

Marinha do Brasil
Escola de Guerra Naval
Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos

Lucas Ferreira Braga

A Indústria 4.0: Oportunidade e Desafio para o Transporte Marítimo Brasileiro

Rio de Janeiro
2020

Lucas Ferreira Braga

A Indústria 4.0: Oportunidade e Desafio para o Transporte Marítimo Brasileiro

Relatório Técnico apresentado ao curso de Mestrado Profissional em Estudos Marítimos da Escola de Guerra Naval, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Estudos Marítimos. Área de concentração em Segurança, Defesa e Estratégia Marítima.

Orientador: Prof. Dr. Nival Nunes de Almeida

Rio de Janeiro
2020

B818i Braga, Lucas Ferreira

A indústria 4.0 : oportunidade e desafio para o transporte
Marítimo brasileiro / Lucas Ferreira Braga.-Rio de Janeiro, 2020.

136f. : il.

Relatório Técnico (Mestrado) - Escola de Guerra Naval,
Programa de Pós-Graduação em Estudos Marítimos
(PPGEM), 2020.

Orientador: Nival Nunes de Almeida

Bibliografia: f. 124 - 134

1. Transporte marítimo. 2. Transporte marítimo-Brasil. 3. Tecnologia – Inovação. I. Escola de Guerra Naval (Brasil). II. Título.

CDD 387.5

Lucas Ferreira Braga

A Indústria 4.0: Oportunidade e Desafio para o Transporte Marítimo Brasileiro

Relatório Técnico apresentado ao curso de Mestrado Profissional em Estudos Marítimos da Escola de Guerra Naval, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Estudos Marítimos. Área de concentração em Segurança, Defesa e Estratégia Marítima.

Aprovado em 28 de agosto de 2020.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Nival Nunes de Almeida
Doutor da Escola de Guerra Naval

Prof. Dr. Thauan Santos
Doutor da Escola de Guerra Naval

Prof. Dr. Eduardo Alberto Crespo
Doutor da Universidade Federal do Rio de Janeiro

“Benditas águas que banham nossas praias, movimentam nossas raias, trazendo amigos do mundo inteiro. Bendito frutos que vão e vem no porto centenário, pano de fundo dessa 'Amazônia Azul', divino cenário que une irmãos do Norte e do Sul”.

Marta Queiroz e Claudio Vieira

RESUMO

O transporte marítimo de longo curso viabilizou o crescimento econômico de diversos países possibilitando o acesso a mercados de consumo e a produtos indisponíveis em ambiente doméstico. O baixo custo e capacidade de transportar grandes volumes são os diferenciais desse modal de transporte. A competitividade da navegação mercante é potencializada pelo embarque tecnológico em seus navios e em seus processos de prestação de serviços. Os avanços das chamadas revoluções industriais foram assimilados pelo transporte feito pelo mar a fim de potencializar a oferta desse serviço. A emergência de um novo fenômeno tecnológico com grande impacto na produção e prestação de serviços poderá novamente ser um fator de otimização desse setor da economia, demandando compreensão e adaptação em países que participam do sistema de transporte marítimo internacional. Esta pesquisa tem por objetivo analisar como o Brasil, país situado entre as chamadas “economias em desenvolvimento” poderá se preparar para um novo paradigma tecnológico em seu transporte marítimo, garantindo-lhe a estrutura necessária para novas formas de prestação do serviço de transporte marítimo. O estudo foi empreendido por uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, com orientação analítico-descritiva, mediante análise de bibliografia acadêmica disponível e bases de dados referenciais que fazem diagnóstico do fenômeno analisado em países escolhidos para fim desta pesquisa e no Brasil. A bibliografia e os dados disponíveis apontam que as configurações da oferta de transporte no mundo impõem grandes barreiras a novos entrantes. Ao mesmo tempo, foram constatados problemas estruturais de natureza doméstica que demandam atenção no Brasil. A inserção do transporte marítimo do Brasil em momento de ascensão de novo paradigma tecnológico deve se pautar mais pelo incremento de sua infraestrutura básica capaz de dar acesso de sua produção a portos mais qualificados. Não foram percebidas oportunidades significativas para o desenvolvimento de uma marinha mercante de longo curso.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Transporte marítimo internacional. Transporte marítimo brasileiro. Otimização tecnológica.

ABSTRACT

Long sea shipping enabled economic growth in several countries, enabling access to consumer markets and products unavailable in the domestic environment. The low cost and capacity to transport large volumes are the differentials of this mode of transport. The competitiveness of merchant shipping is enhanced by the technological embarkation on its ships and in its service rendering processes. The advances of the so-called industrial revolutions were assimilated by the transport made by the sea in order to enhance the offer of this service. The emergence of a new technological phenomenon with a great impact on the production and provision of services could again be a factor in the optimization of this sector of the economy, requiring understanding and adaptation in countries that participate in the international maritime transport system. This research aims to analyze how Brazil, a country located among the so-called “developing economies”, can prepare for a new technological paradigm in its maritime transport, guaranteeing it the necessary structure for new ways of providing the maritime transport service. The study was undertaken by a qualitative research, of an exploratory nature, with analytical-descriptive orientation, through analysis of available academic bibliography and reference databases that diagnose the phenomenon analyzed in countries chosen for the purpose of this research and in Brazil. The bibliography and available data indicate that the configurations of the transport offer in the world impose great barriers to new entrants. At the same time, structural problems of a domestic nature were found that demand attention in Brazil. The insertion of maritime transport in Brazil at the time of the ascendancy of a new technological paradigm should be guided more by the increase of its basic infrastructure capable of giving access of its production to more qualified ports. No significant opportunities were perceived for the development of a long-haul merchant navy.

Keywords: Industry 4.0. International maritime transport. Brazilian maritime transport. Technological optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Frota Mercante Mundial Em Tonelagem, 1990-2017.....	49
Figura 2 – Ciclo de Vida da Embarcação.....	50
Figura 3 – Comércio Mundial por Contêiner (em TEU's e variação percentual anual)	69
Figura 4 – Economias por Tamanho do Comércio de Mercadorias em 2018.....	88
Figura 5 – Comércio Marítimo Total por Grupo de Desenvolvimento (toneladas em bilhões)	89
Figura 6 – Participação em Porcentagem do Comércio Marítimo Internacional por Região Continental – 2018.....	90
Figura 7 – Conectividade De Remessa Linear: Os 10 Principais Países (2006-2019).....	91
Figura 8 – Porcentagem da Frota Mundial e Países Controladores (início de 2019).....	103
Figura 9 – Porcentagem da Capacidade de Carga sob Registro de Bandeira.....	105
Figura 10 – As Três Grandes Alianças do Transporte Marítimo	106
Figura 11 – Tipo de Navegação e Sentido em Tonelagem (2020).....	109
Figura 12 – 10 Principais Mercadorias em milhões de toneladas (2020)	110
Figura 13 – Perfil e Carga em Tonelagem (2020).....	110
Figura 14 - Evolução da Frota de Bandeira Brasileira	111
Figura 15 – Quantidade de Afretamento por Tipo de Navegação (2020).....	112
Figura 16 – Embarcações Afretadas Distintas (2020).....	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Evolução no Processamento da Indústria Têxtil.	21
Quadro 2 – Aspectos dos Programas da Alemanha e EUA que contribuem para diretrizes brasileiras.	43
Quadro 3 – Análise SWOT da viabilidade do fomento à Marinha Mercante de longo curso no Brasil	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comércio Marítimo Mundial (milhões de toneladas carregadas).....	86
Tabela 2 – Capacidade e taxa de crescimento da oferta da frota mundial por tipo de transporte no início 2019 (em milhares de tpm).	101
Tabela 3 – Ranking das transportadoras por percentagem da frota mundial em TEU'S	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ANMI	<i>National Network of Manufacturing</i>
ANTAQ	Agência Nacional de Transporte Aquaviário
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EU	União Europeia
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FMI	Fundo Monetário Internacional
IEDI	Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
OMC	Organização Mundial do Comércio
ONU	Organização das Nações Unidas
OSTP	<i>Office of Science and Technology Policy</i>
PIB	Produto Interno Bruto
TB	Tonelagem Bruta
TEU	<i>Twenty Equivalent Unit</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TO	Tecnologia de operação
TPM	Tonelagem de peso morto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. UMA NOVA ONDA DA INDÚSTRIA: ASCENDÊNCIA NO MUNDO E NECESSIDADE NO BRASIL	18
2.1 A Esteira das Revoluções Industriais	19
2.1.1 A Primeira Revolução Industrial.....	20
2.1.2 A Segunda Revolução Industrial.....	22
2.1.3 A Terceira Revolução Industrial	23
2.2 Quarta Revolução Industrial?	24
2.3 Quarta Revolução Industrial: Faces de um Fenômeno Tecnológico	28
2.3.1 Amplitude da Indústria 4.0.....	29
2.3.2 Tecnologias basilares da Quarta Revolução Industrial	32
2.4 A Nova Onda da Manufatura Avançada	33
2.4.1 Países em Destaque	35
2.4.1.1 Estados Unidos da América.....	35
2.4.1.2 China.....	37
2.4.1.3 Japão	38
2.5 Quarta Revolução Industrial no Brasil	40
2.5.1 Propostas de políticas para a Indústria 4.0 no Brasil	42
3. O EMBARQUE NA NOVA ONDA TECNOLÓGICA: TRANSPORTE MARÍTIMO	45
3.1 Uma Transformação Sistêmica Lenta	48
3.2 Irrenunciabilidade da Transformação Tecnológica	51
3.3 Tecnologias Potenciais da Indústria 4.0 no Transporte Marítimo	52
3.3.1 Materiais avançados	54
3.3.2 Big Data Analytics	56
3.3.2.1 O Valor do Big Data.....	58
3.3.3 Robótica	60
3.3.4 Sensores.....	61
3.3.5 Comunicação.....	63

3.3.6	Construção naval	64
3.3.7	Propulsão e alimentação	65
3.3.8	Navios inteligentes	66
3.4	Potencializando a Containerização	68
3.5	Amparo Tecnológico aos Compromissos Ambientais em <i>Shipping</i>	73
3.6	Sistema Automatizado de Dados Alfandegários	78
3.7	Maturidade das Tecnologias no Transporte Marítimo	79
4.	BILHETE NA VIAGEM TECNOLÓGICA: UM DESAFIO BRASILEIRO	84
4.1.	“Espinha Dorsal” do Comércio Internacional	85
4.2.	Participação dos Países e Regiões no Comércio Marítimo	87
4.3.	Índice de Conectividade do Transporte Marítimo	90
4.3.1.	Tendência à Regionalização: Transporte Marítimo de Curta Distância	92
4.4.	Transporte Marítimo: Um Sistema	94
4.5.	Perspectiva de Demanda do Transporte Marítimo Internacional	97
4.6.	Frota Mundial: Oferta de Transporte	100
4.6.1.	Líderes na Construção Naval	102
4.6.2.	Países Detentores da Frota: Liderança Global	103
4.6.3.	Registro da Frota: Países De Bandeira	104
4.7.	Estratégias de Competitividade no Transporte por Contêiner	105
5.	VOCAÇÃO BRASILEIRA AO COMÉRCIO MARÍTIMO	108
5.1.	Comércio Marítimo Brasileiro	109
5.2.	É possível o fomento a uma marinha mercante brasileira?	113
5.3.	Análise SWOT	115
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
	REFERÊNCIAS	124
	ANEXO – TIPOS DE NAVIOS DE CARGA	135

1. INTRODUÇÃO

A chamada “Era da Informação” trouxe a perspectiva de transformações que se instauraram pela crescente interação humana com a tecnologia e mesmo das novas tecnologias entre si, em um processo crescente de autonomia de máquinas. Desse modo, possibilita novo fenômeno relacional uma vez que o ser humano passa a ter como referência não apenas uma relação com outros humanos, mas contam com as máquinas, os algoritmos e as diversas tecnologias com capacidade de sugerir decisões como interlocutoras em relações sociais e produtivas.

Essas transformações são aspectos de um fenômeno emergente que vem sendo associado à nova revolução industrial, pautada por pressupostos como a inteligência artificial, a robótica, a internet das coisas, veículos autônomos, impressão em 3D, nanotecnologia, biotecnologia e armazenamento de energia. A “quarta revolução industrial” ou “indústria 4.0”, tem como características singulares, que a distingue das precedentes, a velocidade, amplitude e profundidade, ao fundir tecnologias e integrar os domínios físico, digital e biológico (SCHWAB, 2016).

A quarta revolução industrial incorpora e desenvolve tecnologias de base digital para a resolução de diversas demandas na produção e entrega de serviços. Como consequência da velocidade, amplitude e profundidade dessa nova revolução industrial, modelos de negócio são reinventados, profissões correm o risco de desaparecer e outras, de surgir, questões éticas emergem, cidades assumem nova forma de governança e estados e tomadores de decisão passam a contar com elementos novos em seu modo de proceder (SCHWAB, 2016).

Há, portanto, um impacto na economia, na sociedade e na compreensão do território, que graças às novas tecnologias, não distingue claramente o local e o global. O movimento presente que reorganiza a produção e a entrega de serviços, bem como o modo das sociedades em lidar com a tecnologia, tende a ser disruptivo em diversos aspectos. Distintos setores da vida econômica poderão lidar com os impactos de novas tecnologias que trazem consigo a possibilidade de conferir formas novas de produzir e entregar serviços.

Essas novas tecnologias, terão a capacidade de impactar os diversos domínios da vida humana e até mesmo, levantar o questionamento sobre o que significa ser humano (BAWANY, 2017). Urge que os diversos setores da sociedade se preparem para uma inserção nesse novo paradigma. Particularmente sensível nesse sentido, emerge a relevância da questão da condição em que os Estados, como atores capazes de influenciar gravemente a vida de seus cidadãos preparar-se-ão para tomar parte nesse processo.

Esse processo de primazia da tecnologia na configuração social e produtiva é, pois, objeto de preocupação sob a perspectiva do crescimento e do desenvolvimento econômico de países que não podem mais prescindir de criar certo grau de autonomia e controle de suas tecnologias. É um dado da realidade que o desenvolvimento de alta tecnologia no processo produtivo não contemplou de modo uniforme os diversos países e regiões do mundo.

Com efeito, há da parte de países prejudicados nesse processo uma dependência de outros que despontaram na vanguarda da produção industrial, e no estado da arte da tecnologia. Surge disso, o desafio de tomar parte em uma viagem já em andamento; otimizar sua economia a fim de garantir o uso eficaz de recursos em um momento de aceleradas transformações tecnológicas que reconfiguram as relações de trabalho, a prestação de serviços e a produção. Trata-se de um novo e irrenunciável passo na esteira inaugurada pela produção em larga escala possibilitada pelas chamadas revoluções industriais.

Essa realidade tende a ser impactante em serviços que se pautam pela agilidade e segurança, como aqueles da logística. Ao admitir que o processo produtivo mundial sofre graves mudanças com a influência tecnológica e suas novas formas de uso, admite-se também que a economia global passa por um momento de profundas transformações. Importa, portanto, neste momento, levantar a pergunta pelos setores mais estratégicos que deverão estar na vanguarda desse processo.

Em mensagem para o Dia mundial Marítimo, celebrado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 29 de Setembro de 2016, o então secretário geral daquela organização internacional não hesitou em afirmar: “O transporte marítimo é a espinha dorsal do comércio e da economia global”; e mais adiante, acrescenta: “Como a população mundial continua crescendo, especialmente nos países em desenvolvimento, o transporte marítimo eficiente e de baixo custo tem um papel essencial no crescimento e desenvolvimento sustentável” (ONUBr, 2016).

A logística internacional referente ao transporte de mercadorias, não encontra concorrente em condições de igualdade ao transporte marítimo. Através do transporte feito por vias marítimas, que dá fluxo a um grande volume de mercadorias por todo o mundo a baixo custo, é possível o provimento dos insumos e produtos que alimentam o estilo de vida em tempos de globalização. A inserção do transporte marítimo nesse novo paradigma, pautado pela integração de tecnologias digitais ao ambiente físico, poderá alcançar-lhe maior vantagem competitiva por meio de navios adaptados a novas possibilidades tecnológicas e com processos otimizados.

Para ser competitivo e seguir como principal meio de transporte de mercadorias a nível internacional, o transporte marítimo demanda sempre o embarque de novas tecnologias e de

novos processos que visem otimizar sua capacidade de entrega de serviços. O presente momento de grandes possibilidades no ramo da tecnologia é, portanto, promissor para esse importante setor, mas ao mesmo tempo é um desafio, no sentido em que a implementação de tecnologias emergentes não é um debate plenamente colocado.

Envolto em um ambiente com distintos aspectos nos campos político, econômico, social e legal, por sua natureza internacional, o transporte marítimo demandará um grande concerto de decisões em diversos níveis para criar procedimentos com algum grau de padronização na adoção de novas tecnologias. Tendo em vista que os elementos que compõem o transporte marítimo constituem um sistema de alta complexidade, é demandado a nível nacional e internacional, uma governança capaz de dar segurança técnica e jurídica às embarcações que trafeguem por todo o mundo com tecnologias disruptivas.

As discussões em torno dessas alterações, no que diz respeito ao incremento tecnológico e ao ambiente político e jurídico favorável, tendem a ser mais avançadas em países que estão atentos a essa mudança de paradigma no processo de produção e prestação de serviços. Aqueles países que têm em sua própria história maior afinidade com o avanço da manufatura e buscam otimização produtiva em seus diversos setores econômicos, tendem a aprofundar-se nesse debate e propor como estratégias de Estado caminhos de implementação desse novo paradigma.

A adaptação a novos processos e acesso a tecnologias que permitam a mínima paridade no setor de transporte marítimo é fator crítico a um país como o Brasil, com enorme zona costeira e projeção para o mar, tendo forte dependência do comércio que se faz por ele. Sendo um modal de transporte necessário e ao mesmo tempo promissor à projeção nacional, o transporte marítimo, nomeadamente o transporte marítimo de longo curso, está, pois, diante de um desafio.

De fato, por motivos estruturais, a inserção do Brasil no presente processo de manufatura avançada não dar-se-á com pouco esforço, constituindo assim grande desafio. Tal constatação de caráter estrutural, não deve ser, contudo, considerada de forma determinista, isto é, levando-se em consideração a potencialidade de recursos com que conta o Brasil; é possível admitir também que esse é um campo de oportunidade, uma vez que, apesar de otimizar a utilização de seus próprios recursos, também gera novas oportunidades.

Apesar de não amplamente explorado, devido à inadequação de portos, burocracia ineficiente e altas tarifas, o setor de transporte marítimo movimentava grande volume em tonelagem no Brasil. Quando se coloca o problema da atualização de processos, ou da incorporação de um modo de produção tão promissor como o da Indústria 4.0, pode-se projetar uma situação de alto ganho de eficácia para o setor.

Embora o Brasil conte com uma pauta de exportação ainda baseada em produtos primários e em *commodities*, possui um grande mercado interno, está conectado às grandes economias do mundo e possui diversidade de recursos naturais. Isso sugere que há um grande potencial a ser explorado na utilização de recursos com viés de automação. Ao integrar e convergir tecnologias, a nova onda da revolução industrial possibilita o encontro de setores transversais e incentiva a inovação (FIRJAN, 2019, p. 9).

O modal aquaviário torna-se assim, fator crítico para o desenvolvimento e alinhamento do Brasil ao presente processo de transformação na produção e no comércio global, integrando o país interna e externamente ao otimizar o transporte em suas águas interiores e a partir de seu litoral. Decorre da integração da manufatura avançada ao transporte marítimo no Brasil, a inserção do país no processo de desenvolvimento interno, mas também a nível internacional, no sentido de que não tomar parte na exigência de adaptação que se apresenta, implica em risco real de o país perder a paridade no comércio internacional, aumentando custos, dificultando sua logística e em alguma medida, tornando-a inviável.

De fato, se às diversas indústrias importa acelerar o processo de inserção ao novo molde de produção e entrega de serviços que se instaura, não pode ser diferente num setor tão estratégico como o transporte marítimo, modal logístico que integra uma complexa cadeia na produção de valor a nível global. Mais uma vez, cabe ao Brasil atentar-se para a adaptação que seus portos devem sofrer para receber embarcações cada vez mais diferenciadas e ao mesmo tempo, ser capaz de investir na automação de suas embarcações.

Esse processo de transformação, que requer cooperação entre o setor público, que impulsiona investimentos em infraestrutura e o setor privado, interessado em um bom ambiente para a cadeia produtiva se impõe como necessidade para o processo de desenvolvimento econômico e social do país. A chamada Indústria 4.0 traz grande oportunidade para o incremento da produtividade brasileira por meio de tecnologias digitais que podem possibilitar às empresas brasileiras, nos diversos setores, diversificação de processos e maior agilidade. É contemplado um positivo “círculo vicioso”, que, ao partir de processos mais eficientes, incrementam a produtividade, incentivando o investimento e o emprego, e, conseqüentemente, contribuindo para o processo de desenvolvimento do país.

A presente pesquisa problematiza, portanto, a quarta revolução industrial, com suas características de integração entre o mundo físico e o digital, e o transporte marítimo internacional como catalizador de novidades tecnológicas. O transporte internacional, nomeadamente, de longo curso, foi escolhido contemplando sua importância estratégica para a inserção internacional do Brasil e sua alta demanda por esse serviço.

Motivou o desenvolvimento do estudo, o fato de que também no campo da ciência política deve ser colocado o problema da adoção de novas tecnologias como forma de inserção internacional do Brasil. A discussão sobre a influência das novas tecnologias não deve estar restrita ao campo técnico de sua aplicação em campos de conhecimento como ciência e tecnologia, mas deve prestar-se a uma visão mais abrangente, sobre impactos causados no campo político, social e econômico.

A ciência política e as relações internacionais não podem prescindir da apreciação do tema tecnológico. O conhecimento é uma faculdade da razão que se converte em poder, conforme ensinou Francis Bacon. Expressão tangível do conhecimento, a tecnologia é capaz de significar transformações em diversos campos da vida humana e das configurações de poder entre entes como os Estados. Logo, analisar seu impacto seja do ponto de vista econômico, político ou sócio estrutural é uma necessidade. Também nos estudos marítimos, a análise do impacto de novas tecnologias sobre o poder marítimo, amplo em sua própria natureza, se impõe.

O objetivo central do presente estudo consiste em analisar a possibilidade da inserção de atributos da indústria 4.0 no transporte marítimo brasileiro por meio do fomento de uma marinha mercante de longo curso com maior grau de inclusão tecnológica. Partindo disso, será analisada a possibilidade de o setor de transporte marítimo no Brasil agir como motor da inserção brasileira no novo paradigma tecnológico.

Objetivos mais específicos do trabalho consistem em: analisar políticas públicas de países com grau de liderança na mudança de paradigma tecnológico, ocupados em desenvolver manufatura avançada e descobrir caminhos buscados pela indústria brasileira nessa direção; mapear possíveis tecnologias com alta probabilidade de impacto no transporte marítimo de carga; compreender as novas tecnologias como instrumentos de amparo à agenda sustentável assumida pela Organização das Nações Unidas (ONU) para o transporte marítimo.

A fim de perseguir os objetivos do presente trabalho, no capítulo dois, será feito um levantamento bibliográfico que tem por fim situar o fenômeno tecnológico referido, como um novo passo na esteira de outros momentos na história com singular importância de transformação tecnológica. Serão abordadas três revoluções desde o domínio das máquinas a vapor na Grã-Bretanha, passando pelo uso da eletricidade e pelo surgimento da informática. Tendo situado a indústria 4.0 como um conceito novo em uma linha histórica, será empreendida uma assimilação desse fenômeno em países com ampla discussão sobre o tema e por fim, como o debate tem sido colocado no Brasil.

O capítulo três ocupará-se da compreensão do embarque tecnológico nesse novo momento de mudanças estruturais no transporte marítimo, com particular atenção aos principais

ativos desta indústria, os navios. Admitindo que esse movimento tecnológico deverá instalar-se nos diversos setores da economia, serão analisadas as principais tecnologias promissoras para o transporte marítimo.

