



**SENAI CIMATEC**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM  
COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL**

**Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**

**Tese de Doutorado**

**REDES MARÍTIMAS E TVG DA CABOTAGEM  
BRASILEIRA: ESTRUTURA ESPACIAL E  
DINÂMICA REGIONAL**

Apresentada por: Carlos César Ribeiro Santos  
Orientador: Prof. Dr. Hernane Borges de Barros Pereira

Julho de 2018

Carlos César Ribeiro Santos

**REDES MARÍTIMAS E TVG DA CABOTAGEM  
BRASILEIRA: ESTRUTURA ESPACIAL E  
DINÂMICA REGIONAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Curso de Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Prof. Dr. Hernane Borges de Barros Pereira  
*SENAI CIMATEC*

Salvador  
SENAI CIMATEC  
2018

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

S237r Santos, Carlos César Ribeiro

Redes marítimas e TVG da cabotagem brasileira: estrutura especial e dinâmica regional / Carlos César Ribeiro Santos. – Salvador, 2018.

109 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Hernane Borges de Barros Pereira.

Tese (Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2018.

Inclui referências.

1. Redes marítimas. 2. Cabotagem. 3. Grafos variantes no tempo. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Pereira, Hernane Borges de Barros. III. Título.

CDD: 387.5

---

## Nota sobre o estilo do PPGMCTI

---

Esta tese de doutorado foi elaborada considerando as normas de estilo (i.e. estéticas e estruturais) propostas aprovadas pelo colegiado do Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e estão disponíveis em formato eletrônico (*download* na Página Web [http://ead.fieb.org.br/portal\\_faculdades/dissertacoes-e-teses-mcti.html](http://ead.fieb.org.br/portal_faculdades/dissertacoes-e-teses-mcti.html) ou solicitação via e-mail à secretaria do programa) e em formato impresso somente para consulta.

Ressalta-se que o formato proposto considera diversos itens das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entretanto opta-se, em alguns aspectos, seguir um estilo próprio elaborado e amadurecido pelos professores do programa de pós-graduação supracitado.

# SENAI CIMATEC

Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leram e recomendam a aprovação [com distinção] da Tese de Doutorado, intitulada “REDES MARÍTIMAS E TVG DA CABOTAGEM BRASILEIRA: ESTRUTURA ESPACIAL E DINÂMICA REGIONAL”, apresentada no dia 19 de julho de 2018, como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Orientador:

---

Prof. Dr. Hernane Borges de Barros Pereira  
SENAI CIMATEC

Membro interno da Banca:

---

Prof. Dr. Valter de Senna  
SENAI CIMATEC

Membro interno da Banca:

---

Prof. Dr. Roberto Monteiro  
SENAI CIMATEC

Membro externo da Banca:

---

Prof. Dr. Thadeu Josino PereiraPenna  
UFF - Universidade Federal Fluminense

Membro externo da Banca:

---

Prof. Dr. Marcus Alban Suarez  
UFBA - Universidade Federal da Bahia

*“O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas”.*  
(Claude Lévi-Strauss)

---

## Agradecimentos

---

Inicialmente, gostaria de agradecer a toda minha família, pelo suporte e crença ao longo desta jornada. Minha esposa Graciela Guimarães, nosso filho Íthan Ribeiro, mãe Diva Ribeiro, Tia Denise Ribeiro e irmão Paulo Henrique. são minha força “motora”.

Agradecer ao SENAI CIMATEC por todo o apoio e estrutura, em especial a toda equipe da área de Gestão. Cito também Leonardo Sanches (CIMATEC), pelo constante apoio no desenvolvimento deste trabalho desde o seu início.

Agradeço também ao amigo Frederico Garcia que me auxiliou na mineração dos dados da ANTAQ, quando da realização de sua iniciação científica comigo. Agradeço também ao amigo Marcelo Cunha, parceiro de doutorado e mais do que um irmão nessa jornada.

Aos colegas do Fuxicos e Boatos, nosso grupo de pesquisa, faço importante menção pelo eterno apoio dado na execução desta tese. Por fim, registro o meu profundo respeito e admiração pelo meu orientador Prof. Dr. Hernane Pereira, pela disposição e motivação na realização deste doutorado. O limite da ciência não existe ao seu lado mestre.

Salvador, Brasil  
19 de Julho de 2018

Carlos César Ribeiro Santos

---

## Resumo

---

Nos últimos anos, a movimentação marítima de cargas entre os portos cresceu em importância estratégica no Brasil, tendo em vista a eminente necessidade da desconcentração de sua matriz de transporte, ainda excessivamente dominada pelo modal rodoviário. Dessa forma, o modal aquaviário apresenta-se como uma real alternativa de prover a indústria brasileira maior eficiência logística no transporte de cargas. Sabe-se que o transporte marítimo, na Europa, cresce em números absolutos, principalmente pelos investimentos, nas últimas duas décadas, em pesquisa e tecnologias aplicáveis a esse modal. No Brasil, o modal aquaviário é dividido em longo curso, vias interiores e cabotagem. Esse último, em virtude das características físicas do país (e.g. 8500 km de costa navegável) demonstra-se como uma importante alternativa de investimento e crescimento desse modal. Assim, esta Tese apresenta o uso da Teoria de Redes e dos grafos variantes no tempo para a criação das denominadas Redes Marítimas, com o objetivo de investigar o comportamento do transporte marítimo pela cabotagem na costa brasileira entre os anos de 2010 a 2015. Os dados foram obtidos, por meio do Sistema Estatístico Aquaviário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), órgão do governo federal brasileiro. A cabotagem foi escolhida em virtude de resultados operacionais que mostram o efeito positivo desse tipo de navegação para o transporte de cargas no país. Os vértices das redes são os portos e as arestas são dirigidas de um porto a outro quando acontece uma viagem entre eles. Os resultados exibem portos como *hubs* ou dessa rede, a exemplo de Santos e Suape, em cada mês do intervalo de tempo estabelecido. A topologia das redes encontradas apontam um fenômeno Small-World. O uso da Teoria de Redes e dos grafos variantes no tempo apresentam-se como relevantes para tomadas de decisão cada vez mais assertivas e estratégicas para o transporte marítimo brasileiro.

**Palavras-chave:** Marítimas. Cabotagem. Grafos Variantes no Tempo.

---

## Abstract

---

In recent years, maritime cargo movement between ports has grown in strategic importance in Brazil, due to the eminent need to deconcentrate its transport matrix, still excessively dominated by the road modal. In this way, the waterway model presents as a real alternative to provide, to the Brazilian industry, greater logistics efficiency in the transport of loads. It is known that maritime transport in Europe has grown in absolute numbers, mainly by the investments, in the last two decades, in research and technologies applicable to this modal. In Brazil, the waterway mode is divided into long courses, interior roads and cabotage. Because of the physical characteristics of the country (e.g. 8500 km of navigable coast), cabotage is an important investment and growth alternative. Thus, this thesis qualification project presents the use of networks theory and time-varying graphs for the creation of so-called maritime networks, with the objective of investigating the behavior of maritime transport by coasting on the Brazilian coast between 2010 and 2015. The data were obtained through the Waterway Statistical System of the National Agency of Waterway Transportation (ANTAQ), an agency of the Brazilian federal government. Cabotage was chosen due to operational results showing the positive effect of this type of navigation, for cargo transportation in the country. The vertices of the networks are the ports and the edges are directed from one port to another, when a journey takes place between them. The results show ports as hubs or hinterlands of this network, such as Santos and Suape, in each month of the established time interval. The topology of the networks found point to a Small-World phenomenon. The use of network theory and time-varying graphs are relevant for increasingly assertive and strategic decisions for Brazilian maritime transport.

**Keywords:** Maritime Network. Cabotage. Time-Varying Graphs.

---

# Sumário

---

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Definição do problema . . . . .	5
1.2	Objetivo . . . . .	6
1.3	Importância da pesquisa . . . . .	6
1.4	Motivação . . . . .	8
1.5	Limites e limitações . . . . .	8
1.6	Questões e hipóteses . . . . .	9
1.7	Organização da Tese de doutorado . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Revisão da literatura</b>	<b>11</b>
2.1	Logística . . . . .	11
2.2	Transportes . . . . .	12
2.2.1	Modal Rodoviário . . . . .	13
2.2.2	Modal Dutoviário . . . . .	14
2.2.3	Modal Ferroviário . . . . .	15
2.2.4	Modal Aeroviário . . . . .	15
2.2.5	Modal Aquaviário . . . . .	16
2.3	Sistema Portuário Nacional . . . . .	18
2.3.1	Organização Institucional do Setor Portuário Brasileiro . . . . .	20
2.4	Cabotagem . . . . .	21
2.5	Teoria de Redes . . . . .	23
2.6	Análise Topológica . . . . .	27
2.7	Redes Marítimas . . . . .	30
2.8	Time-Varying-Graph . . . . .	32
2.9	Trabalhos Correlatos . . . . .	34
2.9.1	Recente Revisão de Literatura . . . . .	35
2.9.1.1	Resultados da Revisão . . . . .	40
<b>3</b>	<b>Materiais e Métodos</b>	<b>43</b>
3.1	Cenário . . . . .	43
3.2	Fonte de Dados . . . . .	44
3.3	Construção das Redes . . . . .	46
3.4	Análise da Rede Marítima Variável no Tempo . . . . .	47
3.4.1	Importância dos Portos pelo TVG . . . . .	48
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>51</b>
4.1	Análise Janela Total (0 a 72 meses) . . . . .	51
4.1.1	Janela Total: Rede Marítima geral . . . . .	51
4.1.2	Janela Total: Rede Filtrada . . . . .	57
4.2	Análise Janela Mensal (Mês a Mês) . . . . .	60
4.3	Janela Anual (12 meses em cada ano) . . . . .	65
4.4	Considerações Finais sobre Redes Marítimas e TVG . . . . .	67

---

<b>5</b>	<b>Conclusões</b>	<b>69</b>
5.1	Contribuições . . . . .	69
5.2	Oportunidades para pesquisas e desenvolvimentos futuros . . . . .	70
5.3	Divulgação da pesquisa . . . . .	70
<b>6</b>	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>80</b>
<b>A</b>	<b>Organograma Sistema Portuário Brasileiro</b>	<b>91</b>
<b>B</b>	<b>Órgãos e Funções do Sistema Portuário Brasileiro</b>	<b>92</b>
	<b>Referências</b>	<b>94</b>

---

## Lista de Tabelas

---

2.1	Lista descritores . . . . .	38
2.2	Descritores Revisão de Literatura - Redes Marítimas . . . . .	39
2.3	Caracterização Centralidade de Rede e Afiliação dos Principais Autores Redes Marítimas . . . . .	42
3.1	Matriz OriDest2015Brasil . . . . .	45
3.2	Matriz Ori_Dest_2010_Brasil_Gephi 0.9.2 . . . . .	45
3.3	Matriz Ori_Dest_2010a2015_Brasil_Gephi 0.9.2 . . . . .	46
4.1	Índices para a Rede Marítima Geral e centralidade dos vértices que mais se destacaram. . . . .	53
4.2	Índices para a Redes Marítima sem arestas múltiplas, dirigidas, ponderada e laços e sua Rede Aleatória Correspondente. . . . .	57
4.3	Ranking dos valores de centralidade de grau ( $k$ ) e da centralidade de inter- mediação B' dos vértices da rede com arestas simples. . . . .	60
4.4	<i>Hubs</i> da rede de Cabotagem Brasileira entre 2010 e 2015 (72 meses), se- gundo o critério . . . . .	61

---

## Lista de Figuras

---

1.1	Movimentação Aquaviária do Brasil 2010 a 2016 . . . . .	2
2.1	Principais Mudanças Leis dos Portos - Brasil . . . . .	19
2.2	Organização Institucional do Setor Portuário Brasileiro . . . . .	20
2.3	Evolução do Transporte Cabotagem 2010 a 2016 . . . . .	22
2.4	Estudo de Königsberg . . . . .	23
2.5	Representação Esquemática de uma Rede Complexa Simples . . . . .	24
2.6	Exemplo de redes. Em (a), a ampliação da rede crítica do discurso oral de um dos indivíduos (Pereira et al. 2016, p. 103); é uma rede semântica do discurso oral de um indivíduo, com arestas que conectam palavras pertencentes a uma mesma sentença. Em (b), representação da rede do fluxo de informação entre empresas concorrentes de um arranjo produtivo local na cidade de Salvador (FREITAS, 2006). Em (c), rede de subestações elétricas do estado da Bahia, Brasil. Os nós são as subestações e as arestas representam os cabos de distribuição de energia elétrica que conectam os postes (NASCIMENTO, 2012, p.42). . . . .	25
2.7	Exemplo de Redes Regulares . . . . .	27
2.8	gerado pelo modelo binomial de Erdős e Rényi ( $p = 0.01$ ) . . . . .	28
2.9	mundo pequeno considerando 10 vértices e alterando-se a probabilidade $p$ de religação $\rho$ : (a) $\rho = 0.3$ ; (b) $\rho = 0.5$ ; (c) $\rho = 0.7$ e (d) $\rho = 0.9$ . . . . .	28
2.10	Rede livre de escala. Considera-se 10 vértices e altera-se o grau mínimo do vértice $d$ : (a) $d = 1$ ; (b) $d = 2$ ; (c) $d = 3$ e (d) $d = 4$ . . . . .	29
2.11	Rede Marítima da Cabotagem Brasileira 2010-2015. (a): Rede Marítima Cabotagem Brasileira Geral (b): Rede Marítima Cabotagem Brasileira sem arestas múltiplas, laços e direcionalidade. . . . .	30
2.12	Rede Marítima Cabotagem Brasil 2010-2015. . . . .	32
2.13	Evolução das Publicações sobre Redes Marítimas por ano . . . . .	41
2.14	Redes de cliques autores Redes Marítimas . . . . .	41
3.1	TVG - Rede Estática Acumulada- (a) Evolução do TVG da rede de cabotagem brasileira, de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012. (b) Rede Estática Acumulada (REA) do TVG da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015. . . . .	47
3.2	Exemplos de distribuição de graus de dois instantes do <i>textit</i> TVG da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015. Em (a), $t=9$ (setembro/2010), a distribuição possui grau médio $\langle k \rangle(9)=3,2$ e limiar para existência de <i>hubs</i> $k_{lim} = 16,4$ . Em (b), para $t = 10$ (outubro/2010), o grau médio $\langle k \rangle(10) = 3,7$ e $k_{lim} = 19,45$ . Em cada instante, portos com grau $k_i > k_{lim}$ são considerados <i>hubs</i> da rede. . . . .	50
4.1	Rede Marítima da Cabotagem Brasileira, 2010-2015 . . . . .	53
4.2	Vértices Centrais na Rede Marítima Geral da Cabotagem Brasileira . . . . .	54
4.3	Grau de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Santos-SP . . . . .	54
4.4	de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Suape -PE . . . . .	56

4.5	Rede de Cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015, desconsiderando arestas múltiplas, arestas dirigidas e o peso das arestas. Os vértices estão relativamente dispostos de acordo com as coordenadas (latitude e longitude) do mapa do Brasil e seus diâmetros proporcionais a seus graus. . . . .	58
4.6	Distribuição de Graus: Em (a) é exibida a distribuição de graus da rede; no inset, a distribuição em escala logarítmica e em (b), a distribuição de graus da rede aleatória equivalente. . . . .	59
4.7	Total de <i>hubs</i> em cada mês da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015 (72 meses). . . . .	61
4.8	Evolução do grau em função do tempo para <i>hubs</i> da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015 (a) Santos – SP , Suape – PE e Paranaguá – PR; (b) Salvador – BA e Vitória – ES; (c) Rio de Janeiro – RJ e Rio Grande – RS; (d) Fortaleza – CE e Itaguaí – RJ; e (e) São Francisco do Sul – SC e Pecém – CE. A linha cheia corresponde ao limiar de grau a partir do qual o porto é considerado <i>hub</i> . . . . .	63
4.9	Rede de Cabotagem brasileira para um TVG com ?12,12. . . . .	65
4.10	Os sete portos que se destacaram mais em termos de beetweness na rede de cabotagem marítima brasileira e sua evolução entre os anos de 2010 e 2015. . . . .	66
5.1	Certificado de Prêmio CASI 2014 . . . . .	70
5.2	Artigo Publicado na Revista Business and Management Review . . . . .	71
5.3	Artigo Publicado na BraSNAM 2015 . . . . .	71
5.4	Abstract Aprovado no Encontro Nacional de Física Estatística - 2015 . . . . .	72
5.5	Capítulo de Livro Publicado no Livro Educação, Tecnologia e Inovação . . . . .	72
5.6	Capítulo Publicado no Livro Educação, Tecnologia e Inovação . . . . .	73
5.7	Abstract Aprovado no International Workshop on Maritime Flows and Network . . . . .	73
5.8	Artigo aprovado no XIX Encontro Nacional de Modelagem Computacional . . . . .	74
5.9	Capítulo Publicado no Livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado. . . . .	74
5.10	Capítulo Publicado no Livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado. . . . .	75
5.11	Capítulo Publicado no Livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado. . . . .	75
5.12	Abstract aprovado no Encontro Nacional de Física em 2017. . . . .	76
5.13	Artigo Aprovado no XX Encontro Nacional de Modelagem Computacional em 2017. . . . .	76
5.14	Artigo Aprovado no Internacional Congress of Internacional Maritime Association of the Mediterranean. . . . .	77
5.15	Comprovante Submissão na Transports Review em 2017. . . . .	77
5.16	Comprovante Submissão na Transports Review em 2018. . . . .	78
5.17	Comprovante Submissão na NetWorks & Spatial Economics em 2018 . . . . .	78
5.18	Artigo Aprovado no Revista Mundi - Engenharia, Tecnologia e Gestão . . . . .	79

---

## Lista de Siglas

---

<b>ABRATEC</b>	Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres
<b>ANAC</b> .....	Agência Nacional da Aviação Civil
<b>ANTAQ</b> ...	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
<b>ANTT</b> .....	Agência Nacional de Transportes Terrestres
<b>CDB</b> .....	Companhia Brasileira de Dragagem
<b>CNT</b> .....	Confederação Nacional do Transporte
<b>DNIT</b> .....	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
<b>IBAMA</b> ...	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>IBGE</b> .....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>INFRAERO</b>	Empresa de Infraestrutura Aeroportuária
<b>IPEA</b> .....	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>ISI</b> .....	Instituto Senai de Inovação
<b>MTPA</b> .....	Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil
<b>PNLP</b> .....	Plano Nacional de Logística de Portos
<b>SAC</b> .....	Secretaria de Aviação Civil
<b>SENAI</b> .....	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
<b>SEP/PR</b> ...	Secretaria Especial de Portos da Presidência da República
<b>SERAC</b> ....	Serviço Regional da Aviação Civil
<b>SCM</b> .....	(Supply Chain Management) Gerenciamento da Cadeia de Suprimento
<b>TPA</b> .....	Trabalhadores Portuários Avulsos
<b>TVG</b> .....	(Time-Varying Graph) Grafos Variantes no Tempo

## Introdução

---

O processo de globalização, ocorrido no início da década de 90, resultou numa integração de diversos sistemas produtivos em nível mundial, destacando-se o crescimento exponencial do comércio internacional com a abertura de mercados e a reestruturação produtiva de países. Nesse sentido, o fortalecimento de sistemas portuários, no mundo inteiro, tornou-se agenda estratégica, em razão da eficiência do modal aquaviário, em suas diferentes modalidades, para o desenvolvimento econômico.

Especificamente, no Brasil, a abertura do comércio internacional, na década de 90, não trouxe resultados satisfatórios em virtude da baixa competitividade dos portos brasileiros e dos seus elevados custos operacionais. O denominado "Custo Brasil", sinônimo à época de excesso de burocracia, impostos, legislações e custos trabalhistas, impediram o país de desenvolver o seu modal aquaviário, atrasando-o comparativamente a outros países e resultando numa urgente necessidade de reforma de todo o sistema portuário nacional.

Em 1993, é promulgada no Congresso Nacional a Lei nº 8.630/93 ("Lei dos Portos") que apresentou uma proposta de reforma do Sistema Portuário do Brasil, permitindo um novo modelo de financiamento e desenvolvimento dos portos. Contudo, Santana (2011) aponta que, mesmo com o novo marco regulatório de 93, o Brasil não conseguiu fazer frente a sistemas portuários de países europeus, asiáticos e da América Latina, que já se encontravam em desenvolvimento. Os portos brasileiros ainda eram considerados caros, com reduzido volume de investimentos em sua infraestrutura, reduzindo a sua competitividade comparativa ao comércio internacional.

Em 2012, o sistema portuário nacional entra novamente na pauta do Congresso Nacional com a edição da Medida Provisória (MP) nº 595, que dispõe sobre as novas regras de exploração dos portos e de contratação de trabalhadores para esse setor. Em tempo, a Lei nº 8.630/93 ("Lei dos Portos") foi revogada. A proposta dessa MP seria proporcionar mais eficiência para o sistema com o estímulo à competitividade no transporte de cargas.

Após seis meses de negociações, a referida MP foi aprovada e convertida na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, denominada a "Nova Lei dos Portos". Essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013. O objetivo principal da Nova Lei dos Portos foi oferecer objetivas oportunidades para o crescimento e fortalecimento do sistema portuário nacional, buscando um novo posicionamento entre as nações mais competitivas na eficiência portuária.

Os esforços do governo federal para o desenvolvimento do sistema portuário nacional (e.g. De acordo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no período de 2002 a 2011, os investimentos no modal aquaviário foram na ordem, em média, de R\$ 1 bilhão e de investimentos privados de R\$ 1,14 bilhão) refletiram nos números da movimentação aquaviária do país. Na figura 1.1, abaixo, aponta-se um sensível crescimento no uso desse modal para o transporte de carga:

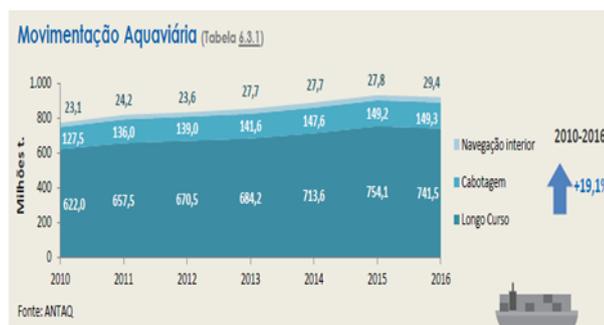


Figura 1.1: Movimentação Aquaviária do Brasil 2010 a 2016  
 Fonte: ANTAQ (2016)

Apesar do reconhecimento do governo federal no atraso do desenvolvimento do sistema portuário brasileiro e a realização de ações e investimentos de melhoria nos últimos anos, estudos apontam ainda o excesso de concentração da matriz de transporte do país no modal rodoviário e consequentes problemas resultantes dessa concentração nos demais modais, a saber:

1. Um estudo da COPPEAD-UFRJ (2012), aponta que o modal rodoviário responde por cerca de 60% de tudo que é transportado no Brasil. Comparativamente, países como EUA e Rússia, que possuem dimensões territoriais semelhantes ao Brasil, apresentam percentuais equivalentes à 35% e 19%.
2. Uma pesquisa sobre o transporte de cargas no Brasil em 2017 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) apresentou alguns exemplos sobre o modal rodoviário, dentre os quais pode-se questionar o transporte cargas, por caminhão, de São Paulo a Fortaleza em trajetos de mais de 3.000 km, quando se poderia, por exemplo, utilizar a cabotagem, considerada tecnicamente mais econômica, menos poluidora e mais segura.
3. Um relatório técnico de 2017 da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) apontou um crescimento na movimentação de cargas brasileira pelo modal aquaviário em uma taxa média de 7% nos últimos dez anos. No entanto, o espaço físico nos portos para movimentação dessa carga não avança mais do que 5%.
4. Estudo do IPEA (2013) sinaliza que o Brasil precisaria de um investimento de R\$ 43 bilhões nos portos para alcançar as condições mínimas de infraestrutura no que tange a competitividade em nível mundial.

5. O atual ranking da eficiência e qualidade portuária do *World Economic Forum* de 2016-2017 traz o Brasil na 1342 colocação.

Os dados acima relacionados refletem a necessidade do governo brasileiro desenvolver políticas públicas mais eficientes e produtivas para o equilíbrio de sua matriz de transportes em nível internacional, face aos desafios impostos por países europeus e asiáticos. Nesse sentido, o modal aquaviário apresenta-se como uma alternativa relevante, em decorrência de suas características geográficas dentro do país.

O Brasil é um país que possui 8.500km de vias navegáveis, 80% da população vive em regiões costeiras, possui vários portos públicos e privados e 75% do seu comércio internacional é realizado pelo mar. Tais características demandam ao país um transporte aquaviário mais estruturado, com capacidade para atender às variadas demandas dos estados brasileiros e sua diversa produção de produtos (ANTAQ, 2016).

A carência de estudos mais aprofundados sobre o transporte aquaviário no Brasil, estabelece um vasto campo de investigação científica a ser explorado por profissionais especialistas na área da logística, bem como pelo governo federal, estadual e, até, municipal. Além disso, face ao notório desenvolvimento de pesquisas e aportes tecnológicos dentro do sistema marítimo no comércio internacional, amplia-se a oportunidade de pesquisa no Brasil.

Essa lógica traz à tona a demanda por estudos que apontem métodos capazes de prover análises mais assertivas sobre o comportamento do transporte de cargas no país, pelo modal aquaviário e, conseqüentemente, possam auxiliar gestores públicos e privados em tomada de decisões mais eficientes, ampliando as oportunidades de desenvolvimento deste modal.

Na Europa, já se encontram avançados estudos sobre métodos e aplicações da Teoria de Redes na análise do comportamento do transporte de carga pelo modal aquaviário, auxiliando gestores a obter respostas mais eficientes, estratégicas e sustentáveis em longo prazo. Planejamentos mais assertivos como, por exemplo, a escolha de uma melhor roteirização para a navegação marítima com o auxílio da Teoria de Redes, já é uma realidade em países europeus e asiáticos.

Pereira (2013) afirma que redes complexas possuem propriedades que não são encontradas em modelos mais simples. Essas redes são sistemas complexos que envolvem diversos elementos organizados em estruturas que podem existir em diferentes escalas. Frequentemente, suas características principais emergem de interações entre suas partes constituintes e não podem ser previstas a partir de uma compreensão isolada de cada uma dessas partes. Dessa forma, o modal aquaviário apresenta características de um sistema

complexo, no qual os portos são considerados os vértices desse sistema e a movimentação dos navios entre os portos são estabelecidos como as arestas.

O entendimento que o modal aquaviário se comportava como uma rede complexa não é novo. Os estudos de Kansky (1963), Haggett e Chorley (1972) e Garrison and Marble (1974) serviram como base para as conclusões de Newman (2010), que apresenta a Teoria de Redes como um método capaz de investigar e prover respostas estratégicas a sistemas de transportes.

Newman (2010) relata a complexidade existente nas conexões e operações desse sistema de transporte e seus componentes. O padrão particular de interações em uma rede pode ter um grande efeito no comportamento do sistema como um todo (e.g. as conexões em uma rede social de um grupo de amigos podem afetar o modo como as pessoas aprendem ou formam opiniões).

Especificamente, ainda sobre sistemas de transporte, Newman (2010) destaca a existência de uma moderada quantidade de trabalhos, tais como rotas áreas, rodoviárias e ferroviárias. Um dos primeiros estudos de redes de transporte foi o de Pitts (1965) sobre o transporte de água nos rios russos na meia idade.

