2005.

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Estudo dos impactos ambientais na Baixada Santista, resultantes de atividades industriais, portuárias e correlatas síntese sobre a poluição na Baixada Santista. São Paulo: CETESB, 1990.

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

CHEN, X.; XI, F.; GENG, Y.; FUJITA, T. The potential environmental gains from recycling waste plastic: Simulation of transferring recycling and recovery technologies to Shenyang, China. Waste Management 31: 168-179, 2011.

CODEBA - Companhia Docas do Estado da Bahia. Disponível em: <http:// www.codeba.com.br> Acesso em maio/2014.

CODESP, Companhia Docas do Estado de São Paulo, 2014. Resolução DP nº. 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.

CODESP, Companhia Docas do Estado de São Paulo. Disponível em: <http:// www.portodesantos.com.br> Acesso em junho/2014.

CODERN, Companhia Docas do Rio Grande do Norte. Disponível em: <http//: www.codern.com.br> Acesso em junho/2014.

COLTRO, L.; GASPARINA, B. F.; QUEIROZ, G. D. Reciclagem de Materiais Plásticos: A Importância da Identificação Correta. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 18(2): 119-125, 2008.

CONAMA, 2002. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002 - Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

CONCEIÇÃO, R.D.P. Avaliação da Pegada de Carbono dos Canais de Distribuição Reversos da Embalagem de PET Pós-consumo no Rio de Janeiro com Base em Redes Interorganizacionais. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros - Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ, 2012.

CORDEIRO FILHO, E. C; FERREIRA, C.P; DUARTE, V.L. Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Terminais Portuários Brasileiros: Diagnóstico Situacional. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2004.

COSTA, F. M. B. M. Uma Aplicação do Método de Data Envelopment Analysis - DEA para Medir a Eficiência Operacional dos Terminais de Contêineres. eGesta. Revista Eletrônica de Gestão de Negócios, Brasil e Espanha, 3: 105 – 128, 2007.

COUTINHO, F.M.B.; MELLO, I.L.; SANTA MARIA, L.C. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 13 (1): 1-13, 2003.

CULLINANE, K.; SONG, D.W.; JI, P.; WANG, T.F. An application of DEA windows analysis to container port production efficiency. *Review of Networks Economics*, 3 (2): 186 – 208, 2004.

CUNHA, I. A. Fronteiras da gestão: os conflitos ambientais das atividades portuárias. Rev. Adm. Pública Rio de Janeiro 40(6):1019-40, Nov./Dez. 2006.

DARBRA, R.M.; RONZA, A.; CASAL, J.; STOJANOVIC, T. E WOOLDRIDGE, C. The self diagnosis method: a new methodology to assess environmental management in sea ports. Mar. Pollut. Bull, 48 (5–6): 420–428, 2004.

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

DAVE, P. N. E JOSH, A. K. Plasma Pyrolysis and Gasification of Plastics Waste – a Review. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69 (3): 177-179, 2010.

DRELICH, J.; KIM, J.H.; PAYNE, T.; MILLER, J.D.; KOBLER, R.W. Purification of polyethylene terephthalate from polyvinyl chloride by froth flotation for the plastics (soft-drink bottle) recycling industry. Separation Purification Technology, 15: 9–17, 1999.

DYSON, R.G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A.S.; PODINOVSKI, V.V.; SARRICO, C.S.; SHALE, E.A. Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operations Research*, 132 (2): 245-259, 2001.

EC - EUROPEAN COMMISSION. 2000. Directive 2000/59/EC of the European Parliament and of the Council on port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:15945efb-a7e8-4840-ab4d-0535f12692a8.0004.02/DOC_1&format=PDF>. Acesso em: dezembro/2014.

EC - EUROPEAN COMMISSION. 2013. Portos marítimos europeus no horizonte de 2030: os desafios. MEMO/13/448, de 23/05/2013. Disponível em: <http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-448_pt.htm>. Acesso em: dezembro/2014.

ENCINAS, R. Oportunidades de Aplicação da Análise Envoltória de Dados em Auditorias Operacionais do Tribunal de Contas da União. Artigo apresentado ao Instituto Serzedello Corrêa – ISC/TCU, como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Orçamento Público. Brasília – DF, 2010. Disponível em: <http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2054734.PDF>. Acesso em: novembro/ 2014.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande – MS. Relatório Técnico 2008.