O capítulo quarto abordará um diagnóstico prévio da indústria do transporte marítimo no mundo, enquanto serviço ao comércio em tempos de globalização, como sua verdadeira “espinha dorsal”. A participação dos países e regiões na demanda por transporte marítimo e o grau de liderança em oferta de frota de navios indicam aspectos importantes desse ambiente, como a possibilidade de novos ofertantes e o uso concertado regional para otimizar o serviço.

O capítulo cinco procurará compreender qual o lugar do Brasil nesse cenário, a partir de sua demanda por transporte e oferta de navios. Dentro desse diagnóstico, será contemplada a possibilidade de o Brasil desenvolver uma marinha mercante própria com novas tecnologias embarcadas que garantam ao mesmo tempo, maior participação na nova revolução industrial e segurança estratégica de domínio de navios para comércio com o exterior.

2. UMA NOVA ONDA DA INDÚSTRIA: ASCENDÊNCIA NO MUNDO E NECESSIDADE NO BRASIL

O mundo atravessa um momento de aceleradas transformações propiciadas pela evolução tecnológica e digital. A produção e a entrega de serviços nos diversos segmentos da vida econômica e, particularmente na indústria, encontram-se, pois, em pleno processo de transformação com o aumento na produtividade proporcionado pelas tecnologias da informação e da automação que se integram em sistemas inteligentes que despontam como tendências que influenciarão gravemente na competitividade de empresas e países.

A participação no trabalho mundial em momentos de mudança carece de uma estratégia que não seja exclusivamente determinada pelo livre exercício das forças de mercado, mas se pautar por uma mobilização coordenada de recursos de cada país em direção ao seu propósito de inserção. Conforme faz questão de salientar Gilpin (2001, p. 320), o próprio processo de industrialização e de desenvolvimento econômico nos países não configura um fim em si mesmo, mas antes, reflete a necessidade de autoafirmação política e econômica que convém à soberania dos povos.

Desse modo, é irrenunciável uma política de Estado que busque criar condições e ambiente que viabilizem os meios necessários para que a base produtiva do país e a prestação de serviços contem com tecnologias que permitam o avanço de suas economias.

Novas tecnologias e novas formas de usá-las propiciam produzir e entregar serviços de forma mais racional, otimizando o uso dos escassos recursos. Termos, para citar alguns, como *Big Data*¹, *Internet of Things (IoT)*² e impressão 3D, estão compondo cada vez mais a linguagem de gestores que se ocupam em otimizar processos produtivos e de tomada de decisão. A modernização e implementação de novos processos mediante tecnologias emergentes ou a utilização integrada de tecnologias já existentes compõe um novo paradigma de produção.

Santos (2018, p. 7), aponta que o que está em andamento em algumas das economias mais avançadas do mundo é um movimento de grande profundidade que busca um aumento na produtividade, flexibilidade e agilidade na manufatura através da incorporação e integração dos últimos avanços tecnológicos no campo das tecnologias da informação e comunicação (TIC) e das tecnologias de operação (TO). Esse é um caminho irrenunciável que tende a ser cada vez mais adotado para a competitividade da manufatura nos próximos anos. Essa adoção inovadora implicará novos produtos, novas soluções, novos serviços e novas oportunidades de negócio.

¹Termo usado como referência a um elevado número de dados armazenados.

² Internet das coisas; termo relacionado à integração digital de dispositivos por meio de sensores.

O presente fenômeno de acelerada integração entre as tecnologias disponíveis foi chamado pelo fundador do Fórum Econômico Mundial, Klaus Schwab de “quarta revolução industrial”, sugerindo que a gravidade e alcance que terá nas diversas esferas sociais é não apenas comparável, mas em certo sentido, superior às revoluções industriais geralmente mencionadas. Conforme aponta Kai Michael Kenkel:

Do mesmo modo como ocorreu com as três primeiras revoluções, os avanços tecnológicos produziram uma mudança suficientemente disruptiva a ponto de causar mudanças abrangentes também nas esferas econômica, social e política. A digitalização e a internet são os principais fatores da Indústria 4.0. Para Schwab e outros, onde o processo anteriormente era linear, atualmente é exponencial (KENKEL, 2019, p. 9).

Admitindo que processos ou tecnologias precedentes apontam para o surgimento de novas possibilidades tecnológicas, é possível perceber uma esteira, ou um caminho no qual a integração entre conhecimento e técnica lançou bases ao presente estado da arte na tecnologia.

2.1 A Esteira das Revoluções Industriais

Não é tarefa difícil para um observador contemporâneo associar prontamente tecnologia à ciência. De fato, a ciência possibilitou um vasto ganho de instrumentais tecnológicos, de modo que, a ciência parece se apresentar como causa imediata das tecnologias. Um retorno no tempo, contudo, indica que essa associação nem sempre foi imediata ou sequer percebida. Ciência e tecnologia foram campos diversos e dificilmente associados até o início do século XVII. Ao publicar em 1620 um manifesto científico intitulado *Novum Organum*, Francis Bacon sugeriu pela primeira vez que “conhecimento é poder”, indicando que a busca pelo conhecimento puro não é parâmetro para o próprio conhecimento, mas sim, o quanto este, conquista em utilidade. Associar experimentação e conhecimento para aprimorar técnicas e produzir bens com maior qualidade e beneficiando a um maior número de pessoas é, portanto, recente na história humana (HARARI, 2017, p. 274).

A expressão mais firme desse movimento que associou conhecimento ao aprimoramento e escala dos meios de produção, encontrou respaldo particularmente no advento do sistema capitalista. Embora recente, essa associação foi capaz de ocasionar profundas transformações no mundo. Na segunda metade do século XVIII foi inaugurada uma esteira que promoveria uma transformação radical não apenas nos processos de manufatura, reduzindo-se apenas a um aumento de produção, mas criou uma nova configuração nos campos mais diversos da vida econômica, política e social.

2.1.1 A Primeira Revolução Industrial

O fator decisivo, o tecnológico, partiu de um componente sempre presente à atividade humana: sua capacidade de, ao se utilizar da técnica, produzir, criar, dominar o ambiente e, com isso, buscar melhorar as condições de vida. Não por acaso, a utilização da potência mecânica em substituição à força física, impulsionada pela energia presente à natureza, convencionou-se conferir o *status* de uma revolução: a Revolução Industrial. Máquinas e eletricidade, cidades e produção em larga escala, empresas transnacionais e globalização; são todos fenômenos que foram possíveis pela esteira, isto é, pelo processo constante de aprimoramento do *modus operandi* da produção iniciado pela Primeira Revolução Industrial.

A necessidade de retirar das minas de carvão na Grã-Bretanha o excesso de água fez com que no apagar das luzes do século XVII, fosse construída uma máquina capaz de funcionar por si mesma durante um período de tempo considerável, utilizando-se precisamente do carvão como fonte de energia. Em 1698, na Inglaterra, Thomas Savery compôs o protótipo de uma máquina a vapor e, posteriormente, seria apresentada por Thomas Newcomen, a primeira máquina a se utilizar de cilindro e êmbolo. Essa engenhosidade da criatividade humana, permitiria impulsionar toda espécie de mecanismo, sendo o gatilho para um sistema de fábricas que seria capaz de dar início à Revolução Industrial (CEPA, 1999).

A abundância de carvão nas minas da Grã-Bretanha associada à capacidade criativa de converter calor em movimento, propiciou mover os pistões e qualquer coisa que se conectasse com eles. Esse movimento proporcionado pela energia natural e pela técnica humana originou os primeiros motores que logo moveriam os teares de algodão, revolucionando a produção têxtil, conferindo uma capacidade de aumento na escala e, conseqüentemente, redução no custo dos tecidos, confirmando a liderança de oferta de tecidos pela Grã-Bretanha e, em pouco tempo, a Grã-Bretanha se tornaria a oficina do mundo (HARARI, 2017, p. 347). A percepção de que se podia mover praticamente de tudo transformando calor em movimento fez com que depois dos teares, novos motores, novas máquinas fossem criadas, otimizando não apenas a produção, mas também a oferta de serviços e a locomoção de produtos e pessoas.

Particularmente, no que diz respeito à indústria têxtil, a Grã-Bretanha experimentou um ganho de produtividade crescente, ao mesmo tempo em que sentiu a necessidade da intensificação de importação de matéria-prima para corresponder à sua capacidade de manufatura. Embora o comércio internacional seja fenômeno muito anterior à Primeira Revolução Industrial, esta reconfigurou a quantidade de trocas de insumos e produtos entre as distintas regiões do

planeta. Não obstante os conflitos sociais experimentados pela Grã-Bretanha justamente por causa do modelo nascente, o sistema produtivo pautado pela ampliação de mercados, desenvolvimento tecnológico, especialização e pela divisão do trabalho, conforme descrito por Adam Smith (1988, p. 1), alterou de tal modo a organização político-econômica, que não demorou a persuadir nações preocupadas com o crescimento a se incluírem na dinâmica desse processo.

A inovação no processamento do algodão para a produção têxtil, fez com que esse se tornasse o produto de maior relevância no comércio do século XIX (CONCEIÇÃO, 2012. p. 94). A percepção do aumento da produtividade, isto é, da capacidade de produzir mais, utilizando-se de menos ou da mesma quantidade de recursos, fez com que entre o fim do século XVIII e início do século XIX houvesse drástica redução da necessidade de trabalho humano envolvido no processamento do algodão, conforme indica a figura:

Inovações	Período	Horas de trabalho
Tear manual indiano	Século XVIII	50.000
Crompton's mule	1780	2.000
100-spindle mule	1790	1.000
Power-assisted mules	1795	300
Robert's automatic mule	1825	135
Máquinas mais eficientes na atualidade	1990	40

Nota: Horas trabalhadas necessárias para o processamento de £ 100 (pounds) de algodão.

Quadro 1 – Evolução no processamento da indústria têxtil.

Fonte: Freeman e Louçã, 2001, p. 155.

Essa Primeira Revolução Industrial, observada entre a segunda metade do século XVIII e a primeira do XIX, as transformações e as possibilidades que trouxe a quem a liderou, merece o devido destaque, uma vez que abriu para a percepção humana a compreensão de que o salto da pura técnica, que se constitui como forma de produção que trata do “comportamento humano em relação ao meio natural visando à produção de bens e (que) sempre acompanhou a vida do homem” (OLIVEIRA, 2008, p. 4) para seu pleno domínio e avanço permanente para a tecnologia que é definida genericamente como “um conjunto de conhecimentos e informações organizados, provenientes de fontes diversas como descobertas científicas e invenções, obtidos através de diferentes métodos e utilizados na produção de bens e serviços” (CORREIA, 1999. p. 250), seria fator decisivo e caminho irrenunciável para despontar na competitividade advinda das novas exigências de produção para corresponder ao aumento da demanda da população mundial. A Tecnologia passaria a ser, portanto, fator crítico para o avanço das economias.

2.1.2 A Segunda Revolução Industrial

A Segunda Revolução Industrial, iniciada na segunda metade do século XIX, marcaria a gradativa transição da energia baseada no uso do carvão para a eletricidade, ao mesmo tempo em que promoveu avanços na química, no uso do aço, nas comunicações e já com o uso do petróleo, encontrou plena realização desses novos processos de produção e recursos no século XX. Nessa etapa do avanço da tecnologia, merece destaque o papel assumido pelos laboratórios de pesquisa, associando tecnologia ao conhecimento científico, bem como o despontamento da produção em massa de produtos padronizados e a organização científica do trabalho, originando processos automatizados, escalando ainda mais a produção. Nesse contexto da Segunda Revolução Industrial, a eletricidade alterou profundamente a vida cotidiana, sendo facilmente convertida em movimento, calor, luz e som (DATHEIN, 2003).

A grande novidade trazida pela eletricidade exigiu, segundo Dathein (2003), a necessidade de uma produção e distribuição centralizada. Surgia assim, na Inglaterra, em 1881 a primeira central pública de energia elétrica, que distribuiria energia a Paris, na França e a Frankfurt, na Alemanha. As primeiras plantas de produção de energia elétrica se deram ainda a partir do carvão, havendo hidrelétricas de pequeno porte, sendo que em 1885, sob projeto de Nikola Tesla, entrou em funcionamento a primeira grande hidrelétrica, nas cataratas do Niágara, na América do Norte. Adveio do avanço do uso da eletricidade a possibilidade de intensificar o tráfego de trens, e conseqüentemente, a extensão do modal ferroviário, o estabelecimento de cabos submarinos como meio de comunicação, os cabos telegráficos, e posteriormente, as ondas de rádio.

Um importante avanço, surge na utilização do combustível fóssil “petróleo”, que ao apresentar vantagens sobre o carvão com o avanço propiciado pela indústria petroquímica em 1930, favoreceu não apenas à otimização da energia, mas também a diversos subprodutos, tendo a gasolina como principal deles, atendendo à demanda da explosão na produção automobilística das linhas de produção de Henry Ford (FARIAS; SELBITTO, 2011, p. 10).

2.1.3 A Terceira Revolução Industrial

Seguindo esta esteira, e admitindo que os ganhos tecnológicos de um período permitem o surgimento de novos produtos e processos de produção, adentramos à terceira fase desse processo: a Terceira Revolução Industrial. Não é tarefa consensual situar no tempo o período que compreende essa terceira revolução, não apenas no que diz respeito a seu início, como também se esta, se estende até o presente, ou se já cede espaço a um novo modelo.

De fato, há quem situe a Terceira Revolução Industrial logo após o período da Segunda Guerra Mundial, isto é, na primeira metade do século XX. Os que admitem essa posição compreendem que o país ocidental que emergiu como grande economia depois do conflito global, isto é, os Estados Unidos da América, amparados por bases tecnológicas da Segunda Revolução Industrial, particularmente os meios de informação e comunicação, foram capazes de empreender um novo salto ao empregar tecnologias avançadas de informática no sistema produtivo e na conexão global.

O consenso, contudo, está no fato de que a plenitude do que se convencionou chamar de Terceira Revolução Industrial, encontrou seu apogeu a partir da década de 1970, quando os fatos da economia política internacional, nomeadamente, a crise do petróleo, reivindicaram alteração em processos, nos meios de comunicação e transporte, no uso de energia, e modelos de mercado. Nesse momento, emergem além dos Estados Unidos através do domínio da informática e da telecomunicação, o Japão com a robótica e a microeletrônica, e a Alemanha com a biotecnologia (TIBERIOGEO, 2012, p. 2).

Dentre as principais características da Terceira Revolução Industrial, destacam-se: a utilização de fontes de energia diversas (petróleo, energia hidrelétrica, nuclear, eólica), o uso efetivo dos recursos da informática na produção industrial, desenvolvimento da biotecnologia, e massificação dos produtos tecnológicos, particularmente os da informática (RODRIGUES, 2015, p. 85).

É característico, portanto, o uso da informática, da microeletrônica, das telecomunicações, e, de modo particular o surgimento e avanço da internet, entre outros grandes avanços tecnológicos como os computadores e dispositivos pessoais, possibilitados pelas tecnologias de processamento e armazenamento de dados.

Aqui, são observadas profundas mudanças no paradigma das inovações, com a geração de novos insumos para a microeletrônica, com os *chips*, a indústria de computadores pessoais e conseqüentemente, o *software* para seu uso, e a nova forma de se comunicar pela internet (CONCEIÇÃO, 2012, p. 122).

A revolução que tem início com o computador eletrônico massivo, a telefonia celular, despontou com grande intensidade nos Estados Unidos dos anos 1990 e foi responsável por acelerado processo de crescimento na economia norte americana, fazendo com que os Estados Unidos respondessem por grande parcela da riqueza global.

Seguindo com a esteira das revoluções, surge no presente, o problema da Quarta Revolução Industrial. É um problema, no sentido de que, uma vez que a utilização de recursos da informática e da automação na produção industrial é característica da Terceira Revolução Industrial, pode não parecer tão nítido que a crescente automação de processos e de tomada de decisões observada no presente configure um novo passo na esteira das revoluções industriais. Assim, figura de forma tênue a delimitação entre o que se constitui como a extensão no tempo da Terceira Revolução até o presente, e de outro lado, a possibilidade de se admitir uma nova onda tecnológica que permita conceber uma nova Revolução Industrial.

De fato, a fim de corresponder à necessidade de impulsionar cada vez mais a produtividade, que não se pauta apenas pelo aumento da produção, mas pelo uso racional e otimizado de recursos, surgem novas tendências tecnológicas que permitem a integração e convergência de inovações que podem ser aplicadas a diversas áreas. Este processo, que desponta no início do século XXI, foi, portanto, precedido pelas três revoluções industriais que edificaram a mecanização, a eletricidade e as tecnologias da informação, construindo as estruturas sociais e o sistema econômico atual, preparando espaço para as possibilidades tecnológicas contemporâneas (SOUZA; GASPARETTO, 2018, p. 2).

A questão que se coloca, contudo, é: a conexão entre máquinas, sistemas e pessoas, formando um modelo produtivo cada vez mais integrado, para otimizar recursos e diminuir a margem de erro, permite-nos falar em uma Quarta Revolução Industrial?

2.2 Quarta Revolução Industrial?

A crise econômica mundial de 2008 despertou os países desenvolvidos para o fato de que possuir indústrias de transformação sólidas fazia com que os efeitos da crise fossem sentidos em menor intensidade. Essa constatação provocou forte interesse pela renovação da política industrial em países como Estados Unidos, Alemanha, China, França, Reino Unido, Holanda, Índia e outros. Para nomear alguns planos de ação, podemos observar que nos Estados Unidos foi lançado o “*Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing*”³ em 2011, abrindo

³ Garantindo a liderança americana em fabricação avançada (Tradução nossa).

um caminho de constantes diretrizes para uma indústria do futuro. Desde 2012, a União Europeia (UE) publica estratégias voltadas ao “Renascimento industrial da Europa” (FIESP, 2017).

Para ilustrar o posicionamento norte-americano em direção a um constante aprimoramento de seu modelo produtivo de manufatura avançada, admitindo que este é um setor capaz de garantir poderio econômico aos Estados Unidos, cabe observar que um documento governamental “*Strategy for american leadership in advanced manufacturing*”⁴, um report da National Science & Technology Council (2018, p. 3), orienta que a atenção a essa manufatura avançada é capaz de criar indústrias completamente novas, remodelando o modelo produtivo pela criação de novas formas de emprego, e com consequente melhoria de qualificação e remuneração:

Manufacturing plays a vital role in almost every sector of the U.S. economy, stretching from aerospace to pharmaceuticals and beyond. Advanced manufacturing—which includes both new manufacturing methods and production of new products enabled by innovation—is an engine of America’s economic power and a pillar of its national security. Advances in manufacturing enable the economy to continuously improve as new technologies and innovations increase productivity, enable new products, and create entirely new industries. These new industries often create new, higher-paying jobs that replace low-skilled jobs a healthy economy sheds over time. In the face of intense global competition, the Trump Administration has taken strong actions to defend the economy, expand manufacturing employment, and ensure a strong manufacturing and defense industrial base and resilient supply chain. (...) Advances in manufacturing played a major role in America’s global economic dominance in the 20th century.⁵

Esse claro posicionamento norte-americano em direção a uma manufatura avançada, estratégia para garantir seu lugar de destaque no cenário econômico internacional, advoga uma indústria mais automatizada, mais sustentável e mais digital. É nítido, portanto, que as economias dos países desenvolvidos optaram estrategicamente por um modelo mais eficaz e que, ao mesmo tempo, propõe-se mais sustentável. Mas, cabe questionar aqui, em que sentido pode se falar em uma nova revolução industrial.

Em 2018, uma feira industrial realizada anualmente, na Alemanha, celebrou seus dez anos ininterruptos de evento. A “*Feira de Hannover*” é considerada a principal referência de

⁴ Estratégia para a liderança americana em fabricação avançada (Tradução nossa).

⁵ A manufatura desempenha um papel vital em quase todos os setores da economia dos EUA, desde o setor aeroespacial até farmacêutico e além. A fabricação avançada - que inclui novos métodos de fabricação e produção de novos produtos possibilitados pela inovação - é um motor do poder econômico da América e um pilar de sua segurança nacional. Os avanços na fabricação permitem que a economia melhore continuamente à medida que novas tecnologias e inovações aumentam a produtividade, habilitam novos produtos e criam indústrias inteiramente novas. Essas novas indústrias geralmente criam novos empregos com salários mais altos que substituem empregos de baixa qualificação que uma economia saudável lança ao longo do tempo. Diante da intensa concorrência global, o governo Trump tomou ações fortes para defender a economia, expandir o emprego na indústria e garantir uma base industrial forte de produção e defesa e uma cadeia de suprimentos resiliente. (...) Os avanços na fabricação tiveram um papel importante no domínio econômico global da América no século XX” (Tradução nossa).

encontro mundial entre interessados nas tecnologias mais avançadas em áreas centrais da indústria, que vão desde a pesquisa e desenvolvimento, à automação, à tecnologia da informação, tecnologias de produção e serviços para energia e tecnologias de mobilidade. É, portanto, a principal feira mundial de tecnologia industrial, que conta com exposições do estado da arte em inovação industrial, recebendo uma média de cinco mil empresas expositoras, duzentos mil visitantes, além da presença de chefes de Estado de todo o mundo (BRASILALEMANHA-NEWS, 2018).

O reconhecimento de uma feira de tecnologia voltada à indústria em escala global, por si só garante lugar de destaque ao evento. Seu grande marco, contudo, é em 2011, quando foi apresentada pelo governo alemão uma proposta de aprimoramento das tecnologias industriais e da competitividade de “fábricas inteligentes”, isto é, a combinação entre máquinas e processos digitais capazes de processar dados e inferir decisões no processo produtivo. Tratava-se, portanto, de conectar máquinas, sistemas eletrônicos e pessoas, integrando-os no processo produtivo. Esse novo modelo foi nomeado sob o termo “Indústria 4.0” pelos alemães e *Advanced Manufacturing* nos Estados Unidos. Para fins de observação do fenômeno, não faremos distinção dos conceitos, empregando-os aqui em sentido unívoco (ARBIX, GLAUCO et al, 2017).

Partindo de uma proposta de integração entre pessoas, máquinas e sistemas em uma grande velocidade, o governo alemão apresentou a Indústria 4.0 como modelo programático de produção para a indústria do século XXI. A automação e o controle de dados foram anunciados em Hannover como objetivo a ser perseguido pela indústria, essencialmente competitiva e necessitada da constante inovação defendida por Schumpeter. Observando como certa, uma nova onda tecnológica, a qual convencionou-se chamar ‘Indústria 4.0’, o governo alemão uniu empresas, sindicatos, associações, cientistas e políticos, propondo-se a responder às seguintes questões (FIESP, 2017, p. 13):

- 1) Como a Alemanha pode se tornar o principal fornecedor de equipamentos da Industrie 4.0? 2) Como a Alemanha pode melhorar sua competitividade como um local de produção da Industrie 4.0? 3) Qual o papel que a Alemanha pode desempenhar na definição de padrões e como a Industrie 4.0 pode beneficiar as pessoas no mundo do trabalho?

Klaus Schwab, o alemão que cunhou o termo “Indústria 4.0”, não estava, contudo, sugerindo a emergência de tecnologias completamente novas, conforme as observadas nas revoluções precedentes, mas o caminho em direção a sistemas baseados nas tecnologias digitais presentes. Trata-se, portanto, mais de uma mudança de paradigma no modo como se produz e presta serviços, combinando tecnologias existentes do que ao modo do surgimento de fontes de energia, máquinas ou meios de comunicação. Schwab (2016, p. 14) aponta que:

Na sociedade, há uma mudança de paradigma em curso no modo como trabalhamos e nos comunicamos, bem como nas maneiras de nos expressarmos, nos informarmos e nos divertirmos. Igualmente, está em andamento a reformulação de governos e de nossas instituições; o mesmo ocorre, entre muitos outros, com os sistemas de educação, de saúde e de transportes. As novas maneiras de usarmos a tecnologia para promover a mudança de comportamentos e os sistemas de produção e consumo também formam um potencial de regeneração e preservação dos ambientes naturais sem criar custos ocultos sob a forma de externalidades. As alterações, em termos de tamanho, velocidade e escopo, são históricas.