Mais recentemente, autores como Amaral et al. (2000), Gastner e Newman (2004) e Sen et al.(2003), produziram estudos sobre novas ideias de análise de rede para redes rodoviárias, ferroviárias e aéreas. Na maioria das redes estudadas, os vértices representam locais geográficos e as arestas, as rotas entre eles.

No que se refere a trabalhos que investigam rotas marítimas, Ducruet (2012) aponta que a geografia portuária e marítima identificou uma variedade de questões importantes como a formação de sistemas de portos e *hubs*. Contudo, evidências empíricas dessas questões na perspectiva de redes complexas permanecem escassas. Nessa lógica, a pesquisa de Ducruet, Zaidi e Inria (2012) explicam que a estrutura e evolução das Redes Marítimas não foram suficientemente documentadas pela comunidade científica.

Ducruet, Zaidi e Inria (2012) afirmam, ainda, que a revolução tecnológica do sistema marítimo produziu gradualmente novas formas de relação entre países, regiões e cidades, apoiada por uma pressão contínua sobre custos de transporte e um poder crescente de alianças de frete e grandes operadores. Para os autores, a importância de se investigar tais mudanças seria complementar a falta de evidência sobre os padrões espaciais da cadeia de commodities, porque os portos não competem como lugares individuais que manipulam navios, mas como cruciais links dentro de cadeias de fornecimento logísticas globais.

Dessa forma, o estudo sobre as Redes Marítimas, especificamente no Brasil, apresenta-se

como uma alternativa a ser investigada e documentada cientificamente, face ao desafio atual do país em desenvolver de maneira eficiente e equilibrada sua matriz de transportes. Conceitos específicos como *hub ports*, *hinterlands*, topologias de rede, vantagens e desvantagens do modal aquaviário e tendências na movimentação de cargas no Brasil poderão ser analisados com o uso da Teoria de Redes.

No Brasil, o transporte marítimo é dividido em vias navegáveis interiores (rios e lagos), navegação de longo alcance (entre países) e cabotagem (navegação costeira). Esta pesquisa optou por investigar o transporte de carga (todos os tipos) por cabotagem em virtude deste, comparativamente aos outros dois tipos de navegação marítima, possuir relevantes vantagens como menor custo do frete, maior capacidade de armazenamento de carga, maior controle sobre a comunicação e informação de carga, menor nível de avarias, maior confiabilidade dos prazos de entrega, aumento da segurança da carga, eficiência ambiental e energética, eficiências social e geoeconômica e menor índice de acidentes ou roubos.

O sistema de transporte marítimo, como já dito, é complexo. Desta forma, face à essa complexidade e dinamicidade, decidiu-se por utilizar nesta pesquisa, além dos fundamentos da Teoria de Redes, a teoria dos Grafos Variantes no Tempo (*Time-Varying Graphs - TVG*). Casteigts et al (2011) criaram a teoria do TVG com o objetivo de unir e formalizar os diversos conceitos e métricas utilizados no estudo de redes que variam no tempo. Em redes tradicionais, a utilização de grafos estáticos no estudo de problemas de conectividade de uma rede, conseguem representar bem as interações entre os dispositivos envolvidos. Todavia, em redes dinâmicas, como o transporte marítimo de navios entre os portos, que possuem constantes mudanças de comportamento em virtude de fatores econômicos, políticos, tecnológicos e, até, culturais, se faz necessária uma representação em grafos que não seja estática.

## **1.1 Definição do problema**

Considerando a problemática da infraestrutura de transporte no Brasil, a elevada concentração da matriz de transporte no modal rodoviário e a busca de novas alternativas de transporte como um mecanismo de redução de custos logísticos e melhoria da eficiência, o sistema marítimo nacional demanda por pesquisas que possam prover aos *stakeholders* desse modal de informações estratégicas que os auxiliem, por exemplo, na tomada de decisão. Além disso, a utilização da teoria de redes na Europa e Ásia pelos governos para a gestão de sistemas marítimos aquaviário já é uma realidade. Dessa forma, a relevância e utilização da Teoria de Redes com o auxílio do TVG para o transporte de carga por cabotagem no Brasil apresenta-se como um vasto campo de investigação científica. Destaca-se que na literatura brasileira, ainda existe uma lacuna na obtenção de soluções para o transporte marítimo utilizando a teoria de redes e, principalmente, o TVG.

Cabe salientar que num cenário de deficiência de mão de obra qualificada e pouco treinamento na gestão portuária brasileira, o uso dos métodos tradicionais de treinamento e repasse de tecnologia ainda representa a forma dominante, considerando empresas e profissionais com o perfil e recursos existentes (DE ALMEIDA,2015). Nesse sentido, a inserção de novos métodos e tecnologias enfrentam resistência, em razão do conhecimento dos métodos empregados, limitação dos custos envolvidos, do hardware necessário e das perspectivas pessoais e empresariais de crescimento do mercado (BORSCI;LAWSON;BROOME,2015).

A disponibilização de uma nova ferramenta didática, computacional, de baixo custo e fácil implantação, pode contribuir à formação profissional de agentes do modal aquaviário, desenvolvendo competências no processo de formação dos técnicos que atuarão com essa tecnologia, em especial na cabotagem. Um novo método também tem potencial de incrementar a produtividade e formar um perfil profissional mais aderente às necessidades de um setor.

## **1.2 Objetivo**

Modelar a dinâmica regional brasileira do transporte de cargas por cabotagem entre os anos de 2010 a 2015 com o uso da Teoria de Redes e do TVG.

Objetivos específicos

- Apresentar uma fundamentação teórica sobre Redes Marítimas e *Time Varying Graphs (TVG)*;
- Analisar e identificar topologias e propriedades das Redes Marítimas em diferentes janelas de tempo no TVG da cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015;
- Analisar a importância dos portos brasileiros no TVG da rede de cabotagem brasileira utilizando medidas de centralidade;

## **1.3 Importância da pesquisa**

Os pesquisadores Ducruet, Zaidi e Inria (2012) apontam que muito pouco foi feito até o presente momento para construção de Redes Marítimas, como o levantamento completo de dados ou a utilização de rigorosos métodos para construção de gráficos de análise. Desta forma, esta tese se propõe a demonstrar como a Teoria de Redes com o auxílio do *TVG* pode ser aplicada para representar o comportamento do transporte de cargas por cabotagem no Brasil.

Em posse de documentos que apontem um modelo de comportamento dos vértices e arestas da rede marítima brasileira por cabotagem, informações como roteirizações mais competitivas, identificação de padrões de comportamento na movimentação de cargas pela cabotagem, identificação de *hubs* portuários, identificação de grau de intermediação, identificação de topologia de rede e demais propriedades, poderão ser obtidas por pesquisadores e governos.

Destaca-se que esta tese se enquadra nas três linhas de pesquisa do Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (PPGMCTI) do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Em relação à linha de pesquisa Sistemas Complexos, esta tese apresenta características de interdisciplinariedade visto que percorre ciências como Logística, Economia e Teoria de Redes, comportamento não trivial do sistema estudado (e.g. sofre influências econômicas e geo-políticas) e, ainda, utilização de modelagem computacional e algoritmos para construção dos sistemas complexos aqui referenciados.

Sobre a linha de pesquisa Modelagem de Processos Industriais, o sistema marítimo é fundamental para o desenvolvimento e funcionamento da indústria. Dessa forma, esta tese apresenta uma modelagem do sistema marítimo brasileiro por cabotagem para todo o tipo de carga, o que a inclui nessa linha de pesquisa. Por fim, a terceira linha de pesquisa do programa é a Modelagem de Sistemas Cognitivos. Essa última, engloba o estudo e construção de simulações voltados ao ensino técnico-industrial. A modelagem da cabotagem brasileira pela Teoria de Redes, conforme já apontada e, em virtude da carência de estudos sobre este modal, apresenta-se como uma alternativa para estudos industriais.

A pesquisa apresenta postulados teóricos da Teoria de Redes, Modelagem Computacional, Gestão, Logística e *TVG*. A proposta aqui apresentada aplicará o conceito de grafos variantes no tempo, permitindo a construção de redes com características da evolução temporal do sistema analisado, neste caso, a movimentação de cargas pela modal aquaviário, tipologia cabotagem, entre os anos de 2010 a 2015. O trabalho também se propõe a inferir análises com foco logístico e de gestão a partir dos resultados obtidos.

Destaca-se que esta pesquisa insere o Brasil e o estado da Bahia nos estudos e impactos das Redes Marítimas e do *TVG*, em consonância com demais países competitivos, abrindo possibilidades de realização de planos estratégicos para desconcentração progressiva da matriz de transporte brasileira. Outro fator, não menos importante, é que, na medida em que a pesquisa é desenvolvida em um ambiente acadêmico, com acesso às tecnologias educacionais para treinamento na área logística, as aplicações e testes poderão ser difundidos e replicados possivelmente para outros modais do transporte como o aeroviário e ferroviário.

## **1.4 Motivação**

A formação profissional em logística é um desafio enfrentado pelas instituições de ensino e docentes que atuam nessa área específica. A busca por formar esses profissionais, incorporando as tecnologias e técnicas de ensino mais modernas disponíveis, é objetivo comum. O Centro Universitário SENAI CIMATEC atua no desenvolvimento de educação profissional (e.g. graduação e lato-sensu), consultoria e treinamentos na área da logística e gestão da produção. A instituição vem acompanhando de perto toda a evolução na área, aprimorando suas ferramentas e métodos de modo a se antecipar aos diversos lançamentos tecnológicos ocorridos.

Essa atuação, sempre em parceria com as principais empresas e centros de pesquisa do ramo logístico dentro e fora do país, possibilitou ao SENAI CIMATEC receber o título exclusivo de Instituto Senai de Inovação em Logística (ISI Logística), fruto dos resultados alcançados pelos produtos e serviços desenvolvidos pela instituição. Dessa forma, o fomento e o desenvolvimento de pesquisas na área da logística e gestão da produção devem ser constantes, em consonância com as demandas mercadológicas e tecnológicas provenientes da área.

Nesse aspecto, o desenvolvimento desta tese tem reflexos diretos com as atividades de docência, pesquisa e inovação deste pesquisador no ISI Logística. Além disto, a utilização da modelagem computacional para realizar atividades práticas em sistemas complexos de modais logísticos, incorporando produtividade e segurança às ferramentas existentes, permitirá oportunidades para incrementar a qualidade de treinamentos sobre o modal aquaviário no Brasil.

## **1.5 Limites e limitações**

Esta tese apresenta como proposta investigar o comportamento das Redes Marítimas da cabotagem de cargas entre os portos da costa brasileira, para os anos de 2010 a 2015, e apresentar sugestões de melhoria para essa modalidade de transporte no país. Desta forma, estão excluídas da análise desta tese a navegação à longo curso e a de vias interiores.

Além disso, percebe-se a dificuldade de se encontrar no Brasil, e no mundo, indicadores relacionados à construção de Redes Marítimas, ora pela falta de pesquisas científicas na área, ora pelos altos valores monetários cobrados por institutos ou empresas de pesquisa sobre o transporte marítimo, a exemplo da Lloyd's Marine Intelligence Unit (LMIU), com sede na Inglaterra, empresa reconhecida internacionalmente pela monitoração precisa da movimentação de navios e cargas e detalhamento de rotas entre os portos ao redor do

mundo.

Por outro lado, instituições públicas como a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), a Secretaria Nacional de Portos (SEP), o Conselho Nacional de Transportes (CNT), a Associação Brasileira dos Terminais de Contêineres de Uso Público (ABRANTEC), entre outros, bem como instituições de ensino superior e pesquisa como o Centro Universitário SENAI CIMATEC, proporcionam amplas condições de acesso e obtenção de dados capazes de produzir com objetividade e responsabilidade o quê esta pesquisa se propõe.

## 1.6 Questões e hipóteses

Segue abaixo uma lista com questões importantes a serem respondidas ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

**Questão 1:** Quais são os gargalos de investigação científica no estudo da rede marítima da cabotagem brasileira?

Hipótese 1.1: Os estudos sobre Redes Marítimas da cabotagem brasileira são escassos.

Hipótese 1.2: A modelagem da rede marítima da cabotagem da brasileira revelará o potencial econômico deste modal, podendo despertar interesses de mais estudos específicos na área.

**Questão 2:** Qual é a topologia das Redes de Cabotagem do transporte de cargas do Brasil entre os anos de 2010 a 2015?

Hipótese 2.1: Princípios organizativos emergem na rede marítima da cabotagem brasileira sugerindo uma rede eficiente, característica de uma topologia *Small- World*.

Hipótese 2.2: A dinâmica das Redes Marítimas da cabotagem brasileira sugerem a existência de *hubs* e sua distribuição de graus se assemelha à uma lei de potência, configurando-se como uma topologia *Livre de Escala*.

Hipótese 2.3: A dinâmica da Redes Marítimas da cabotagem brasileira sugerem a existência de uma Rede Híbrida, com comportamentos semelhantes a uma topologia Livre de Escala, bem como *Small- World*.

**Questão 3:** A Teoria de Redes pode evidenciar *hubs* portuários, zonas portuárias *hinterlands* e eficiência econômica de portos?

Hipótese 3.1: É possível desenvolver um método para identificar *hubs* na rede marítima da cabotagem brasileira, ao longo do tempo, a partir do *TVG*. Hipótese 3.2: Redes Marítimas são eficientes entre os anos de 2010 a 2015.

## 1.7 Organização da Tese de doutorado

Este documento apresenta cinco capítulos, e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contextualiza o tema da pesquisa, apresentando a definição do problema, objetivos e justificativas;
- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** Aborda os principais conceitos da logística, o sistema de transporte e modais, o transporte marítimo, a cabotagem, Teoria de Redes, Redes Marítimas, *TVG* e trabalhos correlatos;
- **Capítulo 3 - Materiais e Métodos:** Apresenta o cenário da pesquisa, fonte e organização de dados, construção das redes, análise topológica, a importância dos portos e análise da cabotagem no tempo;
- **Capítulo 4 - Resultados:** Esta seção traz a estatística sobre movimentação de cargas e resultados da utilização da Teoria de Redes e *TVG* aplicadas conjuntamente;
- **Capítulo 5 - Considerações Finais:** A última seção deste projeto apresenta o que já foi produzido até o presente momento, bem como as análises em andamento.
- **Anexos:** complementam o documento com informações importantes
  - **Anexos A - Organograma do Sistema Portuário Brasileiro**
  - **Anexos B - Órgãos e Funções do Sistema Portuário Brasileiro**

Durante a formatação buscou-se seguir uma ordem lógica adequada à melhor compreensão do desenvolvimento da pesquisa, respeitando-se as normas de formação e modelos utilizados pelo programa de pós-graduação no qual a pesquisa está inserida.

---

## Revisão da literatura

---

### 2.1 Logística

O cenário das organizações brasileiras vem se caracterizando pela busca por uma maior vantagem competitiva, desenvolvimento tecnológico, oferta de produtos e serviços adequados às expectativas dos clientes e, ainda, maior desenvolvimento e motivação de seu capital intelectual. Para superar esses desafios, torna-se premente que essas organizações percebam a importância da integração dos seus processos na busca por resultados operacionais sustentáveis.

Nesse cenário de intensas transformações, a logística apresenta-se como tema estratégico das empresas para agregar valor para os clientes e criar vantagens competitivas. Sob esta ótica, Ballou (2010) afirma que a filosofia de administração das empresas se altera com o tempo, de forma a se adaptar às novas exigências de desempenho para as firmas, assim, a logística representa uma nova visão empresarial para o alcance de vantagens competitivas.

Segundo Christopher (1997), embora os generais e marechais num passado longínquo já tivessem reconhecido o papel crítico da logística, o reconhecimento da mesma como um aspecto fundamental para a obtenção de vantagem competitiva só chegou até as empresas num passado recente. Tradicionalmente, a logística limitava-se à organização da cadeia interna de suprimentos das empresas, como atividade subordinada aos processos de fabricação, estando excessivamente atrelada à função de transporte das mercadorias entre os lugares de origem e destino.

Novaes (2007) afirma que a logística trata dos fluxos e da armazenagem de matéria-prima, produtos em processo, produtos acabados, informações e dinheiro, desde o ponto de origem até o ponto de destino. Ainda segundo Novaes (2007) a logística é dividida em 4 fases ao longo de sua história, a saber:

- ✓ **1ª fase:** apresentava uma cadeia logística segmentada com produtos padronizados, e estoque considerado o elemento principal da cadeia de suprimento. Tal fato, elevava os custos de produção em virtude do excesso de material parado.
- ✓ **2ª fase:** nesta fase novas soluções logísticas como multimodalidade e informática aparecem, auxiliando, ainda que modestamente, a integração da chamada cadeia de suprimentos da logística, com a utilização do planejamento de produção com previsões de demanda.

- ✓ **3ª fase:** caracterizada pela integração, tanto dentro da empresa como com fornecedores e clientes, tornando a cadeia de suprimentos mais flexível. Sensível aumento na troca de informações e ajustes frequentes na programação da produção fizeram parte da terceira fase.
- ✓ **4ª fase:** surgimento da denominada *Supply Chain Management (SCM)*, gerenciamento da cadeia de suprimentos, onde todos os elementos atuam em conjunto, buscando agregar o máximo de valor ao produto final. A partir dessa fase, a logística passa a ser tratada como estratégica para as organizações.

Fleury et al. (2000) afirmam que essa evolução do conceito de logística tornando-se estratégica e fundamental para a obtenção de vantagens competitivas às organizações, está diretamente vinculada à globalização e à concorrência cada vez maior em um mercado exigente.

## 2.2 Transportes

O transporte é a função logística que permite que o produto esteja no tempo certo, no local correto e com o menor custo possível para uma organização. Geralmente, a denominada distribuição física é responsável pelo principal custo em uma cadeia de suprimento logístico representando cerca de dois terços daquilo que é gasto pelas empresas na entrega do produto ao cliente. Dessa forma, a gestão de transportes de uma organização é estratégica e de suma importância. (NAZÁRIO, 2000; BALLOU, 2010).

Para se fazer a escolha do melhor transporte é necessário analisar a natureza e característica da mercadoria, como tamanho do lote, custos, rotas entre outros. Além disso, deve-se fazer um estudo para o conhecimento das restrições e os níveis de serviços prestados por cada modal, bem como a disponibilidade e frequência do transporte, o tempo de trânsito, o valor do frete, entre outros critérios.

Os principais modais de transportes são: rodoviário que utiliza estradas de rodagem; o aquaviário, que utiliza o sistema marítimo (oceanos, rios e lagos); o ferroviário que utiliza as ferrovias; o aeroviário que utiliza as vias aéreas e o dutoviário que utiliza os dutos. Os modais rodoviário, ferroviário e aquaviário, no Brasil, possuem um órgão de referência que é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) implantado em 14 de fevereiro de 2002 pela Lei nº 10.233 de 2001.

O DNIT tem como objetivo principal exercer funções relacionadas à construção, manutenção e operação da infraestrutura dos modais, assim como gerir projetos, supervisionar

e fiscalizar as entidades responsáveis pelas obras. Outra função do DNIT é a aplicação de multas aos condutores com excesso de velocidade ou peso nas estradas federais.

### 2.2.1 Modal Rodoviário

O modal rodoviário é conhecido por ser o mais utilizado nas grandes cidade. Este modal é realizado através de estradas, rodovias e ruas e se destaca pela versatilidade de cargas transportadas, que variam de tamanho e capacidade a depender do tipo de veículo utilizado.

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) é o órgão que regulamenta e fiscaliza as rodovias, além de ser responsável pela concessão destas, regulamentação de concessionárias e também cobrança de pedágio. Alvarenga e Novaes (2000) destacam a importância desse modal no país:

O modal rodoviário é o mais expressivo no transporte de cargas no Brasil e atinge praticamente todos os pontos do território nacional. Com a implantação da indústria automobilística na década de 50, com a pavimentação das principais rodovias, o modo rodoviário se expandiu de tal forma que hoje domina amplamente o transporte de mercadorias no país. ALVARENGA; NOVAES (2000).

Um estudo de 2016 da Confederação Nacional de Transportes (CNT) aponta que os investimentos para manutenção e construção da infraestrutura de rodovias e ruas no Brasil são escassos. A pesquisa apontou ainda que 48,3% do total das rodovias avaliadas apresentam algum tipo de problema no pavimento, acarretando prejuízos diversos, a saber:

- Aumento de 24,9% em média nos custo operacionais do transporte, resultando na retenção da durabilidade dos componentes veiculares;
- Aumento do tempo de viagem e do consumo desnecessário de combustível em uma estimativa de quase 775 milhões de litros de diesel, gerando para o transportador uma despesa adicional de R\$ 2,34 bilhões;
- Roubo de cargas;

No Brasil, o modal rodoviário representa 60% da matriz de transporte (ANTAQ, 2014), o que denota uma excessiva concentração nesse modal. Tal fato, ocasiona vantagens e desvantagens para as indústrias brasileiras. Como principais vantagens do uso do modal rodoviário, podemos citar sua capacidade de tráfego em qualquer rodovia, tornando esse modal flexível e adaptável às necessidades empresariais.

Outras vantagens do modal rodoviário é a sua capacidade de utilizar qualquer tipo de carga, possui fácil contratação e gerenciamento, não necessita de entrepostos especializados e ainda tem se adaptado facilmente a outros modais.

Como desvantagens do modal rodoviário podemos citar o limite da carga/veículo, o alto custo da operação, alto risco de roubos e acidentes, vias com gargalos que ocasionam gastos extras e, conseqüente, maior tempo de entrega do produto ao cliente e é considerado o modal mais poluente.

### 2.2.2 Modal Dutoviário

O modal dutoviário é caracterizado pela utilização de dutos ou cilindros para o transporte de petróleo e derivados, bem como produtos químicos diversos. Importante ressaltar que essas tubulações são construídas de acordo com normas internacionais de segurança.

Esse tipo de modal pode ser subterrâneo, em que os dutos são enterrados para a proteção contra acidentes, aparentes, ou então submarinos, em sua maior parte está submerso no fundo do mar. A movimentação ocorre, por meio do sistema de bombagem, na variação entre zonas, pelo que, os produtos se estendem das zonas de alta pressão, para zonas de pressão reduzida.

O transporte dutoviário pode ser classificado em: oleoduto realizado por meio de sistema de bombeamento que transporta petróleo e derivados aos terminais, portos ou centros de distribuição; mineroduto que se movimenta pela força da gravidade e transporta minérios e gasoduto que é destinado ao transporte de gases. Também são de responsabilidade da ANTT regulamentar as atividades relacionadas ao modal dutoviário. Para que haja autorização de implantação de dutos, é necessária aprovação da Resolução Conama nº 001 de 1986, para avaliar qualquer impacto ambiental que possa ocorrer.

Algumas vantagens desse modal são: monitoramento computadorizado; pouca influência por fatores climáticos; baixa possibilidade de avaria; transporte ininterrupto; alta confiabilidade e baixo custo operacional. Como desvantagens desse modal, podemos apontar: baixa flexibilidade de produtos; custo fixo elevado e risco de impacto ambiental.

### 2.2.3 *Modal Ferroviário*

De acordo com Keedi (2008), o transporte ferroviário se caracteriza pela utilização de trens que se movimentam pelos trilhos. Esse tipo de modal é capaz de transportar uma grande quantidade de cargas para longas distâncias com menor custo de seguro e isenções de taxas. Outro custo com menor impacto no modal ferroviário é o ambiental, tendo em vista menores emissões de poluentes das locomotivas.

No Brasil, a empresa VALEC (Engenharia, Construções e Ferrovias S.A) é responsável por construir e explorar a infraestrutura desse modal, de acordo com o texto da lei 11.772/2008.

Uma das grandes vantagens desse modal é que ele pode transportar grãos do centro de um determinado país (como o Brasil) para a costa, evitando possíveis perdas de produção que poderiam ocorrer caso fosse utilizado o modal rodoviário. Outras vantagens desse modal é a sua eficiência energética, baixo nível de acidentes, inexistência de pedágios e melhores condições de segurança para a carga.

Como desvantagens, tendo o Brasil como objeto de análise, malha sucateada que demanda novos investimentos, tráfego limitado aos trilhos, pouca flexibilidade de equipamento e uma malha insuficiente que não consegue atender às necessidades e demandas das empresas brasileiras.

### 2.2.4 *Modal Aeroviário*

O transporte aéreo é aquele realizado através de aeronaves, com possibilidade de ser praticado nacionalmente ou internacionalmente. Este modal é capaz de diminuir distâncias com velocidade e segurança, proporcionando desenvolvimento econômico e social para um determinado país. A utilização do modal aéreo assim como os demais, necessita de um amplo estudo para sua aplicação.

Transportadoras podem optar por esse modal em casos extremos de urgência operacional, como por exemplo a paralização de uma unidade de produção e os custos envolvidos com a perda de fabricação justifique aplicabilidade do modal para a unidade voltar a funcionar.

No Brasil, existem órgãos específicos para administração de aeroportos. A Secretaria de Aviação Civil (SAC) criada pela lei 12.462/2011 tem como objetivo coordenar e supervisionar ações voltadas para o desenvolvimento estratégico do setor da aviação civil e da infraestrutura aeroportuária e aeronáutica. Já a Agência Nacional de Aviação Civil

(ANAC), vinculada ao SAC, tem a função de normatizar e fiscalizar as atividades de aviação civil e de infraestrutura aeronáutica e aeroportuária. Por fim, apresenta-se a Empresa de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO) que implanta, administra, opera e explora industrialmente e comercialmente a infraestrutura aeroportuária brasileira.

Algumas vantagens do modal aeroviário é a possibilidade de realizar o transporte de grandes distâncias, tempo de trânsito reduzido em comparação a outros modais, seguro de transporte baixo e fica próximos aos centros urbanos. Como desvantagens, pode-se afirmar a existência de limites em volume e pesos, frete elevado e dependência de terminais de acesso.

### 2.2.5 Modal Aquaviário

O modal aquaviário ou hidroviário consiste aos transportes efetuados no maior espaço físico do planeta, em águas, que podem ser fluviais, lacustres e marítimos. Alguns autores descrevem este modal como sendo o realizado por navios a motor, de grande estrutura, entre os mares e oceanos, com divisão e classificação de categorias proveniente de sua finalidade, ou seja, transportando cargas entre portos nacionais, atracando em portos de mar e interiores, localizados em rios, dentro de um mesmo país ou de longo curso ou internacionalmente, isto é, atracando em portos de dois ou mais países. Para Castro (2011), o transporte marítimo significa:

A atividade comercial que envolve o transporte aquaviário (*business shipping*) é conceituada como o movimento físico de bens e pessoas de portos fornecedores para portos de demanda assim como as atividades exigidas para apoiar e facilitar tal movimento.

De acordo com a Lei nº 9.432 de 1997 o transporte aquaviário brasileiro divide-se em cinco tipos de navegação:

- (a) Longo Curso: caracteriza-se pela navegação entre portos nacionais e internacionais, realizando o transporte de bens, utilizando navios de diferentes tipos e dimensões;
- (b) Navegação Interior: realizada em hidrovias interiores, em percurso nacional ou internacional. Esse tipo de navegação se difere consideravelmente de região para região em aspectos sociais e econômicos;

- (c) Apoio Portuário: realizada exclusivamente nos portos e terminais aquaviários, para atendimento a embarcações e instalações portuárias.
- (d) Apoio Marítimo: segundo a Lei nº9.432/97, é aquela realizada para o apoio logístico a embarcações e instalações em águas territoriais nacionais e na Zona Econômica, que atuem nas atividades de pesquisa e lavra de minerais e hidrocarbonetos.
- (e) Cabotagem: é a navegação entre portos marítimos de um país pela sua costa.

