

APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS *HUBPORTS* DA CABOTAGEM BRASILEIRA

APPLICATION OF THE NETWORK THEORY FOR LOGISTICAL ANALYSIS OF THE *HUBPORTS* FROM BRAZILIAN CABOTAGE

Carlos César Ribeiro Santos¹
Hernane Borges de Barros Pereira²
Anderson da Silva Palmeira³
Marcelo do Vale Cunha⁴

Resumo: A importância da navegação marítima por cabotagem no Brasil cresce à medida que o país busca retomar seu crescimento econômico nesses últimos anos. Desta forma, a necessidade de estudos e pesquisas no tema em questão, tornam-se relevantes para que governantes possam embasar tecnicamente tomadas de decisão para o desenvolvimento e ampliação do uso deste tipo de navegação. Neste sentido, este artigo apresenta uma aplicação da teoria de redes sob o ponto de vista da logística brasileira, especificamente o modal aquaviário e sua tipologia cabotagem. Tal análise foi permitida, a partir da disponibilidade dos dados estatísticos sobre a movimentação de cargas no Brasil advindos do Sistema Aquaviário da Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Uma matriz para construção da rede foi estabelecida, o que permitiu, posteriormente, a identificação das diversas métricas de redes como o grau desta, coeficiente de aglomeração e intermediação. Os portos de Santos (SP) e Suape (PE) apresentam-se com os maiores graus de entrada e saída da rede, estabelecendo-se assim como os *hubports* da navegação por cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2015. Os resultados apresentados apontam um excesso na movimentação de cargas nos *hubports*, bem como uma oportunidade do ponto de vista logístico, de crescimento e investimentos em portos como Salvador(BA) e Vitória (ES) para fortalecimento da navegação marítima nacional.

Palavras-chave: Teoria de Redes. Redes Marítimas. Cabotagem. *Hubports*.

Abstract: The importance of maritime navigation by cabotage in Brazil grows as the country seeks to resume its economic growth in recent years. In this way, the need for studies and research on the subject in question, become relevant so that rulers can technically base decision making for the development and expansion of the use of this type of navigation. In this sense, this article presents an application of the network theory from the point of view of Brazilian logistics, specifically the waterway modal and its cabotage typology. This analysis was allowed, based on the availability of statistical data on the movement of cargoes in Brazil from

¹ Doutor, Centro Universitário SENAI CIMATEC - carlosrs77@hotmail.com;

² Doutor, Centro Universitário SENAI CIMATEC - Universidade do Estado da Bahia (UNEB) - hernanebbpereira@gmail.com;

³ Mestre, Centro Universitário SENAI CIMATEC - anderson.palmeira@codeba.com.br;

⁴ Mestre, Instituto Federal da Bahia - IFBA - celaocunha@gmail.com.

the Waterway System of the National Waterway Transportation Agency. A matrix for the construction of the network was established, which later allowed the identification of the various network metrics such as its degree, agglomeration coefficient and intermediation. The ports of Santos (SP) and Suape (PE) present the highest degrees of entry and exit of the network, thus establishing the *hubports* of navigation by Brazilian cabotage between the years 2010 to 2015. The results presented point an excess of cargo handling in *hubports*, as well as an opportunity from a logistics, growth and investment point of ports such as Salvador (BA) and Vitória (ES) to strengthen national shipping.

Keywords: Network Theory. Maritime Networks. Cabotage. *Hubports*.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da globalização, ocorrido no início dos anos 90, trouxe uma união de diversos meios produtivos no cenário mundial, evidenciando-se o aumento significativo do mercado global dando início a reorganização operacional do comércio entre nações. Neste sentido, a consolidação de vias portuárias e globais apresentaram-se como estratégicas para a expansão econômica de países.

No Brasil, a situação econômica que se configurava não foi bem aproveitada à época, em virtude da decadência competitiva dos portos brasileiros e dos seus grandiosos custos produtivos. O intitulado "Custo Brasil", sinônimo à época de excesso de burocracia, impostos, legislações e custos trabalhistas, impediram o país de desenvolver o seu modal aquaviário, tardando-o relativamente a outras nações e revertendo-se numa exigência imediata de renovação de toda a sua via portuária.