A profundidade e intensidade com que se dá a fusão dos mundos físico, digital e biológico, sob um conjunto de tecnologias traz o germe de uma transformação profunda no mercado e no próprio estilo de vida social, exigindo que governos, empresas, universidades e a sociedade civil procurem compreender e melhor se utilizar das tendências emergentes. A mudança no paradigma produtivo e de consumo é tão intenso, que conforme Schwab (2016, p. 9) implica um momento promissor, mas ao mesmo tempo, perigoso, uma vez que resulta em escolhas que podem condicionar o destino de Estados, economias e pessoas.

Três razões são apontadas por Schwab (2016, p. 9) para declarar que as tendências inauguradas no início do século XXI, não são mero desdobramento da Terceira Revolução Industrial, mas antes, implicam em um fenômeno histórico realmente novo: a Quarta Revolução Industrial. Em primeiro lugar, a velocidade com que se desenvolve a presente Revolução Industrial. Esta, evolui a um ritmo exponencial, e dificilmente equiparável a um movimento linear. O mundo presente, multifacetado e profundamente interconectado acarreta dificuldade no controle dos processos e tecnologias, e essa liberdade, por sua vez, gera outras tecnologias mais novas e cada vez mais qualificadas.

Um segundo aspecto, diz respeito à amplitude e profundidade, isto é, ao ter por base a revolução digital, combina várias tecnologias que em si mesmas, já são portadoras de um grande potencial, levando à mudança no paradigma da economia, dos negócios, da sociedade, e dos próprios indivíduos. Consequência disso, há uma mudança não apenas no ‘que’ fazemos e ‘como’ fazemos, mas também em ‘quem’ somos, fazendo emergir uma reflexão de natureza existencial e ética. Por fim, o autor percebe um impacto sistêmico ao empreender larga transformação em empresas, indústrias e em toda a sociedade (SCHWAB, 2016, p 10).

A Quarta Revolução Industrial figura, pois, conforme Silva (2018), como uma mudança de paradigma, um novo conceito possível mediante as novas tecnologias de comunicação, informação, automação, robótica e controle que, utilizadas nos processos de uma fábrica, constroem redes inteligentes capazes de controlar processos de forma automatizada, em tempo real, tornando-se mais eficientes.

Admitindo os aspectos que tornam a integração entre os ambientes físico, digital e biológico sob o âmbito das tecnologias como um paradigma emergente *sui generis* que já não se enquadra nos moldes da Terceira Revolução Industrial, mas se impõe como novo passo na esteira das Revoluções, cabe agora buscar compreender a face desse fenômeno.

2.3 Quarta Revolução Industrial: Faces de um Fenômeno Tecnológico

É crescente a demanda mundial por produtos e serviços associada a uma competitividade internacional entre cadeias de abastecimento que demandam maior ganho em produtividade. Avanços tecnológicos em *hardwares* e *softwares* contribuem na evolução dos sistemas de manufatura e logística industrial. Trata-se, portanto, da possibilidade de que esses avanços tecnológicos impliquem em mudanças significativas nas diversas cadeias de produção, gerando expectativas de alterações disruptivas, isto é, com capacidade de remodelar o modo como se produz e se presta serviços (SANTOS, 2018, p. 1).

Precisamente o crescimento da demanda mundial, associado a uma maior necessidade na customização, faz com que a produção pautada pela centralização e massificação nas três revoluções industriais anteriores, ceda espaço a uma produção que embora de maior escala, é mais flexível, mais próxima dos centros de venda e do consumidor final. Para atingir esse fim, a produção deve se pautar por uma cadeia de suprimentos integrada e que facilmente se ajuste às necessidades do consumidor final, adaptando-se a requisitos logísticos em tempo real, atendendo a demandas de fornecedores e clientes.

Os fatores que determinam a participação dessas novas tecnologias na competitividade da manufatura mundial, acarretando transformações em âmbito econômico, social e político são, conforme Santos (2018, p. 7), marcados por:

Curtos períodos de desenvolvimento de produtos e serviços – alta capacidade de inovação tem se tornado um fator essencial para muitas empresas se adequarem ao tempo de mercado (*time to market*).

Individualização da demanda – os consumidores definem as condições das negociações comerciais. Esta tendência leva a uma grande individualização dos produtos, e em alguns casos demandam produtos customizados (lote único).

Flexibilidade – devido aos novos requisitos de mercado, é necessária uma alta flexibilidade no desenvolvimento de produtos individualizados e na produção dos mesmos.

Descentralização – para lidar com as condições de mercado e prover respostas ágeis, é necessário um rápido processo de tomada de decisão, culminando em uma hierarquia organizacional reduzida e descentralizada.

Eficiência dos recursos – a crescente escassez de recursos e consequente aumento de preços de matérias-primas, assim como mudanças nos fatores sociais

e ambientais, requerem um maior foco na sustentabilidade no contexto industrial, resultando em aumento de eficiência na utilização dos recursos.

Particular nesse processo, é a capacidade de tomar decisões corretivas, na medida em que a necessidade o exigir, conforme aponta José Silva (2018, p. 60):

As informações obtidas em tempo real nos fornecem dados que tornam os processos mais ágeis e eficientes, permitindo ainda, a realização de mais manutenções preventivas que corretivas, permitindo o ajuste de suprimentos das unidades fabris, de forma a aumentar a produtividade e reduzir atrasos na produção.

A novidade no método, contudo, é o mais significativo, isto é, essas novas exigências se concretizam por um processo de produção com mínima ou inexistente intervenção humana. Assim, a instalação fabril se converteria em uma “fábrica inteligente” (MAGEE, 2017). A descentralização, interoperabilidade e virtualização despontam como meio para otimizar o precioso recurso ‘tempo’ e tornar as decisões mais assertivas, reduzindo erros, ampliando as possibilidades de crescimento saudável dos diversos modelos de negócio. Assim, a Quarta Revolução Industrial, não diz respeito a tecnologias específicas, mas a um paradigma capaz de elevar os níveis de produtividade, alcançando melhores resultados a partir da interoperabilidade entre sistemas (STEFANINI, 2017).

Com efeito, o conceito lançado em Hannover se distingue da Terceira Revolução Industrial a partir de quatro fatores fundamentais:

(i) crescimento do volume de dados e o desenvolvimento da computação e da conectividade; (ii) progresso das capacidades analíticas; (iii) introdução de novas formas de interação entre humanos e máquinas; e (iv) inserção de inovações que possibilitam a transferência de dados digitais para algo materialmente utilizável (SOUZA; GASPARETTO, 2018, p. 3)

É importante observar que ao contrário do observado nas Revoluções anteriores, em que os avanços tecnológicos aconteceram *a posteriori*, o que acontece na Quarta Revolução Industrial que funde os domínios do mundo físico e do virtual através da *internet*, é que esta é baseada em projeções de tendências, não plenamente implantadas (FIRJAN, 2016).

2.3.1 Amplitude da Indústria 4.0

A presente Revolução Industrial tem como pressuposto basilar o aumento da capacidade de cognição. Contudo, a Indústria 4.0 não diz respeito apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas. O escopo amplo dessa indústria consiste na fusão das ondas de novas tecnologias que vão desde o sequenciamento genético, nanotecnologia, computação quântica às energias

renováveis. Além disso, o que a caracteriza é, nas palavras de Schwab (2016, p. 13), uma “interação entre os domínios físico, digital e biológico”.

De acordo com Schwab (2016, p. 26), a natureza tangível das tecnologias integradas sob o conceito da Indústria 4.0 diz respeito ao domínio físico. São quatro as principais manifestações físicas de megatendências tecnológicas: 1) veículos autônomos; 2) impressão 3D; 3) robótica avançada e 4) novos materiais. Adiante, são descritas essas tecnologias:

- Os *veículos autônomos*, mais do que carros sem motoristas, incluem caminhões, *drones*, aviões e barcos. Tecnologias como sensores e inteligência artificial, fazem com que esses veículos respondam ao ambiente, sendo, portanto, os principais recursos que os tornam possíveis.
- A *impressão em 3D*, consiste na criação de objetos físicos por meio de processo de impressão em camadas de um modelo em três dimensões. Essa é uma tecnologia com capacidade de ser utilizada em diversas formas de indústria, produzindo desde pequenos artefatos elementares como peças de implante médico a grandes turbinas eólicas. Grande vantagem na impressão em 3D tem a ver com a possibilidade de customização de produtos.
- A *robótica avançada*, tende a dissociar a função dos robôs de meras atividades rotineiras e rígidas em indústrias específicas, embarcando neles a possibilidade de uma vasta gama de atividades em diversos setores, otimizando a colaboração entre homens e robôs em atividades cotidianas. Também como nos veículos autônomos, o avanço dos sensores e inteligência artificial, propicia aos robôs uma maior interação com seu ambiente, possibilitando-lhes resolver problemas, responder a demandas, agir proativamente e agir com certo grau de autonomia.
- Os *novos materiais*, são aqueles com capacidade de autocorreção, autolimpeza, materiais que se adaptam ao ambiente, que produzem energia, e com maior resiliência para aplicações inteligentes.

A categoria digital é definida pela ligação entre as pessoas e o mundo digital, através de plataformas e dispositivos conectados que ligam o meio físico ao virtual. Segundo Schwab (2016), a Internet das coisas (*Internet of Things - IoT*), conecta coisas do mundo físico às pessoas que as utilizam ou a processos de automação. Consiste, portanto, na conexão em rede de objetos físicos, ambientes e máquinas, por meio de sensores e *softwares* inteligentes. A internet

das coisas é uma revolução tecnológica capaz de integrar coisas com coisas, coisas com pessoas, a partir de dados armazenados em nuvem, gerando informações.

Reginaldo Santos (2018, p. 18), assim define a Internet das coisas, ao mesmo tempo em que indica sua presença nos mais diversos meios:

Equipamentos e produtos (...) interligados pela internet ou redes próprias, e (que) possam comunicar uns com os outros, com seus fabricantes, com os consumidores e com plataformas de serviços associados. A esse conceito, denomina-se internet das coisas e serviços (IoTS – *Internet of things and services*). A IoTS estará não somente nas indústrias, mas também nas cidades, nas edificações, nos transportes, nas redes de energia elétrica, nas empresas de serviços e na área de saúde, na agricultura e nos serviços públicos. É possibilitada pelo barateamento de sensores, de hardwares de processamento, armazenamento e transmissão de dados, e de dispositivos móveis inteligentes, que se tornarão cada vez mais presentes.

Hakonsson (2016) aponta que conforme dados da Gartner, uma empresa de pesquisa e consultoria em tecnologia, a *Internet of things (IoT)* “duplicará o número de dispositivos conectados nos próximos cinco anos para mais de 26 bilhões de objetos conectados”. Objetos físicos, como veículos e edifícios ligados a dispositivos eletrônicos, sensores e *softwares*, poderão se conectar à rede, gerando vasta quantidade de dados.

A consequência dessa nova realidade, um grande número de dados está sendo coletado por diversas razões e tipos de tecnologia, dentre os quais podem ser contados os dispositivos móveis, sensoriamento remoto, *logs* de *software*, sensor sem fio, mídias sociais, etc. O uso de poderosas tecnologias baseadas em algoritmos é então capaz de revelar padrões a partir dos dados gerados (GEORGE et al, 2014). Para denominar esse acúmulo de dados coletados, foi cunhado o termo *Big Data* (LUVIZAN et al, 2015). O crescente processo de criação, compartilhamento e utilização de dados, vem gerando uma digitalização em massa que tem por fim levantar e estruturar dados lidos por máquinas com potencial de gerar informação para possíveis tomadas de decisão (MAURO e GRECO, 2016).

O volume de dados que precisa ser analisado, assimilado e transmitido pelos diversos ambientes organizacionais, cresce em ritmo acelerado, forçando a criação de critérios de gerenciamento estratégico dos dados, a fim de se obter deles a informação mais precisa conforme o interesse da organização. Por conta disso, a solução inteligente se torna mais importante que o volume dos dados.

Tendo em vista que o volume de dados é tão maciço que impede o uso de tradicionais técnicas de bancos de dados e *software*, correndo o risco de ser apenas um ruidoso amontoado de dados, um processo crítico na extração da informação oculta, em bases de dados com capacidade de criar valor a partir de padrões úteis e modelos descritivos, é a mineração de dados. A

fim de se atingir o objetivo da inteligência informacional e agilizar processos de tomada de decisão e planejamento, informações que brotam dos dados integrados, são necessários sistemas avançados de mineração de dados (*Data Mining*), propiciando a análise de grandes volumes de dados (*Big Data Analysis*):

O Big Data é compreendido como uma base de dados inapropriada para ser usada com os métodos tradicionais de processamento de dados, devido a sua enorme abrangência, à estrutura complexa de organização destes dados e ao tamanho da base. Desta forma, técnicas e sistemas especiais, novas metodologias de análise, aquisição, preparação, pesquisa, compartilhamento, armazenagem, transferência, visualização, e privacidade dos dados, têm sido requeridas para a realização de análises preditivas, extração de valor dos dados (KANG et al., 2016).

Essas metodologias são utilizadas pelas diversas áreas de negócios para aumento de produtividade, redução de custos, manutenção preditiva, bem como captação e fidelização de clientes, entre outras aplicações industriais e de serviços (SANTOS, 2018, p. 20).

No domínio biológico, completando a tríplice integração entre domínio físico, digital e o biológico, Schwab (2016) indica que particularmente na genética, há avanços que permitem criar organismos personalizados, e o uso dos grandes dados disponíveis terá a capacidade de promover uma medicina mais precisa, desencadeando melhora inclusive em uma “customização”, ou personalização dos tratamentos. As diversas formas de células e organizações celulares podem ser editadas ou modificadas de forma muito mais precisa que a genética praticada na década de 1980.

As limitações presentes são mais de cunho jurídico e ético do que técnico propriamente dito. Assim, desde a adaptação de plantações mais produtivas, monitoramento da saúde e bem-estar humano a animais com maior adaptabilidade a ambientes diversos, a edição genética dispõe de vasta gama de tecnologias que, integradas, oferecem vários caminhos possíveis, com os quais não se contava anteriormente.

2.3.2 Tecnologias basilares da Quarta Revolução Industrial

De acordo com Lavagnoli (2018), por fim, as tecnologias basilares da Quarta Revolução Industrial, são nove: 1) *Big Data e Data Analytics* – caracterizado pela capacidade de coletar, organizar e analisar grande quantidade de dados advindos dos mais diversos meios; 2) Robôs autônomos, que trabalham sem supervisão humana; 3) Simulação virtual de produtos; 4) Integração de sistemas dentro e fora da empresa; 5) Internet das Coisas, tecnologia que integram objetos à rede, por meio de sensores; 6) Cibersegurança, que implica na segurança de dados

coletados; 7) Computação em nuvem à partir da grande quantidade de dados gerados; 8) Manufatura aditiva, propiciada por tecnologias como a impressão 3D e 9) Realidade aumentada, que se pauta pela interação entre mundo real e virtual.

É vasto, portanto, o potencial de reconfiguração na produção, na entrega de serviços, nas relações sociais, políticas e econômicas que as tecnologias basilares da Indústria 4.0 permite. O controle dessas tecnologias terá a grave consequência de resguardar ou colocar em xeque a capacidade produtiva e econômica dos países. Cabe, portanto, analisar o empenho que países que se destacam na busca pela manufatura avançada têm buscado para seguir progredindo e também como as grandes economias do mundo estão lidando com o modelo produtivo de base tecnológica.

2.4 A Nova Onda da Manufatura Avançada

A fim de observar estratégias com potencial nível de acerto, é possível observar um acelerado trânsito na indústria manufatureira em países avançados economicamente. Há, com efeito, novas ferramentas com bases digitais complexas e características que reordenam segmentos inteiros da economia, onde empresas que despontam em inovação, em pesquisa e desenvolvimento adquirem alto poder competitivo (ARBIX et. al., 2017, p. 32).

De fato, construir uma indústria adaptada às novas tecnologias, capaz de utilizá-las e integrá-las, se impõe como condição de um emergente modelo de produção. Situamos no tempo os passos precedentes da esteira das revoluções industriais. Cabe observar, no momento contemporâneo, os países que se ocupam em inovar e agregar valor à sua indústria, criando condições para o crescimento econômico e para o desenvolvimento.

O relatório *Global Information Technology Report 2016*, do Fórum econômico Mundial (BALLER et al., 2016), que busca apontar os níveis de inovação próprios e necessários a uma economia que admite ser basicamente digital, empreende uma busca pelos países que despontam na corrida pelo acesso e uso de tecnologias digitais de informação e comunicação como meio de alcançar avanço econômico.

Para a construção do relatório, foram observados 53 indicadores, divididos em quatro categorias: ambiente, prontidão, utilização e impacto:

- A. Environment subindex 1. Political and regulatory environment (9 indicators) 2. Business and innovation environment (9 indicators)
- B. Readiness subindex 3. Infrastructure (4 indicators) 4. Affordability (3 indicators) 5. Skills (4 indicators)
- C. Usage subindex 6. Individual usage (7 indicators) 7. Business usage (6 indicators) 8. Government usage (3 indicators)

D. Impact subindex 9. Economic impacts (4 indicators) 10. Social impacts (4 indicators) (BALLER et al, 2016, p. XI).⁶

O relatório aponta sete países que conseguem despontar nos benefícios da integração de novas tecnologias; não obstante o sucesso de poucos países, de maneira geral, há uma tendência em curso de inovação em todo o mundo, confirmando o caminho irrenunciável da adoção de tecnologias como meio de crescimento e desenvolvimento.

O *ranking* dos países líderes, que procurou medir o impacto econômico advindo do investimento em tecnologias de informação e comunicação, conta em ordem crescente, com os seguintes países: Finlândia, Suíça, Suécia, Israel, Cingapura, Holanda e os Estados Unidos. Reino Unido, Luxemburgo e Japão completam os dez primeiros.

Esses sete primeiros países apontados se destacam por apresentar rendimento no impacto econômico que se apresentam superiores a outras economias avançadas e superam em até 100% economias emergentes ou em desenvolvimento:

Em média, esse grupo de economias com realizações elevadas presentes no topo do Índice de preparo tecnológico, designado Networked Readiness Index (NRI), pontuam 33% a mais no pilar do impacto econômico do que outras economias avançadas, e 100% a mais do que economias emergentes e em desenvolvimento. Os sete países são reconhecidos por terem sido os primeiros a adotar as TICs, e sua proeminência é significativa por demonstrar que a adoção das TICs – em conjunto com um ambiente de apoio e incentivo, caracterizado por regulação sólida, infraestrutura de qualidade e mão de obra disponível, entre outros fatores – pode pavimentar o caminho para benefícios mais amplos (CANN, 2016, p. 1).

A Europa, berço da esteira das revoluções industriais, figura ainda, conforme o relatório, na fronteira tecnológica contando com sete dos países entre os dez primeiros no *ranking*, com destaque ascendente para a região da Eurásia. Quanto à América Latina e Caribe, observa-se uma grande dispersão de desempenho entre os países e há uma demanda de ação urgente para que os governos desses países se esforcem para melhorar ambientes regulatórios e de inovação a fim de prosperarem no mundo digitalizado (CANN, 2016).

O paradigma digital da Quarta Revolução Industrial, pelo seu caráter de escopo avançado, abrange mais do que a tecnologia, embarcando um novo estilo de vida e de ambiente de negócios que possibilita alterações sociais nos diversos países. De acordo com Bruno Lanvin, da ENSEAD, escola de negócios (CANN, 2016, p. 2):

⁶ Sub-índice ambiental 1. Ambiente político e regulatório (9 indicadores) 2. Ambiente de negócios e inovação (9 indicadores) B. Sub-índice de prontidão 3. Infra-estrutura (4 indicadores) 4. Acessibilidade (3 indicadores) 5. Habilidades (4 indicadores) C. Sub-índice de uso 6. Uso individual (7 indicadores) 7. Uso comercial (6 indicadores) 8. Uso governamental (3 indicadores) D. Sub-índice de impacto 9. Impactos econômicos (4 indicadores) 10. Impactos sociais (4 indicadores) (BALLER et al., 2016) (Tradução nossa).

‘Digital’ não é só sobre tecnologia. É um estado de mente, é a fonte de novos modelos de negócios, novos padrões de consumo, novas formas para empresas e indivíduos se organizarem, produzirem, comercializarem e inovarem. No jogo global da inovação digital, o desempenho e o progresso feito por economias emergentes como Cingapura, Emirados Árabes Unidos ou África do Sul, é notável: eles podem deter a promessa de melhorias ainda mais espetaculares nas formas como os caminhos das tecnologias digitais serão aproveitados para a competitividade, crescimento e progresso social nos próximos anos.

Considerações importantes do panorama de países que constroem novos modelos de negócios baseados em novas tecnologias, indicam que há um grande espaço para o avanço da inovação em tecnologias digitais para uso comercial, e ainda, que as patentes estão cada vez mais deixando de ser o indicador mais eficiente de inovação, uma vez que os novos modelos de negócio possibilitados pela gestão da inovação ser maior ator de transformação social. Há de se observar ainda, que as lacunas de infraestrutura que suportem esses novos usos de tecnologia entre os países está se acentuando.

2.4.1 Países em Destaque

Dentre as quatro maiores economias do mundo contemporâneo, por outro lado, apenas os Estados Unidos e o Japão, figuram no *ranking* do Fórum Econômico Mundial entre os dez países que despontam na Quarta Revolução Industrial. Admitindo que precisamente as grandes economias entram na corrida pela indústria do futuro, a fim de garantir posição de liderança, cabe averiguar como e se políticas estão sendo tomadas nessa direção. Conforme Rodrigues et. al. (2018, p. 2132):

Como em toda revolução industrial houve grandes mudanças, nessa não será diferente. É preciso estar preparado para as novas oportunidades e desafios. Compreender as estratégias de cada país poderá ser um diferencial para criar habilidades e competências que serão exigidas. Na implantação da indústria 4.0, os países desenvolvidos, de uma forma geral, buscam reverter o processo de desindustrialização, ampliar o peso da produção e o emprego industrial nas economias domésticas (IEDI, 2018). Resumindo, procuram manter a liderança mundial.

Seguindo as considerações de Rodrigues et. al. (2018), serão observadas, portanto, as devidas estratégias dos países que lideram no momento, em ordem crescente, a economia mundial, para, seguirem avançando em sua manufatura.

2.4.1.1 Estados Unidos da América

Maior entre os mais diversificados e sofisticados sistemas industriais no mundo, representando cerca de um quarto do valor agregado mundial da indústria de transformação. A fim de manter sua liderança, os Estados Unidos mantêm vasta rede de instituições e programas que otimizam seu sistema nacional de inovação. A fim de sustentar a transição da indústria para a manufatura avançada, foi criado em 2012, pelo Governo Obama, coordenado pela presidência da República, através do *Office of Science and Technology Policy (OSTP)*⁷, o programa *National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)*⁸.

Fortemente associado ao desenvolvimento econômico e social e à liderança tecnológica americana, o programa se fundamenta na pesquisa em Inovação e Manufatura. O fundamento do programa está baseado na integração e articulação entre Estado, universidades e empresas, em cooperação público-privada, em que por meio dos ministérios, o governo federal constitui e patrocina centros de inovação.

Desafios considerados relevantes pela autoridade pública são elencados e demandam resolução através das políticas de inovação. A Agência brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) observa que:

No âmbito do sistema de inovação, o NNMI destaca-se pela busca do desenvolvimento da indústria de ponta, capaz de produzir e expandir a fronteira da manufatura. Inovação, Manufatura Avançada e o futuro da indústria. A forma de criação do programa é consistente com sua execução. Personalidades acadêmicas e líderes industriais discutiram e elaboraram as propostas gerais. A assessoria da Presidência formula os objetivos, os principais temas e os documentos que norteiam a elaboração de *Request for Information (RFI)*, guias que especificam o programa para as empresas, universidades e demais atores. A partir dos RFI, são realizados seminários regionais que orientam a formatação final dos projetos e de futuros editais. A coordenação do programa é feita por um gabinete interdepartamental sediado no *National Institute of Standards and Technology (NIST)*. No entanto, cada departamento lida diretamente com os institutos que financia, estabelecendo prazos, metas e agendas tecnológicas (ABDI, 2017. p. 429).