ESPO - EUROPEAN SEA PORTS ORGANISATION. Environmental Code of Practice. Brussels, 2004. Disponível em: <http://www.espo.be/images/stories/Publications/codes_of_practice/ESPOEnvironmentalCodeofPractice2004.pdf> Acesso em: dezembro/2014.

ESPO - EUROPEAN SEA PORTS ORGANISATION. Green Guide: Towards Excellence in Port Environmental Management and Sustainability. Brussels, 2012. Disponível em: <http://www.espo.be/images/stories/Publications/codes_of_practice/espo_green%20guide_october%202012_final.pdf>. Acesso em: dezembro/2014.

ESPO - EUROPEAN SEA PORTS ORGANISATION. Port Performance Dashboard. Brussels, 2013. Disponível em: <http://www.espo.be/images/stories/Publications/studies_reports_surveys/espo_dashboard_2013%20final.pdf>. Acesso em: dezembro/2014.

FALCÃO, V. A.; CORREIA, A. R. Eficiência portuária: análise das principais metodologias para o caso dos portos brasileiros. *Journal of Transport Literature*, 6 (4): 133-146, 2012.

FARIA, F. P. Avaliação do desempenho ambiental do processo de reciclagem de poliolefinas utilizando as ferramentas produção mais limpa, análise envoltória de dados e análise swot. Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros - Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, Universidade Federal do Rio de Janeiro – RJ, 2011.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, series A, 120 (part III): 253 – 281, 1957.

FILHO, A. G. Melhoramentos, reaparelhamentos e modernização dos portos brasileiros: a longa e constante espera. Economia e Sociedade, Campinas, v. 16, n. 3 (31): 455-489, 2007.

FIRJAN – Sistema FIRJAN. Súmula Ambiental - Política Nacional de Resíduos Sólidos é Aprovada. N° 162 – Agosto de 2010 – Ano XIV.

FONTES, O.H.P.M. Avaliação da eficiência portuária através de uma modelagem DEA. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Niterói – RJ, 2006.

GOULART, G. P. P. Diagnóstico dos Resíduos do Porto do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Civil UFRJ/ COPPE, Rio de Janeiro - RJ, 2012.

GUERREIRO, A.S. Análise da Eficiência de Empresas de Comércio Eletrônico usando Técnicas da Análise Envoltória de Dados. Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio. Rio de Janeiro – RJ, 2006.

HOBBS, G.; HALLIWELL, S. Recycling of Plastics and Polymer Composites. *Polymer Recycling*, 5: 23 – 29, 2000.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. Plastics Recycling: Challenges and Opportunities. *Philosofical Transactions of the Royal Society B*, 364: 2115–2126, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.sht > Acesso em maio/2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf > Acesso em: maio/2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de Saneamento, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm> Acesso em junho/2014.

INEA, Instituto Estadual do Ambiente, Rio de Janeiro. 2004. DZ-1310.R-7 - SISTEMA DE MANIFESTO DE RESÍDUOS. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_pres_aspres/documents/document/zwff/mda3/~edisp/inea_007131.pdf> Acesso em setembro/2014.

INSTITUTO ETHOS. Fórum Empresarial da Apoio à cidade de São Paulo -.Política Nacional de Resíduos Sólidos. Desafios e Oportunidades para as empresas, 2012.

IPEA - Instituto de pesquisa Econômica Aplicada. Relatório de Pesquisa: Pesquisa sobre Pagamento de Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais, DIRUR. Brasília, 2010.

ITOH, H. Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of DEA. Review of Urban & Regional Development Studies, 14 (2): 133- 152, 2002.

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

JUNQUEIRA, F.F. Análise do Comportamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Sistemas Dreno-Filtrantes em Diferentes Escalas, com Referência ao Aterro do Jockey Clube – DF. Tese de DSc. – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2000.

KITZMANN, D. e ASMUS, M. Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades. Rev. Adm. Pública: Rio de Janeiro, 40(6): 1041-60, 2006.

KUMAR, S.; PANDA, A.K.; SINGHA, R.K. A review on tertiary recycling of high-density polyethylene to fuel. Resources, Conservation and Recycling, 2011.

LARSEN, A.W.; MERRILD, H.; MØLLER, J.; CHRISTENSEN, T.H. Waste collection systems for recyclables: An environmental and economic assessment for the municipality of Aarhus (Denmark). Waste Management, 30: 744–754, 2010.