Por se tratar de uma pesquisa que aborda esse tipo de navegação, teremos uma seção posterior que apresenta maiores detalhes da Cabotagem, objeto de investigação e análise desta pesquisa.

Vale destacar, ainda na contextualização do modal aquaviário, o surgimento e atual relevância do contêiner que objetivamente revolucionou a maneira de se transportar cargas no mundo.

O desenvolvimento do contêiner foi iniciado por Malcolm McLean, na década de 30, com o objetivo de reduzir as operações de carregamento e descarregamento de mercadorias em cada mudança de modal, durante o transporte. A primeira ideia era a de transportar em um navio todo o caminhão de forma que, ao chegar ao destino, a carga já estivesse pronta para continuar a viagem. A ideia inicial evoluiu para o transporte apenas do baú, ou contêiner, uma caixa metálica, o que reduziria o custo total de transporte. Malcon McLean é considerado atualmente o pai da conteneurização, responsável por uma das maiores empresas de transportes de cargas por contêiner do mundo a Sea-Land Inc, adquirida da década de 90 pela Maersk, que passou a adotar o nome Maersk Sealand.

O papel do contêiner na chamada globalização foi fundamental para o crescimento da economia internacional. Atualmente, cerca 90% dos produtos, que não os graneis, são transportados em um contêiner, o que demonstra a importância dessa forma de se movimentar carga. 27% dos contêineres são originários da China, o maior exportador mundial de produtos manufaturados.

O contêiner apresenta uma série de vantagens quando utilizado pelo modal aquaviário o que o coloca, atualmente, como a principal forma de se comercializar mercadorias no mundo, a saber: agiliza o transporte, reduz custos de manipulação e de embarque, protege a mercadoria, reduz o custo com embalagem, apresenta um custo de seguro mais baixo, organiza as áreas de armazenagem e reduz seus custos, elimina a necessidade de locais cobertos para sua permanência e aumenta os espaços disponíveis para cargas nos navios.

Esta denominada revolução dos contêineres por muitos autores traz em seu bojo uma mudança na maneira de comercializar carga no mundo todo. O Brasil, com todo seu vasto

território e com as diversas dificuldades de transporte, será obrigado a desenvolver um transporte multimodal nacional, onde certamente o contêiner terá que ser utilizado obrigatoriamente. Além disso, estudos apontam a necessidade de um incremento no transporte multimodal com o uso do contêiner entre os países que fazem parte do Mercosul.

### **2.3 Sistema Portuário Nacional**

Entre os anos 1975 e 1990, a gestão do sistema portuário brasileiro era gerenciado pela Empresa Brasileira de Portos S/A (Portobrás), vinculada ao Ministério dos Transportes (MT). A Petrobras, além de definir os programas orçamentários do setor, como novos investimentos, políticas de pessoal e as tarifas portuárias, ela detinha do monopólio da exploração das operações portuárias, bem como era encarregada pela dragagem portuária por intermédio de sua subsidiária à época, a Companhia Brasileira de Dragagem (CDB).

No início, a década de 1990, as reformas promovidas pelo Governo Federal extinguiram tanto a Portobrás quanto o Ministério dos Transportes que foi reduzido a uma estrutura de Secretaria, denominada de Transportes, e que foi inserida no então Ministério de Infraestrutura. A solução imediata adotada pelo Governo foi criar o Departamento de Portos dentro dessa Secretaria. A partir daí, delegou-se parcela das atribuições da antiga Portobrás e a administração dos portos, diretamente, às Companhias Docas, órgãos subsidiários da antiga Portobrás, por meio de convênios e sem a ingerência de um órgão centralizador, numa primeira tentativa de estabelecer uma concorrência entre os diversos portos.

Contudo, Gianneto e Lima (2008) apontaram que os mecanismos de concorrência desse novo modelo portuário do Brasil não foram bem assimilados, visto que as estruturas gerenciais das Companhias Docas eram excessivamente burocratizadas, destoando de uma economia que se apresentava, à época, cada vez mais flexível. Dessa forma, o sistema portuário brasileiro demandava uma lei capaz de prover ao setor celeridade e agilidade na tomada de decisão. Assim, em 1993, foi criada a lei Lei 8630, conhecida como “Lei dos Portos”, resultado de um amplo debate nacional iniciado em 1989.

Contudo, de acordo com Oliveira (2011) a implantação dessa lei sofreu obstáculos. O primeiro foi a oposição dos empregados das Companhias Docas, que defendiam os seus status e privilégios. Outro obstáculo era os Sindicatos dos Trabalhadores Portuários Avulsos (TPA), que se constituíam numa poderosa fornecedora de mão de obra para os portos, e cujos líderes sindicais eram empresários que poderiam perder seus mercados, até então, cativos. Por fim, o setor empresarial acreditava que seria prejudicado com a provável revisão de contratos entre fornecedores, agentes, despachantes e demais agentes operadores dos portos.

Em 2007, é criada a Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR), que tinha como objetivo a formulação de políticas e diretrizes para o desenvolvimento e o fomento do setor de portos e instalações portuárias. Durante os anos de 2009 e 2010, vários estudos encomendados pela SEP/PR apresentaram diagnósticos e sugestões de incremento no setor portuário, e todos apontavam para a necessidade de alterações no marco regulatório visando à modernização do setor portuário.

Em meados de 2010, a SEP/PR iniciou a confecção do Plano Nacional Logístico de Portos (PNLP). O projeto tinha como objetivo determinar o desempenho atual do setor e traçar um panorama em curto, médio e longo prazo. O PNLN foi finalizado em 2012, e serviria para a orientação de projetos, análises e prognósticos de base para futuros investimentos.

Em agosto de 2012, a Presidência da República criou um grupo de trabalho chefiado pela Casa Civil, para elaborar uma medida provisória que proporcionasse ao setor portuário brasileiro mais eficiência. Assim, foi editada a medida provisória de número 595/12, que foi efetivada em 2013 como a lei 12.815, “Nova Lei dos Portos” que visava a agilizar e baratear o frete marítimo no país, reduzir o tempo médio de carga e descarga e aumentar a competitividade do setor, considerado um dos principais gargalos para o crescimento do Brasil.

A “Nova Lei dos Portos” visou a fortalecer a política de portos no país, designando a SEP/PR como o órgão centralizador de todas as decisões finais da área portuária, inclusive com a nova vinculação da ANTAQ e na melhoria da gestão das Companhias Docas. Na figura 2.1, apresenta-se uma síntese com as principais diferenças entre as Leis 8630 e a 12815.

Principais Mudanças	
Lei 8.630	Lei 12.815
Planejamento descentralizado nos portos	Planejamento centralizado na SEP/PR
A fiscalização dos contratos de concessão e autorizações pela ANTAQ e arrendamentos pela Autoridade Portuária e ANTAQ	A fiscalização de todos os contratos (arrendamento e concessão) e autorizações pela ANTAQ, com apoio da Autoridade Portuária
ANTAQ vinculada ao Ministério dos Transportes	ANTAQ vinculada à SEP/PR
Terminais Privados: movimentação de carga própria. Dentro ou fora do porto organizado	Terminais Privados: movimentação de carga de terceiros. Somente fora do porto organizado
Contrato de arrendamento entre Autoridade Portuária e arrendatário	Contrato de arrendamento entre SEP/PR e arrendatário
Conselho de Autoridade Portuária (CAP) deliberativo	CAP consultivo

Figura 2.1: Principais Mudanças Leis dos Portos - Brasil

Fonte: Secretaria dos Portos (2017)

Em suma, a lei 12815/13 estabelece novos critérios para a exploração e arrendamento (por meio de contratos de cessão para uso) para a iniciativa privada de terminais de movimentação de carga em portos públicos. Além disso, as novas regras facilitam a

instalação de novos terminais portuários privados e objetivam ampliar os investimentos privados e modernizar os terminais, a fim de baixar os custos de logística e melhorar as condições de competitividade da economia brasileira.

### 2.3.1 Organização Institucional do Setor Portuário Brasileiro

Nesta seção será apresentada a nova organização institucional do setor portuário brasileiro, a partir da lei 12815/13 que estabelece a exploração de complexos portuários pela União. Destaca-se que esta atividade pode ser exercida de forma indireta, com a gestão sendo concedida, delegada ou arrendada a terceiros, como, por exemplo, os governos estaduais e municipais, autarquias ligadas a qualquer um dos três níveis de poder e a iniciativa privada. O anexo A apresenta o organograma atual do sistema portuário brasileiro, enquanto que a Figura 2.2 ilustra a organização institucional do setor portuário atualmente.



Figura 2.2: Organização Institucional do Setor Portuário Brasileiro

Fonte: Secretaria de Portos (2017)

O primeiro ator da organização institucional do setor portuário no Brasil é o Ministério de Transportes, Portos e Aviação Civil (MTPA), órgão responsável pelo assessoramento do presidente da República na execução e formulação e da política de transporte do país. Os órgãos diretamente ligados ao ministério que atuam no sistema marítimo nacional são a Secretaria de Portos (SEP) e a já citada autarquia ANTAQ.

A Secretaria de Portos da Presidência da República (SEP/PR), como já abordado, foi criada em 2007, estando atualmente relacionada e subordinada ao MTPA. Possui como principal atribuição formular as políticas nacionais e executar medidas, programas e projetos em prol do desenvolvimento da infraestrutura dos portos marítimos e terminais sob a sua gestão.

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), foi instituída pela Lei nº 10.233/2001. É uma entidade integrante da administração federal indireta, vinculada de forma direta à SEP/PR e tem a responsabilidade de implementar as políticas formuladas pela Secretaria de Portos da Presidência da República, pelo Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte e pelo Ministério dos Transportes. Tem a missão também de regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura portuária e aquaviária.

Por fim, a ANTAQ deve ainda harmonizar os interesses dos usuários com os das empresas e entidades do setor, sempre preservando o interesse público. Os demais órgãos e funções destes, que compõem o sistema portuário nacional apresentam-se no anexo B. Os órgãos exercem atividades diferenciadas, por esse motivo é importante salientar essa diversidade de interesse entre os *stakeholders* do setor.

## 2.4 Cabotagem

Conforme definição da lei brasileira de n.º 9.432/97, a navegação de cabotagem é aquela realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou essa e as vias navegáveis interiores. Martins (2013) explica sobre cabotagem:

[...] navegação de cabotagem é a navegação nacional que se efetua fora das águas interiores e entre portos ou pontos situados nas zonas marítimas nas quais os países exercem soberania, direitos soberanos ou jurisdição.

Para o Goebel (2013), a cabotagem é o transporte nacional realizado entre dois portos da costa de um mesmo país ou entre um porto costeiro e um fluvial. Ao se analisar os portos marítimos como elementos de conexão de cadeias logísticas devem-se considerar a complexidade da atividade e a forma de organização.

Portos oferecem diferentes níveis de atividades e promovem o escoamento de produtos, contribuindo para converter em riquezas as divisas de um país. No Brasil, a extensa costa marítima e a concentração dos setores produtivos e do mercado consumidor ao longo da costa são alguns dos aspectos favoráveis ao desenvolvimento da cabotagem.

A atividade de navegação de cabotagem brasileira teve início com o processo de colonização europeia e foi facilitada pelas características da costa marítima brasileira. O Decreto de Abertura dos Portos às Nações Amigas, de 1808, foi o grande propulsor dessa modalidade de transporte, uma vez que resultou em expansão da atividade e no desenvolvimento da indústria naval.

Dados da ANTAQ (2017) estimam que a cabotagem hoje dispõe de uma frota de 177 embarcações, com diferentes rotas comerciais que vão de pontos do Oceano Atlântico. A cabotagem brasileira tem produzido números economicamente satisfatórios, conforme aponta a figura 2.3 abaixo:

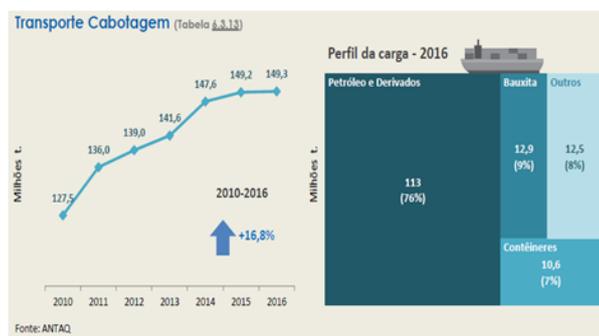


Figura 2.3: Evolução do Transporte Cabotagem 2010 a 2016

Fonte: ANTAQ (2017)

Na figura 2.3, apresenta-se um aumento de 16,8% no volume de carga transportado entre os anos de 2010 a 2016 pela cabotagem. Os tipos de cargas trazem as seguintes estatísticas: (a) petróleo e derivados correspondem a maioria pelo modal com 76%; (b) bauxita corresponde a 9% do volume transportado; (c) outros tipos de cargas representam 8%; e, por fim, (d) 7% cargas foram movimentadas por contêineres (com todo tipo de mercadoria).

Moura e Botter (2011) constatarem o potencial de crescimento na modalidade de cabotagem para o escoamento de mercadorias no Brasil. A ANTAQ (2017) lista uma série de considerações para o aumento do uso da cabotagem no país, a saber:

1. A cabotagem, comprovadamente é a modalidade de transporte que menos interfere no meio ambiente, tanto pela reduzida emissão de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, como pelo baixo consumo de combustíveis fósseis/tonelada útil transportada, e ainda por ser uma via natural, que, ao ser implantada, praticamente não gera impactos ambientais relevantes, quando comparada com outros modais.
2. A integração, através da navegação de cabotagem e, do sistema portuário nacional, ao longo do litoral, é fator fundamental para a disseminação do multimodalismo e a

nova configuração da matriz do país preconizado pelo PNLT.

3. A participação da navegação de cabotagem para o desenvolvimento do comércio exterior do país, que é realizado, entre 80 a 90% de seu valor e 95% de seu volume, pelo modal marítimo, é imprescindível à implementação do conceito de *hub / feeder ports*.
4. A navegação de cabotagem integra a constituição de uma rede de apoio à marinha de guerra do Brasil em operações de paz e de guerra.
5. A presença de navios de bandeira brasileira, ao longo da costa, garante a consolidação da extensão da plataforma continental, incluídos os limites da amazonia azul.

Constata-se a importância da promoção e desenvolvimento da cabotagem brasileira para a desconcentração da matriz de transporte do país, crescimento econômico sustentável das regiões costeiras, defesa do meio ambiente e ainda atendimento eficaz e competitivo às exigências que se apresentam.

## 2.5 Teoria de Redes

Em 1735, o matemático e físico suíço Leonard Euler apresentou uma solução para o conhecido problema das “Pontes de Königsberg”. Este estudo é considerado pioneiro na ciência de redes complexas (figura 2.4).

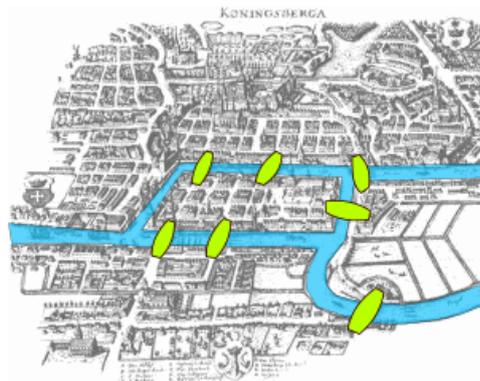


Figura 2.4: Estudo de Königsberg

Fonte: Euler, Leonhard, “Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis” (1741),  
Eneström 53

Desde então, a Teoria de Redes complexas utiliza conceitos provenientes da teoria dos grafos, estatística e sistemas complexos (Amaral e Ottino (2004), Boccaletti et al. 2006, Costa et al. 2007).

Hodiernamente, o interesse na aplicação da Teoria de Redes no contexto dos estudos organizacionais teve um aumento significativo na quantidade e na qualidade de pesquisas produzidas (BALESTRIN; VERSCHOORE; REYES-JUNIOR, 2010). Para Newman (2003), as aplicações dessa teoria se estende a áreas como transporte, economia, redes de informações, sociais e de tecnologia.

Para Albert e Barabási (2012), uma rede pode ser representada matematicamente pela teoria dos grafos. Um grafo é uma coleção de pontos (vértices) unidos por linhas (arestas), ou pela representação das relações existentes em pares de elementos de um dado conjunto.

Barabasi (2016) define ainda que as redes podem ser caracterizadas como complexas. Estas se apresentam quando possuem uma estrutura topológica não trivial de conexão, composta por um conjunto extremamente elevado de vértices, que são conectados por meio de arestas, com ligações que dependem da característica do estudo que se deseja construir (figura 2.5).

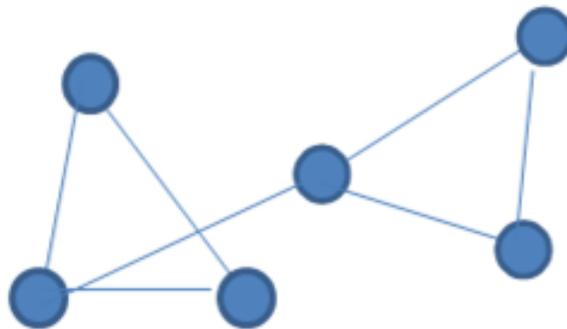


Figura 2.5: Representação Esquemática de uma Rede Complexa Simples

Fonte: Autor (2017)

As redes possuem propriedades próprias e se apresentam da seguinte forma:

- Não direcionados (ou não dirigidos): a existência de uma aresta partindo de  $i$  e chegando até  $j$  não implica a existência de uma aresta que parte de  $j$  e chega até  $i$ . O par  $i, j$  é não ordenado.
- Direcionado: o par  $i, j$  é ordenado. Uma aresta dirige-se do vértice  $i$  ao vértice  $j$ .
- Autoconectados (com laço): uma aresta liga o vértice a ele mesmo.
- Ponderado: são atribuídos pesos às arestas.

Na Figura 2.6, abaixo, demonstram-se três exemplos de aplicações reais para essa modelagem:

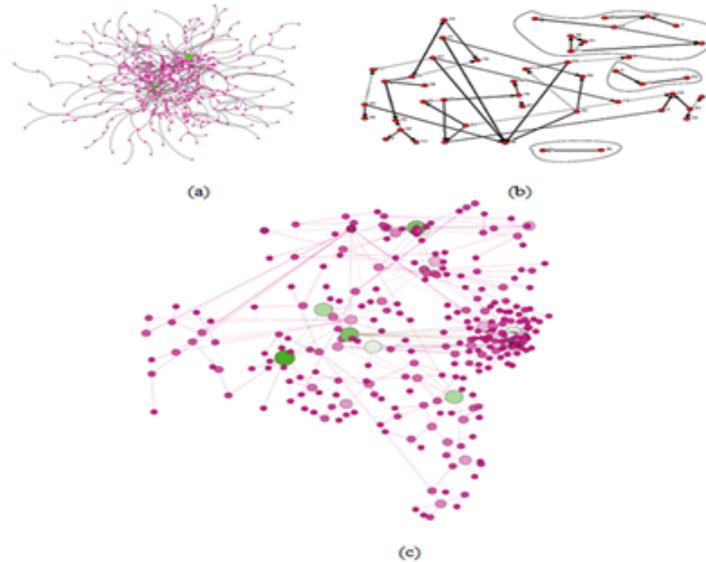


Figura 2.6: Exemplo de redes. Em (a), a ampliação da rede crítica do discurso oral de um dos indivíduos (Pereira et al. 2016, p. 103); é uma rede semântica do discurso oral de um indivíduo, com arestas que conectam palavras pertencentes a uma mesma sentença. Em (b), representação da rede do fluxo de informação entre empresas concorrentes de um arranjo produtivo local na cidade de Salvador (FREITAS, 2006). Em (c), rede de subestações elétricas do estado da Bahia, Brasil. Os nós são as subestações e as arestas representam os cabos de distribuição de energia elétrica que conectam os postes (NASCIMENTO, 2012, p.42).

Fonte: Santos, Cunha e Pereira (2017)

Uma rede pode ser representada, matematicamente, por um grafo  $\mathcal{G} = \{\nu, \epsilon\}$ , em que  $\nu$  é o conjunto dos vértices, que contém  $n$  elementos e  $\epsilon$ , de  $m$  elementos, é o conjunto das arestas, ou seja, dos pares de vértices que se relacionam sob algum critério pré-estabelecido.

Não obstante outros conjuntos poderem ser utilizados dentro de  $\mathcal{G}$ , como exemplo, conjuntos que informam sobre a evolução da rede no tempo. Neste trabalho será realizado um estudo da rede marítima do ponto de vista estático e com arestas dirigidas, que representam relações direcionadas de um vértice a outro. Esta análise pode revelar a estrutura da rede e destacar vértices de alto prestígio, segundo alguns dos principais indicadores de redes. São eles:

- Número( $n$ ) de vértices : representa o total de vértices da rede, ou seja,  $n = |\nu|$ ;
- Número de arestas ( $m$ ): representa o total de arestas da rede, ou seja,  $m = |\epsilon|$ ;
- Caminho mínimo médio ( $\langle \ell \rangle$ ): A média dos caminhos mínimos  $\ell_{ij}$  da rede, ou seja,

$$\langle \ell \rangle = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} \ell_{ij}$$

Em que  $\ell_{ij}$ , representa a menor distância (caminho mínimo), em termos de arestas, entre os vértices  $i$  e  $j$ ;

- Diâmetro ( $D$ ) Representa o maior caminho mínimo da rede;
- Densidade ( $\Delta$ ) Representa o poder de relacionamento dos vértices da rede. É a razão entre o número de arestas que a rede tem pelo número de arestas possíveis:

$$\Delta = \frac{m}{n(n-1)/2}$$

- Diâmetro ( $D$ ) Representa o maior caminho mínimo da rede;
- Aglomeração média ( $\langle C \rangle$ ) : É a média das aglomerações dos vértices da rede, ou seja,  $\langle C \rangle = \frac{1}{n} \sum_1^n C_i$ , em que  $C_i$  é a aglomeração do vértice  $i$ , que representa a densidade da rede formada pelos seus vizinhos. Ou seja,  $C_i = \frac{m_i}{k_i(k_i-1)/2}$ , em que  $m_i$  é o número de arestas da rede formada pelos vizinhos de  $i$ , e  $k_i$  é o número de vizinhos de  $i$ .

existem na Teoria de Redes as denominadas medidas de centralidades, a saber:

- Grau de entrada ( $k_i^{in}$ ): informa a quantidade de arestas que incidem no vértice  $i$ , em uma rede dirigida.
- Grau de saída ( $k_i^{out}$ ): informa a quantidade de arestas que emanam do vértice  $i$ , em uma rede dirigida.
- Grau ( $k_i$ ) : informa a quantidade total de arestas que incidem ou emanam de um vértice  $i$ , em uma rede não dirigida.
- Intermediação ( $B_u$ ) : Conhecida como *betweenness centrality*, mede o quanto um vértice intermedia conexões entre outros pares de vértices. Avalia a importância de um vértice na passagem de informação entre outros dois  $i$  e  $j$ , a partir do número de vezes que esse vértice se encontra no menor caminho de todos os pares de vértices da rede.

$$B_u = \sum_{i,j \in V, u \neq j \neq i} \frac{\sigma_{i,j}(u)}{\sigma_{i,j}}$$

Na expressão,  $\sigma_{i,j}(u)$  representa-se o número de caminhos mínimos entre os vértices  $i$  e  $j$  que obrigatoriamente passam por  $u$ , e  $\sigma_{i,j}$  é o total de caminhos mínimos entre os vértices  $i$  e  $j$ . Esse valor pode ser normalizado pela quantidade máxima possível de  $B_u$ , que é a quantidade máxima de pares na rede excluindo o vértice  $u$ , ou seja,  $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$ . Assim:

$$B'_u = \frac{B_u}{(B_u)_{Maximo}} = \frac{2B_u}{(n-1)(n-2)}$$

- Grau médio ( $\langle k \rangle$ ): Representa a média dos graus e pode ser obtido por meio da equação  $\langle k \rangle = \frac{2m}{n}$ , com  $2m = \sum_{i=1}^n k_i$
- Distribuição de Graus( $P(k)$ ): É a distribuição de frequências dos valores dos graus da rede.

## 2.6 Análise Topológica

A análise topológica de redes complexas consiste em mensurar as propriedades estruturais envolvidas na rede, como a conectividade (como e com qual vértice estabelecem-se as ligações) e, a centralidade (qual vértice possui a melhor conexão ou a maior influência). Cada propriedade é utilizada para caracterização topológica (Newman, 2010).

Importante destacar que uma análise topológica é realizada sempre a partir da análise da maior componente da rede, com uma quantidade considerável de vértices, cujas arestas não são dirigidas, nem laços e cujos pares de vértices não contenham mais de uma aresta (arestas múltiplas). Nesse sentido, uma rede pode ser classificada como:

- (a) Regular, se todos os vértices possuírem o mesmo número de conexões.

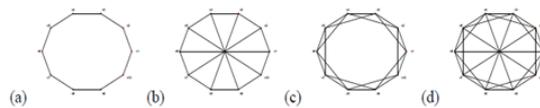


Figura 2.7: Exemplo de Redes Regulares

Fonte: Adaptado de Ferreira e Macau (2012)

- (b) Aleatória, caso sua distribuição de graus siga uma distribuição normal. As redes aleatórias são geradas a partir de ligações aleatórias entre os vértices de um conjunto. Em outras palavras, dado um conjunto de vértices, é atribuída, para cada um de seus elementos, igual probabilidade de que ele se conecte com outro elemento qualquer deste conjunto. O marco para este estudo foi o trabalho de Erdős e Rényi (1960);



Figura 2.8: gerado pelo modelo binomial de Erdős e Rényi ( $p = 0.01$ )

Fonte: Aaron Clauset, Inference, Models and Simulation for Complex Systems, Lecture 13, 18 October 2011

- (c) Rede de mundo pequeno (*Small-World*), caso as conexões entre os vértices favoreçam distâncias curtas entre quaisquer dois vértices da rede, tornando a rede eficiente, do ponto de vista da transmissão de informação. O marco para este estudo foi o trabalho de Milgram (1967), posteriormente formalizado por Watts e Strogatz (1998).

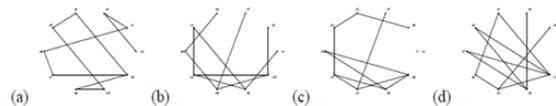


Figura 2.9: mundo pequeno considerando 10 vértices e alterando-se a probabilidade  $p$  de re-ligação  $\rho$ : (a)  $\rho = 0.3$ ; (b)  $\rho = 0.5$ ; (c)  $\rho = 0.7$  e (d)  $\rho = 0.9$ .

Fonte: Adaptado de Ferreira e Macau (2012)

- (d) Rede livre de escala, caso sua distribuição de graus siga uma lei de potência, ou seja,  $P(k) \sim k^{-\gamma}$ , o que favorece a existência de *hubs* (vértices que concentram muitas conexões). Barabási e Albert (1999) propuseram um modelo de rede livre de escala baseado no crescimento contínuo da rede e na adesão preferencial de seus vértices.

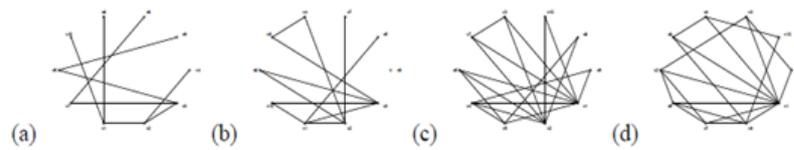


Figura 2.10: Rede livre de escala. Considera-se 10 vértices e altera-se o grau mínimo do vértice  $d$ : (a)  $d = 1$ ; (b)  $d = 2$ ; (c)  $d = 3$  e (d)  $d = 4$ .