Pautado pela integração entre centros de excelência, pela sinergia entre Governo e ambiente privado, o programa americano para a manufatura avançada, se baseia, portanto em exigências reais que demandam superação para o aprimoramento da produção norte americana. Deste modo, o incentivo direto à pesquisa e desenvolvimento pelo governo americano em direção à inovação para a indústria avançada.

⁷ Escritório de Política Científica e Tecnológica (Tradução nossa).

⁸ Rede Nacional de Inovação em Manufatura (Tradução nossa).

2.4.1.2 China

Rodrigues et. al. (2018, p. 2136), aponta que o setor manufatureiro na China constitui um sistema industrial abrangente que cresce a um ritmo acelerado. Contudo, a produção chinesa se dá por um processo ainda bastante baseado em meios convencionais, aos moldes das indústrias 2.0 e 3.0. Caso não seja superado, esse pode ser um fator de declínio de competitividade para a indústria da segunda maior economia do mundo. Há indícios de que a política de inovação chinesa evolui por meio de gastos brutos em *P&D*⁹ em relação ao PIB: saindo de 0,9% no ano de 2000 para 2,05% em 2014 (OECD, 2016b).

Após a abertura chinesa para as práticas capitalistas a partir 1979, foi iniciado um processo de modernização de sua economia nos termos industriais. A China buscou ancorar sua competitividade em ambiente institucional favorável para atração de empresas, o que obteve sucesso, mediante as altas taxas de crescimento, aumento da renda, urbanização, e aumento de escolaridade e de produção científica. Segue, contudo, o desafio de avançar na industrialização do século XXI, a fim de perseguir seu objetivo de crescer a 7% ao ano. Ciente da exigência da nova forma de produção, a China “busca não mais ser uma economia de alta intensidade de trabalho, mas sim, de alta intensidade tecnológica, ter uma indústria que seja competitiva na fronteira tecnológica” (ABDI, 2017 p. 144 - 146).

A estratégia chinesa está baseada em seu Plano de 15 anos para a Ciência e a Tecnologia lançado em 2006. Esse plano advoga a necessidade de superar a dependência tecnológica com relação às empresas de origem externa. Nesse plano, as metas principais definidas para 2020 são elevar o gasto em P&D em relação ao PIB para 2,5% e quadruplicar o PIB, usando como referência o ano de 2000.

A ampliação do projeto para criar condições do avanço industrial, foi lançado em março de 2015, com o plano “Manufatura 2025”. Considerando o pioneirismo germânico em apontar a importância estratégica da Indústria 4.0, ele é baseado no plano alemão, buscando o salto tecnológico com base na manufatura avançada. Desta maneira, segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial:

Apresenta um esforço conjunto de criação de novas indústrias e elevação do nível tecnológico de alguns setores. É um esforço de investimento em áreas consideradas como de futuro, tanto do ponto de vista tecnológico, quanto do potencial de mercado. O plano “Manufatura 2025” foi desenvolvido durante dois anos, em um processo que envolveu 150 especialistas da Academia Chinesa de Engenharia. Trata-se um plano detalhado e que conta com apoio dos

⁹ Referência a “Pesquisa e Desenvolvimento”.

altos escalões do governo chinês. Visando a mudança estrutural da economia, o plano anuncia 10 setores estratégicos (ABDI, 2017, p. 150).

O plano chinês elencou, portanto, dez setores estratégicos, que entrelaçam interesses militares, econômicos e de saúde: 1) Geração de indústrias de tecnologia da informação; 2) Comando numérico computadorizado; 3) Equipamentos no setor aeroespacial; 4) Engenharia Naval e navios *high-tech*; 5) Equipamentos avançados de transporte ferroviário; 6) Veículos com novas formas de energia; 7) Equipamentos de energia: ações voltadas à geração de energia limpa e renovável; 8) Equipamentos e máquinas rurais 9) Novos materiais: desenvolvimento de materiais de alto desempenho, polímeros funcionais, materiais inorgânicos, nano-materiais, grafeno; 10) Desenvolvimento biomédicos e de dispositivos de alta performance. O ano de 2015 marcou, portanto, a alavancagem das estratégias chinesas, apoiando cerca de:

40 agências de fomento e mais de 100 diferentes fundos que trabalham de forma descentralizada no apoio à inovação, em diferentes níveis de governo. O novo Plano de Desenvolvimento Científico, aprovado em setembro de 2015 pelo governo chinês, reforçou a necessidade do aprofundamento da cooperação Universidade-Empresa e de incentivo à desestatização de institutos públicos. Todos os instrumentos que compõem a reforma do sistema de suporte à CT&I, prevista para terminar em 2020, se orientam para que a iniciativa privada assuma posição de destaque e que os mecanismos de avaliação e investimento atendam às prerrogativas de mercado (ABDI, 2017, p. 152).

Foi criado um conselho conjunto integrado pelo Ministério das Finanças e pela Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma, sob coordenação do ministério da Ciência e Tecnologia, responsável pela elaboração de políticas públicas e alocação de recursos. Também foi criada uma “instância de gerenciamento de informações, cujo objetivo é garantir a competitividade dos programas apoiados pelo governo central” (ABDI, 2017, p. 153).

2.4.1.3 Japão

O Japão é contado entre os países com as indústrias mais sofisticadas do mundo, com empresas líderes em diversos setores. Desde 2015, o governo japonês vem adotando medidas para a aceleração de sua manufatura avançada, a fim de fortalecer sua competitividade e criar mercados não apenas na indústria manufatureira, como também na medicina, agricultura e distribuição (IEDI, 2018). É, portanto, considerado um caso de sucesso no direcionamento de uma política industrial que objetiva o crescimento e o desenvolvimento socioeconômico.

De acordo com o Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI, 2018), a política industrial japonesa estabeleceu conselhos dos quais participam funcionários governamentais, representantes da indústria, acadêmicos e pesquisadores, que formulam medidas que têm em vista tornar a política industrial mais efetiva, seja melhorando o fluxo de informação entre governo e setor privado, ou entre as próprias empresas. Essa prática, embora longínqua, iniciada nos anos 1950, segue ativa na elaboração de estratégias que visam ao desenvolvimento das inovações associadas à Quarta Revolução Industrial. Com efeito:

A agenda do governo japonês em resposta à Quarta Revolução Industrial é um roteiro de médio e longo prazo, firmemente baseado na cooperação e na parceria com o setor privado, que combina estratégias focadas no desenvolvimento de domínios tecnológicos específicos (robótica, tecnologia de informação, inteligência artificial, entre outros) com estratégias de disseminação dos seus resultados nas diferentes atividades econômicas e sociais (IEDI, 2018).

O Japão busca articular uma parceria entre o governo, a indústria e a academia em iniciativas diversas. Particularmente sintomático da busca por essa parceria, é o “Comitê Nova Estrutura da Indústria”, iniciativa que responde ao relatório *Visão do Futuro em 2030*; esse relatório é, por natureza, uma resposta do governo japonês à necessidade de resposta às exigências da Quarta Revolução Industrial. É clara para o Japão a meta de criar uma sociedade superinteligente que utilize plenamente inovações tecnológicas que combinem o espaço físico ao ciberespaço, a fim de otimizar oferta de bens e serviços (IEDI, 2018).

Salta aos olhos, portanto, que a Quarta Revolução Industrial, Indústria 4.0, manufatura avançada, ou independente da nomenclatura que assume, novo paradigma de integração e otimização de tecnologias para o avanço da produção e entrega de serviços, está sendo percebida desde um ponto de vista estratégico por países que elegem a inovação como fator central para crescimento e desenvolvimento econômico. É importante ainda, observar que perpassa, como política pública, a integração dos diversos atores capazes de gerir a inovação nos países, como o governo, a academia e a indústria, ou o setor privado.

Nesse cenário, cabe observar desde um ponto de vista nacional, em que sentido o Brasil, que participa do ranking das grandes economias mundiais, mas conta com uma base produtiva ainda pouco pautada pela manufatura avançada, pode contemplar a Quarta Revolução Industrial como oportunidade não obstante os desafios estruturais com os quais conta.

2.5 Quarta Revolução Industrial no Brasil

O Brasil, país de grande dimensão econômica, não pode prescindir de criar sua própria estrutura para lidar com as tecnologias críticas, diante desse contexto profundamente estratégico na redefinição de papéis nos diversos setores de produção. Também os países em desenvolvimento estão em vias de se utilizar da convergência tecnológica como oportunidade para criar novos negócios e inovar. Pelo suporte proporcionado pela integração na era da informação, é possível que o Brasil aporte na nova Revolução Industrial com menor prejuízo do que nas revoluções precedentes.

Caracterizado por um mercado interno de grande potencial, portador de recursos naturais e energéticos, infraestrutura científico-tecnológica complexa em alguns setores, conexão às principais economias do mundo, venda de bens manufaturados para diversos países, o Brasil desponta como país de grandes potencialidades.

A indústria de transformação no Brasil passou de 34% para 11% desde a década de 1980 até 2015. A especialização em *commodities* acelerou um processo de desindustrialização e entrega de serviços de baixo valor agregado (SENAI, 2019). De fato, ser ainda um país marcado pela exportação de bens primários e *commodities*, com uma indústria situada no molde produtivo situado entre a Indústria 2.0 e 3.0, empregando automação de forma limitada, não impede que o mesmo país cheio de possibilidades entre na corrida pela inovação, inserindo-se na nova configuração da cadeia global de valor.

A nova fronteira da produção industrial, o surgimento da Indústria 4.0 tende a tornar obsoleta a forma de produção que prescinde da integração entre tecnologias e fusão entre mundo físico e virtual. Trata-se, portanto, de um momento crítico para a indústria, para a competitividade e o bom desempenho econômico. Países como o Brasil, que estão distantes das fronteiras do conhecimento e carecem de tecnologia avançada, necessitam com urgência criar um fluxo de investimento em inovação, pesquisa e desenvolvimento, para superar a estagnação da produtividade pautada pela inovação tecnológica.

A “Carta da Indústria 4.0”, apresentada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2019), encoraja a indústria brasileira a inserir-se nessa transformação e observa que a nova forma de produzir atingirá todas as empresas, independentemente de seu porte e setor de atuação, acentuando que há de fato, desafios para o setor público e privado no Brasil, mas grandes são as oportunidades às empresas que se adaptarem a fim de se tornarem-se mais competitivas.

A mesma carta da CNI (2019) advoga quatro caminhos para a inserção da indústria brasileira nesse processo: 1) “A indústria deve enxugar seus processos produtivos”; o que significa dizer que processos devem ser otimizados pela digitalização de aspectos que se apresentam como gargalos pelo foco na eficiência energética e por uma produção mais limpa. 2) A indústria deve “requalificar trabalhadores e gestores” e, nesse sentido, aperfeiçoar profissionais para lidar com tecnologias, criando mão de obra com maior conhecimento tecnológico e capaz de lidar com problemas complexos. 3) “A inserção na Indústria 4.0 deve iniciar-se por tecnologias já disponíveis e de baixo custo”; tecnologias como *internet* das coisas, computação em nuvem e *big data* são apontadas como acessíveis, criando condições à interação entre homem e máquina. 4) Para não estagnar, “a Indústria deve investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação”, admitindo que as empresas mais competitivas são também as que mais inovam.

De acordo com publicação organizada pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, 2019), a Quarta Revolução Industrial chegou ao Brasil através das matrizes de fábricas de marcas internacionais que atuam no país, e trouxeram conceitos e máquinas dessa nova tendência. Os exemplos citados são a FIAT, em Betim, Minas Gerais e a Mercedes-Benz que alcançaram 15% em sua eficiência de produção, 20% em logística e redução no armazenamento de componentes. Esse ganho na produtividade indicava que os novos conceitos e métodos refletiriam forte vantagem competitiva às empresas que os adotassem.

Sondagem feita pela CNI (2016), apontava que até 2016, era pouca a difusão de conhecimento na indústria brasileira sobre tecnologias digitais e sua incorporação à produção. Os dados apresentados, revelaram que “42% das empresas desconhecem a importância das tecnologias digitais para a competitividade da indústria e mais da metade delas (52%) não utilizam nenhuma tecnologia digital de uma lista com 10 opções”.

Para efeito de melhorar a competitividade brasileira e sua participação na cadeia global de valor, evitando que se acentue o *gap*¹⁰ com seus competidores, e seja superado o desconhecimento da Indústria 4.0, foram dados alguns passos, como o da criação em 2014 pelo Ministério das Comunicações, da Câmara Máquina a Máquina (M2M) e Internet das Coisas, com o objetivo de desenvolver um Plano Nacional para integração dessas tecnologias. Foi criado também pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, um grupo de trabalhos de Indústria 4.0, com a participação de diversas instituições para elaborar um plano de ação para a Indústria 4.0 no Brasil.

¹⁰ Nesse caso, o termo indica disparidade de competitividade.

2.5.1 Propostas de políticas para a Indústria 4.0 no Brasil

O Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI, 2018) elenca cinco propostas mais recentes de políticas para a Indústria 4.0 no Brasil:

- Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria da ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial de 2017. O documento sugere ações em quatro campos: a) Governança; defende a integração entre governo, academia e empresariado, com presença majoritária dos empresários; b) Cooperação internacional; c) Laboratórios, que integrem as redes de pesquisa do Brasil às necessidades da indústria e d) *Testbeds*, que se constitui como uma infraestrutura que agrega empresas e grupos de pesquisa.
- Oportunidades para a Indústria 4.0 – Aspectos da demanda e da oferta no Brasil. Segundo a CNI - Confederação Nacional da Indústria de 2017. O documento procura trabalhar a difusão das tecnologias digitais, sob o ponto de vista da oferta e da demanda das tecnologias na indústria brasileira.
- Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada. De acordo com a Fundação de Amparo à Pesquisa, do Estado de São Paulo – FAPESP, 2017, por meio de edital, a Fundação procurou reunir empresas interessadas em integrar centros de engenharia em manufatura avançada. Em um segundo momento, seriam definidos institutos de pesquisa e universidades parceiras.
- Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil. O IEDI publicou em 2017, um trabalho para a constituição de uma política de amparo à Indústria 4.0 no Brasil, pautada pela difusão de tecnologias, pela qualificação de recursos humanos, apoio à criação de *startups* e criação de laboratórios que simulam atividade produtiva com alta tecnologia embarcada (IEDI, 2017).
- Agenda Brasileira para a Indústria 4.0. O Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC e a ABDI, (março de 2018), propõe uma agenda por meio de dez medidas. Esta agenda, vai desde a disseminação de informações sobre a Indústria 4.0, a iniciativas governamentais de fomento a empresas que persigam maior grau de embarcação de tecnologia. É sugerida também, uma estrutura de governança para a implementação da agenda, composta por conselho governamental, bem como grupos de trabalho e comunidades de especialistas para amparo técnico.

O Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o MDIC, procurando desenvolver um ambiente econômico competitivo e sustentável para a economia brasileira, lançou em 2016 um estudo com vista a realizar um diagnóstico e proposição de plano de ação para o país em Internet das Coisas. Trata-se, portanto, de realizar um diagnóstico, mas também de propor políticas públicas, pelo aprofundamento e elaboração de um plano de ação entre 2018 a 2022.

Com efeito, não obstante as diversas iniciativas tomadas por diversas instituições, Roberto Vermulm (IEDI, 2018), argumenta que o país ainda carece de um plano nacional e observa que há falta de coordenação entre instituições públicas e dessas com o setor privado. Há, portanto, carência de coordenação e definição de políticas públicas, ao contrário das estratégias de longo prazo concebidas em países como Alemanha, Estados Unidos, China e Japão. A política industrial e tecnológica prescinde de institucionalidade sólida, que elabore documentos com linhas claras de ação e que crie os meios necessários para implementação.

Um quadro composto por Arbix et. al. (2017.p. 43), permite inferir aspectos dos programas americano e alemão, que contribuem, mas não bastam, devido às particularidades brasileiras, para a formulação de diretrizes no Brasil:

	Alemanha – Industrie 4.0	EUA – National Network of Manufacturing Innovation (NNMI)
Abordagem	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção clássica de manufatura avançada, lastreada em processos produtivos, automação, robotização e integração. • Estratégia: aumentar produtividade e competitividade da manufatura e abrir mercados para novas soluções de sistemas de produção. • Forte protagonismo empresarial na plataforma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansão das áreas críticas, como materiais, química, bioquímica e energia, bio e nanotecnologia. • Reforço de áreas e setores relevantes: computação, TICs, <i>big data</i>, <i>design</i>, <i>analytics</i>, bio e nanomanufatura. • Ações descentralizadas. • Aumento da cooperação entre governo, empresas, universidades.
Governança do programa	<ul style="list-style-type: none"> • Governança com participação ampla de vários atores — governo central, estados, empresas, sindicatos de trabalhadores, academia e comunidade científica. • Liderança exercida pessoalmente por ministros. • Secretaria geral atua como escritório de projetos, com estrutura enxuta. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Office</i> interministerial, que representa o governo federal e os departamentos. No instituto, a governança é exercida pelo consórcio vencedor, com empresas, universidades e o departamento financiador. • Liderança exercida pessoalmente pelo Presidente da República. • Projetos são definidos pelos institutos e departamento financiador.
Laboratórios	<ul style="list-style-type: none"> • Alavancam infraestrutura já existente do sistema de inovação, com universidades e centros de pesquisa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Subvenção econômica para a criação de 45 novos institutos de desenvolvimento tecnológico em parceria público-privada.
Testbeds	<ul style="list-style-type: none"> • Ênfase nos ambientes de testes. Disseminação para pequenas e médias empresas e formação de pessoal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de ambientes de testes, prototipagem e validação. • <i>Testbeds</i> estruturados e disseminados pelo programa.

Quadro 2 – Aspectos dos programas da Alemanha e EUA que contribuem para diretrizes brasileiras.

Fonte: ARBIX et. al., 2017, p. 43.

Se por um lado, a manufatura avançada altera as rotinas de produção, a qualidade de produtos e entrega de serviços a um ritmo profundamente acelerado, por outro, conforme apontou a ABDI em estudo de 2018, apenas 2% das empresas brasileiras estão inseridas nesse conceito. Países como Alemanha, Coreia do Sul e Israel, contam com um posicionamento firmado em 15%. Aponta-se a necessidade de pelo menos, uma década de esforço contínuo de articulação e investimento em direção à manufatura avançada. De fato, é animador, contudo, que a necessidade de incorporação das tecnologias digitais parece entrar cada vez mais na agenda das corporações nacionais (VAL, 2018).

O percurso empreendido até aqui, procurou evidenciar que o processo iniciado com a Primeira Revolução Industrial e desdobrado nas duas revoluções seguintes, encontra-se na chamada “Era da Informação”, um campo promissor de mudança de paradigma, que aponta para a emergência de um novo modelo de Indústria. De fato, as tecnologias que integram a nova onda da indústria reconfiguram a produção, e conseqüentemente, as relações econômicas, sociais e mesmo, de poder a nível global. Para alcançar paridade e sobretudo competitividade nesse novo contexto, os diversos setores da economia precisarão se adaptar a um caminho sem volta. Países com grandes economias e voltados para a inovação, têm empreendido esse percurso.

O Brasil necessita tomar parte nesse movimento tecnológico-produtivo. Com uma base econômica profundamente pautada pela economia agrícola, que fornece insumos para a exportação, a produção brasileira além de ser um campo fértil para o embarque de novas tecnologias na produção, precisa contar com um suporte logístico eficaz que maximize ganhos e diminua custos, otimizando a competitividade.

Fortemente dependente de linhas de comércio por via marítima, o transporte feito pelo mar é importante via de crescimento e desenvolvimento econômico para o Brasil, exigindo embarque na nova onda tecnológica com fins a uma inserção na cadeia global de valor que lhe permita competitividade em novo cenário.

3. O EMBARQUE NA NOVA ONDA TECNOLÓGICA: TRANSPORTE MARÍTIMO

Historiadores apontam que por volta de 2.000 a.C., já estava estabelecido no Mediterrâneo Oriental um intenso comércio marítimo. Os primeiros comerciantes que hoje chamamos de importadores e exportadores de mercadorias estiveram situados no Egito, Mesopotâmia e em Creta. Não é fácil, contudo, reconstituir a história do comércio marítimo na Antiguidade, tendo em vista o zelo com que os primeiros mercadores procuravam manter em segredo suas rotas.

Importante salientar que o navio mercante é anterior ao de guerra, com características distintas. O navio mercante primitivo se propunha a transportar o máximo possível de carga com custos mínimos; característica perene no que diz respeito a todos os tempos, ainda que com a devida adaptação das embarcações às características técnicas e tecnológicas de cada tempo. Navios de guerra, por sua vez, têm sua eficácia medida pelo emprego rápido da força, não importando o aspecto dos custos em sua concepção (MINISTÉRIO DA MARINHA, 1971, p. 11). Dessa maneira, o ganho em eficiência e com os menores custos possíveis é próprio da navegação mercante.

As grandes navegações do séc. XV abriram espaço para intensificar e aprimorar o acesso aos mercados existentes, e para a expansão da cadeia de suprimentos com acesso a novas terras fornecedoras de matéria-prima. As navegações criaram a demanda por um crescimento do transporte marítimo, de modo que navios prepararam o caminho para mais navios. Conforme observou Marx e Engels (1998, p.8), “Os mercados das Índias Orientais e da China, a colonização da América, o comércio com as colônias, o aumento dos meios de troca e das mercadorias em geral, deram ao comércio, à navegação, à indústria, um impulso nunca dantes conhecido”.

Não apenas o crescimento em número de navios, mas também o aprimoramento do transporte marítimo foi uma necessidade do período mercantil. A melhoria da estrutura de transporte marítimo em termos de número de navios e o aumento da capacidade de carga encontra paralelo com as novas necessidades da intensificação do comércio oceânico. Ilustra esse processo o exemplo de que “em 1572, a marinha mercante inglesa possuía um total de 86 navios com capacidade para 50.000 mil toneladas e, em 1629, mais de 323 navios com capacidade acima de 115.000 toneladas” (ESPINDOLA, C. 2013, p. 2).

A crescente influência colonial da Grã-Bretanha associada à exportação de sua indústria têxtil nascente sobre novos mercados exigiu precisamente uma otimização de sua estrutura marítima de navegação que lhe garantiu forte hegemonia sobre o comércio mundial até a ascensão dos Estados Unidos da América no Pós-Segunda Guerra Mundial. Conforme sublinha Beaud (1989 apud ESPINDOLA, C. 2013, p. 3):

Em 1800, 33% do comércio mundial eram de domínio da Grã-Bretanha contra 9% da França, 10% da Alemanha e 5% dos EUA. Em 1860, a Grã-Bretanha detinha 25% do comércio mundial contra 11% França, 8% da Alemanha e 9% dos EUA. Contudo, em 1958, a Grã-Bretanha respondia por apenas 9% do comércio mundial contra 14% dos EUA.

Em termos de otimização tecnológica, segundo Espíndola (2013, p. 3) a transição das velas ao vapor, que começou a ser incorporada aos navios de carga no início do séc. XIX, ocorreu de forma paulatina sob a liderança inglesa. Até meados do séc. XIX, o veleiro ainda dominava os mares. Na segunda metade do século XIX (1870 e 1880), porém, as máquinas a vapor embarcadas alcançaram escala e tornaram-se a tecnologia dominante nos mares.

Já o motor à combustão de carbono alcançou escala mundial com celeridade, aumentando a velocidade e marcando independência dos ventos: “*En 1914, el 0,5 del tonejale mundial estaba provisto de motores, y el 2,9% eran movidos por petróleo. En 1952, el 83% de todos los buques eran movidos por petróleo: 28% con motores y el 55% restante con quemadores. Sólo el 17% funcionaba a base de carbón*¹¹” (OTEMBRA, 1959, p. 189 *apud* ESPINDOLA, C. 2013, p. 4).