LAZAREVIC, D.; AOUSTIN, E.; BUCLET, N.; BRANDT, N. Plastic waste management in the context of a European recycling society: Comparing results and

uncertainties in a life cycle perspective. Resources, Conservation and Recycling 55: 246–259, 2010.

LINO, F.A.M. Energy Impact of Waste Recyclable in a Brazilian Metropolitan. Resources, Conservation and Recycling, 54: 916-922, 2010.

LINS , M. E.; LOBO, M. S. DE C.; SILVA, A. C. M. O uso da Análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de hospitais universitários brasileiros. Ciência e Saúde Coletiva, 12(4): 985 – 998, 2007. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63012417>. Acesso em: novembro /2014.

LITHNER, D.; LARSSON, A., DAVE, G. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. Science of the Total Environment 409: 3309–3324, 2011.

LIU, Z. Q.; LIU, Z.H.; LI, X. L. Status and Prospect of Application of Municipal Solid Waste Incineration in China. *Applied Thermal Engineering*, 26: 11193 -1197, 2006.

MACEDO, M. A. S. Análise do nível de sustentabilidade: um estudo apoiado em análise envoltória de dados (DEA). 2009. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00078_PCN54843.pdf>. Acesso em: outubro/ 2014.

MACEDO, M.A.S.; BARBOSA, A.C.T.A.M.; CAVALCANTE, G.T. Desempenho de agências bancárias no Brasil: aplicando Análise Envoltória de Dados (DEA) a indicadores relacionados às perspectivas do BSC**.** Revista Economia & Gestão da Puc, Minas Gerais, 19 (19), 2009.

MACIEL, M.F. Gestão de Resíduos Sólidos Gerados por Navios e Terminais de Containeres: O Caso do Porto do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental UERJ, Rio de Janeiro, 2005.

MAGRINI, A.; MELO, C.K., CASTOR, C.A.; GAIOTO, C.C.; SANTOS, D.P.; BORGES, G.; ROSA, I.S.; DELGADO, J.J.S.; PINTO, J.C.; SOUZA, M.N.; OLIVEIRA, M.C.B.R.; SOUZA, P.N.; MELO, P.A.; ARDENE, R.; VASCONCELOS, S.M.R. Impactos Ambientais Causados pelos Plásticos – Uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos. Rio de Janeiro: e-papers, 2012.

MANO, E.B. e MENDES, L.C. Introdução a Polímeros. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1999.

MANO, E.B. e MENDES, L.C. Identificação de plásticos, borrachas e fibras. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 2000.

MANO, E.B.; PACHECO, E.B.A.V.; BONELLI, C.M.C. Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem. Editora Edgard Blucher, 2005.

MARPOL 73 / 78. Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios. Disponível em: <http://portalmaritimo.files.wordpress.com/2010/10/anexo_v_marpol.pdf> Acesso em: maio/2014.

MATTEI, G.; ESCOSTEGUY, P.A.V. Composição, gravimétrica de resíduos sólidos aterrados. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, 12 (3): 247 – 251, 2007.

MENDES, M.R.; ARAMAKI, T.; HANAKI, K. Assessment of the Environmental Impact of Management Measures for the Biodegradable Fraction of Municipal Solid Waste in São Paulo City. Waste Management, 23:403-409, 2003.

MENEGAZZO, L.R. Análise de Eficiência dos Portos Marítimos do Brasil: uma abordagem utilizando a análise envoltória de dados (DEA). Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2013.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, Governo Federal. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão Preliminar. Brasília, setembro de 2011. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/pnrs/ > Acesso em: maio/2012.

MUNNICH, K. Pilot Project of Mechanical-Biological Treatment of Waste in Brazil. Waste Management, 26:150 – 157, 2006.

MURTA, A; OLIVEIRA N.N; PEREIRA, F.S; PAZZINI, H.S. Gerenciamento de Resíduos Portuários pela Administração Pública no Rio de Janeiro. Sustenaible Bussines International Journal, 16, 2012. Disponível em: <http://www.sbijournal.uff.br/index.php/sbijournal/article/download/33/21>. Acesso em: outubro/2014.

NANCI, L.C.; AZEREDO, S.M.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B. Estudo da eficiência de empresas distribuidoras de jornais usando análise envoltória de dados. Revista Produto & Producao, 7 (3): 27-35, 2004.