Fonte: Adaptado de Ferreira e Macau (2012)

Em resumo, para saber se a rede se é regular, aleatória ou livre de escala, basta analisar o padrão das conexões de seus vértices. O padrão regular é facilmente identificado, caso os vértices possuam a mesma quantidade de arestas. Para certificar que a rede é aleatória, a distribuição de graus dos vértices devem se ajustar em uma curva normal. Já a distribuição de graus de uma rede livre de escala se ajusta bem a uma lei de potência, revelando a existência de *hubs*. O modelo mundo pequeno é identificado em uma rede caso seus vértices possuam alta aglomeração e baixo caminho mínimo entre os pares. De acordo com Watts e Strogatz (1998), uma rede é *Small-World* se forem satisfeitas as seguintes condições:

- A rede não for dirigida;
- A rede não contém arestas múltiplas;
- O componente maior precisa ter no mínimo 50
- O caminho mínimo médio da rede precisa ser comparável ao da rede aleatória equivalente;
- A aglomeração média da rede precisa ser muito maior que a da rede aleatória equivalente.

Para a rede deste trabalho foram removidas as arestas múltiplas, laços e o caráter direcional das arestas. Na Figura 2.11 (a), mostra-se o aspecto da rede marítima geral. Após a remoção de arestas múltiplas, laços e do caráter direcional das arestas, apresenta-se a figura 2.11(b).

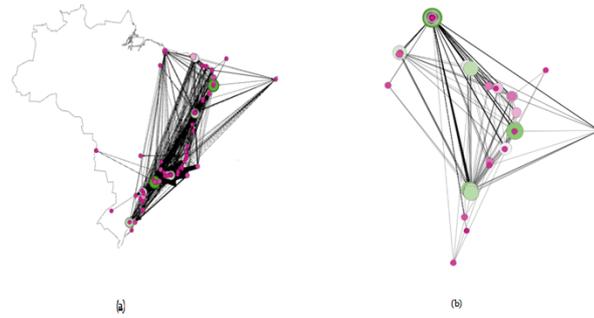


Figura 2.11: Rede Marítima da Cabotagem Brasileira 2010-2015. (a): Rede Marítima Cabotagem Brasileira Geral (b): Rede Marítima Cabotagem Brasileira sem arestas múltiplas, laços e direcionalidade.

Fonte: Santos, Pereira e Cunha (2018)

Caso seja considerada em uma rede arestas ponderadas ou arestas múltiplas, os valores de grau de entrada e grau de saída serão modificados de acordo com os pesos das arestas ou pela quantidade de arestas repetidas. Conseqüentemente, todas as medidas que dependam dos graus de entrada e de saída sofrerão o mesmo ajuste.

## 2.7 Redes Marítimas

Os recentes estudos de Clark (2004) sobre a geografia da economia mundial apontam a constante redução das barreiras comerciais em todo o mundo, tendo como consequência a sensível redução dos custos de transportes em geral. Nesse sentido, ampliam-se as oportunidades para a utilização dos diversos tipos de modais. Glaeser e Kohlhase (2004) afirmam que o mercado mundial vive um novo contexto, em que as transformações políticas, econômicas e tecnológicas promoveram a globalização e regionalização dos processos de mercado. Nessa nova configuração dos mercados, a utilização do transporte marítimo se torna um caminho competitivo para as organizações modernas.

Bird (1984) aponta que, nessa nova conjuntura competitiva global, as organizações passaram a valorizar e analisar cientificamente as rotas e os portos marítimos ao redor do mundo em busca de vantagens competitivas. Surgiu assim a “*Global Maritime Network*”, ou Rede Marítima Global.

As mudanças na organização econômica das linhas de transporte e das exigências impostas pelos carregadores são refletidas na nova organização geográfica das Redes Marítimas. A estrutura das redes de transportes marítimos regulares evolui ao longo do tempo, por isso, a posição dos portos como vértices na rede também muda ao longo do tempo. Com-

preender essas mudanças é fundamental para analisar a concorrência e as perspectivas de crescimento dos portos de contêineres (Ducruet, 2012).

Apesar da constatação da importância das Redes Marítimas para aumento de níveis de competitividade através de sua aplicação e análise, essas redes ainda não receberam tanta atenção como as redes de transportes terrestres nos quais os portos também estão inseridos. Isso ocorre, porque as Redes Marítimas têm cada vez mais integração com outras redes de transporte: o “novo paradigma” proposto por Robinson (2002):

Embora o transporte marítimo garanta cerca de 90% dos volumes do comércio mundial, este ainda não atraiu tanta atenção, quanto aos outros sistemas de transporte do ponto de vista gráfico. Como resultado, a situação relativa e a evolução dos portos marítimos nas redes ainda não são bem compreendidos. Robinson (2002)

Ducruet (2012) aponta uma recente falta de estudos técnicos e científicos sobre o tema Redes Marítimas. Para esse autor, a utilização de estruturas marítimas pelas modernas organizações de um país, cidade ou região, é um dos principais caminhos para o alcance de objetivos empresariais em termos competitivos. Ducruet, Zaidi e Inria (2012) argumentam que uma análise detalhada da geografia de rede marítima de uma região proporciona informações competitivas de relevância na tomada de decisão logística.

Países como China e Inglaterra crescem substancialmente em vantagens competitivas, pelo desenvolvimento de suas estruturas marítimas internas e externas, mediadas por importantes análises de Redes Marítimas. Para Ducruet (2012), as Redes Marítimas estão entre as mais antigas formas de interação espacial. As chamadas hierarquias dos portos e o já estabelecido padrão espacial de rotas marítimas podem ser considerados como exemplos de regionalização e globalização dos padrões de comércio e ciclos de negócios, entre organizações, cidades, regiões ou países.

Na figura 2.12, abaixo, construída a partir do *software Gephi 0.9.2*, é uma representação gráfica da rede marítima global da movimentação de cargas por cabotagem no Brasil entre os anos de 2010 a 2015:

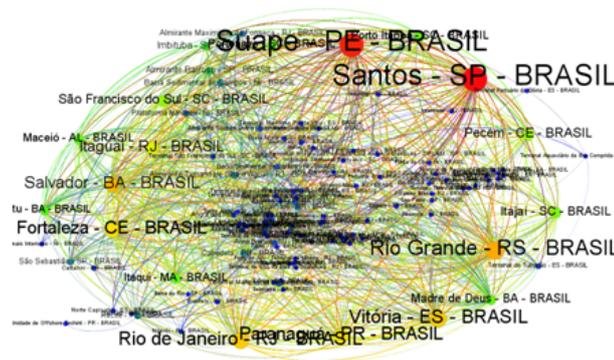


Figura 2.12: Rede Marítima Cabotagem Brasil 2010-2015.

Fonte: Autor (2017) - Gephi 0.9.2

É nesse cenário competitivo de Redes Marítimas que se apresenta o objeto desse estudo. Sabe-se que um sistema aquaviário é dividido de acordo com a característica geográfica da via de navegação. O transporte fluvial utiliza os rios navegáveis e o marítimo abrange a circulação pelos mares e oceanos. Por se tratar de dois sistemas diferentes, a análise do transporte marítimo, nesta tese, se restringe à cabotagem, tendo em vista os fatos já destacados na seção introdutória deste capítulo.

## 2.8 Time-Varying-Graph

A Teoria de Redes se tornou um ramo da ciência capaz de descrever com clareza a topologia de sistemas complexos. Dessa forma, seus fundamentos e aplicações foram além da pura matemática, sendo utilizada para estudos, por exemplo, na engenharia, logística e ciência da computação (Newman, Barabasi e Watts, 2006). Esses autores apontam ainda que a evolução da Teoria de Redes, nos últimos anos, apresentou três importantes direções:

1. Pesquisas que focam as propriedades de redes que representam o mundo real, compostas por questões empíricas e teóricas;
2. Frequentemente, as pesquisas sobre a teoria apontam que as redes não são estatísticas, ou seja, estas envolvem o tempo de acordo com diversas regras dinâmicas;
3. É necessário entender as redes não apenas por questões topológicas, mas também como um quadro (*framework*) dinâmico em construção.

Os dois últimos pontos citados por Newman, Barabasi e Watts (2006) trazem à tona a importância e relevância de estudos sobre redes dinâmicas, as quais topologias mundam

em função do tempo e a taxa de mudanças são tão altas para serem modeladas como redes estáticas somente. De acordo com Casteigts et. al (2011), essas mudanças no sistema não são anomalias, mas sim partes integrantes de sua natureza. Ainda de acordo com Casteigts et. al (2011), nas redes dinâmicas as topologias mudam drasticamente com o passar do tempo, em decorrência do movimento das arestas dessas redes. No caso de sistemas de transportes, a topologia pode mudar continuamente à medida que um veículo se movimenta.

Dessa maneira, a noção de grafos estáticos representa naturalmente redes estáticas, enquanto a noção de grafos variantes ou evoluídos temporalmente representam redes dinâmicas, cujas arestas aparecem e desaparecem ao longo do tempo, para uma mesma quantidade de vértices. O surgimento de novos sistemas promove o desenvolvimento de novos estudos, a fim de modelar as propriedades dinâmicas das redes e suas consequências estruturais, em uma área conhecida como Grafos Variantes no Tempo - *Time-Varying Graphs (TVG)* (Casteigts et. al, 2011).

Algumas pesquisas no âmbito das redes sociais têm considerado a influência do tempo nas conexões dos atores, seja na formação de comunidades ou nas previsões de relacionamentos entre indivíduos. Muitos deles propuseram novas métricas considerando o efeito do tempo.

Doreian e Stokman (1997) aplicaram modelos de evolução para estudar o desenvolvimento de estruturas sociais. Barabasi et al. (2002) destacaram mecanismos dinâmicos e estruturais presentes em uma rede de coautoria, caracterizando-a topologicamente em instantes de tempo diferentes. Li et al. (2007) estudam uma rede de colaboração científica a partir de um modelo proposto por eles, que investiga padrões livre de escala nas distribuições dos pesos das arestas ao longo do tempo. Tang et al. (2010) introduzem conceitos de caminhos temporais e distância em gráficos variáveis no tempo.

Com a crescente demanda, hoje já existem diversas maneiras de se estudar uma rede variável no tempo. Holme e Saramaki (2012) trouxeram diversas aplicações, sugestões de algoritmos e métricas específicas para redes que variam no tempo. Os autores discutem com mais profundidade no livro organizado por eles, que recebe o mesmo nome: *Temporal Networks*” (HOLME, 2014).

Um Grafo Variante no Tempo pode ser representado pela seguinte equação:  $\mathcal{G} = \{\nu, \epsilon, \Gamma, \Upsilon, \varsigma\}$ . Nesta,  $\mathcal{G}$  é o grafo variável no tempo, que além de conter os elementos do sistema ( $\nu$ ) e os relacionamentos entre eles ( $\epsilon$ ), contém informações temporais sobre a existência do sistema ( $\Gamma$ ) e das relações entre seus elementos ( $\Upsilon$ ), as durações desses relacionamentos ( $\varsigma$ ).

É possível analisar o *TVG* como uma sequência de "fotografias" ordenadas temporalmente para os subintervalos. Dado um  $G$ , todos os parâmetros clássicos de redes (Grau, Modularidade, Diâmetro, Densidade, etc.) podem ser calculados diretamente para cada grafo estático  $\mathcal{G} = (V, E)$  da sequência dentro do intervalo  $(\gamma)$ . Essa abordagem permite acompanhar a evolução temporal dos índices ao longo do processo de montagem do *TVG*, um espectro de valores que indicam modificações consecutivas nos grafos e suas diferenças estruturais.

É possível desenvolver um método para a construção de redes associando as informações dinâmicas do sistema a uma única estrutura. Essa é a proposta da Rede Estática e da Rede Dinâmica que serão discutidas com mais detalhes na Seção de Resultados Parciais. Entretanto, para a completa compreensão do objeto de estudo, é necessário apresentar os passos desenvolvidos pela metodologia para a construção dessas Redes Marítimas.

## **2.9 Trabalhos Correlatos**

Alguns trabalhos apresentam fundamentos sobre as Redes Marítimas e sua aplicabilidade ao transporte marítimo. Em sua recente revisão da literatura científica sobre o tema no *Journal of Transport Geography*, Ducruet et al. (2010a) aponta a escassez e fragmentação dos estudos empíricos sobre as Redes Marítimas, determinando quatro abordagens principais de análise: Cobertura Geográfica de Operadores Logísticos, Conectividade da Rede Marítima, Eficiência da Rede Marítima e Redes Complexas.

Existem trabalhos sobre Redes Marítimas que foram fundamentados com ênfase em estratégias econômicas de operadores logísticos como a aliança e integração (Bergantino e Veenstra, 2002, 2007; Parola e Veenstra, 2007) ou sobre o desempenho e concorrência de um determinado porto em uma rede (Veenstra et al., 2005; Wilmsmeier e Hoffmann, 2008).

Alguns geógrafos, no entanto, têm fundamentado um caminho para a análise completa de Redes Marítimas ao analisar as estratégias das companhias de transporte marítimo, por meio da extensão espacial e expansão de suas redes de portos, tais como o estudo da Maersk por Frémont (2007) e as redes regionais de transportadores marítimos na Ásia (Robinson, 1998; Comtois e Wang, 2003; Rimmer e Comtois, 2005; Ducruet et al., 2010).

Apesar dos estudos apresentados sobre o tema, a resposta pela falta de aplicação da Teoria de Redes Marítimas em determinadas regiões considera-se o lado prático do problema: a raridade de informações detalhadas sobre a circulação marítima, incluindo vértices (portos), arestas (rotas marítimas) e fluxos (de trânsito). Alguns estudiosos adotaram uma solução intermediária, utilizando, por exemplo, os dados obtidos a partir de um escritório

meteorológico francês relatando a cada 6 h da posição de cerca de 4000 navios em todo o mundo (Brocard et al. 1995), mas esta não se tornou suficientemente confiável e aplicável.

Historiadores e geógrafos tenderam a representar a circulação de navios de uma forma muito ampla com base em fontes qualitativas (Westerdahl,1996) . O tempo necessário para a coleta e codificação de dados de várias fontes à base de papel sobre os movimentos de navios (Joly , 1999) bem como o custo de informação numérica existente, facilmente explica relutância dos geógrafos em confrontar tal questão. Além disso, uma visualização abrangente de redes de transporte era difícil, simplesmente em decorrência do fato de ferramentas clássicas de cartografia não terem a capacidade na representação de redes complexas e vastas, antes de softwares gratuitos como o *Gephi* e outros que se tornaram à disposição do público.

### 2.9.1 *Recente Revisão de Literatura*

Este pesquisador realizou, recentemente, uma revisão de literatura sobre o tema Redes Marítimas. A revisão de literatura sobre a aplicação da Teoria de Redes no âmbito da navegação marítima se deu pela carência de estudos efetivos sobre o tema em questão, bem como sua importância para a sociedade visto que pode proporcionar vantagens sociais, competitivas e econômicas para um determinado país ou região.

Para realizar esta revisão de literatura, etapas foram estabelecidas para que o estado da arte pudesse ser devidamente investigado. A primeira etapa consistiu no planejamento do estudo da revisão da literatura em questão, em que a necessidade da revisão foi identificada e os protocolos da revisão da literatura foram determinados.

As principais fontes utilizadas para a construção desta revisão sobre Redes Marítimas foram cinco bases digitais e três livros:

- (a) Web of Science (da Thomson Reuters);
- (b) Scopus (da Elsevier);
- (c) Portal Periódicos da Capes/MEC/Brasil;
- (d) ScienceDirect;
- (e) Scientific Electronic Library On Line; (em todos os países);
- (f) Livro: SONG, Dong-wook; PANAYIDES, Photis M. Maritime Logistics: A complete guide to effective shipping and port management. 2012. 231 p.;

- (g) Livro: SONG, Dong-wook; PANAYIDES, Photis M. Maritime Logistics: Contemporary Issues. 2012. 290 p.; (h) Livro: MCCALLA, Robert J.; COMTOIS, Claude; SLACK, Brian. Integrating Seaports and Trade Corridors. 2011. 285 p.

O período analisado das publicações foi de 1957 a 2016. É importante destacar que entre os anos de 1950 a 1980 existe uma carência de estudos sobre o tema Redes Marítimas. Não obstante, as publicações encontradas consistem em trabalhos seminais ainda hoje usados por pesquisadores. A coleta de dados foi levada a cabo de 01 de julho de 2014 a 01 de abril de 2017.

A segunda etapa consistiu na (i) determinação dos critérios de inclusão e exclusão de dados para investigação científica, (ii) construção de um quadro síntese com o resultado da aplicação dos descritores nas bases digitais e uma tabela geral com a produção técnico-científica (i.e. artigos, livros, patentes, teses e dissertações) resultante e (iii) análise da categorização.

Definimos dois critérios de inclusão para a seleção da produção técnico-científica sobre o objeto de estudo: (CI1) Trabalhos que propõem e/ou descrevem métodos para a construção e análise de Redes Marítimas aplicadas a diferentes regiões do mundo; e (CI2) Trabalhos que abordam o transporte marítimo, tendo a Teoria de Redes como arcabouço teórico metodológico. A seguir, detalharemos esses critérios:

CI1 – Para considerar a inclusão de trabalhos que propõem e/ou descrevem métodos para a construção e análise de Redes Marítimas aplicadas a diferentes regiões do mundo, determinamos somente estudos que apresentaram métodos "formais" (e.g. simulação computacional) e/ou análise heurística serem selecionados.

CI2 – Já os trabalhos que abordam o transporte marítimo, tendo a Teoria de Redes como arcabouço teórico metodológico, foram selecionados por seu enquadramento nas seguintes categorias:

- Formação de Clusters: concentração no mesmo local/região de operadores logísticos marítimos como empresas com características e interesses semelhantes, colaborando entre si na busca de vantagens competitivas.
- Importância dos Portos: valorização dos portos existentes para a navegação marítima considerando localização regional, resultando que rotas sejam determinadas pela eficiência logística e econômica desses portos.
- Relevância Econômica em Regiões: a importância econômica de regiões pode influenciar a direção de rotas marítimas em virtude dessa característica.

- Soluções e Inovações Tecnológicas para a Navegação Marítima: pesquisadores apontam a importância de soluções/ inovações tecnológicas no modal aquaviário que podem aumentar os níveis de competitividade deste modal.
- Segurança Marítima: estudos sobre Redes Marítimas denotam a necessidade de uma maior investigação sobre a segurança marítima de regiões, provendo os países de ferramentas tecnológicas mais acuradas na proteção contra o terrorismo e monitoração do mar.
- Carga em Contêiner: o crescimento da utilização de carga em contêiner torna-se cada vez mais frequente ao redor do mundo, por meio da navegação marítima, sendo tal utilização um fator relevante a ser considerado na construção de Redes Marítimas.

Cabe ressaltar que a definição dessas categorias surgiu a partir do panorama crítico sobre Redes Marítimas, proveniente dos temas de pesquisa desenvolvidos pelos diversos autores em âmbito mundial identificados na condução dessa revisão.

A necessidade de filtragem da produção técnico-científica resultante da busca em bases digitais nos levou a estabelecer cinco critérios de exclusão: (CE1) Trabalhos que não apresentavam qualquer tipo de análise sobre o transporte marítimo, seja de longa distância ou de cabotagem; (CE2) Trabalhos que não faziam referência à Teoria de Redes; (CE3) Trabalhos repetidos nas diferentes bases digitais utilizados; (CE4) Trabalhos completos ou resumidos publicados em anais de congressos/eventos técnico-científicos; e (CE5) Patentes.

Para busca das produções técnico-científicas acerca do tema, foi necessária a definição de descritores. Considerando o tema Redes Marítimas, usamos como descritores os termos elencados na Tabela 2.1. Ademais, cabe ressaltar que restringimos a busca com o uso das aspas nos termos propostos.

Tabela 2.1: Lista descritores

<b>DESCRITORES</b>	<b>MOTIVO</b>
Maritime Network	Termo internacionalmente utilizado em periódicos
”Maritime Network”	Termo em específico internacionalmente utilizado em periódicos
Network Maritime	Inversão do termo para maior aproveitamento nos buscadores digitais
”Network Maritime”	Termo inverso em específico para maior restrição nos buscadores digitais
Complex Maritime Networks	Especificação do termo para Redes Complexas ampliando seu aproveitamento nos buscadores digitais
”Complex Maritime Networks”	Especificação do termo em específico para Redes Complexas restringindo seu aproveitamento nos buscadores digitais
Complex Networks	Termo internacionalmente utilizado em periódicos
”Complex Networks”	Termo em específico internacionalmente utilizado em periódicos

Fonte: Autores, 2016

Considerando os critérios de inclusão e exclusão supracitados, usamos os descritores apresentados no Tabela 2.1 para realizar a busca das publicações nas bases digitais. Essa atividade resultou na construção da tabela geral contendo uma associação entre as bases digitais utilizadas e a quantidade de publicações encontradas.

Tabela 2.2: Descritores Revisão de Literatura - Redes Marítimas

DESCRITORES REVISÃO DE LITERATURA			
PLATAFORMA DE PESQUISA	FORMA DESCRITIVA	PUBLICAÇÕES	PERÍODO
FORMA DESCRITIVA 01			
Web of Science	Maritime Network	1.782	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	Maritime Network	2.720	1957 A 2016
Science Direct	Maritime Network	14.304	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	Maritime Network	7	1957 A 2016
Scopus	Maritime Network	2.310	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 02			
Web of Science	"Maritime Network"	41	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	"Maritime Network"	35	1957 A 2016
Science Direct	"Maritime Network"	108	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	"Maritime Network"	0	1957 A 2016
Scopus	"Maritime Network"	117	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 03			
Web of Science	Network Maritime	1.782	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	Network Maritime	2.692	1957 A 2016
Science Direct	Network Maritime	14.304	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	Network Maritime	7	1957 A 2016
Scopus	Network Maritime	2.310	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 04			
Web of Science	"Network Maritime"	2	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	"Network Maritime"	2	1957 A 2016
Science Direct	"Network Maritime"	15	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	"Network Maritime"	0	1957 A 2016
Scopus	"Network Maritime"	58	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 05			
Web of Science	Complex Maritime Networks	106	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	Complex Maritime Networks	110	1957 A 2016
Science Direct	Complex Maritime Networks	8.464	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	Complex Maritime Networks	0	1957 A 2016
Scopus	Complex Maritime Networks	167	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 06			
Web of Science	"Complex Maritime Networks"	0	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	"Complex Maritime Networks"	0	1957 A 2016
Science Direct	"Complex Maritime Networks"	3	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	"Complex Maritime Networks"	0	1957 A 2016
Scopus	"Complex Maritime Networks"	0	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 07			
Web of Science	Complex Networks	184.841	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	Complex Networks	150.040	1957 A 2016
Science Direct	Complex Networks	744.151	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	Complex Networks	276	1957 A 2016
Scopus	Complex Networks	186.938	1957 A 2016
FORMA DESCRITIVA 08			
Web of Science	"Complex Networks"	11.704	1957 A 2016
Portal Periódicos CAPES	"Complex Networks"	14.014	1957 A 2016
Science Direct	"Complex Networks"	31.451	1957 A 2016
Scielo (TODOS OS PAÍSES)	"Complex Networks"	12	1957 A 2016
Scopus	"Complex Networks"	46.715	1957 A 2016

Fonte: Autores atualizada em 01/04/2017

Os descritores considerados para seleção dos artigos desta revisão foram:

- ✓ "Maritime Network"
- ✓ "Network Maritime"
- ✓ "Complex Maritime Network"

Foram encontrados 145 trabalhos, dos quais selecionamos 103 entre periódicos, teses de doutorado, dissertações de mestrado e livros. Desse total, 96 artigos foram publicados em periódicos (93,21%), duas teses de doutorado (1,94%), duas dissertações de mestrado (1,94%) e três livros (2,91%).

### 2.9.1.1 Resultados da Revisão

Os resultados que seguem são provenientes do cruzamento dos critérios de investigação já citados. Das 103 publicações selecionadas em que o tema Rede Marítimas é citado, 94 publicações fazem utilização da Teoria de Redes Complexas para construção e análise de dados, representando um percentual de 91,26%. Desse total, oitenta e oito são artigos (93,62%), três livros (3,19%), duas teses (2,13%) e uma dissertação (1,06%).

No que se refere à categoria de análise empregada para construção das Redes Marítimas "portos" possui a maioria dos periódicos publicados, com 25 artigos, 24,27%. Em seguida, observa-se 11 (10,68%) publicações sobre "contêineres" e 15 (14,56%) sobre "economia". 06 (5,82%) publicações são sobre "segurança Marítima". 24 (23,30%) publicações sobre "soluções e inovações tecnológicas" representando o maior indicador e o potencial de inovação no setor e 02 (1,94%) publicações sobre "clusters". 20 (19,42%) publicações apresentam interseções entre as categorias estabelecidas.

Dos 96 artigos publicados, o *Journal of Transport Geography* se destaca pela maior quantidade de publicações sobre o tema Redes Marítimas, com sete artigos no total. Em seguida, os periódicos *Transportation Research Record* e *Maritime Policy and Management* aparecem com 4 artigos cada. O periódico *Antiquity* vem na sequência, ocupando a terceira posição com 3 artigos. Todos os demais periódicos aparecem com um ou dois artigos.

Na figura 2.13, apresenta-se a distribuição das publicações sobre Redes Marítimas em periódicos de janeiro de 2002 a dezembro de 2016. Podemos observar na figura o crescimento do interesse no tema, com a maior quantidade de publicações entre os anos de 2011 e 2013. Em 2014 e 2015, observamos uma redução na quantidade de publicações.

Isso pode ser um indicativo da dificuldade que os pesquisadores possuem na obtenção de informações sobre a movimentação marítima, em decorrência de fatores como: protecionismo econômico de nações, segurança marítima, competitividade entre empresas, ações contra-terrorismo e ausência de softwares disponíveis de maneira gratuita para monitoração do transporte marítimo.

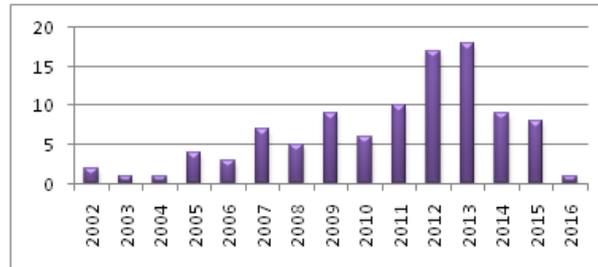


Figura 2.13: Evolução das Publicações sobre Redes Marítimas por ano

Fonte: Autores, 2016

Utilizando ainda os resultados da revisão, buscou-se identificar os principais expoentes atuais sobre o tema Redes Marítimas no mundo. Dessa forma, construímos uma rede de cliques com os principais autores, considerando-os vértices da rede, além de que dois autores foram conectados, caso sejam coautores de um mesmo trabalho. Essas redes foram geradas graficamente com o uso do software Gephi 0.9.2 (Figura 2.14).