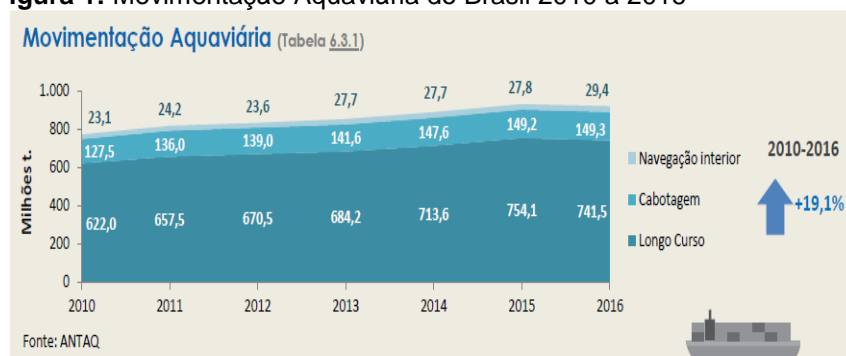
No ano de 1993 foi promulgada no Congresso Nacional a Lei nº 8.630/93 denominada como "Lei dos Portos" que apresentou uma proposta de reforma do Sistema Portuário do Brasil, permitindo um novo modelo de financiamento e desenvolvimento dos portos. Entretanto, Santana (2011) aponta que, mesmo com o novo marco regulatório de 1993, o Brasil não conseguiu fazer frente à sistemas portuários de países europeus, asiáticos e da América Latina, que já se encontravam em desenvolvimento. Nacionalmente, os portos ainda eram classificados como onerosos, com a capacidade de investimentos mitigados em sua infraestrutura e com uma notável fragilidade em sua competitividade frente ao mercado internacional.

Os portos entram novamente na pauta do Congresso Nacional, em 2012, 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. Foi revogada, a Lei nº 8.630/93 ("Lei dos Portos"). A orientação desta MP seria garantir mais dinamismo para o modal com o motivando à competitividade no transporte de cargas.

A MP, nº 595, foi aprovada e convertida na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, denominada a “Nova Lei dos Portos”, seis meses depois, essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013. Esta lei foi criada com objetivos de expandir as oportunidades de crescimento e fortalecimento dos portos do Brasil, buscando um reposicionamento entre as vias portuárias mais competitivas do mundo.

Os cuidados do Estado para o fortalecimento da via portuária brasileira (e.g. De acordo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no período de 2002 a 2011, as aplicações no sistema aquaviário estiveram em torno de R\$ 1 bilhão e de investimentos privados de R\$ 1,14 bilhão) impactaram no fluxo aquaviário nacional. A seguir, a figura 1, demonstra um discreto aumento na movimentação para o transporte de carga:

Figura 1: Movimentação Aquaviária do Brasil 2010 a 2016



Fonte: ANTAQ (2016)

Mesmo com a admissão do Estado brasileiro no subdesenvolvimento da via portuária nacional e ações de melhoria ao longo do tempo, a literatura retrata uma maior concentração da matriz de transportes na modalidade rodovias, o que resulta em consequências negativas no demais modais por esta escolha, a exemplo de um estudo da COPPEAD-UFRJ (2012) apontando 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%. Uma pesquisa sobre o transporte de cargas no Brasil em 2017 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.3, maio de 2019.

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.

As informações supracitadas correlacionam a realidade da matriz de transporte do Brasil com a de países europeus e asiáticos evidenciando a fragilidade de competitividade nacional. Assim, o modal aquaviário mostra-se como uma opção interessante graças a geografia nacional. Segundo, o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação (2017) 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 as variadas demandas dos estados brasileiros e sua diversa produção de produtos (ANTAQ, 2016).