NARAYANA, T. Municipal solid waste management in India: From waste disposal to recovery of resources? *Waste Management*, 29 (3): 1163 – 1166, 2009.

NETO, C.A.S.C.; FILHO, B.P.; ROMMINGER, A.E.; FERREIRA, I.M.; VASCONCELOS, L.F.S. Gargalos e demandas da infraestrutura portuária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras portuárias. Brasília – IPEA, 2009.

OLIVEIRA, M.C.B. R. Gestão de Resíduos Plásticos Pós-consumo: Perspectivas para a Reciclagem no Brasil. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2012.

PACHECO, E.B.A.V. Análise de impacto ambiental devido a resíduos poliméricos. Plástico Moderno, 308:40-51, 2000.

PACHECO, E.B.A.V.; RONCHETTI, L.M.; MASANET, E. An overview of plastic recycling in Rio de Janeiro. Resources, Conservation and Recycling 60: 140-146, 2012.

PADILHA, G. M. A; BOMTEMPO, J. V. A inserção dos transformadores de plásticos na cadeia produtiva de produtos plásticos. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 9 (4): 86-91, 1999.

PARENTE, R. A. Elementos estruturais de plástico reciclado. Dissertação de M.Sc., USP, São Paulo -SP, 2006.

PEIXOTO, M.G.M. Avaliação da eficiência operacional de terminais intermodais da região sudeste na cadeia logística de grãos por Análise Envoltória de Dados. Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2013.

PIRES, L. S.; BERTOLOTO, R. F.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Análise da eficiência de portos de carregamento de minério de ferro. *Rio´s International Journal on Sciences of Industrial and Systems Engineering and Management*, Professional Essays, vol. 3 - pe094-01, 2009.

PLASTIVIDA - Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos. 2012. Disponível em: <http://www.plastivida.org.br/2009/pdfs/IRmP/Apresentacao_IRMP2011.pdf>. Acesso em: outubro/2014.

PORTAL WEBPORTOS. Disponível em: <http://odin.labtrans.ufsc.br/webportos/Brasil/Boletim> Acesso em: setembro/2014.

PORTO, M.M. A gestão ambiental portuária: o estado da arte. 1º Seminário sobre Gestão Ambiental Portuária – foco em resíduos. Brasília-DF, 2011.

RAFAELI, L. A Análise Envoltória de Dados como Ferramenta para Avaliação do Desempenho Relativo. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul – RS, 2009.

RIOS, L.R.; MAÇADA, A.C.G. *Analysing the relative efficiency of container terminals of Mercosul using DEA*. Maritime Economics and Logistics, 8 (4): 331- 346, 2006.

RIOS, P.; STUART, J.A.; GRANT, E. Plastics disassembly versus bulk recycling: engineering design for end-of-life electronics resource recovery. Environ Sci Technol., 37(23): 5463-70, 2003.

ROCHA, C. B; MORATO, R. A. Gestão Portuária Brasileira: análise comparativa entre os modelos internacionais e propostas ao modelo brasileiro. Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos (ENABER). Juiz de Fora-MG, 2012. Disponível em: <http://aplicativos.fipe.org.br/enaber/pdf/66.pdf> Acesso em: maio/2014.

RODRIGUES, C.S. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos: Desafios, Possibilidade e Limitações para Implantação no Município de Imbituba, S.C. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

ROLIM, M. A. A reciclagem de resíduos sólidos pós-consumo em oito empresas do Rio Grande do Sul. Dissertação de M.Sc. - UFRGS, Porto Alegre - RS, 2000.

SANTOS, G.D.S. Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, 2010.

SANTOS, J.E.R.; Alfonso, F.N.N.; Mendizabal Jr., F.C.; Dayrit, F.M. *Developing a Chemical and Hazardous Waste Inventory System*. *Journal of Chemical Health & Safety*, 15-18, 2011.

SCHILDT, H.C. C Completo e Total. São Paulo, Makron Books, 1997.

SEADON, J.K. Integrated waste management – Looking beyond the solid waste horizon. Waste Management 26: 1327 – 1336, 2006.

SEBESTA, R. W. Conceitos de Linguagens de Programação. 9ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 792 pp., 2010.

SEP/PR - Secretaria de Portos da Presidência da República. 2012. Disponível em: <http:// www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em junho/2014.