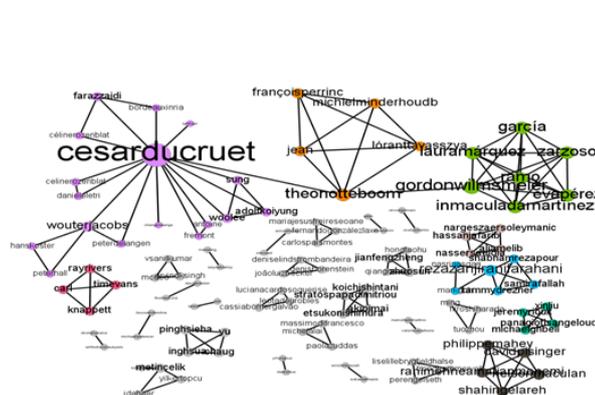


Figura 2.14: Redes de cliques autores Redes Marítimas

Fonte: Santos e Cunha (2016)

Para estabelecer os autores que mais publicaram sobre o tema Redes Marítimas, utilizaram-se dois índices de redes: centralidades de grau e intermediação (os mais altos). Com as redes construídas e os indicadores listados, chegou-se aos cinco principais pesquisadores e

suas respectivas afiliações profissionais resultando na Tabela 2.3 abaixo:

Tabela 2.3: Caracterização Centralidade de Rede e Afiliação dos Principais Autores Redes Marítimas

Autor [a]	Afiliação Profissional	Grau	Intermediação
Cesar Ducruet	French National Centre for Scientific Research [CNRS], University of Paris-I, Sorbonne	15	0,050
Theo Notteboom	ITMMA / University of Antwerp / Antwerp Maritime Academy, Belgium	6	0,036
Gordon Wilmsmeier	Edinburgh Napier University, UK	7	0,022
Wouter Jacobs	Erasmus School of Economics, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands	4	0,009
Reza Zanjirani	Department of Management, Kingston Business School, Kingston University, UK	5	0,001

Fonte: Santos e Cunha (2016)

Os resultados desta revisão da literatura apontam para um vasto campo de investigação a ser explorado pela comunidade científica sobre o tema Redes Marítimas, principalmente considerando as categorias Formação de Clusters, Carga em Contêiner, Condições Econômicas de Regiões, Importância e Localização Portos, Soluções e Inovações Tecnológicas para Navegação Marítima e Segurança Marítima, além de possíveis interseções entre elas.

Considerando a possibilidade de ampliação do número de categorias com base no número expressivo de publicações associadas, outros temas importantes podem ser futuramente explorados como a movimentação de cargas secas, movimentação de cargas com gás, petroleiros, seguros na movimentação de cargas (todos os tipos) e operações de embarque.

---

## Materiais e Métodos

---

### 3.1 Cenário

O transporte marítimo nacional atravessa um momento de mudanças que traz consigo a necessidade do aporte de tecnologias que possam prover desse modal de maior eficiência e eficácia. Países com China, Inglaterra, Bélgica e Holanda se tornaram, na última década, referência no transporte marítimo internacional muito pela aplicação de novas tecnologias e inovação de seus processos dentro e fora dos portos. Tal fato, representa um cenário de desafio para o Brasil por três fatores, a saber:

Primeiro, cresce de maneira vertiginosa a competitividade de players do modal aquaviário na Europa, o que impõe ao Brasil, uma eminente necessidade de desenvolvimento em busca do equilíbrio competitivo nesse modal, em relação aos países europeus.

Segundo, e não menos importante, o uso de tecnologias assertivas para uma navegação marítima eficiente foi a mola mestra da Europa para dar o salto de qualidade em suas operações no mar. Dessa forma, urge ao Brasil o desenvolvimento e aplicação de tecnologias que possam prover aos seus operadores logísticos do modal aquaviário eficiência e eficácia na operação de suas atividades marítimas.

Terceiro, existe uma urgente necessidade de descontração da matriz de transporte no Brasil, visto que este ainda se encontra, como já dito, concentrado no modal rodoviário, resultando em perdas significativas de produção industrial ao longo dos últimos anos.

Dessa forma, o desafio do Brasil converge para a utilização de tecnologias que possam prover aos seus operadores do modal aquaviário de tecnologias que possam auxiliá-los na resolução dos seus principais problemas no uso desse modal. Dessa forma, a Teoria de Redes apresenta-se como uma alternativa tecnológica capaz de prover a gestores resultados mais acurados da movimentação marítima de cargas em um determinado país, identificando zonas portuárias de influência, *hubs* marítimos, melhores rotas, portos mais utilizados, entre outras informações.

Na Europa, a aplicação da Teoria de Redes ao modal aquaviário é conhecida como Redes Marítimas. Tal aplicação em países europeus resultou em diversas publicações científicas sobre o tema com excelentes resultados para operadores. Contudo, um desafio se apresentou aos pesquisadores europeus quando da construção das redes: como obter dados robustos que pudessem representar fielmente a movimentação de cargas? Esta resposta

apresentamos na seção seguinte.

### **3.2 Fonte de Dados**

Conforme apresentado na seção anterior, as Redes Marítimas são construídas a partir de vértices que são os portos e as arestas que são estabelecidas pela movimentação de cargas entre estes portos. Mas como obter a informação da navegação marítima em um determinado período de tempo. Diversas instituições de ensino superior na Europa conseguiram parceria com o Lloyd's Institute, reconhecida instituição que possui um grande e fiel banco de dados sobre as movimentações de navios ao redor do mundo.

No Brasil, o desafio seria conseguir construir as Redes Marítimas a partir de um banco de dados capaz de apontar toda a movimentação marítima nacional em um determinado período de tempo. Inicialmente, tentou-se obter os dados do Lloyd's Institute. Contudo, o valor financeiro cobrado pela instituição era substancialmente alto. Buscou-se, então, outras alternativas para a obtenção dos dados, tendo ao final de 2015, a ANTAQ lançado seu Sistema Estatístico Aquaviário, que dispunha gratuitamente de uma base de dados sobre toda a movimentação marítima nacional. A base contém o tipo de navegação marítima utilizada, o tipo de carga, ano/mês da movimentação dessa carga, portos envolvidos e uma série de outras informações que permitiram à essa pesquisa construir as redes marítimas. Dessa forma, coletaram-se os seguintes dados:

- Todos os tipos de cargas movimentadas via cabotagem entre os anos de 2010 a 2015;
- Todos os tipos de cargas movimentadas via cabotagem mensalmente entre os anos de 2010 a 2015;
- A cidade e o estado de origem da carga;
- A cidade e o estado de destino da carga;
- O tipo de instalação marítima de origem da carga (porto ou terminal de uso privado);
- O tipo de instalação marítima de destino da carga (porto ou terminal de uso privado);
- O valor total da carga transportada via cabotagem entre os anos de 2010 a 2015;

Importante destacar que, em consulta à ouvidoria da ANTAQ, confirmou-se que a base de dados refere-se exclusivamente a navios que realizaram viagens pela costa brasileira,

configurando-se, assim, por serem cabotagem. Estão excluídas dessa base de dados navios que fizeram viagens a longo curso ou por via interiores. Com esta base de dados, elaboraram-se seis matrizes de adjacências sobre a movimentação de cargas via cabotagem no Brasil entre os anos de 2010 a 2015, considerando todos os meses de cada ano e todos os tipos de carga (geral, graneis e contêineres). Denominamos, então, as matrizes origem e destino da movimentação de cargas via cabotagem, estabelecidas para cada ano, conforme exemplo, resumo da tabela 3.1, abaixo:

Tabela 3.1: Matriz OriDest2015Brasil

Ano	Carga Mês	Origem Nome	Cidade Destino	UF. Destino	UF. Destino	Porto/TUP	Total Transportado Cabotagem (T)
2015	Jan	Fortaleza	Itaguaí	CE	RJ	Itaguaí	533
2015	Jan	Fortaleza	Itajaí	CE	SC	Itajaí	265
2015	Jan	Fortaleza	Rio Grande	CE	RS	Rio Grande	1.563
2015	Jan	Fortaleza	Salvador	CE	BA	Salvador	445
2015	Jan	Fortaleza	São Francisco do Sul	CE	SC	São Francisco do Sul	1.794
2015	Jan	Fortaleza	Vitória	CE	ES	Vitória	328
2015	Jan	Imbituba	Salvador	SC	BA	Salvador	6.282

Fonte: Autor (2017)

Importante ressaltar que foi considerado todo o tipo de carga transportada pela cabotagem, ou seja, cargas em granel, cargas em contêineres e cargas gerais. A etapa seguinte consistia em construir as Redes Marítimas. Para isso, tivemos que parametrizar os dados das matrizes com os comandos operacionais do programa Gephi 0.9.2. Dessa forma, seis novas matrizes da movimentação marítima de cargas via cabotagem no Brasil foram construídas, derivadas das originais e adaptadas para utilização no Gephi 0.9.2, conforme resumo destas, no exemplo da tabela 3.2:

Tabela 3.2: Matriz Ori\_Dest\_2010\_Brasil\_Gephi 0.9.2

GEPHI 0.9.2							
Source	Target	Type	Weight	Data	DataInicio	DataFim	
Fortaleza - CE - BRASIL	Maceió - AL - BRASIL	Directed	1325	jan/10	1	1	
Fortaleza - CE - BRASIL	Rio Grande - RS - BRASIL	Directed	703,84	jan/10	1	1	
Fortaleza - CE - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	392,6	jan/10	1	1	
Imbituba - SC - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	604,99	jan/10	1	1	
Imbituba - SC - BRASIL	Suape - PE - BRASIL	Directed	3282,3	jan/10	1	1	
Itaguaí - RJ - BRASIL	Rio Grande - RS - BRASIL	Directed	205,1	jan/10	1	1	
Itaguaí - RJ - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	20,86	jan/10	1	1	

Fonte: Autor (2017)

A partir das matrizes construídas, foi possível condensar todas as informações entre os anos de 2010 a 2015 em uma única matriz, conforme resumo desta, na tabela 3.3 abaixo:

Tabela 3.3: Matriz Ori\_Dest\_2010a2015\_Brasil\_Gephi 0.9.2

Source	Target	Type	Weight	Data	Início	Fim
Fortaleza - CE - BRASIL	Maceió - AL - BRASIL	Directed	1.324.965	jan/10	1	1
Fortaleza - CE - BRASIL	Rio Grande - RS - BRASIL	Directed	703,84	jan/10	1	1
Fortaleza - CE - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	392,6	jan/10	1	1
Imbituba - SC - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	604.992	jan/10	1	1
Imbituba - SC - BRASIL	Suape - PE - BRASIL	Directed	3282,3	jan/10	1	1
Itaguaí - RJ - BRASIL	Rio Grande - RS - BRASIL	Directed	205,1	jan/10	1	1
Itaguaí - RJ - BRASIL	Salvador - BA - BRASIL	Directed	20,86	jan/10	1	1
Itaguaí - RJ - BRASIL	Santos - SP - BRASIL	Directed	723.048	jan/10	1	1
Itaguaí - RJ - BRASIL	Suape - PE - BRASIL	Directed	9002,8	jan/10	1	1

Fonte: Autor (2017)

A seção seguinte apresentará os principais resultados obtidos a partir da análise dessas redes, destacando sua tipologia principal e propriedades decorrentes das características apresentadas.

### 3.3 Construção das Redes

A rede marítima de cabotagem brasileira foi modelada como um *TVG*, representado pela quintupla:

$$\mathcal{G} = \{\nu, \epsilon, \Gamma, \Upsilon, \varsigma\} \quad (3.1)$$

Na equação,  $\mathcal{G}$  é o grafo variável no tempo, que além de conter os elementos do sistema ( $\nu$ ) e os relacionamentos entre eles ( $\epsilon$ ), contém informações temporais sobre a existência do sistema ( $\Gamma$ ) e das relações entre seus elementos ( $\Upsilon$ ), as durações destes relacionamentos ( $\varsigma$ ). Mais especificamente, para o contexto deste trabalho:

- $V = v_1, v_2, \dots, v_n$  é o conjunto de vértices/arestas do sistema, ou seja, o conjunto de portos brasileiros presentes entre os anos de 2010 a 2015.
- $\epsilon = (e_1, e_2, \dots, e_m)$  é o conjunto das arestas da rede, sendo  $e_k = (v_i, v_j); (com\ i \neq j)^2$ , ou seja, representa a conexão entre dois portos, caso exista pelo menos uma viagem entre eles. Esta aresta é dirigida, do porto  $v_i$  ao porto  $v_j$ , portanto  $(v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$ .
- $\Gamma = \{t_1, t_2, \dots, t_i, t_{(i+1)}, \dots, t_n\}$  é um conjunto discreto de números ou datas, que representa o tempo de vida do sistema. A amostra aqui considera o tempo em meses, desde 2010 a 2015, ou seja 72 meses.
- $\Upsilon = \epsilon \times \Gamma \rightarrow \{0, 1\}$  é a Função Presença, que garante a existência de uma dada aresta em um dado instante de tempo  $t_i$ , ou seja, que uma viagem ocorreu entre dois portos.

- $\zeta$  é a Função Latência, que representa o tempo necessário para que se forme uma aresta. Neste caso, esta função retornaria o valor do tempo de uma viagem entre dois portos. Para esta pesquisa, entretanto, esta informação não foi disponibilizada pela ANTAQ. Sendo assim, consideraremos o valor dela constante para todos os pares de portos, não sendo necessária sua utilização a partir daqui.

Na Figura 3.1(a), mostra-se um exemplo de três meses consecutivos do *TVG*. Em cada mês é possível verificar a movimentação de cargas entre os portos no país. A sobreposição destas 72 redes constitui a Rede Estática Agregada (REA), Figura 3.1(b). A REA revela toda a movimentação de cargas no período de 2010 a 2015, entretanto as informações temporais são perdidas.

Com o *TVG* construído, é possível investigar em determinados períodos de tempo o comportamento da rede, bem como de vértices específicos, por meio de análises topológicas, da evolução dos índices de redes e das centralidades de vértices específicos.

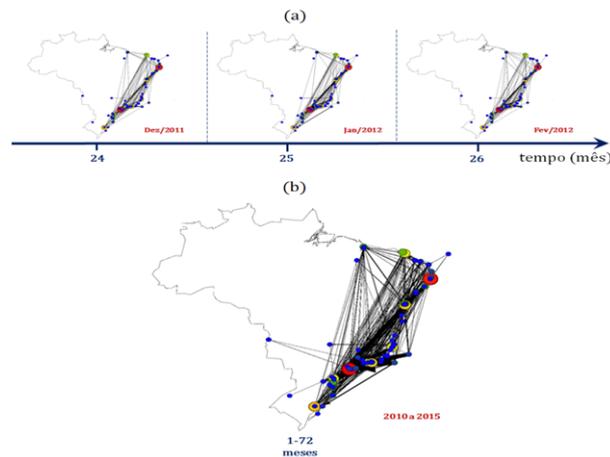


Figura 3.1: TVG - Rede Estática Acumulada- (a) Evolução do TVG da rede de cabotagem brasileira, de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012. (b) Rede Estática Acumulada (REA) do TVG da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015.

Fonte: Autor (2017).

Na figura 3.1, os graus dos vértices são proporcionais a seus tamanhos e seguem uma escala de cores do azul ao vermelho. As arestas possuem espessuras proporcionais à quantidade de viagens ocorridas no intervalo considerado.

### 3.4 Análise da Rede Marítima Variável no Tempo

O TVG possui um tempo de vida de 72 meses, entre 2010 e 2015 e será analisado por meio de janelas de tempo, neste intervalo, às quais estabelecemos as seguintes tipologias:

- **Janela Total (0 a 72 meses):** Essa janela refere-se a rede marítima geral. Para essa janela, foi feita a análise topológica da rede e de vértices específicos, a partir de suas centralidades.
- **Janela Anual (12 meses):** Essa janela refere-se ao intervalo de tempo de janeiro a dezembro de cada ano entre 2010 a 2015. Sendo assim, a cada 12 meses foi realizada a análise topológica e a análise dos índices de centralidade para os vértices da rede, destacando os vértices mais importantes;
- **Janela Mensal (1 mês):** Essa janela analisa o *TVG*, mês a mês. Nela, foram capturados os índices de centralidades para cada vértice da rede nos respectivos instantes.

### 3.4.1 Importância dos Portos pelo *TVG*

Os autores Ducruet, Zaidi e Inria (2012) apontam que a geografia portuária e marítima há muito tempo identificou uma variedade de conceitos similares, como sistemas portuários e *hubs*, mas evidências empíricas de uma perspectiva de rede permanece dramaticamente escasso. Dessa forma, a importância da identificação de hubs e seus respectivos sistemas portuários apresentam-se como uma análise importante dentro das áreas de redes complexas, bem como logística.

Apesar dos avanços na área de logística, poucos trabalhos consideraram o uso de elementos temporais em Redes Marítimas de cabotagem. Dessa forma, objetivando a identificação do comportamento dos portos da rede marítima da cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015, apresentamos, nesta seção, um método que identifica e analisa *hubs* na rede, a partir da centralidade de grau variável no tempo dos portos da rede marítima de cabotagem brasileira.

Consideramos um vértice importante, caso o valor de suas centralidades se destaquem da grande maioria dos vértices da rede. Esta análise pode ser feita em qualquer janela (intervalo de tempo) do *TVG*. Neste trabalho, a importância dos vértices, por meio de suas centralidades foi verificada em três situações apresentadas na seção 3.4: Janela Total (na rede ao longo dos 72 meses); Janela Anual (nas redes anuais) e Janela Mensal (redes mensais entre 2010 a 2015). Para a análise da janela mensal, foi proposto um método que identifica os *hubs* da rede, a partir das centralidades de grau dos vértices (grau do vértice). Conforme foi visto na Seção 2.6, o grau  $k_i$  de um vértice  $i$  em uma rede dirigida corresponde a quantidade de arestas  $m_i$  que incidem ou emanam do vértice  $i$ . Para cada mês  $t$ , existe uma distribuição de frequências dos graus da rede. A partir de cada distribuição, podemos extrair os valor da média  $\langle k \rangle(t)$  e o valor do desvio padrão  $\sigma(t)$  da distribuição. O valor de  $\langle k \rangle(t)$ , denominado grau médio da rede no mês  $t$ , pode ser

calculado pela Equação 3.2:

$$\langle k \rangle(t) = \frac{2m(t)}{n(t)} \quad (3.2)$$

O vértice que concentra muitas arestas, comparado com a maioria dos outros vértices da rede, é chamado de *hub*. Neste trabalho, consideramos como *hub* de uma rede no instante  $t$ , o vértice  $i$  cujo valor do seu grau é maior ou igual ao limiar  $k_{lim}(t)$ , Equação 3.3, que corresponde ao valor do grau médio somado a dois desvios padrões da distribuição de graus no instante  $t$ , Equação 3.4.

$$k_i^{hub} \geq k_{lim}(t) \quad (3.3)$$

$$k_{lim}(t) = \langle k \rangle(t) + 2\sigma(t) \quad (3.4)$$

Sendo assim, para cada mês foram identificados quais portos se encaixam nessa condição e foram classificados como *hub* da rede marítima no referido mês. Como exemplo, a Figura 3.2, mostra as distribuições de graus de dois instantes deste texritTVG. Em cada distribuição, é mostrado o valor da média dos graus e o valor do limiar de grau, a partir do qual é considerado um *hub* da rede.

Entretanto, um porto pode ser *hub* em mais de um mês. Nesse caso é importante identificar, neste texritTVG, quais portos mais se destacaram em ser classificados como *hubs* ao longo do tempo, bem como a partir de que época, quais portos deixaram de ser ou começaram a ser *hub*.

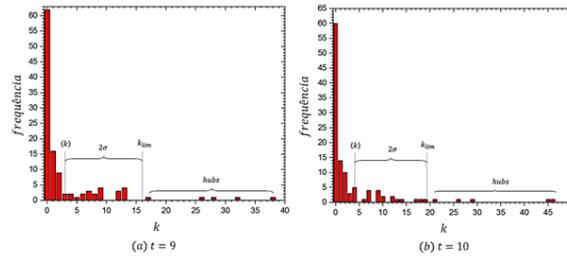


Figura 3.2: Exemplos de distribuição de graus de dois instantes do texritTVG da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015. Em (a),  $t=9$  (setembro/2010), a distribuição possui grau médio  $\langle k \rangle(9)=3,2$  e limiar para existência de *hubs*  $k_{lim} = 16,4$ . Em (b), para  $t = 10$  (outubro/2010), o grau médio  $\langle k \rangle(10) = 3,7$  e  $k_{lim} = 19,45$ . Em cada instante, portos com grau  $k_i > k_{lim}$  são considerados *hubs* da rede.

Fonte:Santos, Marcelo, Pereira (2017)

A seção seguinte contém os principais resultados dos métodos aqui apresentados.

## Resultados

Os resultados apresentados, nesta seção, estão organizados de acordo com as janelas de tempo do TVG. Dessa forma, apresentam-se três análises:

(4.1.1) Janela Total (0 a 72 meses): Esta janela revela a rede estática, que é um caso particular do TVG. Para esta janela será mostrado: (a) o comportamento da rede geral, com seus principais índices de rede; (b) a topologia da rede tratada (sem arestas múltiplas, laços e caráter direcional nas arestas) e a (c) análise dos vértices a partir das suas centralidades de grau e de intermediação, na rede geral e tratada.

(4.1.2) Janela mensal (mês a mês): Para cada uma das 72 janelas deste TVG, foram calculadas as centralidades de grau de todos os vértices da rede. Com esses valores, foi possível identificar os principais portos em cada mês, utilizando o método de identificação de hubs.

(4.1.3) Janela Anual (12 meses em cada ano): Essa janela revela as redes em um intervalo de 12 meses em cada ano. Para essa janela iremos mostrar (a) os índices da rede em cada ano e sua análise topológica e (b) análise dos principais vértices, a partir das suas centralidades de grau e de intermediação.

A seguir, apresentaremos os resultados alcançados de acordo com cada tipo de janela do TVG estabelecida.

### **4.1 Análise Janela Total (0 a 72 meses)**

Para a análise da Janela Total, consideraremos duas análises: (a) Rede Marítima Geral. (b) Rede Filtrada: Sem arestas múltiplas, dirigidas, ponderadas e laços. As seções seguintes apresentarão essas duas análises considerando o período de 0 a 72 meses.

#### *4.1.1 Janela Total: Rede Marítima geral*

Na rede marítima geral, com um total de 118 vértices (portos) e 16273 arestas (viagens de um porto a outro) referentes à movimentação de cargas via cabotagem no Brasil, entre os anos de 2010 a 2015. Na Figura 4.1, mostra-se a representação gráfica dessa rede.

A análise desta rede (Figura 4.1) permite observar a existência de dois *Hubs* (vértices que se destacam por uma grande quantidade de arestas em relação aos demais vértices). Os *Hubs* são os portos de Santos no estado de São Paulo e o de Suape no estado de Pernambuco. Esses portos se destacam pelo número de movimentações de carga ao longo dos anos. É importante destacar a movimentação de carga dos Portos de Vitória (ES), Rio de Janeiro (RJ) e Salvador (BA), na Bahia. Esses portos poderão, futuramente, desempenhar um papel tão importante quanto Santos e Suape, caso recebam investimentos em sua infraestrutura logística como o aumento do calado marítimo, ampliação do terminal de carga e descarga de mercadorias e ainda a construção de plataformas logísticas que facilitem a multimodalidade, que é a articulação entre vários modos de transporte, de forma a tornar mais rápidas e eficazes as operações de transbordo.

Com base ainda na Figura 4.1, pode-se inferir que Santos e Suape são as principais zonas de influência portuária do Brasil, apresentando algumas vantagens comparativas entre os portos, a saber:

- (a) Vantagem na escolha de um transportador marítimo para o desembarque de sua carga;
- (b) ) Calado adequado para a movimentação de navios;
- (c) Moderna tecnologia na movimentação de contêineres ;
- (d) Terminais de carga com alta capacidade de operação e integração logística de modais, facilitando o transporte e distribuição das mercadorias que chegam ao porto.

Ainda sobre o ponto de vista logístico, deve-se levar em conta nessa análise uma possível existência de concentração e excesso de cargas movimentadas nesses portos. Tal fato, pode inibir a presença de novos operadores do modal em virtude de uma possível sobrestadia de sua carga no porto. Esse fato, pode resultar no denominado *demurrage*, termo técnico da área, utilizado no direito marítimo, que significa a indenização ou multa pela sobrestadia de um navio em um porto. É devida pelo afretador, arrendatário, exportador ou importador ao armador ou dono do navio ou do equipamento

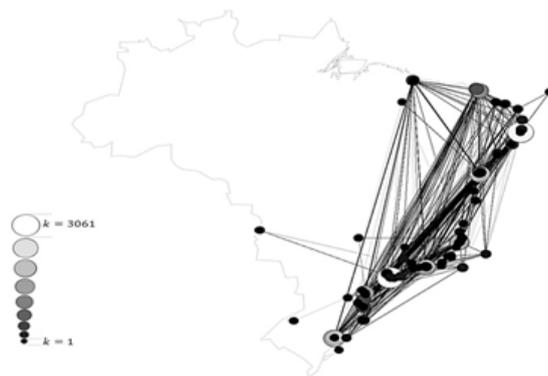


Figura 4.1: Rede Marítima da Cabotagem Brasileira, 2010-2015  
 Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

Na Tabela 4.1, mostram-se alguns dos índices de redes para os portos que mais se destacaram nesta análise e os 10 portos que mais realizaram viagens neste período.

Tabela 4.1: Índices para a Rede Marítima Geral e centralidade dos vértices que mais se destacaram.

Índices da Rede Marítima Geral					
$n$	$m$	$(k)$	$D$	$(l)$	% (Maior Componente)
118	16273	137,71	5	2,46	100%
Centralidades					
Porto	(Grau de entrada)	(Grau de saída)	(Intermediação)		
Santos (SP)	1402	1660	0,06		
Suape (PE)	1459	1478	0,103		
Rio Grande (RS)	1087	966	0,041		
Salvador (BA)	873	1080	0,015		
Vitória (ES)	738	1031	0,091		
Rio de Janeiro (RJ)	664	1090	0,07		
Rio Grande (RS)	1087	966	0,029		
Fortaleza (CE)	768	787	0,045		
Paranaguá (PR)	822	736	0,012		
Itaguaí (RJ)	644	645	0,012		

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

Na Figura 4.2, abaixo, mostram-se os índices de redes dos portos que fazem parte desta análise. Para o porto de Santos-SP (P40), foi observado um total de 1,402 viagens chegando e 1,660 viagens partindo deste porto, enquanto que para o porto de Suape-PE (P53), houveram 1,459 viagens chegando ao porto e 1,478 viagens saindo. Além disso, Vitória-ES (P35) é o quinto porto que mais teve viagens ( $k_{P35} = 1769$ ), entretanto é o segundo colocado em relação à intermediação ( $P35 = 0.091$ ), ou seja, está mais presente nos caminhos entre outros dois portos, do que Santos ( $40 = 0.060$ ), que possui o maior número de viagens ( $k_{P40} = 3062$ ).

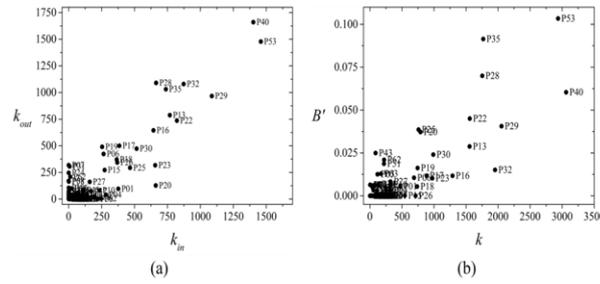


Figura 4.2: Vértices Centrais na Rede Marítima Geral da Cabotagem Brasileira

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

Construímos também uma representação gráfica sobre a distribuições dos graus de entrada e saída dos portos considerados *hubs* dessa rede (Porto de Santos (P40) e Suape-PE Rio (P53)), objetivando um melhor entendimento do sistema de transporte por cabotagem no Brasil. Nas figuras 4.3 e 4.4 representam a distribuição da movimentação de cargas pela cabotagem dos portos de Santos e Suape entre os anos de 2010 a 2015 e suas respectivas análises.