Santos (2018) retrata a carência de estudos mais aprofundados sobre o transporte aquaviário no Brasil, o que 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. Ademais, é evidente a evolução de estudos e subsídios científicos incorporados ao sistema marítimo internacional, expandindo-se, assim, uma oportunidade de estudos internos. Neste sentido, existem pesquisas modernas sobre técnicas e aplicações da Teoria de Redes na investigação do desempenho do transporte de carga pelo sistema aquaviário. Previsões mais precisas e a melhor escolha de rotas marítimas com a ajuda da Teoria de Redes, é uma realidade em países da Europa e Ásia.

Desta forma, visando contribuir ao contexto nacional e adequando-se à realidade de pesquisas na área, este artigo científico apresenta como objetivo identificar os *hubports* (portos principais) da cabotagem (navegação marítima realizada na costa de um país) brasileira e, em seguida, inferir análises

logísticas capazes de estabelecer um cenário propício à tomadas de decisões mais assertivas e adequadas às demandas do modal aquaviário no Brasil.

2 TEORIA DE REDES

As redes sociais passaram a ocupar um lugar de destaque quando, em 1934 (o segundo marco), Jacob L. Moreno publica o livro “*Who Shall Survive?*” (MORENO, 1934). O conceito de sociograma é introduzido, tornando-se uma inovação para a época e marcando o início da sociometria, precursora da análise de redes sociais e da psicologia social (WASSERMAN; FAUST, 1994). Uma rede social é um conjunto de pessoas ou grupos de pessoas com algum padrão de contato, interação ou relacionamento entre elas. Vários tipos de relacionamento podem ser estudados, como amizade entre indivíduos, relações de negócios entre companhias, casamentos entre famílias, colaboração científica, redes de diretores de companhias, entre outros.

A representação de uma rede social se dá através de um grafo, representada pela equação $G = \{\mathcal{V}, E\}$, na qual elementos de \mathcal{V} são chamados de vértices e os elementos de E são chamados de arestas (GROSS; YELLEN, 1999).

Ao analisar sistemas com comportamento não trivial, a teoria de redes apresenta as denominadas redes complexas, que podem ser situadas na interseção entre a teoria dos grafos e a mecânica estatística, envolvendo diversas áreas do conhecimento e, portanto, seu estudo tem característica multidisciplinar (COSTA et al., 2007). Embora seus fundamentos remontem à teoria dos grafos, as redes complexas possuem propriedades que as diferenciam dos grafos não complexos, a exemplo da distribuição dos graus, coeficiente de aglomeração, estrutura de comunidade em qualquer escala, evidência de estrutura hierárquica, etc. Assim, a emergência de algumas propriedades de redes complexas não existentes em redes não complexas e em redes regulares favorece a diferenciação supracitada.

Importante destacar as topologias emergentes das denominadas redes complexas, a saber:

(1) Regular, se todos os vértices possuírem o mesmo número de conexões;

(2) 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. O marco para este estudo foi o trabalho de Erdős e Rényi (1960);

(3) 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);

(4) 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.

Considerando o sistema marítimo como um modelo complexo, não trivial, com infinitas possibilidades de interação, Ducruet (2012) aponta a importância de se compreender a estrutura das redes de transportes marítimos que evoluem ao longo do tempo, apontando a carência de estudos efetivos nessa área do conhecimento, denominando-as como Redes Marítimas.

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. Ducruet (2012) aponta, ainda, que 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.

É nesse cenário competitivo entre países pela melhor e mais eficiente sistema marítimo que se apresenta o objeto desse estudo, especificamente identificando, utilizando a teoria de redes, os principais portos, estabelecidos como hubs, da cabotagem brasileira entre os anos de 2010 a 2017.

Quando cabível, a discussão dos resultados deve buscar explicações e fazer comparações com a bibliografia da área de forma a dar ao trabalho uma abrangência nacional ou global, não sendo apenas confirmatório.

Uma estrutura que pode ser tomada como base é fazer o desenvolvimento do trabalho com a Revisão Bibliográfica ocupando de 10 a 20% da extensão do artigo; os Materiais e métodos de 10% a 20% e a Discussão dos Resultados ocupando de 40% a 60%.