Importante salientar que não apenas os modelos de propulsão se adaptaram às necessidades de agilidade no transporte pelo mar, mas também a natureza estrutural dos navios diante dos variados tipos de carga e especificidade de produtos. O surgimento dos navios tipo graneleiro, líquidos e sólidos permitiram a expansão das exportações de grãos, minérios, petróleo e seus derivados, sobretudo no pós-segunda guerra (ESPINDOLA, C. 2013, p. 5).

O aprimoramento dos navios em decorrência da demanda do transporte de produtos com especificidades física e química moldaram a indústria naval para a projeção de navios com características distintas e reconhecidos por termos próprios:

Quanto ao tipo de navio os mesmos são, normalmente, definidos como: *Ro-Ro* (*Roll-on and Roll-off* – navios utilizados para carga rolante, ou seja, a carga que é movimentada para dentro do navio sem auxílio de equipamentos, a exemplo de veículos, máquinas agrícolas e animais vivos); multipropósito (navio projetado para atender a diferentes cargas); graneleiros para granéis sólidos (*bulkcarriers*) ou granéis líquidos (navio tanque ou *tankers*); *ore-oil* (projeto especial capaz de transportar tanto minérios como derivados de petróleo); e porta-contêineres. [...] (NOBRE e SANTOS, 2005, p. 4).

A indústria e o sistema do transporte marítimo buscam sempre a otimização dos navios tendo em vista o alcance da eficácia com o menor custo possível a fim de sustentar o intenso tráfego de mercadorias exigido pelo padrão de vida contemporâneo:

¹¹ Em 1914, 0,5 da tonelada mundial estava equipada com motores e 2,9% eram movidos a óleo. Em 1952, 83% de todos os navios eram movidos a óleo: 28% com motores e os 55% restantes com queimadores. Apenas 17% eram baseados em carvão (Tradução nossa).

Merchant ships have become increasingly specialized over the years and are usually built for particular types of cargo, passengers, or routes. They are designed for maximum payload and fuel economy, fast turnaround, and minimum crew. High standards of living in the West and full employment in the Pacific Rim depend on ships that can transport goods economically¹² (LAVERY, 2004, p. 366).

A transformação digital em curso que aponta para a emergência de um novo paradigma composto por desafios e oportunidades na produção e prestação de serviços a partir da integração de diversas tecnologias, terá grande impacto na economia em geral. Não pode deixar de ser também no que diz respeito a um setor vital para a economia global: o comércio de mercadorias, nomeadamente, o comércio feito pelo mar que remonta à antiguidade.

De fato, o acesso a matérias-primas vindas de distintos países e a oferta de produtos a um preço possível ao grande mercado consumidor mundial se deve ao transporte feito por vias marítimas que é particularmente distinto dos demais por viabilizar como nenhum outro o fluxo de mercadorias em escala global:

Grande parte do comércio internacional é feito por nações separadas por oceanos, por rios e lagos, sendo esse gênero de transporte denominado aquaviário, e por ocorrer em mares e oceanos, chama-se transporte marítimo, sendo imbatível no tocante a preço e à capacidade de movimentar grandes quantidades de mercadoria (CASTRO JUNIOR, 2004, p. 104).

A adoção de novas tecnologias por empresas do setor de transporte marítimo será capaz de definir o seu grau de competitividade e a capacidade de infraestrutura de países e regiões. Olvidar este grave momento de transição tecnológica pode, por conseguinte, acarretar sérias consequências a atores que não se preparem para condições de paridade de operação em um setor que está diante de um cenário já em franca transformação.

A natureza do transporte marítimo de um país, contudo, é em si envolta por uma estrutura de elementos (navios, capacidade portuária, preparação de pessoas, legislação) que precisa de tempo para adaptar-se, demandando planejamento e estratégia clara da parte de gestores. Desse modo, se há uma vasta possibilidade de embarque tecnológico, não há, em outra via, a mesma celeridade da parte dos países quando consideradas questões estruturais.

¹² Os navios mercantes tornaram-se cada vez mais especializados ao longo dos anos e geralmente são construídos para tipos específicos de carga, passageiros ou rotas. Eles são projetados para carga útil máxima e economia de combustível, retorno rápido e tripulação mínima. Os altos padrões de vida no Ocidente e o pleno emprego na Orla do Pacífico dependem de navios que possam transportar mercadorias economicamente (Tradução nossa).

3.1 Uma Transformação Sistêmica Lenta

O setor de navegação, embora antigo e imprescindível, não sofreu muitas mudanças sistêmicas radicais nos últimos cinco séculos. A navegação da qual depende o comércio feito entre os diversos países no mundo não dá saltos contínuos e escaláveis em curtos prazos de tempo. As mudanças sistêmicas, quando ocorreram, perduraram por muito tempo. É possível situar de acordo com Zangrando e Chubb (2020, p. 14) que houve pelo menos três mudanças na história “globalizada” da navegação.

A primeira, compreendida entre o final do século XV e início do século XIX, deu-se com o desenvolvimento da navegação propriamente oceânica, tal como a conhecemos hoje, com a criação de instrumentos de navegação e modelos matemáticos por exploradores como Vasco da Gama, que permitissem aos navios se orientar e cruzar os oceanos. Graças a esse primeiro momento, foi possível o mapeamento do mundo e o estabelecimento de rotas de comércio ainda hoje observadas, fomento a percepção dos navios como meios de *trading*¹³.

A segunda grande mudança ocorreu já no século XIX, decorrente da ascensão da cultura europeia de império baseada no complexo militar-industrial-científico e nos avanços da tecnologia da Primeira Revolução Industrial, ocorrida na Grã-Bretanha. Esses avanços, possibilitaram um deslocamento da concentração de riquezas da Ásia para a Europa (HARARI, 2017, p. 289). O comércio imperial exigiu navios com capacidade de navegar maiores distâncias, o que então, seria possível graças aos motores a vapor e ao casco de aço.

A terceira transformação sistêmica na navegação deu-se com o advento precisamente do livre comércio no mundo globalizado pós Segunda Guerra Mundial. Os motores a vapor foram substituídos pelos à diesel; os cascos, de aço soldado e particularmente, a invenção do container que trouxe maior organização e padronização ao transporte de carga, observando-se ainda, uma redução de 25% dos custos do transporte (CONTAINER, 2019).

A conexão de mercadorias a nível global que se observa deve-se a um fenômeno construído por um processo de escala do capital a nível internacional que ganhou forte impulso particularmente a partir do fim da Segunda Guerra Mundial. Esse processo tornou-se mais intenso com o fim da Guerra Fria em fins dos anos 1980, com mudanças nos campos político e econômico. Desse modo, a produção mundial tem sido impulsionada com vistas às trocas internacionais. O fenômeno da globalização, que conectou e acelerou o fluxo de produtos, capitais e informação, trouxe grande celeridade aos mercados, fazendo da globalização um motor ao

¹³ Meio de transporte de amparo ao comércio de mercadorias.

comércio internacional. De fato, ainda que seguindo as nuances de momentos econômicos distintos, de maior ou menor crescimento das economias locais, o comércio entre países é uma realidade indispensável.

O comércio marítimo foi profundamente impulsionado ainda pela demanda criada por países com grandes populações e economia emergente, particularmente a China. Países com economia emergente se situam como produtores de bens necessários aos países industrializados, o que significa uma dispersão espacial da produção e do consumo pelo Globo. Assim, há a necessidade do transporte de matéria-prima para os locais de produção, o provimento de insumos e alimentos, e numa outra via, o transporte de mercadorias de volta aos consumidores (QUITZAU; VÖPEL, 2018, p. 8). Esses movimentos associados de crescente aumento do volume do tráfego de cargas, fizeram disparar, a partir de 1990, a frota mundial de navios mercantes, conforme ilustra a figura:

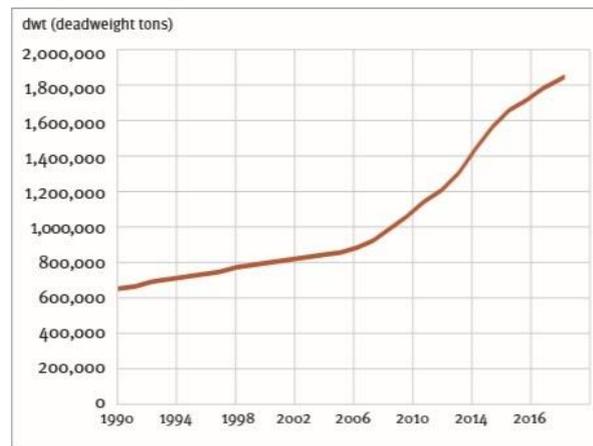


Figura 1 – Frota mercante mundial em tonelagem, 1990-2017
Fonte: UNCTAD, 2017.

Com efeito, uma grande tonelagem disponível de navios com características e tecnologias específicas embarcadas indica um grande custo em uma mudança sistêmica no modal aquaviário. Levando-se em consideração que o ciclo de vida dos navios é em geral longo, compreendendo pelo menos vinte anos, o esforço de recursos direcionados para um paradigma tecnológico vigente nos navios não é facilmente substituído por outro. Desde o investimento em sua concepção e construção à plena operação e desativação, o navio passa por um ciclo de vida que compreende um considerável tempo de pelo menos trinta anos estendendo-se até aos limites de reparações e adaptações possíveis na estrutura inicial do navio. O ciclo de vida de uma embarcação, envolve um grande investimento de recursos dispersos em diversas etapas, conforme indica a figura:



Figura 2 – Ciclo de vida da embarcação

Fonte: FIRJAN, 2015, p. 12.

Um sistema de transportes com poucas transformações sistêmicas e com seus meios de operação, os navios, tendo como característica um largo ciclo de vida útil demanda vasto planejamento da parte de empresas que atentas aos sinais das novas tendências tecnológicas se antecipem a um processo de obsolescência acelerada. Do mesmo modo, da parte dos gestores públicos de países que fazem comércio por vias marítimas, urge preparar a infraestrutura de seu sistema para garantir a paridade de condições estruturais como valor estratégico. Não é tarefa simples para empresas de grande porte como as que envolvem o transporte marítimo mudar sua “rota estratégica” diante da inovação tecnológica à disposição. Com efeito, há um dilema corporativo nesse sentido:

For large corporates, working out how to innovate core business processes, and effectively executing on innovation, is a complex challenge. Indeed, the systems, processes, and managerial approach that allow large corporates to function at scale are exactly what stop them from being able to innovate and experiment with new models. In traditional large corporates, decisions are made from the top down, require input from large numbers of people, and take a relatively long time to make. This is particularly prevalent in the trade sector. Shipowners make investment decisions with a multi-decade return horizon in mind. When a shipowner buys a new ship, they will invest tens of millions of pounds to have it built. Once it has been delivered by the shipyard, it has the expected service life of around 30 years. On top of this, many of the world’s ship owners are publicly traded companies: they report profits and losses to shareholders every quarter. The combination of long term investment decisions coupled with the need to make a profit every quarter makes it very difficult for a shipowner to adopt a ‘fail fast’ approach within their business (ZANGRANDO; CHUBB; 2010, p. 15)¹⁴.

¹⁴ Para as grandes empresas, descobrir como inovar os principais processos de negócios e executar efetivamente a inovação é um desafio complexo. De fato, os sistemas, processos e abordagem gerencial, que permitem que grandes empresas funcionem em escala são exatamente o que os impede de inovar e experimentar novos modelos. Nas grandes empresas tradicionais, as decisões são tomadas de cima para baixo, requerem informações de um grande número de pessoas e levam um tempo relativamente longo para serem tomadas. Isso é particularmente prevalente no setor comercial. Os armadores tomam decisões de investimento com um horizonte de retorno de várias décadas. Quando um armador compra um novo navio, eles investem dezenas de milhões de libras para construí-lo. Depois de entregue pelo estaleiro, ele tem uma vida útil prevista de cerca de 30 anos. Além disso, muitos dos armadores

Como perseguido desde os primórdios do comércio pelo mar, o ganho em eficiência está profundamente associado à otimização de custos. No momento em que um novo paradigma tecnológico se apresenta como meio de otimizar ganhos e poupar diversos recursos, a indústria do transporte marítimo está pois, diante de um facilitador de seus objetivos. Contudo, a consideração sobre a influência da tecnologia no transporte marítimo deve ser feita a partir da projeção de cenários de prazos mais longos, precisando lidar com a incerteza como variável sempre presente. O livre comércio, valor pilar do crescimento do transporte marítimo, não é um valor estável, estando entregue às contingências políticas e econômicas.

3.2 Irrenunciabilidade da Transformação Tecnológica

Desafio constantemente perseguido pelos operadores do transporte marítimo, a redução de custos e a otimização das operações vem de encontro ao que é mais característico da chamada indústria 4.0. Embora o conceito esteja expandindo-se, é primordial compreender esse novo paradigma tendo como valor basilar precisamente a otimização de processos e como finalidade, a melhor prestação possível de serviços baseada em informações que por sua vez amparam-se em dados fornecidos por novas tecnologias cada vez mais capazes de monitorar e perceber o ambiente. *Com efeito, conforme relatório da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD):*

[...] la digitalización y la automatización están transformando el sector del transporte marítimo y exigen nuevas competencias. Las últimas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades para lograr una mayor sostenibilidad en el transporte marítimo y los puertos, y mejoran el rendimiento y la eficiencia. La digitalización, las plataformas colaborativas y las soluciones basadas en las nuevas tecnologías e innovaciones como las cadenas de bloques se usan cada vez más en el sector del transporte marítimo, lo que conlleva una transformación de los modelos empresariales y de asociación. El objetivo consiste en promover comercio eficiente y seguro mediante una mayor visibilidad de la cadena de suministro y a través del uso de documentos electrónicos, lo que en última instancia beneficia a los clientes que dependen de los servicios del sector marítimo¹⁵ (UNCTAD, 2019, p. XV).

do mundo são empresas de capital aberto: eles relatam lucros e perdas aos acionistas a cada trimestre. A combinação de decisões de investimento de longo prazo, aliada à necessidade de obter lucro a cada trimestre, torna muito difícil para o armador adotar uma abordagem de "falha rápida" em seus negócios (Tradução nossa).

¹⁵ A digitalização e a automação estão transformando o setor de transporte e exigem novas habilidades. As mais recentes tecnologias oferecem novas oportunidades para maior sustentabilidade no transporte marítimo e portuário, além de melhorar o desempenho e a eficiência. A digitalização, plataformas colaborativas e soluções baseadas em novas tecnologias e inovações, como a blockchain, são cada vez mais usadas no setor de transporte marítimo, levando a uma transformação dos modelos de negócios e associações. O objetivo é promover o comércio eficiente e seguro, por meio de uma maior visibilidade da cadeia de suprimentos e do uso de documentos eletrônicos, que acabam beneficiando os clientes que dependem dos serviços do setor marítimo (Tradução nossa).

Mesmo que seja grande a estrutura que envolve o transporte marítimo e consequentemente, o setor possua altas barreiras de entrada pela sua própria natureza, e tenha que lidar com meios de transporte de grandes proporções e largo ciclo de vida, esse setor vital para a economia mundial não pode prescindir de embarcar no presente processo de transformação. Não apenas os desafios operacionais tendem a ser facilitados com a incorporação de novas tecnologias, mas também os desafios de cunho ambiental, tópico que cada vez mais ocupa lugar de destaque na agenda da regulação e das boas práticas do comércio internacional.

Ainda que o crescimento da demanda internacional por produtos e serviços associado a um avanço da classe média no mundo tenha sido confrontado pelo fator incerteza com o advento da pandemia mundial da COVID-19, de forma mais acentuada no primeiro trimestre de 2020, impactando projetos de curto prazo, não é de se esquecer que, por suas próprias contingências de percepção de longo prazo, atividades que se relacionam com o mar e particularmente o transporte marítimo seguirão como sendo atividades intensas da economia. Conforme aponta Thauan Santos (2020):

[...] diante da incerteza (e seu impacto sobre a tomada de decisão) [...] e do fato de que muitas das atividades relacionadas à economia do mar (como construção e reparação naval, assim como energia e mineração *offshore*) serem capital-intensivas, acredita-se que novos investimentos previstos e/ou em andamento (*greenfield*) sejam momentaneamente adiados e/ou parados. Isso não significa que as atividades tenham, necessariamente, que parar, devendo redefinir seus projetos; é o caso, por exemplo, de se avançar com o descomissionamento de instalações, dado o alto volume de empregos gerados.

Mesmo diante de um momento de incerteza, a grande estrutura que ampara o comércio feito por vias marítimas está sob forte pressão para se adaptar a emergentes tecnologias capazes de aprimorá-la. O próprio aspecto da alta velocidade com que surgem novas tecnologias e com que se combinam proporcionando novas oportunidades para o setor de transporte marítimo, demanda empenho em identificar-se com alguma precisão, quais tecnologias cabem ser adotadas direcionando recursos para a transição em direção a um novo modelo que é visto como oportunidade e ao mesmo tempo, desafio.

3.3 Tecnologias Potenciais da Indústria 4.0 no Transporte Marítimo

A esteira das revoluções pelas quais o modo de se produzir e prestar serviço ao longo do tempo é definida pelo fator tecnológico. Desde as possibilidades alcançadas pelo manuseio do vapor na Grã-Bretanha do século XVIII ao presente momento de afirmação da digitalização dos diversos elementos que compõe as atividades humanas e a interação com o ambiente, foram

tecnologias específicas as propulsoras de novas oportunidades que demandaram adaptação e investimento.

A publicação conjunta de pesquisadores de três instituições - *Lloyd's Register, QinetiQ e University of Southampton* - (2015), a *Global Marine Technology Trends 2030* ocupou-se em elencar tecnologias com potencial impacto na atividade marítima. Foram analisadas cinquenta e seis tecnologias com aplicação possível até 2030; dentre essas, dezoito foram elencadas tendo em vista maior viabilidade técnica, base comercial e impacto. Conforme apontam Lloyd's Register et al. (2015, p. 4):

We examined more than 56 critical technologies that might possibly be developed and implemented around 2030 by the commercial shipping, naval, and ocean space sectors. Of these, we selected for further analysis 18 technologies that scored the highest in a net assessment combining technical feasibility on a commercial basis, potential marketability, and, most importantly, their transformational impact on the respective sectors. These 18 technologies are robotics, sensors, big data analytics, propulsion and powering, advanced materials, smart ship, autonomous systems, advanced manufacturing, sustainable energy generation, shipbuilding, carbon capture and storage, energy management, cyber and electronic warfare, marine biotechnology, human-computer interaction, deep ocean mining, human augmentation, and communication.¹⁶

No que diz respeito ao transporte comercial, foram destacadas, após apurada perscrutação, oito tecnologias com alta possibilidade de serem implementadas até 2030 e de definir a competitividade do setor com a ascendência de tecnologias novas sobre as maduras:

In the commercial shipping sector we evaluated robotics, sensors, big data analytics, propulsion and powering, advanced materials, smart ship, shipbuilding, and communication technologies. These technologies are transformational in nature when used individually and when combined (LLOYD'S REGISTER et al., 2015, p. 5).¹⁷

Essas oito tecnologias apontadas serão consideradas sob princípio de que poderão ser adotadas de diversas formas em distintos tipos de navios com a finalidade de potencializar sua produtividade, dando forma ao navio reconhecido como “*TechnoMax*”:

¹⁶ Examinamos mais de 56 tecnologias críticas que podem ser desenvolvidas e implementadas por volta de 2030 pelos setores de navegação comercial, naval e espacial do oceano. Destas, selecionamos para uma análise mais aprofundada 18 tecnologias que obtiveram a maior pontuação em uma avaliação líquida, combinando viabilidade técnica em uma base comercial, potencial de comercialização e, o mais importante, seu impacto transformacional nos respectivos setores. Essas 18 tecnologias são robótica, sensores, análise de big data, propulsão e alimentação, materiais avançados, navio inteligente, sistemas autônomos, fabricação avançada, geração sustentável de energia, construção naval, captura e armazenamento de carbono, gerenciamento de energia, guerra cibernética e eletrônica, biotecnologia marinha, interação homem-computador, mineração oceânica profunda, aumento humano e comunicação (Tradução nossa).

¹⁷ No setor de remessa comercial, avaliamos robótica, sensores, análise de big data, propulsão e energia, materiais avançados, navio inteligente, construção naval e tecnologias de comunicação. Essas tecnologias são de natureza transformacional quando usadas individualmente e quando combinadas (Tradução nossa).

We envisage that these eight Technologies will be implemented differently from ship type to ship type. These ships will be called TechnoMax Ships as technology implementation will be at the optimal level in 2030. These ships will be smarter, data driven, greener, with flexible powering options, fully connected wirelessly onboard, digitally connected through global satellites. TechnoMax Ships will require fundamental changes in terms of design, construction, operation and supply chain management. They will be designed by technologically advanced shipbuilders, ordered and operated by owners to sharpen their competitiveness and boost their corporate social responsibility credentials (LLOYD'S REGISTER et al., 2015, p. 5).¹⁸

Dada a natural necessidade de embarcar tecnologia sofisticada em um setor essencial para a infraestrutura e marcado pela concorrência, o transporte marítimo é um espaço privilegiado para assimilação do fenômeno tecnológico aqui referido como Indústria 4.0. Com efeito, nos chamados “navios inteligentes”, diversas modalidades de tecnologia quando embarcadas, terão operação conjunta e integrada. A fim de analisar o impacto real das novas tecnologias com chance de operar em um futuro próximo, serão consideradas as oito indicadas por Lloyd's Register et al. (2015). Das oito modalidades tecnológicas, cinco são oferecidas pelo macroambiente da tecnologia e podem ser incorporadas pela indústria naval: materiais avançados, *Big Data Analytics*, robótica, sensores, comunicações; outros três aspectos abordados, são intrínsecos à indústria naval que permanentemente se atualiza: construção naval, propulsão e alimentação, navios inteligentes.

3.3.1 Materiais avançados

A implementação de novas tecnologias se ampara sob muitos aspectos em novos materiais que compõem a estrutura dos insumos necessários. Nesse sentido, um novo tipo de “matéria-prima” é possível pela otimização tecnológica. Os chamados materiais avançados, ou novos materiais tendem a superar estruturas clássicas pela qualidade e adaptação às atividades finais para as quais são projetados a partir de um processo de inovação:

Nas últimas décadas, em grande parte por influência da corrida espacial, a relevância dos materiais no desenvolvimento tecnológico tem aumentado significativamente, tornando-os, em muitos casos, fatores determinantes para a in-

¹⁸ Prevemos que essas oito tecnologias serão implementadas de maneira diferente de tipo de navio para tipo de navio. Esses navios serão chamados de navios TechnoMax, pois a implementação da tecnologia estará no nível ideal em 2030. Esses navios serão mais inteligentes, orientados a dados, mais ecológicos, com opções de alimentação flexíveis, totalmente conectadas sem fio a bordo, conectadas digitalmente por satélites globais. Os navios TechnoMax exigirão mudanças fundamentais em termos de design, construção, operação e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Eles serão projetados por construtores navais tecnologicamente avançados, ordenados e operados pelos proprietários para aprimorar sua competitividade e aumentar suas credenciais de responsabilidade social corporativa (Tradução nossa).

trodução de novas tecnologias e agentes fundamentais do processo de inovação. Uma simples observação de nosso cotidiano revela a importância dos materiais em áreas tão diversas como energia, telecomunicações, saúde, defesa e meio ambiente, entre outras (RIZZO, 2010, p. 259).