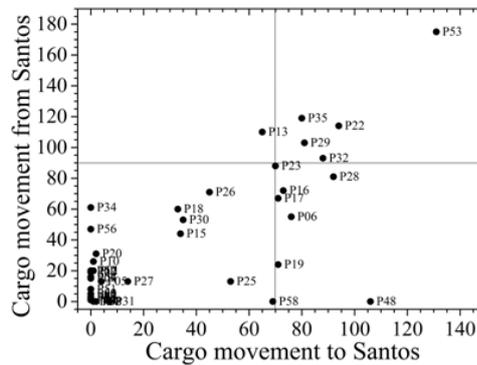


Figura 4.3: Grau de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Santos-SP

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

Na Figura, 4.3 é a representação da movimentação de cargas que são enviadas e que partem do Porto de Santos. O eixo “x” do gráfico representa a quantidade de viagens da movimentação de carga por cabotagem que o porto de Santos recebeu ao longo de 06 anos. Já o eixo “y”, na vertical, representa a quantidade de viagens de movimentação de carga por cabotagem que saíram do porto de Santos, também por 06 anos. Destacamos que essas viagens representam a movimentação de todos os tipos de carga: geral, container e graneis líquidos ou sólidos.

A partir dos eixos “x” e “y”, dividimos o gráfico do porto de Santos em quatro quadrantes no sentido anti-horário, a partir do ponto (0,0), objetivando a análise econômica, comercial

e logística da relação e importância desse *Hub* com os demais portos do Brasil. Os pontos com a letra “P” e uma numeração ao lado no gráfico, representam os portos de maneira individual e sua relação com o porto de Santos.

No primeiro quadrante da Figura 4.3, podemos perceber a existência de uma fraca relação comercial entre o porto de Santos e portos como o Terminal de Tubarão-ES (P34), Alumar-MA (P56), Itaqui-MA (P18), São Francisco do Sul-SC (P30), Imbituba-SC (P15). Esses portos do primeiro quadrante pouco enviam e recebem carga de Santos. Destacamos ainda o porto de Areia Branca-RN (P58) que somente encaminha carga para o Porto de Santos. Logisticamente falando, deve-se entender que essa situação apresentada, no primeiro quadrante, corresponde à potenciais áreas a serem analisadas e exploradas pelo governo brasileiro para o desenvolvimento da cabotagem, visto que essa movimentação marítima tem se tornado, cada vez mais, uma solução logística de baixo custo para o transporte de carga no Brasil.

O segundo quadrante da Figura 4.3, traz uma situação interessante, especificamente para o porto P48. Este é um dos portos registrados pelo sistema da ANTAQ como não identificado. O órgão afirma que em sua base de dados existem operações de movimentações de cargas em que a origem, muitas vezes, não foi identificada pela ausência do cumprimento do operador logístico em dar tal informação. Isso esclarecido, o porto P48 somente envia carga para o porto de Santos, não havendo uma interação comercial entre eles completa. Os demais portos do segundo quadrante como, por exemplo, Rio de Janeiro-RJ (P28) e Aratu-BA (P06) possuem uma relação comercial média com Santos à medida que enviam e recebem cargas de quantidade também relativamente média.

O terceiro quadrante é caracterizado pelas fortes relações comerciais entre Santos-SP e portos ali apresentados. Destaque para o porto de Suape-PE (P53) que aparece com a maior movimentação de carga de entrada e saída do porto de Santos. Tal fato, explica a importância, mais uma vez, desses portos para o transporte de mercadorias no Brasil.

No quarto e último quadrante, temos apenas o porto de Fortaleza-CE (P13) no Nordeste do Brasil. Santos-SP encaminha mais carga para o porto de Fortaleza do que necessariamente recebe. Apresenta-se, dessa forma, uma oportunidade logística de possíveis negociações para avançar nas relações comerciais de movimentação de cargas entre esses dois portos. A figura 4.4, apresenta-se a relação das partidas e chegadas quanto à movimentação de carga, tomando como base o segundo *Hub* da Rede Marítima Geral que é o porto de Suape-PE.

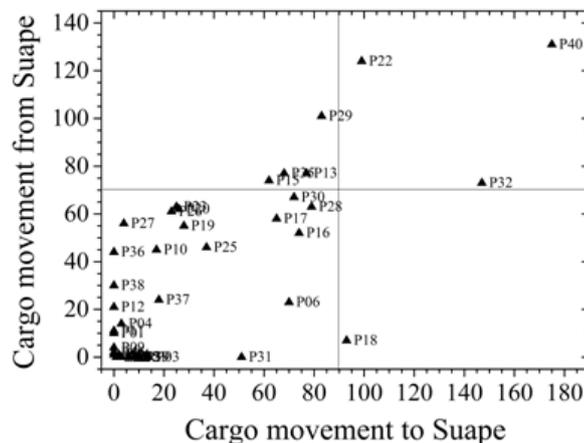


Figura 4.4: de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Suape -PE

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

O primeiro quadrante da Figura 4.4 traz uma concentração de portos que possuem fraca relação comercial com o porto de Suape-PE, visto que recebem dele e enviam para ele poucas cargas em toneladas. Portos como o de Maceió-AL (P19) no Estado de Alagoas e Ilha Redonda-RJ (P36) no Rio de Janeiro, possuem pouca movimentação de carga via cabotagem. Amplia-se novamente a necessidade e oportunidade de investimentos logísticos nessas localidades.

O segundo quadrante aponta a interessante situação referente ao porto de Itaqui-MA (P18), no estado do Maranhão, que envia quantidade razoável de carga para Suape, porém recebe quase zero deste porto. Sabendo-se da importância de Suape-PE como *Hub* dessa rede, bem como do potencial logístico do Porto de Itaqui que possui conexão com duas ferrovias, a Transnordestina, que passa por 7 estados do Nordeste, e a Estrada de Ferro Carajás (EFC), trecho concedido à Vale e operado pela VLI, chama a atenção a pouca exploração comercial por cabotagem apontada por esta análise dos graus de entrada e saída. Nesse caso, apresenta-se objetivamente como um porto a analisado pelas autoridades brasileiras.

O terceiro quadrante traz uma característica similar ao apresentado na figura 3.2: a forte relação comercial entre os *Hubs* da rede. Aqui, Santos aparece com a maior movimentação de carga de entrada e saída do porto de Suape-PE, explicando novamente a grande relação e, porque não, dependência comercial entre esses dois portos na movimentação de cargas via cabotagem no Brasil.

No quarto e último quadrante, apresentam-se os portos de Rio Grande-RS (P29), Vitória-ES (P35), Fortaleza-CE (P13) e Imbituba-SC(P15). Esses portos encaminham e recebem mercadoria via cabotagem de Suape-PE de maneira quase que uniforme, o que denota a

informação de que são portos com boa relação comercial com Suape.

Ambas as figuras 4.3 e 4.4 apontam um comportamento linear na movimentação de cargas via cabotagem no Brasil à medida que se aproximam do terceiro quadrante, local em que os *Hubs* se apresentam. Tal fato aponta a urgente necessidade de maiores investimentos no modal aquaviário brasileiro. O Brasil possui muitos portos, tais quais possuem uma baixa movimentação de carga, tanto de entrada, quanto de saída devido à ausência de uma infraestrutura e tecnologia adequada, levando aos operadores logísticos concentrarem suas cargas nos *Hubs* do país.

#### 4.1.2 Janela Total: Rede Filtrada

Para que a rede possa ser analisada do ponto de vista topológico, foi preciso eliminar o direcionamento das arestas, retirar todas as arestas múltiplas e laços, (e.g. viagens entre o mesmo par de portos e de um porto para ele mesmo que ocorre às vezes, por estratégia logística); e, por fim, desconsiderar os pesos das arestas (quantidade de carga transportada). Os índices foram recalculados para essa nova configuração, Tabela 4.2. Na Figura 4.5, exibe-se a rede nessa nova condição.

Tabela 4.2: Índices para a Redes Marítima sem arestas múltiplas, dirigidas, ponderada e laços e sua Rede Aleatória Correspondente.

Network/Indices	$n$	$m$	$\langle k \rangle$	$D$	$\nabla$	$\langle l \rangle$	$\langle C \rangle$	(%) Largest Component
Rede Marítima	118	682	11.56	6	0.099	2.45	0.59	100%
Equivalente Rede Marítima Aleatória	118	699	11.85	4	0.101	2.17	0.09	100%

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

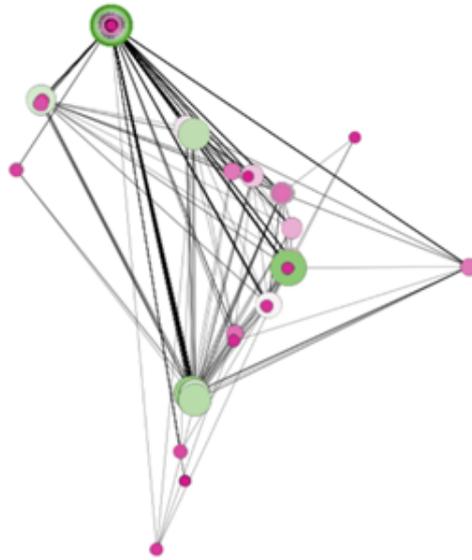


Figura 4.5: Rede de Cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015, desconsiderando arestas múltiplas, arestas dirigidas e o peso das arestas. Os vértices estão relativamente dispostos de acordo com as coordenadas (latitude e longitude) do mapa do Brasil e seus diâmetros proporcionais a seus graus.

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

A análise topológica requer dois caminhos de investigação. Primeiro, é preciso verificar como é a distribuição dos graus dos vértices da rede, ou seja, como as rotas (definidas pelas viagens) estão distribuídas entre os portos. Isso nos dá pistas se a rede se encaixa ou não em três dos modelos teóricos (regular, livre de escala ou aleatória). Segundo, para verificar se a rede apresenta o fenômeno “mundo pequeno”, é preciso comparar os índices da rede em análise com os índices de uma rede aleatória equivalente, ou seja, mesmo número de vértices e com probabilidade de conexão entre eles tal qual gere o mesmo valor de grau médio (ou bem próximo disto). Na Tabela 4.2, exibem-se as propriedades da rede de Cabotagem brasileira e da rede aleatória equivalente, e a Figura 4.6 exhibe a distribuição de graus da rede e, a título de informação apenas, a distribuição de graus da rede aleatória equivalente.

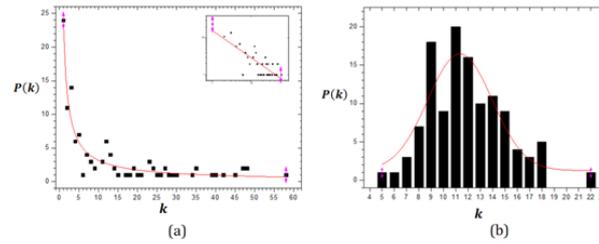


Figura 4.6: Distribuição de Graus: Em (a) é exibida a distribuição de graus da rede; no inset, a distribuição em escala logarítmica e em (b), a distribuição de graus da rede aleatória equivalente.

Fonte: Adaptado Santos, Cunha e Pereira (2018)

Não obstante as distribuições da Figura 4.6 estarem longe de representarem modelos teóricos, devido principalmente a pequena quantidade de elementos no sistema (vértices), as curvas de ajuste apresentadas ajudam a percebermos a diferença entre elas. A Figura 4.6 e a Tabela 4.2 nos permitem concluir que a rede apresentada não se ajusta ao modelo teórico de uma rede regular, já que os vértices possuem diferentes números de conexões. Essa rede também não seria aleatória, visto que sua distribuição, Figura 4.6 (a), não seguem e nem mesmo se assemelham a uma distribuição normal, como na Figura 4.6 (b). A distribuição da rede nos mostra que dentro da faixa de graus ( $1 \leq k \leq 58$ ), existem poucos vértices com alto valor de grau, ao passo que muitos vértices com baixo valor de grau. Em contraste, a rede aleatória equivalente, com uma faixa de graus mais estreita ( $5 \leq k \leq 22$ ), possui a maioria de seus vértices com grau próximo ao valor médio de seus graus. Apesar da existência de *hubs*, considerando Barabási e Albert (1999), essa rede também não seria livre de escala, pois o número de vértices é pequeno.

Apenas um modelo teórico está de acordo com a topologia da rede, o modelo “mundo pequeno”. Essa constatação se dá ao compararmos os índices de redes com sua rede aleatória equivalente. De acordo com Watts e Strogatz (1998), uma rede não dirigida, que possuir mais de 50% de seus vértices conectados (maior componente), será “mundo pequeno” se a aglomeração média de seus vértices for muito maior que a aglomeração média dos vértices da rede aleatória equivalente e o caminho mínimo médio de seus vértices tiver valor próximo ao da rede aleatória equivalente.

Essa constatação nos mostra que essa rede marítima é eficiente, pois as rotas entre os portos, em média, são curtas. Nesse sentido, podemos comparar as maiores centralidades dos portos. Na Tabela 4.3, revela-se que Vitória (ES) é o porto que possui mais conexões com outros portos, além de ser o que mais intermedia caminhos entre pares de portos. Além disso, o porto de Suape, que antes detinha o posto de maior intermediador na rede geral, ao desconsiderar as viagens repetidas, direcionadas e ponderadas, passa a ser o terceiro que mais intermedia, ficando atrás de Rio de (RJ) e Vitória (ES).

Tabela 4.3: Ranking dos valores de centralidade de grau ( $k$ ) e da centralidade de intermediação  $B'$  dos vértices da rede com arestas simples.

Rank	Port Name (State) - P###	$\langle k \rangle$	Rank	Port Name (State) - P###	$B'$
1	Vitória (ES) - P35	58	1	Vitória (ES) - P35	0.215
2	Rio de Janeiro (RJ) - P28	48	2	Rio de Janeiro (RJ) - P28	0.106
3	Santos (SP) - P40	48	3	Suape (PE) - P53	0.085
4	Suape (PE) - P53	47	4	Madre de Deus (BA) - P20	0.068
5	Rio Grande (RS) - P29	47	5	Usiminas (SP) - P43	0.063
6	Madre de Deus (BA) - P20	45	6	Santos (SP) - P40	0.062
7	Paranaguá (PR) - P22	42	7	Rio Grande (RS) - P29	0.059
8	Porto Itapoá (SC) - P25	21	8	Terminal Marítimo Dow (SP) - P61	0.053
9	Salvador (BA) - P32	40	9	Porto Itapoá (SC) - P25	0.052
10	Fortaleza (CE) - P13	39	10	Paranaguá (PR) - P22	0.045

Fonte: Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018)

Os indicadores da Tabela 4.3 podem ser interpretados como (a) grau  $\langle k \rangle$ : atividade de comunicação entre portos, ou seja, o número de possibilidades de rotas que aquele porto possui, e (b) intermediação  $B'$ : Controle de rota, ou seja, quanto maior a intermediação em um porto, mais chance esse porto tem de ser um intermediário entre outros dois portos, podendo ser útil para abastecimento de combustível e carga.

## 4.2 Análise Janela Mensal (Mês a Mês)

Utilizando o critério da seção anterior, foram identificados 11 *hubs* ao longo de 72 meses (2010 a 2015), Tabela 4.4. De acordo com a tabela, nove portos realizaram em média entre 20 a 30 viagens por cada mês que foi considerado *hub*. A exceção dessa faixa são para os portos de Santos (SP) e Suape (PE), que realizaram em média mais de 40 viagens por mês. Além disso, esses dois portos juntamente com Salvador (BA) e Rio Grande (RS) foram *hubs* em todos os 72 meses entre 2010 e 2015, o que os tornam portos mais influentes nesta rede de Cabotagem. Esta é uma informação logística potencialmente importante, que denota a importância e qualidade desses portos na movimentação marítima do país.

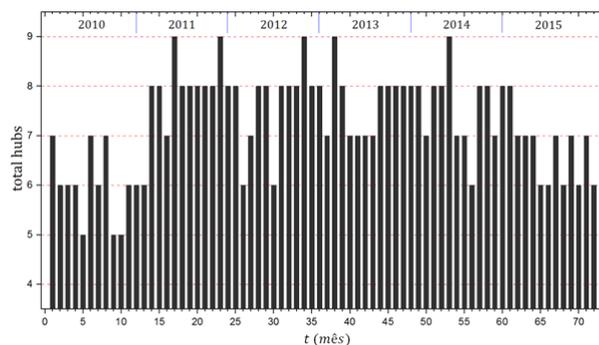
Pode-se inferir, com esses indicadores, que Santos, Suape, Salvador e Rio Grande são portos com eficiente operação logística dentro do sistema marítimo de cabotagem do país.

Tabela 4.4: *Hubs* da rede de Cabotagem Brasileira entre 2010 e 2015 (72 meses), segundo o critério
$$k_i^{hub} \geq (k)(t) - 2a(t)$$

Porto	Número de vezes que foi <i>hub</i>	Total de viagens como <i>hub</i>	Média de viagens por mês que foi <i>hub</i>
Pecém- CE	3	65	22
São Francisco do Sul - SC	3	61	20
Itaguaí- RJ	12	270	23
Fortaleza - CE	45	1126	25
Paranaguá- PR	47	1119	24
Rio de Janeiro - RJ	61	1546	25
Vitória - ES	63	1609	26
Rio Grande - RS	72	2059	29
Salvador - BA	72	1949	27
Santos - SP	72	3069	43
Suape - PE	72	2929	41

Fonte: Autor (2017)

Na Figura 4.7 mostra-se a quantidade de *hubs* em cada mês. Pode-se perceber que em 2015 o número de portos considerados *hubs* cai para os níveis semelhantes aos de 2010. Entre 2011 e 2013 temos mais frequência de portos como *hubs*. O decréscimo no número de *hubs* foi uma consequência direta da crise econômica e política que se instalou no Brasil entre os anos de 2014 e 2015, resultando numa retração dos investimentos por parte da indústria, operadores logísticos e parte do setor privado.

Figura 4.7: Total de *hubs* em cada mês da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015 (72 meses).

Fonte: Adaptado Santos, Cunha e Pereira (2018)

Na Figura 4.8 (a) a (d), revela-se a evolução do grau ao longo do tempo, para os 11 portos

considerados *hubs*, em comparação com o limiar de grau, a partir do qual o porto pode ser considerado *hub*. Esse resultado permite identificar padrões de comportamento dos portos verificar em quais épocas um determinado porto se tornou *hub* ou deixou de ser *hub*, além do valor de seu grau na rede (número de viagens) em cada mês, em comparação com os outros portos também *hubs*.

A definição sobre os principais portos do Brasil são estabelecidas através de diversos indicadores que variam de acordo com a pesquisa determinada. Questões como porte (tamanho) do porto e volume de carga transportado, aparecem nas mais diferentes pesquisas. Nesse contexto, Santos (SP) e Suape (PE), aparecem novamente como os principais portos brasileiros. A Figura 4.8 (a), representação das condições apresentadas pelas Redes Marítimas e *TVG*, reforça a importância de Santos e Suape visto que, ao longo do tempo determinado nessa pesquisa, ambos mantêm sua distribuição de graus em níveis elevados.

A análise das Redes Marítimas pelo método do *TVG* reforçam a importância dos portos de Santos e Suape como zonas portuárias de influência e atratividade, bem como plataformas logísticas (áreas de transporte e logística em que se concentram atividades que dinamizam a economia local). Essas duas condições desses dois portos inferem objetivamente que um gestor logístico deve levar em conta as condições de operação desses portos, especificamente quando de uma decisão logística que envolva a cabotagem dentro do país.

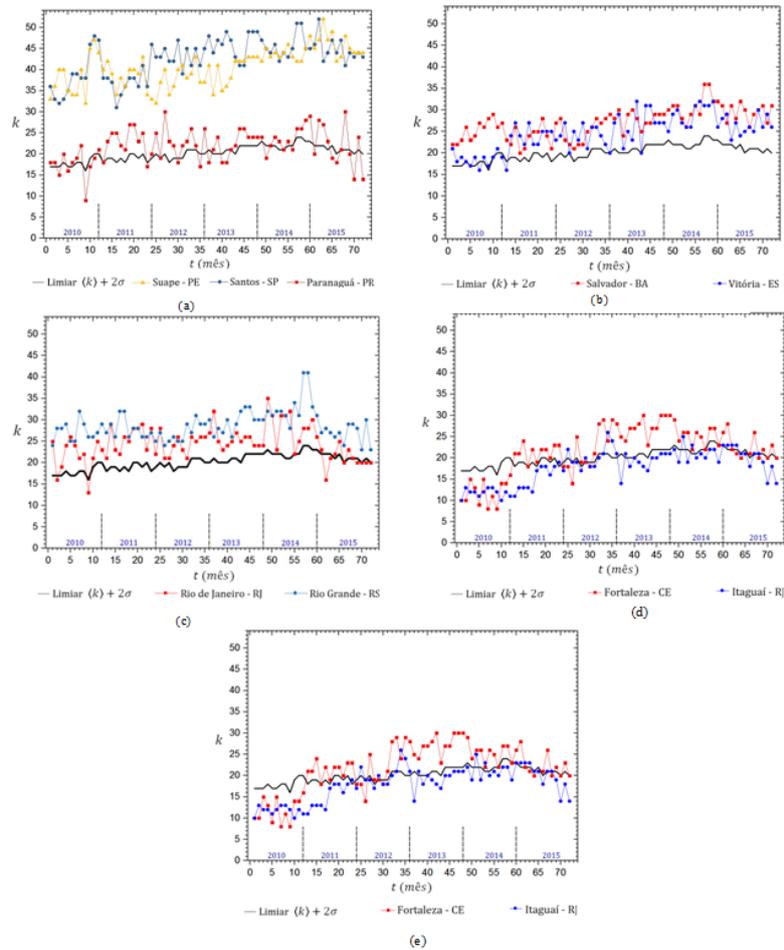


Figura 4.8: Evolução do grau em função do tempo para *hubs* da rede de cabotagem brasileira entre 2010 e 2015 (a) Santos – SP , Suape – PE e Paranaguá – PR; (b) Salvador – BA e Vitória – ES; (c) Rio de Janeiro – RJ e Rio Grande – RS; (d) Fortaleza – CE e Itaguaí – RJ; e (e) São Francisco do Sul – SC e Pecém – CE. A linha cheia corresponde ao limiar de grau a partir do qual o porto é considerado *hub*.

Fonte: Adaptado Santos, Cunha e Pereira (2018)

O porto de Paranaguá, localizado no estado do Paraná, é considerado o maior porto exportador de produtos agrícolas do Brasil, e também o 3º maior porto de contêineres do Brasil, perdendo só para Itajaí e Santos. A figura 4.8 (a) traz uma configuração interessante quanto à distribuição de graus desse porto, visto que, ao longo do tempo, ele entrou e saiu como condição de *Hub*. Tal fato denota a competição existente entre o porto de Paranaguá e o porto de Itajaí (SC) em virtude do tamanho do calado deste último. Recentemente, o governo do Paraná anunciou um investimento de 154 milhões de reais para dragagem emergencial dos berços de atracação, bem como a dragagem do canal de acesso ao porto e ampliação do complexo, ampliando o número de terminais de atracação.

Com localização privilegiada na Baía de Todos os Santos, o porto de Salvador possui, conforme a figura 4.8 (b), uma notória evolução de sua distribuição de graus nos últimos anos, tornando-o um *hub* fundamental para o transporte marítimo por cabotagem no Brasil. Tal fato, é consequência direta dos recentes investimentos que esse porto recebeu como a construção, em 2013, da via expressa que liga a BR-324, principal via de saída da cidade, ao porto de Salvador, bem como aumento da dragagem do mesmo. O porto de Salvador atualmente se destaca pela exportação de produtos e movimentação de contêineres, cargas gerais, trigo, celulose e ainda recepção de cruzeiros marítimos. Esse porto se destaca ainda por possuir posição estratégica a meio caminho da Rota do Mercosul.

O porto de Vitória (ES) demonstra também, conforme a figura 4.8 (b), uma sensível evolução em sua distribuição de graus colocando-o na condição também de *hub* na movimentação marítima dentro do país. Tal fato é reflexo de sua condição como porto intermodal, que possui uma infraestrutura que envolve o transporte ferroviário, rodoviário e o marítimo.

O porto do Rio Grande (RS) é considerado de grande porte, famoso pela diversidade e grande volume de exportações e importações de produtos que variam de fertilizantes até itens da indústria automobilística. Na figura 4.8 (c) aponta sua importância como *hub* logístico da cabotagem do país ao longo dos meses, com uma recente queda na sua distribuição de graus, resultado de uma ausência de investimentos por parte da autoridade portuária. Recentemente, o governo do estado do Rio Grande do Sul anunciou dois importantes projetos para manter os níveis e importância logística deste porto: a construção de um terminal graneleiro e a melhoria da hidrovia, principalmente, para facilitar o trajeto de contêineres do polo petroquímico de Triunfo para Rio Grande.

Na figura 4.8 (c), aponta ainda uma séria queda da distribuição de graus do porto do Rio de Janeiro (RJ), deixando-o no limite de ser considerado um *hub* da movimentação marítima de cargas por cabotagem no Brasil. Tal fato, é reflexo direto do sério problema político-administrativo que o estado do Rio vem passando nos últimos anos. Insegurança pública e jurídica do estado faz com que operadores logísticos transfiram suas cargas para outros portos. Se não houver uma imediata política de recuperação do porto, este perderá nos próximos anos sua condição de *hub*.

Na figura 4.8 (d), apresenta-se distribuição de graus dos portos de Fortaleza (CE) e Itaguaí (RJ). O primeiro, mostrou uma importante evolução como *hub* no transporte de cargas nos anos de 2013 e 2014, sofrendo uma queda em 2015. Esse fato, é reflexo de dois concorrentes diretos do porto de Fortaleza que são Suape e Salvador, ambos com uma conjuntura de recentes investimentos, tornando-os bastante competitivos frente ao porto de Fortaleza.

Já o segundo porto, o de Itaguaí, vem perdendo sua competitividade como *hub*, também em virtude de estar localizado no estado do Rio de Janeiro que, conforme já dito, passa por sérios problemas em sua gestão. Não existem, atualmente, previsão de investimentos diretos para o desenvolvimento deste porto.

O Porto do Pecém (CE) é um terminal portuário localizado em um acidente geográfico denominado “Ponta do Pecém”, distrito de Pecém, no município de São Gonçalo do Amarante, estado do Ceará. Sua recente inserção entre os portos *hubs* da cabotagem brasileira, conforme figura 4.8 (e), é reflexo direto dos produtos importados e exportados da Companhia Siderúrgica do Pecém, recentemente inaugurada, bem como dos recentes investimentos do governo do estado, no porto, em virtude de sua condição de possuir o menor tempo de trânsito entre o Brasil, os Estados Unidos e a Europa, se tornando um importante impulsionador da exportação e importação do país.

Na figura 4.8 (e), apresenta-se também o porto de São Francisco do Sul, localizado em Santa Catarina. Esse porto chegou a se tornar um *hub* logístico da cabotagem no Brasil entre os anos de 2011 e 2012. A queda do seu grau de distribuição é reflexo direto da ausência de investimentos por parte do governo do estado de Santa Catarina que direciona atualmente seus esforços para a construção de um novo porto entre as praias do Forte e do Capri.