SEP/PR - Secretaria de Portos da Presidência da República. 2015. Disponivel em: <http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional> Acesso em: janeiro/2015.

SEP/PR e UFRJ. Guia de Boas Práticas Portuárias - Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - IVIG. — 1. Ed. – Rio de Janeiro: COPPE - UFRJ, 2014a.

SEP/PR e UFRJ - Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal do Rio de Janeiro. Relatório Diagnóstico Porto de Belém – Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos

Portos Marítimos Brasileiros. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - IVIG. Rio de Janeiro: COPPE - UFRJ, 2014b.

SEP/PR e UFRJ - Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal do Rio de Janeiro. Relatório Diagnóstico Porto do Rio de Janeiro – Programa de Conformidade do Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros. Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - IVIG. Rio de Janeiro: COPPE - UFRJ, 2014c.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto do Itaqui, 2012a. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto do Mucuripe, 2012b. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Suape, 2012c. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Salvador, 2012d. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Aratu, 2012e. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Vitória, 2012f. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Santos, 2012g. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de São Francisco do Sul, 2012h. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Itajaí, 2012i. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Imbituba, 2012j. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Belém, 2013a. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Vila do Conde, 2013b. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Cabedelo, 2013c. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre

- Porto do Rio Grande, 2013d. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: outubro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto de Itaguaí, 2014a. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: novembro/2014.

SEP/PR e UFSC. Secretaria de Portos da Presidência da República e Universidade Federal de Santa Catarina - Pesquisas e estudos para a logística portuária e desenvolvimento de instrumentos de apoio ao planejamento portuário. Plano Mestre - Porto do Rio de Janeiro, 2014b. Disponível em: <www.portosdobrasil.gov.br> Acesso em: novembro/2014.

SERRANO, M.G.; CASTELLANO, L.T. Analisis de la eficiencia de los servicios de infraestructura em Espana: Una application al tráfico de contenedores. *Anais do X Encontro de Economia Pública*, 2003.

SHENT, H.; PUGH, R.J.; FORSSBERG, E. A review of plastics waste recycling and the flotation of plastics. Resources, Conservation and Recycling 25: 85 – 109, 1999.

SILVA, A.C.; DEZOTTI, M.; SANT'ANNA, G. L. Jr. Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. *Chemosphere*, 55(2): 207 – 14, 2004.

SINHA, V.; Patel, M.R.; Patel, J.V. PET Waste Management by Chemical Recycling: a Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 18 (1): 8 – 25, 2010.

SOUSA JR., J.N.C.; NOBRE JR., E.F.; PRATA, B.A. Análise da eficiência dos portos da região Nordeste do Brasil baseada em Análise Envoltória de Dados. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, 3 (2): 74-91, 2008.

SOUSA JR., J. N. C. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2010.

SOUSA JR., J.N.C.; NOBRE JR., E.F.; PRATA, B.A.; MELLO, J.C.C.B.S. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. *Journal of Transport Literature*, 7 (4): 75 – 106, 2013.

SPINACÉ, M.A.S.; DE PAOLI, M.A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Quimica. Nova,* 28 (1): 65 – 72, 2005.

SUKSANKRAISORN, K.; PATUMSAWAB, S.; FUNGTAMMASAN, B. Co-firing of Tahi Lignite and Municipal Solid Waste (MSW) in a Fluidized Bed: Effect of MSW Moisture Content. *Applied Thermal Engineering*, 30: 2693 – 2697, 2010.

TAVARES, R.C. Composição Gravimétrica: uma Ferramenta de Planejamento e Gerenciamento do Resíduo Urbano de Curitiba e Região Metropolitana. Tese de MSc. do Instituto de Engenharia do Paraná. Curitiba, 2007.

THOMPSON, R. C.; MOORE, C. J.; VOM SAAL, F. S.; SWAN, S. H. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 364(1526): 2153-66, 2009.

TOVAR, A.C.; FERREIRA, G.C. A Infra-Estrutura Portuária Brasileira: O Modelo Atual e Perspectivas para seu Desenvolvimento Sustentado. Revista do BNDES, 13 (25): 209 - 230, 2006.

TURNER, H.; WINDLE, R.; DRESNER, M. North American containerport productivity: 1984 – 1997. *Transportation Research Part E*, 40 (4): 339-356, 2004.

UNEP YEAR BOOK, 2011. Disponível em: <www.unep.org/yearbook/2011> Acesso em: maio/2014.