Um dos avanços recentes mais significativos da tecnologia é a capacidade de moldar estruturas materiais em escalas micro, ou ‘nano’. A nanotecnologia permitirá que navios sejam compostos por materiais avançados, melhorando seu desempenho. Maior maleabilidade e resistência à corrosão podem advir de uma nova classe de ligas possíveis por essa tecnologia. Nesse sentido, a título de exemplo que destaca o olhar estratégico sobre esse tópico, o projeto “Nanomar”, financiado pelo FP7 – *Seventh Framework Programme for Research* – importante programa de financiamento de pesquisa da União Europeia, busca desenvolver revestimento para cascos de navios que possuam propriedades anti-incrustantes e anticorrosivas, ao mesmo tempo que menos tóxicas:

O principal desafio é obter um revestimento que seja tão ou mais eficiente do que os cromatos, mas sem a presença de metais pesados e que não seja agressivo ao meio ambiente. O projeto tem como objetivo central poder combinar essas duas propriedades, ou seja, nanopartículas de características diferentes, em um mesmo revestimento. Dessa forma, seria desenvolvido o grande diferencial dessas partículas, que é a cura inteligente, o que se equipararia à cicatrização da pele humana. Ou seja, esse revestimento só é acionado quando houver o ataque de um agente externo em uma determinada região do casco, agindo no momento do dano. Assim, uma parcela das partículas dessa tinta vai agir inibindo as corrosões que ocorrem na superfície do casco do navio enquanto a outra parcela vai ser feita a partir de compostos biocidas para a criação de uma resistência à proliferação de micro-organismos como cracas, crustáceos que se fixam nas estruturas submersas e que também contribuem com o processo de corrosão. Esses dois poderes irão conferir à estrutura do navio uma proteção mais abrangente contra os dois agentes externos, aumentando a vida útil do navio, e reduzindo cada vez mais a eventual necessidade de que o navio venha a sofrer reparos (TAVARES, 2016).

Outro aspecto relacionado aos novos materiais tem a ver com uma paulatina transição dos materiais que compõe as estruturas dos navios. Embora o aço permaneça dominante, há uma crescente tendência à substituição por compostos de base polimérica como as fibras plásticas de carbono reforçado podendo oferecer maior leveza e ao mesmo tempo, anticorrosão e redução de ruídos. São promissores ainda, materiais inspirados em agentes orgânicos ou feitos de base biológica. Tendo em vista que as estruturas biológicas se adaptaram para lidar com condições químicas e físicas adversas (gelo, por exemplo), novos materiais poderiam se inspirar nelas para proporcionar aos navios sob condições de temperaturas e atritos uma melhor evolução (LLOYD’S REGISTER et al. 2015, p. 40 - 41).

Do ponto de vista de barreiras de entrada para plena adoção dos novos materiais a curto prazo, constam segundo Lloyd's Register et. al. (2015), possível incerteza, volatilidade e mesmo elevação de custos tendo em vista a novidade desse material no meio marítimo. Também sua expectativa de vida útil e desempenho são incertos, tendo em vista que sua aplicação e utilização ainda não foi observada ao longo do tempo. Com a entrada desses materiais na cena do transporte marítimo, pode-se inferir um barateamento e uma certificação de qualidade capaz de qualificá-los como nova matéria base para construção de navios e estruturas de apoio ao comércio marítimo.

3.3.2 Big Data Analytics

Como consequência imediata da integração e convergência do nível físico, biológico e digital por meio das tecnologias capazes de “ler” a realidade, surge uma grande quantidade de dados armazenáveis com potencial de uso em diversas necessidades e aplicações diversas. A tecnologia com potencial de acumular dados sobre as realidades em que opera gera uma base de dados que pode imediatamente associar-se a outras que por sua vez, foram geradas em outra aplicação e nesse permanente acúmulo de dados, há uma abundante possibilidade de extração de informações.

Aspecto central na possibilidade dessa tecnologia é a compreensão do sistema físico cibernético (*Cyber Physical System – CPS*), tido como central em toda a dinâmica da indústria 4.0. De acordo com Li Da Xu & Lian Duan (2019), esse termo – CPS – foi cunhado por Helen Gil a fim de sugerir pesquisas sobre a interação entre sistemas físicos e sistemas de computação. As instalações físicas propriamente ditas, são os sensores, processadores e atuadores incorporados a objetos que podem ser controlados ou monitorados por computadores. Conforme aponta Lee (2008), essa troca gera um sistema de *feedbacks* entre instalações físicas e a computação, melhorando o uso destas instalações físicas, ao mesmo tempo em que possibilita melhoramentos diversos em setores como a manufatura, operações médicas e sistema de monitoramento, sistemas militares, controles de tráfego e assim por diante.

A possibilidade de uma maior captação de dados a partir de uma percepção do ambiente pela tecnologia se deu pelo avanço com o uso de sensores mais acessíveis e embarcáveis em aparelhos da vida cotidiana, transformando-os em potenciais captadores de dados em diversas atividades. Assim, por exemplo, um poste de iluminação pública, pode incorporar outras funções como medir o tráfego de pessoas ao longo do dia em uma determinada área de uma cidade e, com os dados gerados, fornecer informações a tomadores de decisão.

Desde a criação do termo por Helen Gil, o *Big Data* vem se firmando como um conceito geral para diversas técnicas que captam e processam uma grande quantidade de dados desde a captura, a transferência, o armazenamento e visibilidade deles. O termo, contudo, não evoluiu ao mesmo passo que a profundidade de dados que vêm sendo coletados com os avanços tecnológicos sempre crescentes. Como Li Da Xu & Lian Duan (2019) faz questão de sublinhar, há estimativas de um crescimento constante em número de dados armazenáveis: “*The size of Big Data is a constantly changing value from Terabytes in 2005 and Petabytes in 2010 to Exabyte or Zettabyte in 2017, and is usually defined by the amount of data beyond a commonly used computer to process within a tolerable amount of time*”¹⁹.

O *Big Data*, enquanto fenômeno tecnológico central para a indústria 4.0 é composto por diversas características que vêm sendo expressas pelos chamados “sete V’s”; são termos que remetem a aspectos específicos que sugerem o significado, o alcance e aplicações dessa grande quantidade de dados que fica sob o guarda-chuva do conceito de *Big data*.

Os “sete V’s” do *Big Data* atualmente considerados (não são estáticos, sofrendo a interferência de novas percepções) são, pois: volume, velocidade, variedade, variabilidade, veracidade, visualização e valor:

- O ‘volume’, indica a grande quantidade de dados gerados, propriamente dita, em crescimento exponencial. O que fora medido em *gigabytes*, escala para níveis de *yottabytes* (maior múltiplo do *byte*, na linguagem da informática).
- A ‘velocidade’ remete ao acesso rápido aos dados, de modo que a consulta a bases de dados se dá de forma quase instantânea.
- A ‘variedade’ dos dados tem a ver com a multiplicidade de natureza dos dados; assim, uma base pode conter desde arquivos de mídia (fotos, vídeos) a simples números ou textos inteiros.
- A ‘variabilidade’ difere na variedade no sentido de que dados podem ser observados sob perspectivas distintas, conferindo-lhes uso e significado também distinto.
- Por ‘veracidade’ se entende a confiabilidade dos dados e a garantia de que poderão ser fontes fidedignas de informações.
- A fim de tornar palatáveis os muitos dados disponíveis, é imprescindível a capacidade de ‘visualização’, da transmissão clara por meio de planilhas e recursos visuais.

¹⁹ O tamanho do Big Data é um valor em constante mudança de Terabytes em 2005 e Petabytes em 2010 para Exabyte ou Zettabyte em 2017, e geralmente é definido pela quantidade de dados além de um computador comumente usado para processar dentro de um período de tempo tolerável (Tradução nossa).

3.3.2.1 O Valor do Big Data

Por fim, o ‘valor’ é essencialmente o que se espera; que bases de dados sejam capazes de sugerir valor aos modelos de negócio e às decisões gerenciais (IMPACT, 2016).

Existe uma mudança na natureza da extração de informações. Ao modo tradicional, “pré-*Big Data*”, seria necessária uma aproximação aos dados disponíveis com uma pré-concepção da informação desejada. O *Big Data*, por sua vez, oferece o trunfo de, ao combinar diferentes algoritmos para diferentes resultados, potencializar em muito a resposta e a agregação de valor desejada no processo de tomada de decisão, sugerindo padrões e informações sem concepção prévia do agente humano.

O pleno proveito do *Big Data* se ampara em ferramentas como a *Data Mining* (mineração de dados) que é, conforme Nacaratti et al. (2018):

um processo não trivial de identificar a partir de dados, novos padrões com grande potencial de serem úteis para a atividade de gestão. Embora a exploração dos dados seja feita de modo automático ou semiautomático é um processo altamente cooperativo envolvendo homens e máquinas. Observa-se que a obtenção desses novos padrões deve ser obtidos por meio de técnicas confiáveis e também validados estatisticamente.

A mineração de dados é apontada como revolucionária para o transporte marítimo no sentido de agregar valores e conhecimentos como nunca antes nos processos decisórios para gestores do setor:

Mining data in the shipping industry will offer new knowledge and added values that we’ve never known before. A well-informed decision-making process based on high-quality data and analytics can achieve a lower life cycle cost. Data analytics can help us better understand our customers. Business strategies will be amended to offer more competitive pricing and services. Together with new customer support services, this will lead to higher customer satisfaction and will increase the chance of winning new business. Faster and more capable processors will handle data of high complexity and volume. The data transfer speed will be accelerated with the help of the increasing bandwidth of affordable satellite services provided for commercial shipping applications (LLOYD’S REGISTER et al. 2015, p. 45)²⁰

²⁰ A mineração de dados no setor de transportes oferecerá novos conhecimentos e valores agregados que nunca conhecemos antes. Um processo de tomada de decisão bem informado, com base em dados e análises de alta qualidade, pode obter um custo menor do ciclo de vida. A análise de dados pode nos ajudar a entender melhor nossos clientes. As estratégias de negócios serão alteradas para oferecer preços e serviços mais competitivos. Juntamente com os novos serviços de suporte ao cliente, isso resultará em maior satisfação do cliente e aumentará a chance de conquistar novos negócios. Processadores mais rápidos e mais capazes manipularão dados de alta complexidade e volume. A velocidade de transferência de dados será acelerada com a ajuda da crescente largura de banda de serviços via satélite acessíveis fornecidos para aplicativos de remessa comercial (Tradução nossa).

Precisamente no que diz respeito ao valor gerado por todas as características que envolvem o *Big Data*, cabe discutir em que sentido essas possibilidades tecnológicas poderão impactar o transporte marítimo na perspectiva das informações à disposição de operadores e decisores. É preciso considerar que também em campos como a oceanografia, meteorologia e tráfego aquaviário, vem sendo geradas grandes quantidades de dados afeitos ao transporte marítimo e o bom aproveitamento deles, pode trazer ganhos progressivos.

A troca entre dados disponíveis e resposta computacional poderá oferecer uma interface intuitiva entre pessoas e máquinas. Desse modo, segundo Lloyd's Register et al. (2015, p. 44): “The shipping industry will therefore move from a decision-treedriven approach to the adoption of a probabilistic approach. Real-time performance monitoring, alert systems and/or visualising situational awareness can all be achieved wherever you are and whenever you want”²¹.

Ainda de acordo com Lloyd's Register et al. (2015), o setor deverá contar com o domínio das tecnologias que envolvem o *Big Data* a fim de extrair benefícios e se resguardar de riscos em pelo menos cinco campos, a saber: (I) *cybersecurity*, tendo em vista que redes de dados serão vitais para as remessas, deverá haver proteção contra ataques externos de diversas naturezas como vírus, pirataria e terrorismo; (II) A proteção de dados propriamente dita no que diz respeito à propriedade intelectual e garantias de passageiros e tripulantes de navios; (III) A integridade dos dados, devendo estes ser confiáveis; (IV) problemas em ferramentas de comunicação como a banda de internet e custos altos de implementação que poderia limitar a análise de dados; (V) O desenvolvimento de algoritmos com capacidade de aprendizagem e formulação de novos padrões tenderá a ser um grande diferencial para empresas, modelos de negócios e países de bandeira que queiram permanecer competitivos.

Uma melhora significativa no planejamento de viagens e no posicionamento de embarcações, localização de pessoas (tripulantes) com precisão, informações mais precisas na logística e melhor gestão de energia são alguns dos ganhos esperados da aplicação do *Big Data* no transporte marítimo. Contudo, é ressaltado que empresas maiores contam com mais recursos para adotar a estrutura que ampara o pleno uso dessas tecnologias, de modo a aprofundar lacunas tecnológicas com empresas menores (LLOYD'S REGISTER et al., 2015). Também os modelos regulatórios hoje vigentes deverão se adaptar; tal necessidade encontrará um melhor campo em países com tradição em sediar empresas de navegação.

²¹ O setor de navegação, portanto, passará de uma abordagem orientada a decisões para a adoção de uma abordagem probabilística. Monitoramento de desempenho em tempo real, sistemas de alerta e / ou visualização da consciência situacional podem ser alcançados onde quer que você esteja e quando quiser (Tradução nossa).

São intensas as discussões e movimentos na Indústria marítima no sentido de que em um futuro próximo os navios autônomos ou remotamente controlados naveguem como novo modelo da indústria de *shipping*. Esse seria o aspecto mais marcante da Indústria 4.0 para o setor marítimo. Contudo, ainda não está definido um modelo de referência de arquitetura para tais embarcações que facilite esse processo. O chamado “navio cibernético” deverá ser amparado por uma arquitetura *Cyber* com padronização que permitam a operação e requisitos de segurança confiáveis. O “navio inteligente” precisará, portanto, contar com um eficiente amparo do *Big Data* (KAVALLIERATOS G. et al., 2020).

3.3.3 Robótica

Empresas de logística vêm adotando de forma progressiva a robótica como meio de otimizar processos e poupar recursos. O manuseio de alta precisão requerido pelo próprio comportamento do consumidor da indústria 4.0 que demanda cada vez mais a chamada “customização” de produtos para clientes, precisa contar com o apoio da precisão em identificar objetos via leitura eletrônica conduzida com agilidade por robôs. Consequentemente, toda a cadeia de procedimentos tende a ser alterada.

Estima-se que três tipos de robôs poderão operar plenamente até 2030. Há os robôs de aprendizado, que aprendem padrões a partir de dados e são programados para descobrir outros; há ainda os robôs práticos como descritos por Silva et. al. (2014) com capacidade de operar objetos partindo de funções programadas e ainda, os mini-robôs, utilizados para substituir a ação humana em situações com alguma hostilidade como inspeção de ambientes, desarmamento de bombas, etc. Robôs com recursos como o da visão computacional - área da robótica que visa à partir de sensores, simular a visão humana e ao mesmo tempo, interpretar imagens e obter informações – tem grande impacto na possibilidade de autonomia nas decisões por parte de robôs, lendo e calculando profundidade e identificando objetos de modo a conduzir processos de forma ágil e assertiva (SILVA et al., 2014).

Robôs implicam em capacidade cognitiva, percepção, memória e mesmo, tomada de decisão, com grande versatilidade muito útil em situação de bordo ou em terra. São compostos por sensores que os habilitam a uma grande percepção do ambiente e a uma adaptabilidade para realizar tarefas com o mínimo ou mesmo, nenhuma interferência humana.

Alguns tipos de robôs para funções específicas são esperados para embarque em navios: *Sniffers*, capazes de identificar e registrar níveis de emissão de poluentes no navio; *Dispensers*, com capacidade de executar tarefas “domésticas” do navio como limpeza, servir bebidas, cuidar

do vestuário; *Searchers*, responsáveis por tarefas de busca como resgate de pessoas ao mar, ou identificar tripulantes em dificuldades; *Maintainers*, responsáveis por tarefas de manutenção como soldagem, corte e montagem na embarcação; *Builders*, poderão erguer estruturas pesadas, instalar e construir equipamentos; *Firefighters*, com capacidade de identificar focos de incêndio e agir sobre eles; *Mini Surveyors*, capazes de executar atividades em áreas do navio inacessíveis aos tripulantes; *Repellers*, encarregados de identificar potenciais ameaças no entorno do navio (LLOYD’S REGISTER et al., 2015).

Embora o meio logístico tenda a uma adesão crescente à robótica, no transporte marítimo esse processo precisará lidar com alguns riscos e incertezas. As principais incertezas têm a ver com fatores conjunturais como questões éticas e trabalhistas, uma vez que a crescente dispensa de mão de obra humana pode implicar em conflito com interesses trabalhistas. Outra incerteza diz respeito ao amparo legal não suficientemente maduro para o uso dessas tecnologias. No que diz respeito aos riscos, há de se considerar o alto custo para implementação dessas tecnologias em navios; a tecnologia robótica, embora tenha autonomia na execução da atividade, dependerá de operadores e agentes de manutenção especializados, demandando investimento em formação e contratação de trabalhadores com alta qualificação, impactando em custos (LLOYD’S REGISTER et al., 2015).

O uso dos robôs em embarcações, ou no amparo a elas, em *off-shore* tende a ser um caminho de muitos ganhos de produtividade, ao mesmo tempo que libera tripulantes e operadores para outras funções. A maior assertividade prescindindo da falha humana em atividades rotineiras e o aprendizado de padrões com grande capacidade de sugerir decisões são ganhos inegáveis da robótica. Contudo, deve se considerar fatores como o elevado custo de entrada na aplicação dessa tecnologia. Do mesmo modo, questões que envolvem ética e mercado de trabalho a tripulantes, sua reinserção nesse ambiente automatizado, não podem ser ignoradas.

3.3.4 Sensores

Parte fundamental de formas de produção que aderem aos princípios da Indústria 4.0, os sensores permitem que sejam os próprios equipamentos e não os sentidos humanos a monitorar suas atividades e desempenhá-las com autonomia e antecipando-se a acontecimentos durante sua execução. Em termos claros, um sensor é, segundo o professor Alexandre Mesquita (Apud. TOTVS, 2018), “um dispositivo sensível a uma determinada grandeza, que muda seu estado de maneira proporcional ao estímulo sobre ele. A magnitude da mudança de estado leva ao conhecimento da magnitude da grandeza que a provocou”.

Aparelhos com capacidade de “sentir” a realidade de alguma forma, são usados em aplicações industriais e atividades corriqueiras há muito tempo. O ganho em relação a esses dispositivos está nas características da integração de tecnologias e dispositivos proporcionada pela conectividade da Indústria 4.0, que aumentaram suas capacidades e flexibilizaram ainda mais seu uso:

Existem diversos tipos de sensores. Nas aplicações industriais, as informações produzidas por eles são comunicadas a um receptor de forma eletrônica para, então, gerarem uma tomada de decisão. Até pouco tempo, as aplicações dos sensores, normalmente, eram limitadas a produzir apenas um tipo de informação, que acarretava em decisões específicas. Hoje, porém, principalmente com o desenvolvimento de protocolos de redes de comunicação eficientes e confiáveis, como a própria Internet, é possível integrar vários sensores e seus receptores em rede. [...] Os sensores inteligentes ainda podem ser agregados à outras áreas da Indústria 4.0, como a Inteligência Artificial. Um exemplo típico, e bem atual, dessa potencialidade são os corretores ortográficos e algoritmos de reconhecimento de padrões de busca, que armazenam dados dos usuários e já oferecem correções de palavras cada vez mais coerentes com o sentido da frase, ou sugestões para compras em função de pesquisas recentes (TOTVS, 2018).

Dispositivos dotados com sensores poderão operar conectados a uma rede remota, sustentando coleta e processamento de dados. Mais do que simples objetos, praticamente qualquer componente na cadeia logística, desde os instrumentos de operação à mercadoria transportada, poderá ser elemento digitalizado por meio dos sensores que conectados à *internet*, formarão uma rede que confunde coisas e dados. Assim, a chamada “internet das coisas”, tende a ser revolucionária para os meios de transporte. Com isso, é possível não apenas monitorar instantaneamente os objetos, mas também torná-los canais de produção de dados e conseqüentemente, de informações.

O avanço proporcionado pelo sensoriamento remoto permitirá a coleta autônoma de dados em tempo real, acompanhando ativos e sua vida útil, otimizando as operações e práticas de manutenção. Para concretude dessa tecnologia no ambiente naval, especialistas apontam a necessidade de uma arquitetura de rede com algumas características:

A robust wireless networking architecture for the shipping industry will require sensors with a number of characteristics: self-calibration, fault tolerance, high transmission capabilities, wireless capabilities, environmentally friendly materials for easy disposal, robustness, ultra-low energy consumption, miniaturised, ability to provide active behaviour, and ability to work on network modules (master-slave layouts). Essential and non-essential equipment onboard will be able to monitor, manage and control its status. Furthermore, equipment will be able to warn operators when they are about to run out of

circulating liquids, or when they are about to require maintenance (LLOYD'S REGISTER et al., 2015, p. 52)²².

Levando em conta que a tecnologia de sensores é uma opção acessível para implementação em massa, é possível perceber nela um crescimento possivelmente exponencial melhorando como consequência o processo de coleta de dados e de tomada de decisão por parte de operadores do sistema naval que envolve atividades embarcadas ou em terra. Tecnologias como o *Big Data* e a robótica serão vastamente amparadas pela expansão dos sensores, viabilizando-as como consequência.

As incertezas apontadas para o uso dos sensores referem-se: a infraestrutura de internet, uma vez que as redes precisarão ser ágeis e com largura de banda suficiente para integrar sensores e receber os dados; há ainda a questão da qualidade dos dados, uma vez que as grandezas informadas devem corresponder ao padrão de leitura a fim de não incorrer em insegurança de informação. A questão da segurança cibernética, com a devida proteção dos sensores de interferências externas, como vírus e pirataria, devem ser uma preocupação constante, tendo em vista que a alteração na leitura dos sensores pode gerar problemas críticos nas operações baseadas neles.

3.3.5 Comunicação

Mais do que as tecnologias em si, a infraestrutura de rede que ampare as modalidades tecnológicas no fluxo de dados será imprescindível para uma plena integração das tecnologias e das aplicações que delas se espera. Evitar o congestionamento a fim de que processos inteiros não fiquem paralisados, é, pois, um grande desafio. A infraestrutura das comunicações torna-se assim fator crítico de sucesso.

Os navios nos moldes atuais são geradores de muitos dados transmitidos às bases operacionais. Para amparar esse fluxo, a comunicação sem fio tem sido largamente adotada. Por meio da modulação de ondas eletromagnéticas, os dados são transmitidos entre os diversos receptores. A fim de evitar problemas no tráfego de dados e informações, é ponto fulcral o alargamento de banda.

²² Uma arquitetura de rede sem fio robusta para o setor de transporte marítimo exigirá sensores com várias características: auto-calibração, tolerância a falhas, alta capacidade de transmissão, capacidade sem fio, materiais ecológicos para fácil descarte, robustez, consumo de energia ultrabaixo, capacidade miniaturizada para fornecer comportamento ativo e capacidade de trabalhar em módulos de rede (layouts mestre-escravo). Os equipamentos essenciais e não essenciais a bordo poderão monitorar, gerenciar e controlar seu status. Além disso, o equipamento poderá avisar os operadores quando estiverem prestes a ficar sem líquidos em circulação ou quando estiverem prestes a exigir manutenção (Tradução nossa).

Nesse sentido, deverão ser estendidos os serviços de banda larga via satélite. Há, segundo Lloyd's Register et al. (2015), a estimativa de que mais países entrem no mercado espacial até 2030, tornando mais acessíveis os serviços de satélite. A interoperabilidade entre diferentes servidores como o GPS (norte-americano), o GLONASS (russo), o COMPASS (chinês) e o GALLILEO (sistema de navegação por satélite concebido pela União Europeia).

Novamente aqui, a questão da segurança é uma condição de possibilidade de uma estrutura tão ousada quanto essa. Cabe observar a influência de questões geopolíticas nesse cenário de intensificação do uso do espaço. No momento em que questões espaciais assumem contornos estratégicos para países e blocos regionais, não é de se ignorar uma possível militarização desse ambiente com possíveis ataques inclusive partindo de agentes estatais.

Outro importante recurso de comunicação que deverá entrar em atividade alargando as possibilidades de tráfego de dados é a tecnologia “5G”. Conhecida como nova geração de rede móvel de internet, oferece a possibilidade de *download* (recebimento de dados) e *upload* (envio de dados) de forma mais rápida com maior cobertura de área e conexões mais estáveis, e, portanto, mais confiáveis. Trata-se exatamente da possibilidade de conectar o maior número de dispositivos simultâneos à rede. Drones que sirvam de amparo a navios, por exemplo, poderiam trabalhar de forma integrada baseados em uma rede de internet mais robusta (WALL, 2018).