### 4.3 Janela Anual (12 meses em cada ano)

Esta seção apresenta a última análise das redes marítimas da cabotagem brasileira, entre 2010 a 2015, com a aplicação do TVG desta vez anualmente. Na Figura 4.9, mostram-se instantâneos da rede temporal para a janela  $\omega_{12,12}$ .

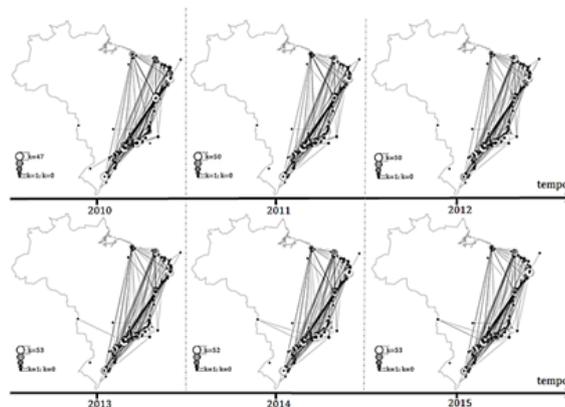


Figura 4.9: Rede de Cabotagem brasileira para um TVG com  $\omega_{12,12}$ .

Fonte: Autor (2017)

As centralidades de uma rede revelam a importância de um vértice com base em suas conexões. Para este exemplo, foram calculadas as centralidades de grau e de intermediação. O grau de entrada ( $k_i^{in}$ ) corresponde ao número de arestas que se dirigem ao vértice  $u$  e o grau de saída ( $k_i^{out}$ ), o número de arestas que emanam do vértice  $u$ .

A centralidade de intermediação, conhecida como *betweenness* ( $B_u$ ) mede o quanto vértice  $u$  intermedia conexões entre todos os pares de vértices da rede, ou seja, quantos mais caminhos entre quaisquer vértices  $i$  e  $j$ , passando por  $u$ , maior será o seu *betweenness* (BARABASI, 2016). Mais uma vez destacamos os portos de Santos - SP e Suape - PE como os principais da rede marítima da cabotagem brasileira. O porto de Salvador (BA) aparece como um importante player nesse período, estando também entre os cinco principais portos do Brasil que recebem e enviam carga por cabotagem no país. Os demais portos como Paranaguá-PR, Fortaleza-CE, Rio Grande-RN, Rio de Janeiro-RJ e Vitória-ES aparecem como players importantes da cabotagem brasileira, em virtude dos seus graus de entrada ou saída.

Na figura 4.10, abaixo, retrata-se a evolução dos valores das centralidades para os portos que tiveram, em média, os maiores valores de *betweenness*.

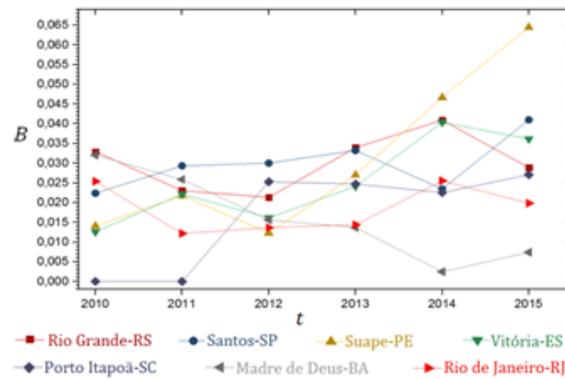


Figura 4.10: Os sete portos que se destacaram mais em termos de *betweenness* na rede de cabotagem marítima brasileira e sua evolução entre os anos de 2010 e 2015.

Fonte: Autor (2017)

Um porto que tem um alto valor de *betweenness*, está entre a maioria dos caminhos entre dois portos. Suape-PE em 2014 e 2015, obteve o maior valor de *betweenness*, no entanto, em 2014, este porto foi o quarto de maior grau (Figura 4.9). Assim, uma carga que foi transportada de um porto a outro, neste período, tem uma alta probabilidade de passar pelo porto de Suape-PE em uma parada intermediada. No entanto, o porto de Suape-PE nem sempre estava em cima do nível. Em 2010, foi o quinto porto mais intermediário.

A análise das centralidades nos permite saber quais portos possuem rotas mais diferentes (*hubs*) e as que permitem paradas entre as rotas de qualquer outro porto da rede.

#### **4.4 Considerações Finais sobre Redes Marítimas e TVG**

As relações apresentadas na rede marítima com base na movimentação de carga pela cabotagem no Brasil, de 2010 a 2015, mostram os portos de Santos e Suape como *hubs* destas redes em virtude dos graus de entrada e de saída de ambos os portos, que são superiores a todos os demais no país. Esta informação é estrategicamente relevante para os principais atores do sistema de transporte marítimo brasileiro, já que as decisões podem ser cada vez mais feitas com menos risco e maior assertividade. Assim, a análise aqui apresentada fornece às autoridades portuárias uma visão de futuro em relação às seguintes decisões:

Intensificação do controle de custos por operadores logísticos: essa é uma tendência global no movimento da carga. Reduzir os custos e buscar eficiência e qualidade tem sido o objetivo dos principais portos do mundo.

Aumento do investimento no planejamento: as autoridades portuárias precisam planejar estrategicamente o futuro de seus portos. Assim, o uso da Teoria de Redes no transporte marítimo é uma poderosa ferramenta analítica, porque permite a identificação de portos com potencial de crescimento em um determinado país.

Incerteza e volatilidade do mercado de transporte de carga: a incerteza causada pela imprevisibilidade global da economia mundial torna todos os mercados suscetíveis a rupturas e mudanças rápidas. Assim, o monitoramento e a aplicação da teoria de redes para o transporte de carga em sistemas marítimos permite à gestores do modal a tomarem decisões oportunas e identificar cenários futuros, reduzindo o risco na tomada de decisões, o que é fundamental para o sucesso de qualquer operador de portos.

Desafio dos contêineres: existe um crescimento substancial em todo o mundo do transporte de carga utilizando contêineres em navios. Sabe-se que muitos contêineres ainda viajam longas distâncias sem estar completamente cheios. Esse fenômeno resulta em perdas financeiras significativas para as partes interessadas no transporte de cargas no Brasil e em todo o mundo. Portanto, um dos grandes desafios da atualidade na gestão portuária é aumentar a quantidade de carga transportada via contêineres.

Conectividade e interação: o uso da teoria de redes permite que os atores no transporte marítimo identifiquem portos com alto grau de conectividade e/ou interação. Este fato pode permitir que autoridades portuárias tomem decisões mais estratégicas, a exemplo de

quais portos poderiam ter um investimento com retorno financeiro eficaz a médio prazo, em virtude exatamente pelos índices de conectividade ou intermediação.

Com um extenso litoral, o Brasil precisa de políticas públicas e investimentos que visem ao desenvolvimento desses portos e aumentem a desconcentração do movimento da carga. Esse movimento fortalecerá a economia nacional e colocará o Brasil entre os maiores concorrentes da navegação marítima mundial.

## Conclusões

---

Revisitando a seção a qual foram apresentadas as questões e hipóteses desta tese, em resposta à questão número 1, pode-se avaliar ao longo da pesquisa, quando do desenvolvimento da revisão de literatura, a existência de uma escassez de material científico publicado sobre redes marítimas. Além disso, outra dificuldade importante para a construção e análise das redes marítimas refere-se à base de dados disponíveis atualmente. Estas demandam um alto aporte de capital financeiro para sua obtenção e estão, em sua maioria, centralizadas em instituições internacionais de pesquisa.

Quanto à questão número 2 e suas hipóteses, a topologia das redes marítimas da cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015 sugerem uma rede eficiente, típica da característica *small-world*. Não pode ser considerada uma rede híbrida, considerando a existência de duas topologias (livre-de-escala e *small-world*), visto que, apesar das redes apresentarem pólos, ela não segue uma lei de potência.

A questão 3, questionava se as redes marítimas poderiam evidenciar a existência de *hubs* portuários e uma eficiência econômica de portos. Com utilização da teoria de redes e a aplicação do *TVG*, foi possível identificar características dos portos na movimentação de cargas pela cabotagem no Brasil, a exemplo dos portos de Santos e Suape.

### 5.1 Contribuições

O modelo proposto de Redes Marítimas pode ter aplicação imediata em empresas, institutos de pesquisas e organizações governamentais que atuam diretamente no modal aquaviário. Além disso, o modelo também pode ser utilizado em aulas práticas de universidades ou centros de pesquisa sobre sistemas de transporte no Brasil, em especial, o modal aquaviário.

Espera-se também que a pesquisa estimule novos estudos, visando a aprimorar ainda mais as ferramentas disponíveis para treinamento na área da logística e gestão da produção, permitindo um maior desenvolvimento de mão de obra no setor portuário.

## 5.2 Oportunidades para pesquisas e desenvolvimentos futuros

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, percebeu-se que a Teoria de Redes e o *TVG* podem ser utilizados não somente no modal aquaviário, mas também nos demais modais logísticos como o rodoviário, ferroviário e aeroviário. Tais modelagens podem ser de grande utilidade para governos e centros de pesquisas no estabelecimento de novos planos logísticos que foquem na desconcentração efetiva da matriz de transporte no Brasil.

Além disso, uma base de dados sobre sistemas de transportes, a exemplo das utilizadas nesta tese, podem ser modeladas por outros métodos, a exemplo de séries temporais, abrindo-se, assim, uma oportunidade para acadêmicos e pesquisadores do tema.

## 5.3 Divulgação da pesquisa

Ao longo da pesquisa, nossa investigação na ciência de redes e *TVG*, bem como alguns resultados alcançados foram divulgados nas seguintes oportunidades:

Apresentação de artigo, no ano de 2014, “**Decifrando Bach Através do Uso de Redes Complexas**” no Congresso de Administração, Sociedade e Inovação, em dezembro e 2014, Volta Redonda-RJ. Recebemos o prêmio de melhor artigo na categoria de Ciência, Tecnologia e Inovação.



Carlos César Ribeiro Santos e Emerentino  
Brazil Quadro

ARTIGO

**Decifrando Bach Através do Uso de Redes Complexas.**



Figura 5.1: Certificado de Prêmio CASI 2014

Em 2015 tivemos o artigo “**Importance of Network Theory for Brazil’s Maritime**

Cabotage“ aprovado no periódico Business and Management Review.



Figura 5.2: Artigo Publicado na Revista Business and Management Review

Ainda em 2015 tivemos o artigo ”Uma Análise dos Padrões de Tatuagens Associados à Criminalidade do Estado da Bahia com o Auxílio da Teoria de Redes“ aprovado e apresentado no IV Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining (BraSNAM 2015).

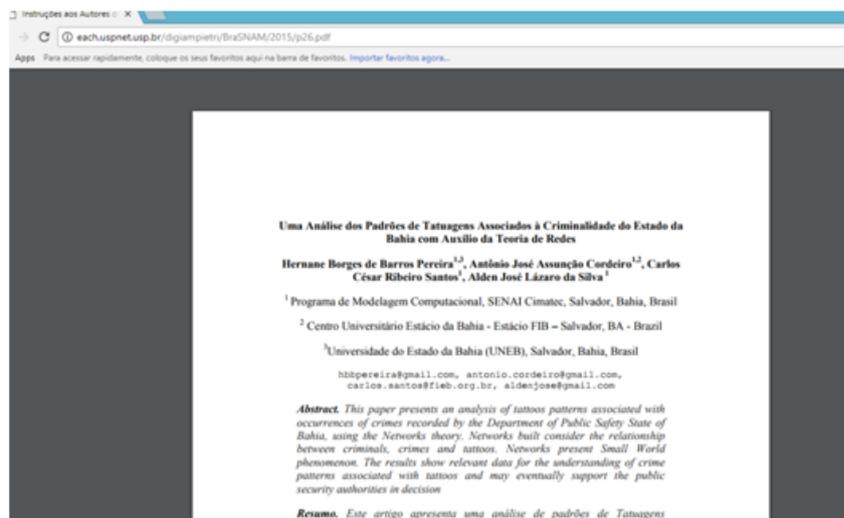


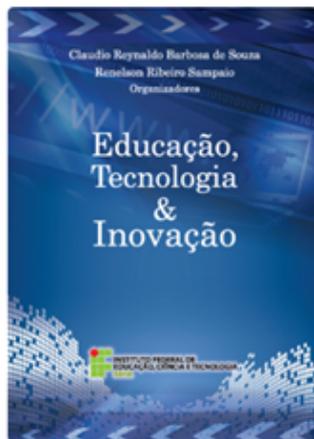
Figura 5.3: Artigo Publicado na BraSNAM 2015

Também em 2015, tivemos o abstract ”Using the Theory of Social and Complex Network for Applying Business Logistics Solutions“ aprovado no Encontro Nacional de Física Estatística.



Figura 5.4: Abstract Aprovado no Encontro Nacional de Física Estatística - 2015

Publicamos, em 2015, um capítulo denominado "O Uso da Metodologia de Redes Sociais e Complexas para Estudo de Redes de Coparticipação em Comunidade Científica", no livro Educação, Tecnologia e Inovação.



## Capítulo VI

O USO DA METODOLOGIA DE REDES  
SOCIAIS E COMPLEXAS PARA ESTUDO DE  
REDES DE COPARTICIPAÇÃO EM  
COMUNIDADE CIENTÍFICA 163  
Maria Teresinha Tamanini Andrade  
Carlos César Ribeiro Santos  
Núbia Moura Ribeiro  
Hermene Borges de Barros Pereira

Figura 5.5: Capítulo de Livro Publicado no Livro Educação, Tecnologia e Inovação

No ano de 2016, tivemos o *shortpaper* intitulado "Utilizando a Teoria de Redes Complexas para Soluções Logísticas Aplicadas no Modal Aquaviários" aprovado no II Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional.

Faculdade SENAI CIMATEC  
 Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial  
 Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial  
 II Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional.  
 ISSN 2446-5372

**Utilizando a Teoria de Redes Complexas para Soluções Logísticas Aplicadas no Modal Aquaviário.**

Carlos C. R. Santos<sup>1</sup> Faculdade SENAI CIMATEC (PG), Hernane B. B. Pereira<sup>2</sup> Faculdade SENAI CIMATEC (PQ).

<sup>1</sup>Avenida Orlando Gomes, 1845, Piaçã.  
<sup>2</sup>Avenida Orlando Gomes, 1845, Piaçã.

Palavras Chave: Redes Marítimas, Sistemas Complexos, Transporte

**Introdução**

O novo cenário econômico industrial aponta a necessidade das empresas buscarem vantagens competitivas utilizando-se de mecanismos de gestão como a valorização de profissionais, utilização de sistemas de transporte para distribuição eficientes, atendimento cada vez mais rápido às demandas dos clientes e a inovação.

utilizadas para concepção das denominadas *Maritime Networks* (Redes Marítimas) a partir de um levantamento bibliográfico em bases digitais como *Web of Science*, *Science Direct* e *Portal da Capes*.

Como objetivos específicos pretende-se denotar a importância do modal aquaviário para sua aplicação pela teoria de redes e apresentar as causas pelos quais determinadas taxomias foram escolhidas e a

Figura 5.6: Capítulo Publicado no Livro Educação, Tecnologia e Inovação

Ainda em 2016, tivemos o **abstract "Maritime Network From Cabotage of Containers in Brazilian Coast"** aprovado no Second Edition of International Workshop on Maritime Flows and Network, realizado no Institut Des Systemes Complexes, na cidade de Paris - França, do qual realizamos a apresentação.




DAY 1 - Wednesday 27 <sup>th</sup> April 2016	
<b>Time slot</b>	<b>Session 3</b>
9:00 - 9:45	Synergies between research and the maritime industry Christophe Renaud
<b>Time slot</b>	<b>Session 8: Sustainable Marine Resources</b>
9:45 - 10:15	Defining fishing grounds variability with Automatic Identification System (AIS) Damen Li Guozhou, Cyril Ren, David Boussier
10:15 - 10:45	Maritime network from the cabotage of containers in Brazilian coast Carlos César Rioser Santos, Hernane B. B. Pereira
10:45 - 11:00 Coffee break	
<b>Time slot</b>	<b>Session 10: Marine Resources and Port Operations</b>
11:00 - 11:30	Ship time in port: spatial dimensions and economic consequences Brian Suen, Claude Cornue
11:30 - 12:00	Public-Private Investments and maritime industry: tools to foster international networks Claude Fourn, Anne Te

Figura 5.7: Abstract Aprovado no International Workshop on Maritime Flows and Network

Também em 2016, publicamos e apresentamos o artigo **"Análise de Redes de Co-autoria e Colaboração Científica a Partir das Publicações Sobre Redes Marítimas em Periódicos entre os anos de 1957 a 2015"** no XIX Encontro Nacional de Modelagem Computacional.

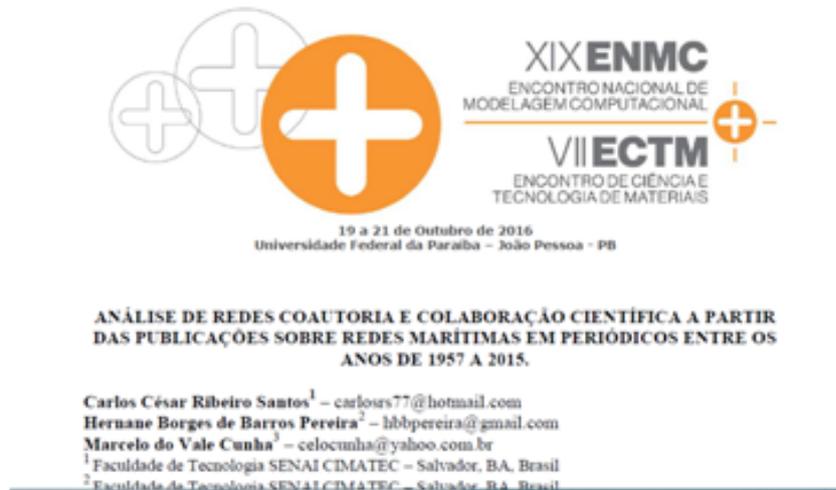


Figura 5.8: Artigo aprovado no XIX Encontro Nacional de Modelagem Computacional

Publicamos, ainda no ano de 2016, o capítulo ”Teoria de Redes e Jogos de Interpretação de Papéis“ no livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado.



Figura 5.9: Capítulo Publicado no Livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado.

O *abstract* ”Maritime Cabotage As Time-Varying Graph“ foi aprovado e apresentado no Encontro Nacional de Física Estatística 2016.

## MARITIME CABOTAGE AS TIME-VARYING GRAPH

\*Marcelo do Vale Cunha<sup>1,2</sup>,  
 Carlos César Ribeiro Santos<sup>2</sup>,  
 Frederico Garcia de Oliveira<sup>2</sup>,  
 Hernane Borges de Barros Pereira<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal da Bahia, Barreiras-BA;

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial,  
 Senai, Salvador-BA;

<sup>3</sup>Universidade do Estado da Bahia, Salvador-BA

Figura 5.10: Capítulo Publicado no Livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado.

Publicamos, também em 2016, o capítulo ”Teoria de Redes para Estudos na área de Saúde“ no livro Tecnologias Aplicadas à Saúde

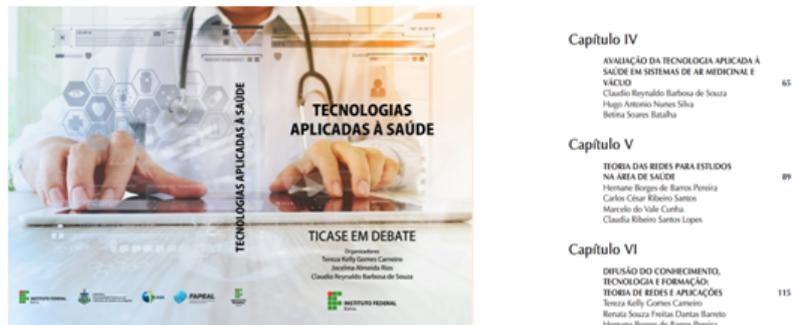


Figura 5.11: Capítulo Publicado no Livro Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado.

O *abstract* ”Sliding-window function to analyze the network of the brazilian coast cabotage“ foi aprovado e apresentado no Encontro Nacional de Física Estatística 2017.



Figura 5.12: Abstract aprovado no Encontro Nacional de Física em 2017.

O artigo "Identificando Hubs na Rede Marítima da Cabotagem Brasileira Utilizando Time-Varying Graphs" foi aprovado e apresentado no XX Encontro Nacional de Modelagem Computacional em 2017.



Figura 5.13: Artigo Aprovado no XX Encontro Nacional de Modelagem Computacional em 2017.

O artigo "A comparative analysis of Brazilian maritime transport by cabotage between 2010 and 2015 using network theory" foi aprovado em 2017 no International Congress of International Maritime Association of the Mediterranean.

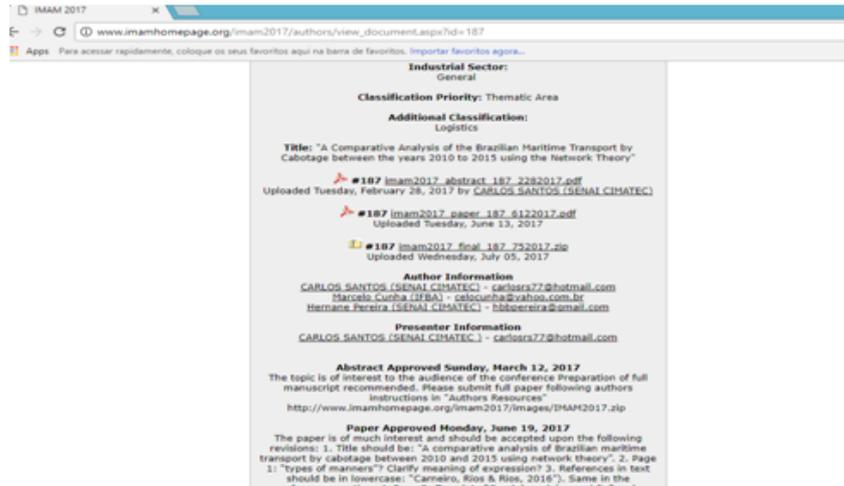


Figura 5.14: Artigo Aprovado no Internacional Congress of Internacional Maritime Association of the Mediterranean.

Também em 2017, submetemos no periódico *Transports Review* o artigo **"The Importance of the Maritime System for the International Community: a Review of Network Theory-based Studies of Maritime Networks"**, ainda em análise pela revista.



Figura 5.15: Comprovante Submissão na *Transports Review* em 2017.

Publicamos o capítulo **"The Complex Network of Coastal Shipping in Brazil"** no livro *Advances in Shipping Data Analysis and Modeling* da editora Routledge que será publicado em 2018.

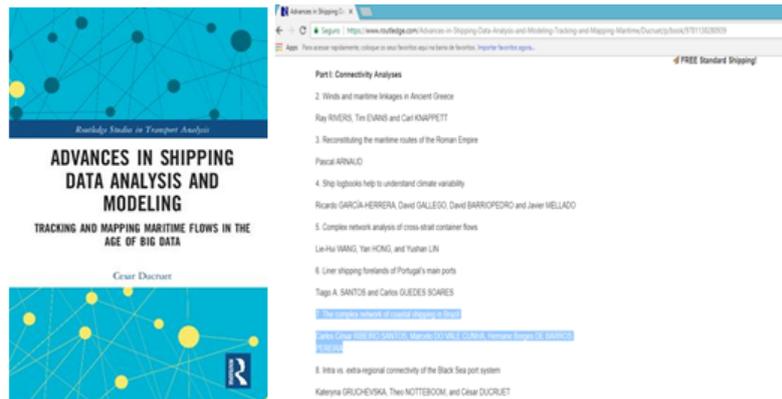


Figura 5.16: Comprovante Submissão na Transports Review em 2018.

Submetemos o artigo “**A Comparative Analysis of Brazilian Maritime Transport by Cabotage between 2010 and 2015 using Network Theory**” no periódico Network&Spatial Economics, o qual se encontra com o status de revisão até o presente momento.

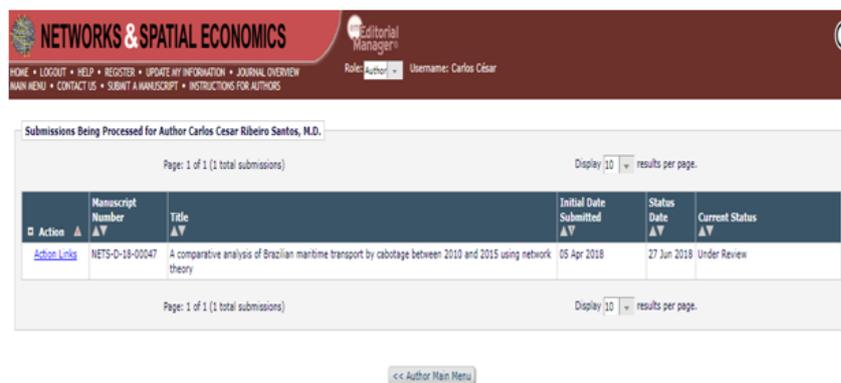


Figura 5.17: Comprovante Submissão na NetWorks & Spatial Economics em 2018

Ainda em 2018, publicamos na Revista Mundi - Engenharia, Tecnologia e Gestão, o artigo “**Identificando Hubs na Rede Marítima da Cabotagem Brasileira utilizando Time-Varying-Graphs**”.

The image shows a screenshot of the Revista Mundi website. The header features the logo 'REVISTA Mundi' in green and blue, with the tagline 'Engenharia, Tecnologia e Gestão' below it. To the right is the logo for 'INSTITUTO FEDERAL Paraná'. A navigation menu includes links for 'CAPA', 'SOBRE', 'ACESSO', 'CADASTRO', 'PESQUISA', 'ATUAL', 'ANTERIORES', 'IFPR', 'REDE SOCIAL', and 'CONTATO'. Below the header, there is a section for 'OPEN JOURNAL SYSTEMS' with a link to 'Ajuda do sistema'. The main content area displays the article title 'IDENTIFICANDO HUBS NA REDE MARÍTIMA DA CABOTAGEM BRASILEIRA UTILIZANDO TIME-VARYING GRAPHS' by Carlos César Ribeiro Santos, Hermene Borges de Barros Pereira, and Marcelo do Valle do Valle Cunha. The article is categorized as 'Capa > V. 3, N. 2 (2018) > Santos'. The abstract (Resumo) discusses the study of maritime transport networks and the use of time-varying graphs to identify hubs. The 'Palavras-chave' section lists 'Redes Marítimas', 'Cabotagem', and 'Grafos Variantes no Tempo'. On the right side, there is a user login section with fields for 'Usuário' and 'Senha', a 'Lembrar usuário' checkbox, and a 'Login' button. Below this is a 'NOTIFICAÇÕES' section with 'Visualizar' and 'Desativar' links. The 'IDIOMA' section shows 'Português e Inglês' with a dropdown menu set to 'Português (Brasil)' and a 'Submeter' button. The 'CONTEÚDO DA REVISTA' section includes a search bar, a 'Pesquisa' button, and a 'Escopo da Busca' dropdown menu set to 'Todos' with a 'Pesquisar' button.