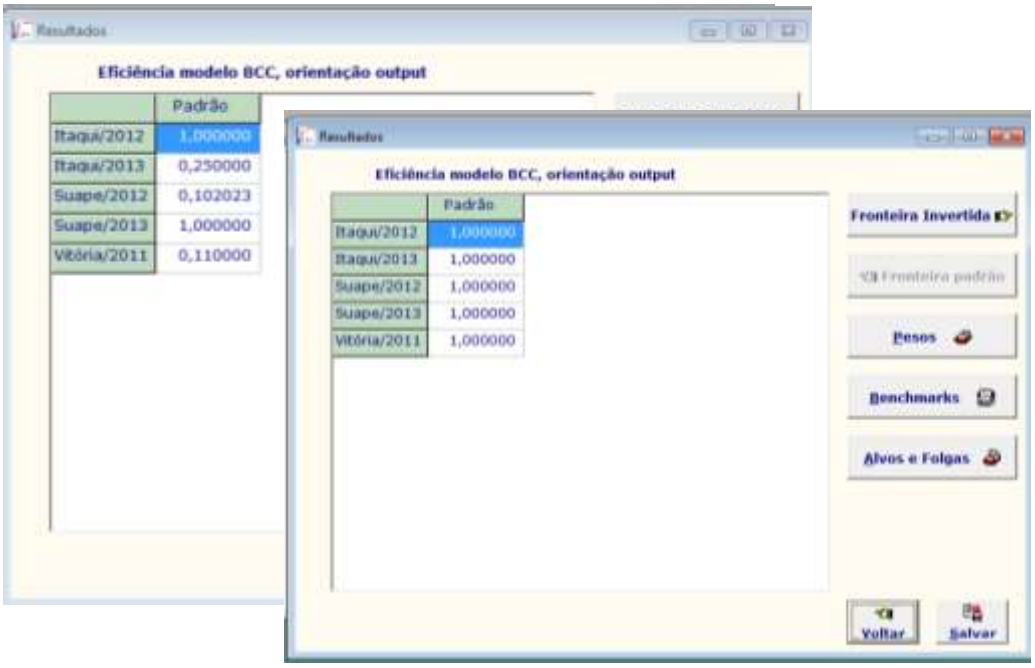
VALENTINE, V.F.; GRAY, R. The measurement of port efficiency using data envelopment analysis. *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research, Seoul, South Korea,* 2001.

VALOIS, NAYARA A. L. de Proposição do Uso de Indicadores Ambientais na Avaliação de Desempenho de Portos Brasileiros; Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