Nova geração de servidores de internet baseadas em maior competitividade da rede de satélites global, novas tecnologias como o 5G, são, portanto, boas perspectivas no necessário suporte estrutural às altas demandas de tráfego de dados que tendem a se acentuar com o crescente uso de sensores e dispositivos conectados à internet. O transporte marítimo tende a se beneficiar muito desses recursos tendo em vista a velocidade de identificação e rastreamento de cargas, estruturas e objetos, adaptando-se à necessidade de prestação de serviço atenta a manter contratantes de serviços constantemente informados e cientes do que acontece em toda a cadeia de suprimentos da logística.

3.3.6 Construção naval

Marcada por um intenso uso de mão de obra, também a construção naval está diante de novas perspectivas tecnológicas que passam desde a concepção dos projetos, pela produção nos estaleiros, pela manutenção durante a vida útil e desfazimento dos navios. Há uma grande tendência de a robótica tomar parte definitivamente no processo de construção de navios. A título de exemplo, empresas como a Hyundai Heavy Industries e a Daewoo Shipbuilding & Marine

Engineering, já usam automação para construir grandes estruturas de grandes navios mercantes com até 400 metros de comprimento. Segundo Silva (2019):

As principais características dessa nova fase da indústria são a utilização cada vez mais comum de câmeras e sensores nos processos industriais, o ajuste e manutenção de máquinas feito remotamente e a baixa emissão de ruídos, com máquinas cada vez mais silenciosas e pouco fluxo de trabalhadores.

Há a perspectiva de que até 2030 a indústria da construção naval deverá contar com uma automação cada vez mais crescente, com *softwares* de *design* que a partir de algoritmos acelerem o processo de elaboração do desenho industrial e ainda, maior interface entre computadores e humanos através de comandos de voz, gestos ou movimento dos olhos. A fabricação aditiva, ou o uso das impressoras 3D poderia produzir peças *in loco* (as impressoras 3D disponíveis, contudo, não são facilmente escaláveis por serem ainda lentas) (LLOYD'S REGISTER et al., 2015, p. 62).

A integração dessas novas tecnologias tende a melhorar o estaleiro, bem como a eficiência dos projetos e a produção. Elas têm, contudo, segundo Lloyd's Register et al (2015), alto custo de entrada; a fabricação aditiva, por exemplo, grande promessa para o novo modelo de construção naval - impressão 3D à base de metal - é hoje liderada pelos Estados Unidos, pelo Japão e pela Alemanha, criando certa dependência dessa tecnologia em relação a esses países, ao mesmo tempo em que suas empresas lograriam competitividade mais avançada.

3.3.7 Propulsão e alimentação

A questão ambiental movida por pressão social deverá exigir uma readaptação de fontes energéticas embarcadas mais limpas, com menor impacto de emissão de gases nocivos à atmosfera. Não é apenas o fator ambiental, contudo, o motivador à busca de novas fontes de energia, uma vez que combustíveis à base de hidrocarbonetos demonstram diversos graus de incerteza, como preço flutuante e questões geopolíticas que ameaçam o abastecimento energético.

Para exemplificar o impacto de resoluções internacionais sobre a navegação comercial em todo o mundo, podemos citar a regra emitida no primeiro dia de 2020 pela Organização Marítima Internacional (IMO – *International Maritime Organization*) que preconiza uma drástica redução na emissão de enxofre na atmosfera. A presença de enxofre permitida no combustível do navio passou de 3,5% para 0,5%. A regra, conhecida como IMO-2020, terá grandes

imediatas consequências sobre os custos das empresas de navegação, uma vez que o óleo combustível pesado largamente utilizado demandará acoplagem de filtros para atender à demanda, ou mesmo a substituição de combustível, elevando custos ao cliente final (BBC, 2020).

O objetivo de redução de custos sempre buscado pelas marinhas mercantes não deverá prescindir de uma busca na redução de custos, inclusive nos combustíveis. Com a perspectiva de crescimento da frota mundial e possíveis quadros de sobrecapacidade (maior quantidade de navios do que demandas de carga), custos operacionais básicos como o dos combustíveis associado a uma propulsão mais eficaz tende a ser foco de preocupação da parte de desenvolvedores da indústria naval. Embora uma alta oferta de combustíveis à base de carbono possa desestimular a pesquisa por novas fontes, fatores regulatórios e sociais associados a um planejamento de mais longo prazo, continuarão a mover a busca por combustíveis mais limpos e eficazes associados a sistemas de propulsão mais adequados (LLOYD'S REGISTER et al., 2015, p. 64).

3.3.8 Navios inteligentes

É precisamente nos navios e em sua *interface* com o controle em terra que a integração das tecnologias precedentes manifesta o potencial esperado pela revolução tecnológica. Navios com melhor coleta e comunicação de dados, com possível automação e melhora de desempenho no manejo de cargas indica uma otimização de toda a cadeia do transporte marítimo de empresas e países capazes de ter a seu alcance o embarque de tecnologias avançadas. Critérios como a implementação da tecnologia, a segurança e legislação que ampare o tráfego de navios autônomos fazem com que não esteja claro em perspectiva de tempo, quando essa nova modalidade pode a ser o novo paradigma no transporte marítimo (NSSL GLOBAL, 2017).

É necessária uma distinção entre o navio estritamente autônomo – ou navio inteligente – com alto grau de poder de decisão ao longo do curso da rota e os drones de navegação pelo mar. Ambos se distinguem essencialmente pelo grau de autonomia, sendo o drone o mais possível a curto prazo levando em consideração as diversas variáveis que envolvem a operação de navios dessa natureza:

Firstly, it is important to define terms. Autonomous and drone are often used interchangeably in relation to vessels, however there are significant differences between the two that need to be established.

A fully autonomous ship would have the ability to make navigational decisions using its on-board Navigation & Management Computer, collecting and processing masses of data from each of its on-board operating systems in order to

safely navigate the ship from one port area to another, without human intervention. Due to the regulatory and safety concerns involved it is almost inconceivable that most commercial shipping will ever become fully autonomous. Drone ships whereas, are an altogether more likely proposition. Whilst also crewless, a drone ship would be remotely controlled throughout her voyage from a ship control centre, piloted by senior navigation staff, who could rely on on-site engineering staff to overcome any technical issues that may arise²³ (NSSL GLOBAL, 2017, p. 3).

Em termos de viabilidade, navios com número mínimo de tripulação ou operados aos moldes de um drone, à distância estão sendo considerados uma vez que é possível que um único indivíduo em terra seja capaz de monitorar e decidir sobre aspectos de um grupo de navios, como segurança e localização. Analistas da NSSL GLOBAL (2017), um provedor internacional de serviços de comunicação via satélite, apontaram, contudo, que para que essa modalidade de navios de transporte de carga não perigosa seja vista como segura e economicamente viável deve haver um prazo de pelo menos uma década. Isso a considerar países com empresas que já consideram seriamente essa possibilidade.

Para que um navio alcance a possibilidade de crescente processo de automação mesmo que remotamente controlado, deverá se basear nos “7 V’s” do *Big Data*, desde a coleta de dados confiáveis a um processo de decisão assertivo. Desse modo, a integração de sensores e a infraestrutura de comunicação são imprescindíveis, associados à segurança cibernética. Com efeito, assim são as operações na Indústria 4.0: tecnologias combinadas e integradas, fazendo emergir novas possibilidades de produção e prestação de serviços, como o transporte. É imprescindível no navio inteligente a combinação de diversas tecnologias:

Some of the many sources on-board from where data must be managed and forwarded ashore include: • live camera monitoring and navigation management • engine management and control • rudder control • radar scanning and avoidance • speed log/gyro heading monitoring • echo sounder depth scanning • GPS and the dynamic positioning system and many other elements besides. In particular, the live camera monitoring and navigation will have a data-hungry requirement (NSSL GLOBAL, 2017, p. 4)²⁴.

²³ Em primeiro lugar, é importante definir termos. Autônomo e drone são frequentemente usados de forma intercambiável em relação aos navios, no entanto, existem diferenças significativas entre os dois que precisam ser estabelecidas. Um navio totalmente autônomo teria a capacidade de tomar decisões de navegação usando seu Computador de Navegação e Gerenciamento a bordo, coletando e processando grandes quantidades de dados de cada um de seus sistemas operacionais a bordo, para navegar com segurança pelo navio de uma área portuária para outra, sem intervenção humana. Devido às preocupações regulatórias e de segurança envolvidas, é quase inconcebível que a maioria das remessas comerciais se torne totalmente autônoma. Os navios-zangão são uma proposição mais provável. Embora também sem tripulação, um navio drone seria controlado remotamente durante toda a sua viagem a partir de um centro de controle de navios, pilotado por funcionários de navegação seniores, que poderiam contar com a equipe de engenharia no local para superar quaisquer problemas técnicos que possam surgir (Tradução nossa).

²⁴ Algumas das muitas fontes a bordo de onde os dados devem ser gerenciados e encaminhados em terra incluem: • monitoramento de câmera ao vivo e gerenciamento de navegação • gerenciamento e controle de motor • controle

O ganho em eficiência e eficácia perseguido pelos gestores do transporte marítimo, ao que indica Lloyd's Register et al., (2015, p. 68) parece ter chegado a um nível de grande maturidade no que diz respeito à evolução da tecnologia física (motor, casco, propulsão) e agora o avanço tecnológico tende a apontar na direção dos “*softwares*”, precisamente de tecnologias digitais inteligentes com capacidade de processamento de dados.

3.4 Potencializando a Containerização

A celebrada agilidade e o baixo custo do trânsito de produtos entre diversos países pelas vias marítimas tem como principal elemento logístico que torna essa realidade possível, o uso do contêiner. Dentre os transportes de carga, o de contêiner cresceu à maior taxa desde 1980: “*La carga contenedorizada fue la que aumentó más rápidamente, con una tasa promedio de crecimiento anual del 8 % entre 1980 y 2018*²⁵” (UNCTAD, 2019, p. 7)

Tem sido observada uma menor taxa de crescimento do transporte por contêiner desde 2017, indicando a necessidade de maior otimização nessa modalidade. A (UNCTAD) aponta que em 2018, incertezas globais e fragilidade de mercados, além da insegurança frente a novas exigências ambientais da IMO com relação à liberação de enxofre por navios (que trará sérias consequências financeiras) reduziram a taxa de crescimento anual do transporte marítimo de contêiner apresentando crescimento em termos de tonelagem transportada de 6% em 2017 para 2,6% em 2018 (UNCTAD, 2019 p. 12):

de leme • varredura e prevenção de radar • monitoramento de registro de velocidade/ giroscópio • profundidade da sonda de eco varredura • GPS e o sistema de posicionamento dinâmico e muitos outros elementos além disso. Em particular, o monitoramento e a navegação das câmeras ao vivo terão um requisito que requer muita informação (Tradução nossa).

²⁵ A carga por contêiner foi a que teve o aumento mais rápido, com uma taxa de crescimento anual de 8% entre 1980 e 2018 (Tradução nossa).

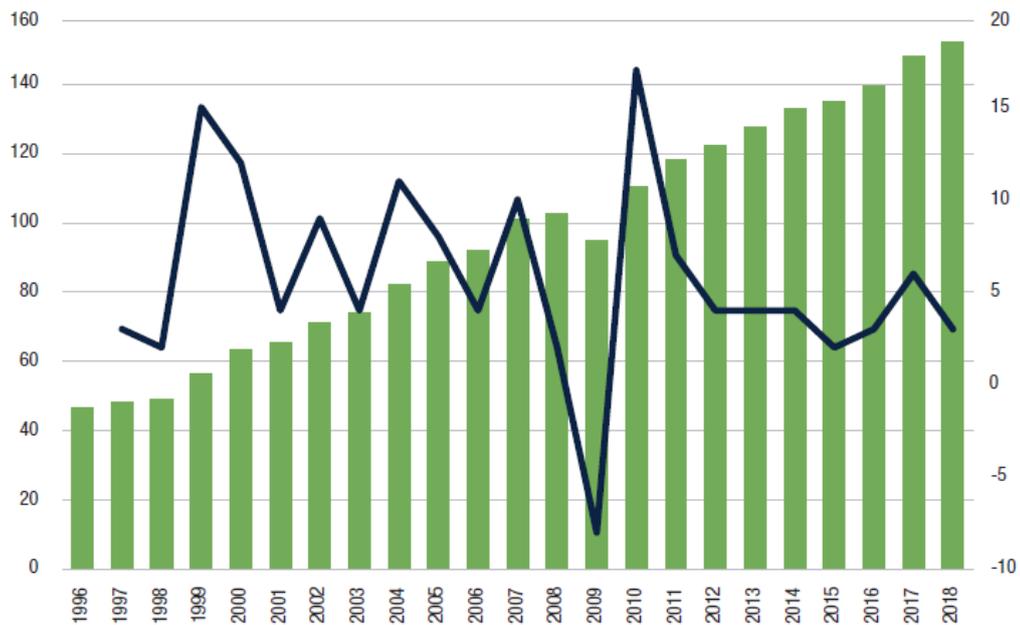


Figura 3 – Comércio mundial por contêiner (em TEU's e variação percentual anual)
Fonte: UNCTAD, 2019, p. 13

O sistema concebido no século XVIII e plenamente empregado no século XX, que previa o uso de grandes caixas para armazenamento e transporte de mercadorias não foi superado por outro modelo logístico; está, contudo, diante de um momento de potencialização de suas virtudes graças à tecnologia que torna possível maior controle das caixas de container e maior agilidade de fluxo.

Desde sua concepção, o chamado modelo de containerização perseguiu o objetivo estrutural próprio da marinha mercante: agilizar processos, otimizar custos e reduzir perdas. Desse modo, de acordo com Luci Gullo (2007), a própria logística internacional amparada pelo transporte marítimo obteve ganhos próprios equiparáveis a uma revolução:

A containerização é um importante elemento de inovação em logística que revolucionou o comércio internacional. Até então, a manipulação das mercadorias exigia um trabalho brutal de força humana, havia risco de danos à carga, ao manipulador, ao meio ambiente, além da facilidade de roubo. A utilização de contêineres padronizados reduziu o tempo de carregamento e descarregamento em portos, otimizou espaços de armazenamento e possibilitou a utilização intermodal no transporte de cargas, tornando todo esse processo mais rápido, seguro e eficaz.

A adoção do contêiner de cargas permitiu essa revolução no comércio internacional na medida em que segundo Fragelli (2004) viabilizou de melhor forma a distribuição e o aumento das riquezas mundiais, permitindo um acentuado crescimento na movimentação de mercadorias. Os contêineres surgiram:

para facilitar o transporte de carga geral, como são chamadas todas as mercadorias exceto os grãos, ou seja, minérios, grãos agrícolas, petróleo e seus derivados. Algumas cargas gerais, no entanto, não se prestam ao transporte em contêineres, como é o caso de veículos montados, que embarcam e desembarcam dos navios com sua própria propulsão, no sistema conhecido como ro-ro. Entretanto, uma grande quantidade de bens é passível de acondicionamento em contêineres, visando facilitar o seu transporte. A proporção das mercadorias transportadas por meio de contêineres tem crescido continuamente, e produtos como arroz e café, que eram embarcados como grãos, estão sendo acondicionados em contêineres (LACERDA, 2004, p. 217).

O próprio tempo de trânsito de cargas proporcionou às empresas o ganho em um aspecto estratégico: melhor controle dos estoques e sua redução, uma vez que estoque elevado é imediatamente associado a custos. Permitiu ainda maior confiabilidade em prazos, o que permitiria firmar certo grau de previsibilidade na logística de matérias-primas e de produtos finais. Também o tempo de permanência de navios em portos e seu volume de fluxo de produtos foram altamente impactados (FRAGELLI, 2014, p. 7).

A necessidade de criar escala para manter a competitividade no mercado em expansão no período pós-segunda guerra, se amparava na superação de requisitos como velocidade, confiabilidade e segurança. Diante dessa necessidade, o modelo de contêiner materializou sua plena adoção, tendo em vista a padronização necessária para operações ágeis e reconhecidas em distintos contextos e países, conforme Thomas (2001, p. 1 apud FRAGELLI, 2014, p. 9):

A containerização de carga alterou o transporte marítimo, mudou os padrões do comércio, as rotas oceânicas, o tamanho e o desenho dos navios de carga geral, o equipamento de movimentação das cargas e sua operação, o transporte terrestre os terminais, as práticas comerciais e procedimentos alfandegados, sistemas de comunicação, trabalho no porto e navios.

O contêiner vastamente utilizado no transporte mundial de cargas permitindo aumento relevante do transporte de mercadorias é em linhas gerais definido pela *International Standards Organization – ISO*, e pode, conforme Vieira (2009, p. 63), ser expresso como²⁶:

[...] um cofre de carga móvel, ou seja, provido de dispositivos que permitem a sua manipulação desenhada para o transporte multimodal; apto para o uso reiterado; dotado de marcas e sinais de identificação; com volume interno de, no mínimo, 1 m³. O material de construção mais utilizado na fabricação de contêineres é o aço, que tem como vantagens seu custo relativamente baixo e sua alta resistência.

²⁶ Importante observar que as características dos contêineres se adaptam diante dos conteúdos a que se destinam (líquidos, gasosos ou granulados, explosivos, materiais tóxicos, biológicos, frágeis, radioativos ou químicos, corrosivos, animais, alimentos etc.).

O contêiner possui especificações de padronização que visam facilitar seu transporte e manuseio a nível internacional. Essa padronização permite à indústria naval em geral, a projeção de navios adaptados às dimensões dos contêineres: “A medida-padrão adotada para contêineres é o *Twenty Equivalent Unit (TEU)*²⁷, que representa um contêiner com 20 pés de comprimento. Sendo assim, é comum referir-se à capacidade dos navios em relação ao número de TEU de capacidade de transporte (por exemplo, um navio de 6.000 TEU)”

Os navios de carga de contêiner são categorizados pela sua capacidade de armazenamento:

Os navios de carga geral do tipo porta-contêineres são classificados de acordo com sua capacidade de transporte em TEUs e podem ser assim apresentados: a) Panamax: até 3.999 TEUs e largura máxima de 32,3 metros; - Pós-Panamax: acima de 4.000 TEUs; - VLCS (*Very Large Container Ship*): acima de 7.500 TEUs; - ULCS (*Ultra Large Container Ship*): acima de 10.000 TEUs (NOBRE e SANTOS, 2005, p. 4).

Com efeito, uma vez adotado o modelo e a estrutura do contêiner concebida para as atividades fins específicas, esse sistema composto ainda por máquinas portuárias e de infraestrutura terrestre, não deixou de prescindir de constantes desenvolvimentos tecnológicos em harmonia com as necessidades próprias do crescente comércio internacional e das possibilidades tecnológicas oferecidas em cada período. Em busca de otimizar a confiabilidade de prazos, a facilitação de negócios e redução de custos, o complexo sistema da containerização encontra diante da indústria 4.0, da revolução digital, uma nova oportunidade de se aprimorar e seguir competitivo.

Há estimativas no setor de transporte marítimo de que até 2030, os navios porta-contêiner serão não apenas mais eficazes, mas terão sua eficácia associada a uma maior eficiência energética, mais ecológicos, portanto e também mais “inteligentes”, no sentido em que embarcarão muita tecnologia com autonomia de decisão ou com necessidade reduzida de intervenção humana, em navios com crescente capacidade de armazenagem. Em um recorte de quinze anos, por exemplo, foi possível observar um crescimento de 240% na capacidade de carga desse tipo de navio, partindo de 8.000 unidades (ano de 2000) para 19.200 (ano de 2015) (LLOYD’S REGISTER et al., 2015, p. 64).

Conforme apontam Leonardo Zangrando, e Nick Chubb (2020, p. 36), a intensa atividade portuária de manejo de contêineres que podem chegar a 40 toneladas portando por vezes produtos químicos e sensíveis exige trabalho qualificado, repetitivo e atencioso. Atividades repetitivas e exaustivas abrem caminho para a falha humana, sendo esse um problema enfrentado

²⁷ Uma Unidade equivalente a 20 Pés: medida-padrão utilizada para calcular o volume de um contêiner.

pelo modelo 4.0. Nesse sentido, a automação poderia representar um ganho em eficiência e melhora na qualidade de trabalho de marítimos. Há portos como o de Roterdã, na Holanda em que grandes robôs de até 125 metros movimentam cargas contando com o trabalho humano apenas no que tange à supervisão das operações.

O problema do fluxo de estoque que é fator crítico para a logística nas empresas que atuam nos diversos modais, encontra particular necessidade de otimização da armazenagem para o transporte aquaviário marítimo tendo em vista os grandes volumes de mercadorias processadas em portos, podendo ocupar enormes espaços. Um porto é como um grande armazém, sendo sua eficácia medida pela eficiência em dar fluxo ao que estiver armazenado. Toda a cadeia de suprimentos é beneficiada pelo máximo encurtamento do tempo de armazenamento.

Olhados com atenção, os armazéns, que parecem apenas lugares de armazenagem de coisas, revelam ser espaço de operações logísticas complexas. Localizar caixas e seu conteúdo com precisão, sua origem e seu destino, define criticamente a capacidade de levar a bom termo o propósito de uma operação de fluxo de mercadorias. Essa tarefa é ainda mais exigente quando se trata de grandes estruturas como os armazéns portuários.

Os sensores conectados à *internet*, ou a tecnologia da “internet das coisas” teria muito a contribuir no sentido de monitorar mercadorias. Cada “coisa” que passa pelos contêineres nos navios e nos portos tendo sensores acoplados, recebe uma identidade própria digitalizada, minimizando as possibilidades de erro de rastreamento. Ao mesmo tempo, equipamentos e mesmo o manuseio manual com as cargas podem se tornar mais assertivos. Outro grande benefício possível por essa tecnologia, tem a ver com a maior possibilidade de segurança da carga, uma vez que sensores acoplados aos contêineres e à mercadoria potencializa muito sua rastreabilidade. Também os dados registrados nas operações portuárias, ao formar a base de um *Big Data* poderiam contribuir para melhores tomadas de decisão em operações futuras, melhorando eficiência e segurança (ZANGRANDO e CHUBB; 2020, p. 38).

Ainda no que diz respeito à automação, a robótica avançada tem grande potencial de incrementar o trabalho feito a partir dos armazéns ou mesmo, de reduzir drasticamente a atividade humana no manejo de mercadorias. Tecnologias recentes já difundidas no ambiente logístico, permitem que grande número de pedidos seja processado (escolha por produtos, embalagem, envio) sem, ou mínima, intervenção humana. Robôs conectados entre si por *internet* de rede são capazes de executar tarefas nos armazéns obedecendo a comandos vindos dos centros de operação (ZANGRANDO e CHUBB; 2020, p. 38).

A complexa cadeia de suprimentos globais possível pelo transporte marítimo conta com um robusto modelo concebido precisamente para que seja constante o movimento de mercadorias entre países dos diversos continentes. Atividades como a monitoração de cargas em tempo real, a coleta e integração de dados sobre a cadeia logística e o movimento automatizado nos portos são possibilidades que robustecem a containerização potencializando esse modelo ainda em voga. A logística automatizada tem como características a integração via internet, *on-line* e a velocidade da informação, *on-time*, proporcionando maior segurança de dados e menos erros (GRUPO WILSON SONS, 2019, p. 13).

3.5 Amparo Tecnológico aos Compromissos Ambientais em *Shipping*

A busca e o emprego de novas tecnologias no transporte marítimo perseguem a otimização própria à marinha mercante baseada em maior eficácia com menos recursos empregados. As diversas tecnologias apresentadas com potencial de otimizar operações e a potencialização no transporte e manejo de contêineres são motivações suficientemente justas para um movimento de incremento tecnológico por parte das grandes empresas do transporte marítimo. Há, contudo, um outro fator determinante para otimizar o uso de recursos no sistema do transporte marítimo: os compromissos ambientais fortemente incorporados à agenda das discussões globais e assumidos por diversos Estados.