2.1 Método

As Redes Marítimas foram construídas a partir de vértices que são os portos e a arestas que são estabelecidas pela movimentação de cargas entre estes portos. O banco de dados utilizado foi o Sistema Estatístico Aquaviário da Agência de Transportes Aquaviários do Brasil (ANTAQ) que dispõe de uma base de dados gratuita e constantemente atualizada sobre toda a navegação marítima nacional. Desta forma, coletou-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 privativo);
- O tipo de instalação marítima de destino da carga (porto ou terminal de uso privativo);
- 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 se refere exclusivamente a navios que realizaram viagens pela costa brasileira, configurando-se assim a navegação exclusiva por

cabotagem. Estão excluídas dessa base de dados navios que fizeram viagens a longo curso ou por via interiores.

Com a base de dados da ANTAQ, elaborou-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, a qual os dados foram parametrizados com os comandos operacionais do programa *Gephi* e, em seguida, seis novas matrizes da movimentação marítima de cargas via cabotagem no Brasil foram construídas. De posse dos dados, foi possível condensar todas as informações entre os anos de 2010 a 2015 em uma única matriz conforme resumo desta na tabela 01 abaixo:

Tabela 01: Matriz Ori_Dest_2010 a 2015_ Brasil_Gephi 0.9.2

Source (Origem)	Target (Destino)	Type (Tipo)	Weight (Peso)	Data	Datalnicio	DataFim
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
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

Fonte: Autores (2017)

A partir da matriz, construiu-se a rede marítima geral, identificando-se um total 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. A Figura 02 mostra a representação gráfica dessa rede:

Figura 2: Rede Marítima da Cabotagem Brasileira, 2010-2015 (Adaptado de Santos, Cunha e Pereira (2018))



Fonte: Santos, Cunha e Pereira (2018)

A análise desta rede (Figura 01) 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 também a movimentação de carga dos Portos de Vitória (ES), Rio de Janeiro (RJ) e Salvador (BA). 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.

A seção seguinte apresentará uma análise dos *hubports* da cabotagem brasileira (Santos e Suape) e sua relação com os demais portos brasileiros. Esta análise é resultante de uma necessidade por pesquisas que mostrem ferramentas aptas a proporcionar diagnósticos mais precisos sobre o desempenho do transporte de cargas no Brasil, pelo sistema aquaviário e,

portanto, consigam amparar líderes públicos e privados em medidas de gestão expandindo-se possibilidades e requalificando este modal.

2.2. Análise de Dados

Nesta seção, serão apresentados os índices de redes e será realizada uma análise apurada da relação dos portos de Santos e Suape em relação aos demais portos da cabotagem brasileira, entre os anos de 2010 a 2015, com base nos índices de redes encontrados.

A Tabela 2, a seguir, aponta os principais índices de redes para os portos brasileiros que mais se destacaram nesta análise da rede marítima geral:

Tabela 02: Índices para a Rede Marítima Geral e centralidade dos vértices que mais se destacaram.