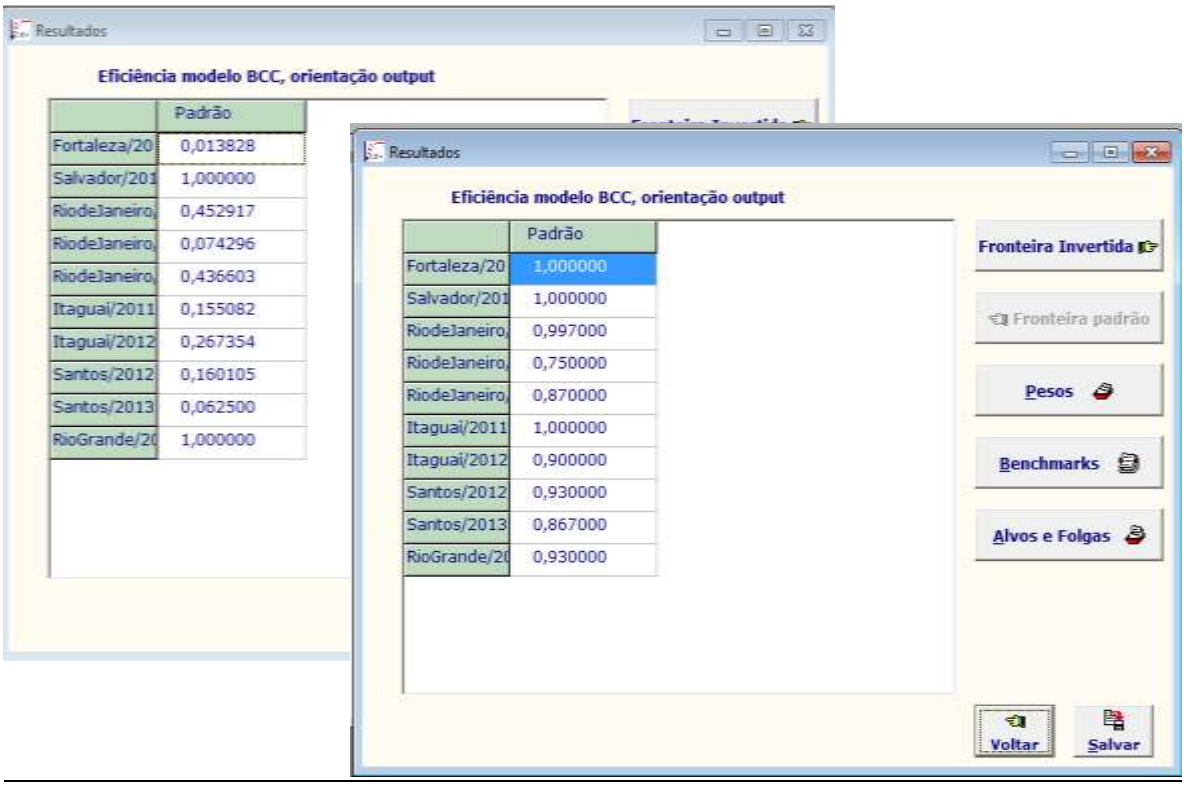
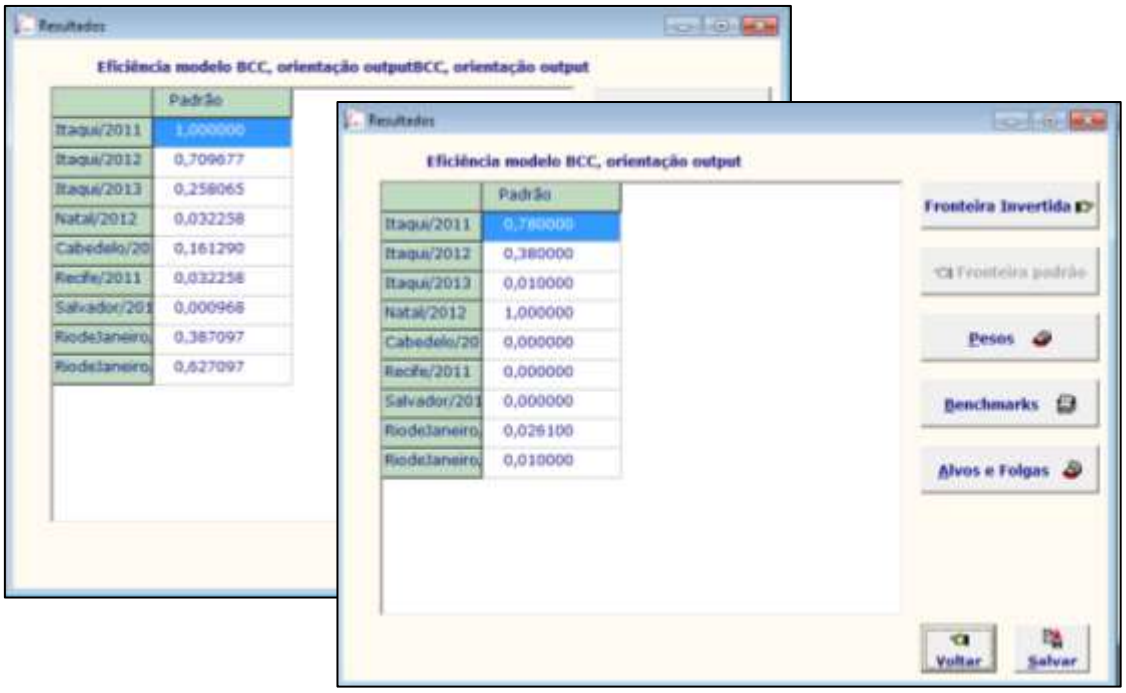
WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Competitiveness Report 2014–2015, 2014. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf> Acesso em: janeiro/2015.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Cópias das telas dos resultados do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente à área não arrendada.



APÊNDICE 2 - Cópias das telas dos resultados do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente à área arrendada.



APÊNDICE 3 - Cópias das telas dos resultados do programa Sistema Integrado de Apoio a Decisão (SIAD) para avaliação dos portos referente às embarcações.