Figura 5.18: Artigo Aprovado no Revista Mundi - Engenharia, Tecnologia e Gestão

## Referências Bibliográficas

---

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ (2014). Relatórios Técnicos 2008 a 2014. Relatórios de Desempenho Portuário. Brasília. Disponível em [http : //www.antaq.gov.br](http://www.antaq.gov.br). Acessado em: 29/10/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ [BRAZILIAN NATIONAL AGENCY OF WATERWAY TRANSPORTATION](2014). Technical Reports 2010 to 2016. Reports of Port Performance. Brasília. Available at [http:// www.antaq.gov.br](http://www.antaq.gov.br). Accessed on: 10/05/2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ [BRAZILIAN NATIONAL AGENCY OF WATERWAY TRANSPORTATION](2017). Technical Reports 2010 to 2016. Reports of Port Performance. Brasília. Available at [http:// www.antaq.gov. br](http://www.antaq.gov.br). Accessed on: 10/10/2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. Dutoviário. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4964.html>. Acesso em 22/03/2017.

ALBERT, R.; BARABÁSI, A. L. Statistical mechanics of complex networks. *Rev. Mod. Phys.*, v. 74, 2002.

ALEJANDRO, Velazques e NORMAM, Aguilar. Manual Introductório à Análise de Redes Sociais: Exemplos práticos com UCINET 6.4 e NETDRAW 2.28. Junho 2006 ALDRICH, H. Organizational and Environments. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1979.

ALVARENGA, A .C.; NOVAES, A .G.. Logística Aplicada – Suprimento e Distribuição Física. São Paulo: Pioneira, 2000, p.254.

AMARAL, L. a. N.; OTTINO, J. M. Complex networks. *The European Physical Journal B*, v. 38, n. 2, p. 147–162, 2004.

AMARAL, L. A. N., SCALA, A., BARTHÉLÉMY, M., e STANLEY, H. E., Classes of small–world networks, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97, 11149–11152 (2000).

BAE, J.; GARGIULO, M. Partner substitutability, alliance network structure, and *firm profi* tability in the telecommunications industry. *Academy of Management Journal*,

v.47, n.6, p.843–859, 2004.

BALESTRIN, A.; VERSHOORE, J. R.; REYES–JUNIOR, E. O Campo de Estudos sobre Redes de Cooperação Interorganizacional no Brasil. *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. 14, n. 3, art. 4, p. 458–477, 2010.

BALLOU, Ronaldo. H. *Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física*. São Paulo, Atlas. 2010.

BARABÁSI, A. L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *Science*, v. 286, 1999, p. 509–512.

BARABÁSI, Albert–László. *Network science*. Cambridge University Press, 2016.

BARABÁSI, A. L.; ALBERT, R. Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, v. 286, 1999, p. 509-512.

BERGANTINO, A.S. and VEENSTRA, A.W., 2007. Complexity in liner shipping networks. Paper presented at the International Association of Maritime Economists Conference, Athens, Greece, July 4-6.

BERGANTINO, A.S. and VEENSTRA, A.W., 2002. Interconnection and co-ordination: an application of network theory to liner shipping. *International Journal of Maritime Economics* 4(3), 231-248.

BOCCALETTI, S., Latora, V., MORENO, Y., CHAVEZ, M., and HWANG, D. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. *Physics Reports*, Vol. 424, No. 4-5, pages 175?308.

BORSCHI, Simone; LAWSON, Glyn; BROOME, Simon. Empirical evidence, evaluation criteria and challenges for the effectiveness of virtual and mixed reality tools for training operators of car service maintenance. *Computers in Industry*, v. 67, p. 17-26, 2015.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação. *Resumo Plano Nacional de Logística e Transportes*. Brasília: MT, 2017. BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

\_\_\_\_\_. 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 fev. 1993.

BRASIL. 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; [...]; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 jun. 2013, Edição Extra.

..... Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 1993. Regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 jun. 2013.

..... Medida Provisória nº 595, de 6 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a exploração direta e indireta, pela União, de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 dez. 2012.

..... Medida Provisória nº 612, de 4 de abril de 2013. Reestrutura o modelo jurídico de organização dos recintos aduaneiros de zona secundária, [...]; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília DF, 4 abr. 2013, Edição Extra.

CABRAL, Alexandra Maria Rios e RAMOS, Francisco de Sousa. Cluster analysis of the competitiveness of container ports in Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 69, November 2014, Pages 423–431. Accessed on: 20/01/2017

CARNEIRO, T.K.G; RIOS, J.A., SOUZA, C.R.B. *Tecnologias Aplicadas à Saúde (Technologies Applied to Health)*. Salvador: Edifba, 2016, chp.5, p.89–115.

CARRINGTON, P. J.; SCOTT, J.; WASSERMAN, S. Models BIRD, J. Seaport development: some questions of scale. In: Hoyle, B.S., Hilling, D. (Eds.), *Seaport Systems and Spatial Change*. Wiley, Chichester, 1984.

CASTEIGTS, A.; FLOCCHINI, P.; QUATTROCIOCCHI, W.; SANTORO, N. Time-varying graphs and dynamic networks. *International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems*, Taylor & Francis, v. 27, n. 5, p. 387408, 2012.

CASTRO JR., Osvaldo Agripino. Direito marítimo, lex mercatoria e lex maritima: breves notas. *Cadernos da escola de Direito e Relações Internacionais da Unibrasil*, v. 1, p. 84–100, 2011.

CHRISTOPHER, M. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos : estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços*. São Paulo: Pioneira, 1997 CHOPRA, S., & Tsai, C. (2002). A branch-and-cut approach for minimum cost multi-level network

design. *Discrete Mathematics*, 242, 65–92.

CLARK, X. Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of Development Economics*, 2004.

CLAVAL, Paul. Réseaux territoriaux et enracinement. In: Dupuy et alii. *Reseaux Territoriaux*. Caen: Paradigme, Transport e Communication 14, 1988, p.147–161.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de Rodovias 2016. Brasília, 2016

COSTA, L., Oliveira Jr, O., TRAVIESO, G., RODRIGUES, F., BOAS, P. V., ANTIQUEIRA, L., VIANA, M., and da ROCHA, L. (2007). Analyzing and modeling real-world phenomena with complex networks: A survey of applications.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2012). Pesquisa CNT Aquaviária. Brasília: CNT/SEST/SENAT.

CLARK, Ximena; Dollar, David; Micco, Alejandro. Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of development economics*, v. 75, n. 2, p. 417–450, 2004.

COMTOIS, C., WANG, J.J. (2003) Géopolitique et transport : nouvelles perspectives stratégiques dans le détroit de Taiwan, *Études Internationales*, 34(2): 213–226.

COPPEAD UFRJ – Centro de Estudos em Logística [Logistic Study Center]. Transporte de Cargas no Brasil – Ameaças e Oportunidades para o desenvolvimento do país [Cargo transportation in Brazil – Threats and Opportunities for the development of the country], 2012.

CUNHA, M. d. V.; ROSA, M.; FADIGAS, I. d. S.; MIRANDA, J.; PEREIRA, H. d. B. Redes de títulos de artigos científicos variáveis no tempo. In: *II Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining (BraSNAM)*. [S.l.: s.n.], 2013.

DE ALMEIDA, Nelson Morato Pinto. Da prática multidisciplinar à ação transdisciplinar: O novo perfil do profissional de oficina de manutenção automotiva com a introdução das novas tecnologias nos veículos automotores. *CETRANS – Centro de Educação Transdisciplinar*, 2005.

DOREIAN, P.; STOKMAN, F. *Evolution of Social Networks*. [S.l.]: Taylor & Francis, 2013. (Routledge Contemporary Human Geography). ISBN 9781136647321. DOREIAN,

P.; STOKMAN, F. N. Evolution of social networks. [S.l.]: Psychology Press, 1997.

DUCRUET, César; Zaidi, Faraz. Maritime constellations: a complex network approach to shipping and ports. *Maritime Policy & Management*, v. 39, n. 2, p. 151–168, 2012.

DUCRUET, César. Ports in proximity: Competition and coordination among adjacent seaports. Routledge, 2016.

DUCRUET, César. (2012) 'Port regions and globalization', in T.E. Notteboom. Ports in proximity: Competition and coordination among adjacent seaports, Aldershot: Ashgate, 41–54. Available at <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13665545>. Accessed on: 10/18/2016.

DUCRUET, César. (2012) 'Port regions and globalization', in T.E. Notteboom. Ports in proximity: Competition and coordination among adjacent seaports, Aldershot: Ashgate, 41-54. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13665545>. Acessado em: 18/10/2017.

DUCRUET, C. WANGA, C. New port development and global city making: emergence of the Shanghai–Yangshan multilayered gateway hub. *Journal of Transport Geography* 25, 58–69, 2012.

DUCRUET, C, Rozenblat, C., ZAIDI, F. 2010. Ports in multi-level maritime networks: Evidence from the Atlantic (1996-2006) ', *Journal of Transport Geography* 18(4), 508-518. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13665545>. Acessado em: 17/07/2017.

DUCRUET, C. ZAID, F., INRIA, B. Maritime constellations: A complex network approach to shipping and ports. *Maritime Policy and Management*, 39(2), pp. 151–168 [Special issue on "The Geography of Maritime Transport: Space as a Perspective in Maritime Transport Research"], 2012. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/journal/13665545>. Acessado em: 18/10/2017.

DUPAS, Gilberto. Economia global e exclusão social: pobreza, emprego, Estado e o futuro do capitalismo. São Paulo: Paz e Terra, 2<sup>a</sup>.ed, 2000.

ERDOS, Paul; Rényi, Alfréd. On the evolution of random graphs. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci.*, v. 5, n. 1, p. 17–60, 1960.

EULER, Leonhard, "Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis" (1741), Eneström.

FERREIRA, M.T. e MACAU, Elbert Einstei. Construindo Modelos de Redes Complexas. XII Workshop de Computação Aplicada–WORCAP .

FLEURY, Paulo Fernando; WANKE, Peter e FIGUEIREDO, Kleber. Logística Empresarial: a perspectiva brasileira. São Paulo: editora Atlas, 2000.

FREITAS, M. C. Fluxos de Informações e Conhecimentos para Inovações no Arranjo Produtivo Local de Confeções em Salvador–BA [Information and Knowledge Flow for Innovations in Salvador-BA's Local Productive Confections Arrangement]. 2006. 116 f. Dissertation (Master in Information Science) – Federal University of Bahia.

FREMONT, Antoine. Global maritime networks: The case of Maersk. *Journal of Transport Geography*, v. 15, n. 6, p. 431–442, 2007.

FREEMAN, L. C. Centrality in Social Networks: Conceptual clarification. *Social Networks*, v.1, p.215–239, 1996.

FRÉMONT, A. (2007) Global maritime networks: the case of Maersk, *Journal of Transport Geography* 15(6): 431–442.

GARRISON, William L., MARBLE, Duane F. Factor–Analytic Study of the Connectivity of a Transportation Network. First Published. January. 1974.

GASTNER, M. T. e NEWMAN, M. E. J., Diffusion based method for producing density equalizing maps, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101, 7499 – 7504 (2004).

GIANNETTO, S. M; LIMA, G. B. A. Proposta de manual para sistema de gestão integrada portuária. *Organização & Estratégia*, Niterói, v. 4, n. 1, p.107–117, jan. / abr. 2008.

GIBBONS, D. E. Network structure and innovation ambiguity effects on diffusion in dynamic organizational fields. *Academy of Management Journal*, v.47, n.6, p.938–951, 2004.

GIMENO, J. Competition within and between networks: the contingent effect of competitive embeddedness on alliance formation. *Academy of Management Journal*, v.47, n.6, p.820–842, 2004.

GLAESER, Edward L.; Kohlhase, Janet E. Cities, regions and the decline of transport costs. 2004. Available at <http://appli8.hec.fr/map/files/citiesregionsandthedeclineoftrans>

portcosts.pdf. Accessed on: 11/14/2016.

GOEBEL, Dieter. Hub ports e portos brasileiros: uma comparação, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://portogente.com.br/portopedia/hub-ports-e-portos-brasileiros-uma-comparacao>. Acesso em: 05 set. 2013.

HADDAD, Eduardo A., HEWINGS, Geoffrey J. D., PEROBELLI, Fernando S. e SANTOS, Raul A. C. Regional Effects of Port Infrastructure: A Spatial CGE Application to Brazil. *International Regional Science Review* 2010 33: 239 originally published online 19 May. Accessed on: 20/01/2017.

HAGGETT, Peter, and CHORLEY, Richard J. *Network Analysis in Geography*. Published by Edward Arnold, London, 1972.

HOLME, P. *Temporal networks*. [S.l.]: Springer, 2014.

HOLME, P.; SARAMI AKI, J. *Temporal networks*. *Physics reports*, Elsevier, v. 519, n. 3, p. 97–125, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2012). Produto Interno Bruto dos Municípios 2005–2012. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Acessado em: 20/11/2017.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC: mapeamento IPEA de obras rodoviárias. Brasília: IPEA, 2013.

JOLY, O. (1999) *La Structuration des Réseaux de Circulation Maritime*, Unpublished PhD dissertation in Territorial Planning, Le Havre: Le Havre University.

KANSKY, K. J., *Structure of Transportation Networks: Relationships Between Network Geometry and Regional Characteristics*, University of Chicago, Chicago (1963).

KEEDI, S. *Logística de transporte internacional: veículo prático de competitividade*, 1. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

KEEDI, S; MENDONÇA, P. C. C. *Transportes e Seguros no Comércio exterior*, 2. ed. São Paulo; aduaneiras. 2008

LI, M. et al. Evolving model of weighted networks inspired by scienti\_c collaboration networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 375, n. 1,

p. 355364, 2007.

LAZZARINI, S. G. “The performance implications of membership in competing firm constellations: evidence from the global airline industry”. *Academy of Management Best Paper Proceedings*, 2003.

MARTEL, Alain; VIEIRA, Darli. *Análise e Projeto de Redes Logísticas*. São Paulo. Ed. Saraiva. 2008.

MARTES, A. C. B.; BULGACOV, S.; NASCIMENTO, M. R.; GONÇALVES, S. A.; AUGUSTO, P. M. Fórum – Redes Sociais e Interorganizacionais. *Revista de Administração de Empresas*, v.46, n.3, p.10–15, 2006.

MARTINS, Eliane Maria Octaviano. *Curso de direito marítimo: teoria geral*. vol I. 4. ed. Barueri: Manole, 2013.

MILGRAM, S. The small world problem. *Psychology today*, New York, v. 2, n. 1, p. 60–67, 1967.

NASCIMENTO, C. Helano Aquino do. *Aplicação de Redes Complexas no Estudo de Redes Elétricas [Application of Complex Networks in the Study of Electrical Networks]*. Dissertation (Interdisciplinary Master in Computational Modeling and Industrial Technology) – SENAI CIMATEC, Salvador, 2012.

NAZÁRIO, P. O Papel do Transporte na Logística. 2000.

NEWMAN, Mark. *Networks: An Introduction*. 2010. Oxford University Press.

NEWMAN, M. E. J. The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review*, v. 45, n. 2, 2003.

NEWMAN, M. E. Scientific collaboration networks. ii. shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical review E, APS*, v. 64, n. 1, p. 016–132, 2001.

NEWMAN, Mark, BARABÁSI, Albert–László and WATTS, Duncan J. 2006. *The Structure and Dynamics of Networks*. Princeton, NJ: Princeton University Press

NELSON, R. O uso da Análise de Redes Sócios no estudo das estruturas organizacionais. *Revista de Administração de Empresas*, v.24, n.4, p.150–157, 1984.

NOVAES, Antônio Galvão. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. Rio

de Janeiro: Campus, 2000, p.22.

NOVAES, Antônio Galvão. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2007, p.38.

OLIVEIRA, Carlos Tavares de. Modernização dos portos. 5. ed. São Paulo: Aduanearas, 2011. 330 p

PARK, J.; NEWMAN, M. E. J. Statistical mechanics of networks. *Phys. Rev.E*, v. 70, Dec 2004.

PEREIRA, H. B. B.; SANTOS, C. C. R.; CUNHA, M. V.; LOPES, C. R. S. Network Teoria das redes para estudos na área de saúde [Theory for healthcaresudies]. In Carneiro, T. K. G.; Rios, J. A.; Souza, C. R. B. (Eds.). Tecnologias aplicadas à saúde [Technologies appliedtohealth]. Salvador: Edifba, 2016. chp. 5, p. 89–115.

PEREIRA, H.; FADIGAS, I.; MONTEIRO, R.; CORDEIRO, A.; MORET, M. Density: A measure of the diversity of concepts addressed in semantic networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Elsevier, v. 441, p. 81–84, 2016.

PEREIRA, H. B. B. ; SANTOS, C. C. R. ; FERNANDES, R. B. . Teoria de Redes e Jogos de Interpretação de Papéis. In: Lynn Alves, Hugo Saba e Claudio Reynaldo B. de Souza. (Org.). Interfaces entre Games, Pesquisa e Mercado. 1ed.Salvador: Instituto Federal da Bahia, 2016, v. 01, p. 35–55.

PITTS, F. R., A graph theoretic approach to historical geography, *The Professional Geographer* 17, 15–20 (1965).

RODRIGUES, P.R.A. Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional. 3d. São Paulo, 2007.

SEN, P., DASGUPTA, S., CHATTERJEE, A., SREERAM, P. A., MUKHERJEE, G. e MANNA, S. S., Small–world properties of the Indian railway network, *Phys. Rev. E* 67, 036106 (2003).

RIMMER, P.J., COMTOIS, C. (2005) China’s extra and intra-Asian liner shipping connections 1990-2000, *Journal of International Logistics and Trade*, 3(1): 75–97.

ROBINSON, R., Ports as elements in value-driven chain systems: The new paradigm, *Maritime Policy and Management*, 2002. Disponível em <http://www.journals.elsevier.com/computers-and-industrial-engineering>. Acessado em: 10/11/2017.

SANTOS, C. C. R.; PEREIRA, H. B. B. ; CUNHA, M. V. The Complex Network Of Coastal Shipping in Brazil. In: Cesar Ducruet. (Org.). *Advances in Shipping Data Analysis and Modeling: Tracking and Mapping Maritime Flows in the Age of Big Data*. 01 ed. New York: Routledge, 2018, v. 01, p. 91–105.

SANTANA, Eduardo Almeida. *Dificuldades para a implementação da Lei de Modernização dos Portos (Lei no 8.630/93) no Brasil*. 2011. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, C. C. R.; PEREIRA, H. B. B. . Importância da Teoria de Redes para a Cabotagem Marítima no Brasil. *Business Management Review (BMR)*, v. 05, p. 323–336, 2015.

SANTOS, C.C.R.; CUNHA, M. V. ; PEREIRA, H. B. B. . Identificando Hubs na Rede Marítima da Cabotagem Brasileira Utilizando Time-Varying Graph. In: XX Encontro Nacional de Modelagem Computacional, 2017, Nova Friburgo. Identificando *Hubs* na Rede Marítima da Cabotagem Brasileira Utilizando Time-Varying Graph, 2017.

SANTOS, C.C.R.; PEREIRA, H. B. B. ; CUNHA, M. V. . Análise de Redes de Co-autoria e Colaboração Científica a partir das publicações sobre redes marítimas em periódicos entre os anos de 1957 a 2015. In: XIX Encontro Nacional de Modelagem Computacional e VII Encontro de Ciência e Tecnologia de Materiais, 2016, 2016, João Pessoa. *Anais do XIX Encontro Nacional de Modelagem Computacional e VII Encontro de Ciência e Tecnologia de Materiais, 2016.*, 2016. v. 1. p. 178–187

SCOTT, J. *Social Network Analysis: a handbook*. 3 ed., London: Sage Publications, 2013.

TANG, J.; SCELLATO, S.; MUSOLESI, M.; MASCOLO, C.; LATORA, V. Small-world behavior in time-varying graphs. *Physical Review E, APS*, v. 81, n. 5, p. 055101, 2010. The Global Competitiveness Report 2012?2013, 49-68. Geneva: WEF. Retrieved from [http://www3.weforum.org/docs/CSI/2012-13/GCR\\_Chapter1.2\\_2012-13.pdf](http://www3.weforum.org/docs/CSI/2012-13/GCR_Chapter1.2_2012-13.pdf)

ZHUAN,W.; QINGHUA, Z.; BO, Y.; WENWEN, H. 4/R/I/T distribution logistics network 0–1 programming model and application. School of Mechanical Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing, PR China. Disponível em <http://www.journals.elsevier.com/computers-and-industrial-engineering>. Acessado em: 20/11/2017.

VEENSTRA, A.W., MULDER, H.M. and SELS, R.A., 2005. Analysing container flows

in the Caribbean. *Journal of Transport Geography* 13(4), 295–305.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. New York: Cambridge Press, 1994.

WANKE, Peter F., BARBASTEFANO, Rafael Garcia e HIJJAR, Maria Fernanda. Determinants of Efficiency at Major Brazilian Port Terminals. *Journal Transport Reviews*. Volume 31, 2011, Issue 5. Accessed on: 06/02/2017.

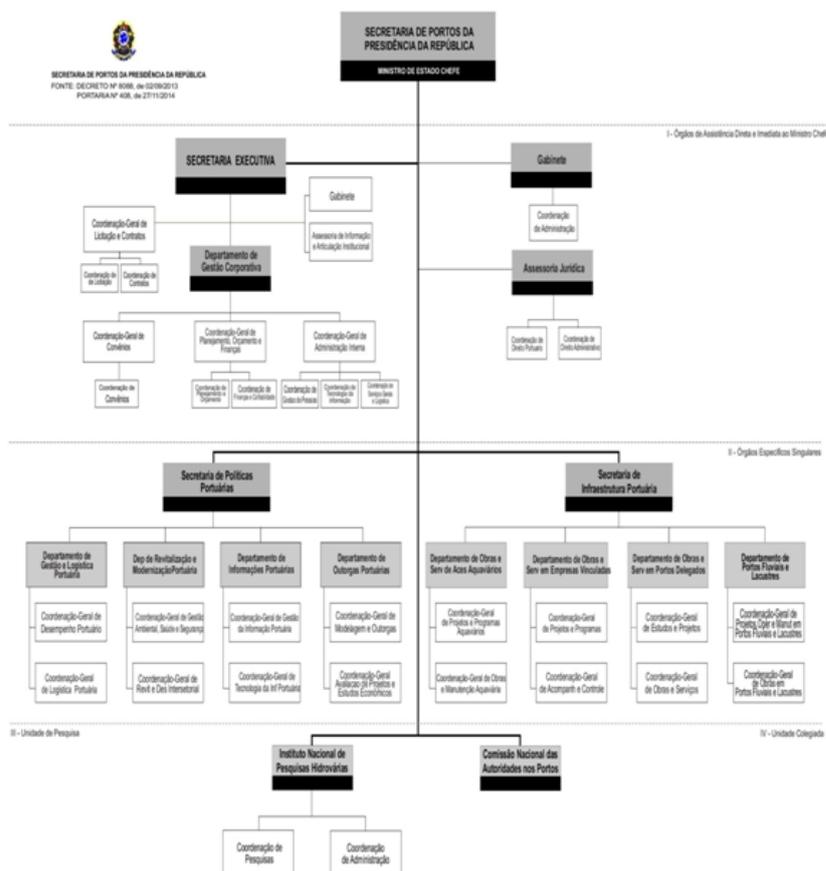
WATTS, D. J.; STROGATZ, S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, v. 393, n. 6684, p. 40910, 1998.

WESTERDAHL, C. (1996) Traditional zones of transport geography in relation to vessel types, Internet Document: <http://www.abc.se/pa/publ/transport.htm>

WILLIAMSON, O. E. *Markets and Hierarchies: analysis and antitrust implications*. New York: Free Press, 1975.

WILMSMEIER, G.; HOFFMANN, J., 2008. Liner shipping connectivity and port infrastructure as determinants of freight rates in the Caribbean. *Maritime Economics and Logistics* 10(1–2), 130–151.

# Organograma Sistema Portuário Brasileiro



Fonte: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil (2017)

---

## Órgãos e Funções do Sistema Portuário Brasileiro

---

- O Conselho de Administração (CONSAD) é um órgão de deliberação coletiva, de existência obrigatória e funcionamento permanente, com a finalidade de compartilhar, com a Diretoria, a Administração da Secretaria de Portos.
- Os Conselhos Fiscais (CONFIS) são compostos de no mínimo 03 (três) e, no máximo, 05 (cinco) membros e suplentes em igual número, acionistas ou não, eleitos pela assembléia geral. O funcionamento do Conselho Fiscal será permanente nas sociedades de economia mista, um dos seus membros, e respectivo suplente, será eleito pelas ações ordinárias minoritárias e outro pelas ações preferenciais, se houver. Obrigatoriamente haverá um membro efetivo, com o respectivo suplente, como representantes do Tesouro Nacional.
- A Autoridade Portuária (AP) destina-se a administrar e a fiscalizar as operações nos Portos Organizados. De acordo com a Resolução nº 858-ANTAQ, de 23 de agosto 2007, a administração portuária é definida como a “entidade de direito público ou privado, [...] que exerce a exploração e a gestão do tráfego e da operação portuária na área do porto público, podendo essas atividades ser realizadas diretamente pela União ou mediante concessão”. Dessa forma, a Autoridade Portuária é a responsável por administrar o porto, seja por meio da União, de delegatária ou de entidade concessionária do porto organizado.
- A Comissão Nacional das Autoridades nos Portos (CONAPORTOS) foi instituída pelo Decreto nº 7.861, de 6 de dezembro de 2012 (anexo 13), com a finalidade de integrar e harmonizar as atividades desempenhadas pelos órgãos e entidades públicos nos portos e instalações portuárias, e tem o propósito de reduzir a burocracia.
- O Conselho de Autoridade Portuária (CAP) atualmente atua como um órgão consultivo para as políticas portuárias brasileiras a partir da lei 12815 em virtude de seu baixo desempenho anterior nas ações desenvolvimento do setor portuário brasileiro. É constituído por representantes do poder público; operadores portuários; trabalhadores portuários e usuários dos serviços portuários.
- A Comissão Nacional para Assuntos de Praticagem (CNAP) foi instituída por meio do Decreto nº 7.860, de 06 de dezembro de 2012 (anexo 14), com o objetivo de elaborar propostas sobre regulação de preços, abrangência das Zonas de Praticagem (ZP) e medidas de aperfeiçoamento relativas a este serviço.
- O Órgão Gestor de Mão de Obra (OGMO) é uma entidade de utilidade pública sem fins lucrativos responsável pela contratação, escala e alocação de trabalhadores

portuários (TP) e de trabalhadores portuários avulsos (TPA).

- O Operador Portuário (OP), de acordo com a Lei nº 12.815/2013, é toda a pessoa jurídica pré-qualificada para exercer as atividades de movimentação de passageiros ou a movimentação e armazenagem de mercadorias, destinadas ou provenientes de transporte aquaviário, dentro da área do porto organizado.
- Os chamados Portos Organizados (PO) ou Porto de Uso Público, são definidos como o local que foi construído e aparelhado para atender às necessidades da navegação e da movimentação e de armazenagem de mercadorias, podendo ser por meio de concessão ou de exploração pela União, cujo tráfego e operações portuárias estejam sob jurisdição de uma AP.
- O Terminal de Uso Privado: criou-se o conceito de Terminal de Uso Privado, que é a instalação portuária explorada mediante autorização e localizada fora da área do PO. Extingue-se a definição de Terminal de Uso Privativo (TUP), que poderia ser localizado fora ou dentro do PO.
- As Poligonais são uma representação em mapa, carta ou planta dos limites físicos da área do porto organizado, espaço geográfico onde a autoridade portuária detém o poder de administração do porto público.

*REDES MARÍTIMAS E TVG DA CABOTAGEM BRASILEIRA: ESTRUTURA  
ESPACIAL E DINÂMICA REGIONAL*

Carlos César Ribeiro Santos

Salvador, Julho de 2018 .