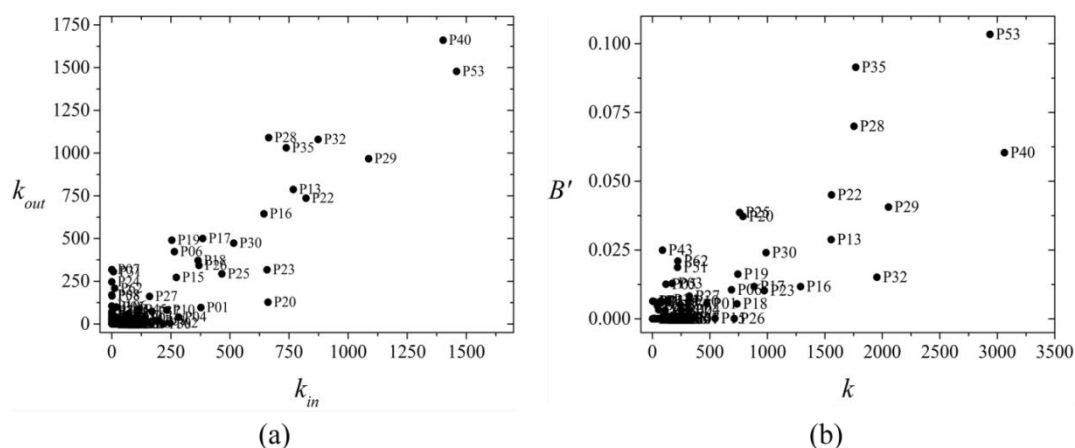
Índices da Rede Marítima Geral					
n	m	$\langle k \rangle$	D	$\langle l \rangle$	(%) Maior Componente
118	16273	137.91	5	2.46	100%
Porto	Centralidades				
	k^{in} (Grau de entrada)	k^{out} (Grau de saída)	B' (Intermediação)		
Santos (SP)	1402	1660	0,060		
Suape (PE)	1459	1478	0,103		
Rio Grande (RS)	1087	966	0,041		
Salvador (BA)	873	1080	0,015		
Vitória (ES)	738	1031	0,091		
Rio de Janeiro (RJ)	664	1090	0,070		
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)

A Figura 3 abaixo mostra 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 ($B'_{P35} = 0.091$), ou seja, está mais presente nos caminhos entre outros dois portos, do que Santos ($B'_{P40} = 0.060$), que possui o maior número de viagens ($k_{P40} = 3062$).

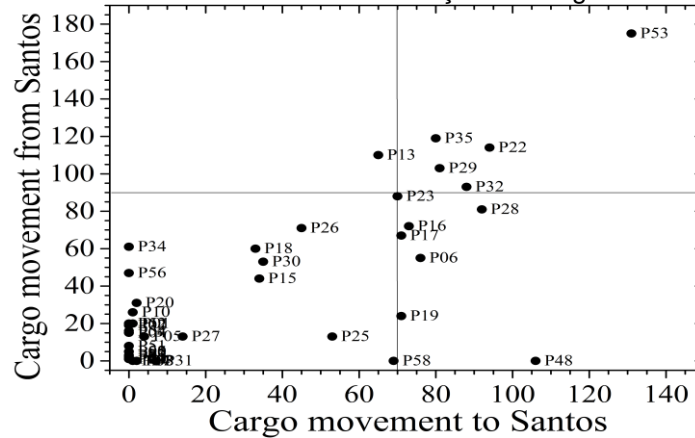
Figura 3: Vértices Centrais na Rede Marítima Geral da Cabotagem Brasileira



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. As figuras 4 e 5 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: Grau de Entrada e de Saída da Movimentação de Cargas do Porto de Santos-SP



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

A Figura 4 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, mais uma vez, que estas 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, 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, pode corresponder 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.

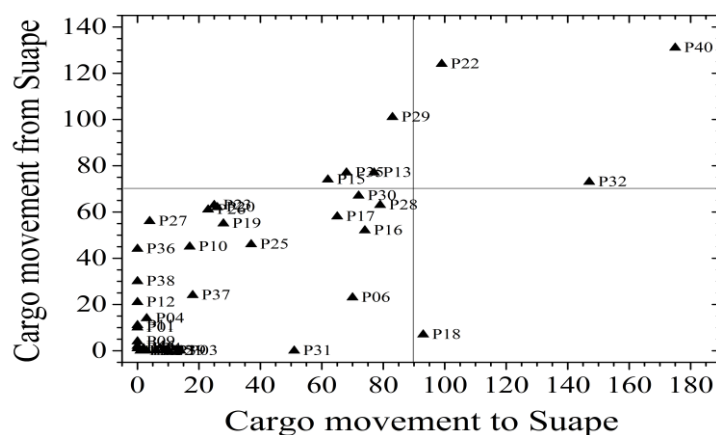
O segundo quadrante da Figura 4, traz uma situação interessante, especificamente para o porto P48. Este é um dos portos registrados pelo sistema da ANTAQ como não identificado. O órgão afirma que em sua base de dados existem operações de movimentações de cargas em que a origem muitas vezes não foi identificada pela ausência do cumprimento do operador logístico em dar tal informação. Isto 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.

O quarto e último quadrante traz 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, desta forma, uma oportunidade logística de possíveis negociações para avançar nas relações comerciais de movimentação de cargas entre esses dois portos.

A figura 5 apresenta 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 5: Grau 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 5 apresenta uma concentração de portos com fraca relação comercial com o porto de Suape-PE, visto que recebem 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 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 e 5 apontam um comportamento semelhante 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.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da pesquisa buscou-se apresentar uma lacuna na literatura científica do Brasil no que tange a aplicação a teoria de redes à modais logísticos, especificamente o modal aquaviário em uma de suas modalidades que é a cabotagem. Desta forma, foram construídas as redes marítimas da cabotagem brasileira, a partir dos dados obtidos do sistema estatístico aquaviário da ANTAQ.

As redes aqui apresentadas, identificaram os portos de Santos e Suape como os *hubports* do Brasil no tempo determinado entre os anos de 2010 a 2015. Para um operador logístico, as informações provenientes das redes marítimas são fundamentais na tomada de decisão a saber: (1) adequação das informações transmitidas pelas redes marítimas com vistas à eficiência estratégica na movimentação de cargas por cabotagem na costa brasileira; (2) construção de roteirizações mais competitivas para os principais portos brasileiros; (3) adequação e aplicação da metodologia aqui posteriormente

construída para outros tipos de movimentação marítima, bem como demais modais logísticos; (4) inserção do país/estado nos estudos e impactos de redes marítimas em consonância com os demais países competitivos; (5) possibilidades da realização de planos estratégicos para desconcentração progressiva da malha rodoviária, a partir da utilização dos resultados aqui apresentados e (6) possibilidade da ampliação da construção de um senso comum entre os atores envolvidos na rede marítima brasileira em torno da importância da competitividade do modal aquaviário.

A modelagem computacional através das denominadas redes marítimas se apresenta como ferramenta estratégica capaz de fazer frente às demandas de uma indústria cada vez mais competitiva. É fundamental para o Brasil a realização de pesquisas científicas que possibilitem abrir novos caminhos para a eficiência, eficácia e competitividade de suas operações logísticas.

REFERÊNCIAS

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>>. Accessed on: 10/05/2018.

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT. **Dutoviário**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4964.html>>. Acesso em 22/06/2018.

Barabási, A. L.; Albert, R. **Emergence of scaling in random networks**. Science, v. 286, 1999, p. 509-512.

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.

Costa, L., Oliveira Jr, O., Travieso, G., Rodrigues, F., Boas, P. V., Antiqueira, L., Viana, M., and da Rocha, L. **Analyzing and modeling real-world phenomena with complex networks: A survey of applications**. 2007.

Ducruet, C. (2012) **'Port regions and globalization'**, in T.E. Notteboom. Ports in proximity: Competition and coordination among adjacent seaports, Aldershot:

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.4, n.3, maio de 2019.

Ashgate, 41-54. Disponível em <
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/13665545>>. Acessado em:
18/07/2017.

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

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.

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.; **Redes Marítimas e TVG da Cabotagem Brasileira: Estrutura Espacial e Dinâmica Regional**. Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Centro Universitário SENAI CIMATEC, 2018

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.

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

Watts, D. J.; Strogatz, S. H. **Collective dynamics of 'small-world' networks**. Nature, v. 393, n. 6684, p. 409-10, 1998.

Edição especial - XXI ENMC (Encontro Nacional de Modelagem Computacional) e IX ECTM (Encontro de Ciência e Tecnologia dos Materiais)

Enviado em: 30 mar. 2019

Aceito em: 17 mai. 2019

Editores responsáveis: Bianca Neves Machado/ Mateus das Neves Gomes