É antiga a preocupação com questões ambientais. Surgiu como uma resposta à industrialização e se intensificou na chamada “era nuclear” com o receio de uma poluição nuclear em grande escala. Também o alerta feito em 1962 por Rachel Carson sobre o uso de pesticidas químicos atentando contra a saúde humana e o meio ambiente reforçou o movimento ambientalista. Vista do espaço pela primeira vez, em 1969, o planeta sugeria a imagem interdependente de um sistema vivo comum. Sendo crescente a mobilização global nesse sentido, a Organização das Nações Unidas (ONU) convocou em 1972 uma conferência sobre o tema em Estocolmo, na Suécia (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020).

Com o marco de uma primeira conferência global sobre a necessidade de preservação ambiental, a atenção ao tópico se fortaleceu, encontrando ponto alto na inserção da agenda pública com a realização da “Cúpula da Terra”, de 1992, no Rio de Janeiro. O principal produto da cúpula ficou conhecido como “Agenda 21”. As diretrizes desse documento solidificaram a percepção de crescimento econômico associado a cuidados com outras esferas da vida humana, com particular atenção ao cuidado com o planeta. Na Agenda 21,

os governos delinearão um programa detalhado para a ação para afastar o mundo do atual modelo insustentável de crescimento econômico, direcionando para atividades que protejam e renovem os recursos ambientais, no qual o crescimento e o desenvolvimento dependem. As áreas de ação incluem: proteger a atmosfera; combater o desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenir a poluição da água e do ar; deter a destruição das populações de peixes e promover uma gestão segura dos resíduos tóxicos (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020).

O chamado “desenvolvimento econômico sustentável” foi delineado em três grandes áreas: econômica, social e ambiental, encontrando respaldo ainda na chamada “Agenda 2030”, da mesma ONU. Elaboradas em 2015, um conjunto de dezessete metas inspira os países signatários a perseguir 17 objetivos de desenvolvimento sustentável associados a 169 metas na mesma direção para a agenda global (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2020). Assim, os diversos setores da economia estão sob compromissos assumidos a nível internacional, tornando-os participantes de um esforço global assumido a nível de regras de *compliance*.

A regulação do transporte marítimo precisa necessariamente lidar com o tema ambiental. A vigilância criada sobre a emissão de gases poluentes terá grave impacto na padronização da propulsão dos navios que deverá se basear em fontes com menor teor de substâncias com maior grau danoso. Além das mudanças no campo energético, deverá haver a necessidade de adaptação na estrutura dos navios como filtros para chaminés de emissão de gases. É muito discutido a esse respeito o prazo de adaptação às regras, tendo em vista os recursos de que as empresas deverão dispor nesse processo de adaptação com exigências crescentes.

A nível do vasto setor marítimo é a Organização Marítima Internacional (OMI) o fórum responsável por absorver a proposição dessa agenda e regular a respeito. Criada em 1948 como um organismo especializado da ONU, a OMI é guiada por três propósitos basilares que têm em vista auxiliar os países na governança do mar: “promover mecanismos de cooperação; segurança marítima e a prevenção da poluição; remoção dos óbices ao tráfego marítimo” (MARI-NHA DO BRASIL, 2020).

A OMI dedica particular empenho em reduzir a emissão de gases de efeito estufa no meio ambiente por meio dos navios propondo elevadas metas de descarbonização do setor marítimo por diversos níveis:

1. Carbon intensity of the ship to decline through implementation of further phases of the energy efficiency design index (EEDI) for new ships. To review with the aim to strengthen the energy efficiency design requirements for ships with the percentage improvement for each phase to be determined for each ship type, as appropriate;
2. Carbon intensity of international shipping to decline To reduce CO2 emissions per transport work, as an average across international shipping, by at

least 40% by 2030, pursuing efforts towards 70% by 2050, compared to 2008; and

3. GHG emissions from international shipping to peak and decline To peak GHG emissions from international shipping as soon as possible and to reduce the total annual GHG emissions by at least 50% by 2050 compared to 2008 whilst pursuing efforts towards phasing them out as called for in the Vision as a point on a pathway of CO₂ emissions reduction consistent with the Paris Agreement temperature goals (INTERNATIONAL CHAMBER OF SHIPPING, 2018, p. 09)²⁸.

Os esforços nesse sentido já tomam grande proporção na indústria naval. Resultado de uma alteração no anexo VI da chamada Convenção MARPOL (Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios), adotada pela OMI em 2011, foi emitido o primeiro acordo global a ser aplicado na indústria naval que preconizava que navios entregues a partir de 2025 deveriam ser pelo menos 30% mais eficientes em CO₂ do que navios anteriores. Em resposta ao acordo das mudanças climáticas de Paris, firmado em 2015 com metas para entrar em execução a partir de 2020, o Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marítimo (*MEPC* – em inglês) da OMI estabeleceu em abril de 2018 a ousada meta de eliminar gradualmente as emissões de carbono em até 50% do que é liberado hoje pelos navios em todo o mundo até o ano de 2050 (INTERNATIONAL CHAMBER OF SHIPPING, 2018, p. 08).

De acordo com a *International Chamber of Shipping* (2018, p. 10), associação comercial global de armadores e operadores que se debruçam sobre questões regulatórias e seus impactos, essa eliminação gradual das emissões de gases de efeito estufa só serão tecnicamente possíveis quando amparadas por novos combustíveis e sistemas de propulsão. A mesma associação observa que esse passo só será possível com o devido suporte dos governos dos países interessados na indústria naval investindo na pesquisa e desenvolvimento dessas novas tecnologias.

Embora diversas possibilidades tecnológicas estejam em análise para tomar parte na indústria do transporte marítimo internacional, aquelas que se relacionam com a diminuição de emissão de gases poluentes ocupam lugar de destaque. Compromissos ambientais assumidos terão forte impacto no planejamento e na adaptação dos navios. Problema central para tornar

²⁸ 1. Intensidade de carbono do navio em declínio através da implementação de outras fases do índice de projeto de eficiência energética (EEDI) para novos navios Revisar com o objetivo de fortalecer os requisitos de projeto de eficiência energética para navios com a porcentagem de melhoria para cada fase a ser determinada para cada tipo de navio, conforme apropriado; 2. Intensidade de carbono do transporte internacional em declínio. Reduzir as emissões de CO₂ por trabalho de transporte, em média no transporte internacional, em pelo menos 40% até 2030, prosseguindo esforços em direção a 70% até 2050, em comparação com 2008; e 3. Emissões de GEE provenientes do transporte internacional atingem o pico e o declínio: Pico das emissões de GEE provenientes do transporte internacional o mais rápido possível e reduzir o total anual de emissões de GEE em pelo menos 50% até 2050 em comparação a 2008, enquanto prosseguem os esforços para eliminá-los conforme exigido na visão como um ponto em um caminho de redução de emissões de CO₂ consistente com as metas de temperatura do Acordo de Paris. (Tradução nossa).

sustentável e alinhado às aspirações globais pelo cuidado com o ecossistema, a *International Chamber of Shipping* (2018, p. 36 - 37) aponta possíveis alternativas energéticas a serem desenvolvidas com o suporte tecnológico disponível:

- Baterias. Avanços na química e na tecnologia poderiam viabilizar que grandes navios com imensa tonelagem fossem movidos por fontes renováveis de energia, ampliando o uso já feito em pequenas embarcações. Inviabilizam hoje essa aplicação os altos custos e os materiais disponíveis para produção dessas grandes baterias, além da necessidade de se criar infraestrutura global para dar suporte ao reabastecimento e manutenção; mas a pesquisa focada na resolução desses entraves pode viabilizar o uso da bateria em navios de carga.
- Hidrogênio. Estão em andamento pesquisas que visam produzir hidrogênio a partir da água por meio de processos termoquímicos. Custos de produção, transporte e armazenamento e especificidades químicas do hidrogênio sugerem, contudo, menor eficiência e necessidade de mais atenta gestão de riscos, sendo ainda obstáculos.
- Amônia. O uso da amônia é levado em consideração no sentido de se tornar meio de transporte do hidrogênio, associando-os. A amônia tem, contudo, propriedades nocivas à saúde humana, tornando-a um problema de segurança. Melhorias no manejo dessa substância são o foco do desenvolvimento das pesquisas.
- Combustíveis nucleares. Combustíveis nucleares são apontados como uma excelente opção para aplicação em navios mercantes. Um único reator nuclear é capaz de prover energia por muitos anos. O obstáculo está no estigma que envolve a aplicação dessa fonte de energia por parte de governos.
- *Methanation technology*. Iniciativa de empresas japonesas sob liderança da *Mitsui O. S. K. Lines LTD.* (empresa de navegação marítima) um grupo de trabalho de reciclagem de carbono já se empenha em analisar a possibilidade de produzir combustível marítimo sem carbono por meio da “metanação”. Em suas políticas a empresa indica o objetivo de reduzir a zero a emissão de gases de efeito estufa. A tecnologia de metanação usa o CO₂ como matéria-prima de um combustível mais limpo (SHEN, 2020).

Os desafios no sentido de adaptação às exigências climáticas requerem uma reestruturação da indústria de construção naval passando necessariamente pela inovação tecnológica. Alcançar a integração de tecnologias disponíveis para honrar os desafios propostos pela OMI, é uma atividade necessária para a indústria naval que precisa de:

new ship designs, equipment, propulsion systems and alternative fuels to achieve the CO₂ reduction goals established by the Paris Agreement on climate change, and the specific objectives now established for international shipping by IMO as part of its GHG reduction strategy. It was agreed that the shipping industry needs to use all available technology to a much greater extent, and increase technological innovation to reduce CO₂ emissions to the ambitious level required by the international Community (INTERNATIONAL CHAMBER OF SHIPPING, 2018, p. 38)²⁹.

Os problemas ambientais não se restringem ao fator energético. Pelo grande porte e grandes distâncias que percorre, o navio de carga tem o potencial de grande ingerência no ambiente marítimo. É sempre destacada a dificuldade em lidar com a água de lastro captada pelos navios para equilibrar seu calado e garantir a segurança operacional. Ao levar para dentro dos tanques de água projetados para esse fim espécies exóticas podem promover uma bioinvasão ao despejá-los em águas distantes.

Inspiradas pela MARPOL, empresas buscam desenvolver novas tecnologias no sentido de promover o tratamento da água de lastro antes de seu despejo no mar: “A indústria naval também tem sido bastante ativa auxiliando na condução do problema das espécies marinhas invasoras e participa ativamente do grupo de trabalho de água de lastro do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente Marinho da IMO (MEPC)” (MMA, 2012).

Questões como o prejuízo ambiental possível pelo despejo da água de lastro demonstram que o sistema de transporte marítimo precisa lidar com antigos problemas de forma inovadora para ser sustentável. A indústria 4.0 contribui para esse fim. Implementar e integrar tecnologias com o objetivo de se atingir resultados claros manifestos em metas é parte da natureza do novo paradigma tecnológico.

A acelerada troca de informações obtidas na aprendizagem da coleta de dados pode sugerir caminhos de intercâmbio na indústria naval que possibilite a adoção de tecnologias nos navios e em todo o ecossistema do transporte marítimo concorrendo para o mesmo fim: tornar o transporte marítimo o mínimo possível danoso ao ambiente.

²⁹ novos projetos de navios, equipamentos, sistemas de propulsão e combustíveis alternativos para atingir as metas de redução de CO₂ estabelecidas pelo Acordo de Paris sobre as mudanças climáticas e os objetivos específicos agora estabelecidos para o transporte internacional pela IMO como parte de sua estratégia de redução de GEE. Foi acordado que o setor de transporte marítimo precisa usar toda a tecnologia disponível em uma extensão muito maior e aumentar a inovação tecnológica para reduzir as emissões de CO₂ para o nível ambicioso exigido pelo internacional (Tradução nossa).

3.6 Sistema Automatizado de Dados Alfandegários

A transição para o avanço tecnológico capaz de poupar recursos não diz respeito apenas à tecnologia física embarcada na estrutura dos navios ou nas infraestruturas de apoio, como a portuária. Para o comércio marítimo internacional, a variável ‘tempo’ é um recurso em constante via de otimização. Melhorar processos a partir de uma melhor gestão de dados e informações com o amparo tecnológico pode reduzir custos e tempo, minimizando atrasos e conferindo maior competitividade aos processos do transporte marítimo internacional.

Tendo em vista o auxílio alfandegário a países em situação de desenvolvimento e em sintonia com os objetivos da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, a Conferência das Nações Unidas sobre o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD – sigla em inglês) desenvolveu o Sistema Automatizado de Dados Alfandegários (*Automated System for Customs Data - ASYCUDA*)³⁰.

Programa de assistência técnica da UNCTAD, o ASYCUDA UNCTAD (2020) “é um sistema integrado de gerenciamento alfandegário para operações de comércio e transporte internacionais em um ambiente automatizado moderno” que por meio de *softwares* avançados presta auxílio às administrações alfandegárias e à comunidade do comércio marítimo dos países em conformidade aos padrões internacionais viabilizando melhor coleta de receita e o fortalecimento das instituições governamentais de comércio.

Essa iniciativa possibilita coletar, processar e analisar os dados de receita sobre o tráfego marítimo. Em países em desenvolvimento com receita significativa advinda do comércio marítimo, otimizar esse processo pode significar maior disponibilidade de recursos domésticos. Ativo em mais de 90 países, é o programa de apoio da UNCTAD contribui para a automação e modernização de sistemas aduaneiros:

Através do seu programa ASYCUDA, a UNCTAD visa:

- Modernizar as operações alfandegárias e ajudar a melhorar a cobrança de receitas
- Facilitar a eficiência e a competitividade do comércio, reduzindo substancialmente o tempo e os custos das transações
- Melhorar a segurança, simplificando os procedimentos de controle de carga, trânsito de mercadorias e liberação de mercadorias
- Ajudando a combater a corrupção, aumentando a transparência das transações
- Promover o desenvolvimento sustentável, reduzindo o uso de papel, através do uso de transações e documentos eletrônicos (UNCTAD, 2020).

³⁰ Sistema Automatizado de Dados Aduaneiros (Tradução nossa).

Melhorar processos a partir de uma análise de dados mais precisa que forneça informações para melhorar a assertividade no processo decisório é estratégico para países e empresas competitivas. A poupança de recursos, é particularmente estratégica para economias em desenvolvimento. Estruturas de suporte à gestão da informação como o ASYCUDA revelam o potencial da integração de tecnologias no desenvolvimento sustentável dos países.

3.7 Maturidade das Tecnologias no Transporte Marítimo

O setor de transporte marítimo tradicional, como os diversos outros setores da economia, vislumbra oportunidades na mudança para o paradigma 4.0. Um paradigma produtivo não tem outro fim a não ser a proposta de incremento à criação de valor para os modelos de negócio. O principal elemento capaz de criar valor na indústria 4.0 é a informação digital que auxilia nos processos de decisão otimizando as operações das empresas com vista a atingir seus fins.

As empresas de navegação precisarão não apenas de novas tecnologias, mas também usar com mais eficiência tecnologias já em uso e implementar novas abordagens para gerir sua infraestrutura, força de trabalho e operações, passando inclusive pela mudança na cultura organizacional das empresas a novos processos de tomada de decisão (AIELLO et al., 2020).

Conforme observa Aiello et. al. (2020), diante do surgimento desse novo paradigma, cabe perguntar pela preparação da presente indústria naval para absorver a quarta revolução industrial, observando os desafios gerenciais concretos. Com efeito, são muitas as possibilidades tecnológicas, mas o grau de maturidade para sua implementação, ou o ambiente empresarial e o sistema de transporte marítimo precisarão superar práticas desatualizadas e a fragmentação do sistema.

Se é verdade que a quarta revolução industrial é uma tendência, há ainda perguntas em aberto sobre sua implementação e o rompimento de lacunas entre as promessas tecnológicas e seu uso concreto:

[...] existe uma lacuna significativa entre o estado da arte atual em relação à implementação de um novo modelo de negócios digitalizado, tanto do ponto de vista tecnológico quanto organizacional. Em particular, embora seja verdade que, nas embarcações, mais e mais informações sejam coletadas e armazenadas como dados, seu envolvimento nos processos de tomada de decisão ainda é muito limitado; portanto, esse conhecimento contribui apenas em uma extensão limitada para o fortalecimento da cadeia de valor. Se a quarta revolução industrial conseguirá atingir esses objetivos, ainda é difícil dizer, considerando que a jornada de digitalização ainda é nos primeiros dias, no entanto, uma tendência para a digitalização é evidente. No entanto, o atual nível de implementação é desigual e fragmentado, e práticas operacionais desatualiza-

das, como relatórios manuais de dados, ainda são uma prática industrial comum. Além disso, uma padronização global do processo de implementação seria aconselhável para apoiar os atores industriais na direção de uma direção e uma meta unificadas (AIELLO et al., 2020, p. 29).

O vislumbrado horizonte dos navios autônomos empregados no transporte marítimo internacional carece de um longo caminho de experimentação que passa pelo amadurecimento da tecnologia, mudanças estruturais nas empresas e apoio legal:

Cabe señalar que los “buques autónomos” o “buques marítimos autónomos de superficie” pronto podrían convertirse en realidad, lo que presagia mejoras en la seguridad y un mayor ahorro de costos al eliminarse el elemento humano de determinadas operaciones. No obstante, antes de la plena utilización de los buques autónomos en operaciones comerciales, es necesario probar la tecnología y elaborar los oportunos marcos y salvaguardias de tipo institucional y reglamentario³¹ (UNCTAD, 2019, p. XV).

A fim de projetar efetivamente uma transição de paradigma, é necessário avaliar as condições tecnológicas e sistêmicas que a viabilizem. A Direção Geral de Pesquisa e Inovação da UE encomendou um estudo que foi levado a cabo por um grupo de especialistas acerca da implementação de novos sistemas de tecnologia que façam a transição para a automação e autonomia nos diversos modais no continente, visando seu desenvolvimento e competitividade.

Esse estudo direcionado aos meios de transporte indica desafios a serem superados para a criação de valor a partir da integração tecnológica seja tangível e inspira a percepção dos desafios na implementação de um vislumbrado futuro de maior autonomia das embarcações. A análise aponta que há distintos níveis de maturidade tecnológica vigente e questões estruturais como a legislação e questões políticas que amparam ou impedem o emprego de novas formas de operação em cada modal de transporte com desafios e oportunidades na onda 4.0 (EUROPEAN COMMISSION, 2017).

Embora o projeto da comissão europeia tenha em vista as especificidades do continente em suas formulações, aponta para tópicos universais concernentes a uma transição de paradigma. Foram levantadas 25 variáveis que permitem compreender a elevada complexidade de fatores que condicionam uma mudança estrutural no transporte marítimo, conforme os analistas da *European Commission* (2017, p. 67 - 70):

- Legislação. Necessidade de legislação de integração aberta, política e padrões de integração: os sistemas que operam nos navios têm baixa integração com sistemas de outras

³¹ Deve-se notar que "embarcações autônomas" ou "embarcações autônomas de superfície" logo poderão se tornar realidade, renunciando melhorias na segurança e maior economia de custos, eliminando o elemento humano de certas operações. Entretanto, antes do uso completo de embarcações autônomas em operações comerciais, é necessário testar a tecnologia e desenvolver estruturas e salvaguardas institucionais e regulatórias apropriadas (Tradução nossa).

fabricantes, dificultando adicionar funcionalidades de outros sistemas e gerar padrões de operação.

- Segurança cibernética. A segurança contra ataques em sistemas de comunicação é concebida como requisito básico para elevar a automação no transporte aquaviário. Tendo em vista o grande volume e valor das cargas transportadas, a segurança é fator crítico, de modo que não se pode fazer uma transição paradigmática baseada em tecnologia sem o devido respaldo da segurança do tráfego de dados, das informações e do controle das embarcações.
- Sensores. Sistema de sensores para avaliação da área externa do navio: Tanto para o auxílio à decisão humana na condução do navio como para desenvolver a autonomia, um sistema bem coordenado de sensores capazes de sentir o ambiente em torno do navio se antecipando a eventos adversos.
- Padronização. Padronização na troca de dados entre o navio e o suporte em terra: a crescente troca de dados entre navios e operadores em terra, como os portuários exigirá padronização para essa interface. O navio digital deve usar a mesma “linguagem” que seu apoio em terra.
- Critérios de aceitação para a autonomia: a mudança tecnológica precisa estar amparada por uma mudança de concepção cultural que quebre a percepção estigmatizada em torno de projetos de veículos autônomos a fim de que os riscos que os envolvem sejam assimilados ao mesmo tempo em que se trabalha por seu constante aperfeiçoamento.
- Integração de sistemas de logística. Os sistemas de logística precisam se integrar com outros sistemas de gerenciamento de transporte de modo que as decisões tomadas no navio ou em terra sejam as melhores para ambas as partes.
- Manutenção com maior assertividade. Possibilidade de realizar manutenção com maior assertividade, substituição da manutenção feita por mão de obra humana pelo reparo preditivo e preventivo ao modo 4.0.
- Internet das coisas em áreas remotas. Manter a operação em circunstâncias de menor cobertura de internet exige o desenvolvimento de redes de dados que amparem a integração dos sensores da internet das coisas. Satélites de baixa órbita terrestre são apontados como viabilizadores de sustentação de rede nessas circunstâncias.
- Serviços de tráfego integrados. O gerenciamento de tráfego precisa operar *just in time* com sistemas comerciais de logística, otimizando o fluxo nos portos.

- Regras para o tráfego marítimo não tripulados. Elaboração de regras para o tráfego marítimo de navios não tripulados: a regulação de tráfego precisa dar suporte à circulação de embarcações com maior grau de automação.
- Política de operação portuária. Padronização de políticas portuárias para acesso de embarcações autônomas aos portos.
- Instalação de áreas e atividades de teste. Futuros modelos de embarcações autônomas precisarão de amplo teste para pesquisa e desenvolvimento de embarcações ainda sem autorização de tráfego.
- Legislação Europeia para embarcações não tripuladas. Necessidade de políticas e leis regionais para permitir o uso de embarcações autônomas³².
- Novos papéis para os pilotos. Com o advento da autonomia de embarcações, a qualificação dos pilotos pode ser aproveitada para operações de apoio em terra, de forma remota.
- Segurança no transporte de pessoas sem tripulação embarcada. Embora com ausência de tripulação, serviços de transporte de pessoas no mar precisam de novas normas e condutas de salvaguarda da vida dos passageiros que prescindem do suporte e tripulantes.
- Política de “última milha”. O transporte aquaviário é fortemente dependente do suporte feito em terra. Assim, é necessário suporte da parte dos governos de políticas que incentivem outros modais de transporte a oferecer apoio aos terminais fixos dos quais depende o transporte marítimo.
- Gerenciamento de viagens para embarcação tripuladas ou não. Necessidade de desenvolvimento de sistemas anticolisão capazes de dar apoio à navegação.
- Criação de centros de controle em terra. A criação desses centros é útil para dar suporte à navegação com tripulantes e condição para navios autônomos.
- Responsabilização dos fabricantes de sistema. O grau de autonomia das embarcações e seu processo decisório dar-se-á pela programação embarcada. Desse modo, a nível de legislação é imprescindível assegurar os limites da responsabilização por sinistros que envolvam navios autônomos.
- Desenvolvimento de navios autônomos pequenos: A fim de dar suporte em atividades costeiras.

³² Embora indique um determinante geográfico específico ao tratar da União Europeia, esse tópico alerta, contudo, para o fato de que a integração regional pode agir como facilitadora de formulação de políticas assimiláveis por um grupo significativo de países.

- Infraestrutura portuária para navios automatizados. O aumento na automação dos navios demandará uma correlação nos portos como manutenção e atividades de atracação automatizadas.
- Infraestrutura portuária para navios não tripulados. Os portos precisarão se adaptar para receber navios não tripulados de forma padronizada.
- Legislação internacional. Organizações internacionais, como a OMI podem coordenar regras para a adoção de navios mais automatizados e mesmo dos autônomos em rotas internacionais.
- Atualização das regras de tráfego marítimo. Não apenas a criação de novas regras, mas também a adaptação de regras existentes na legislação internacional.
- Diminuição de estrutura de suporte a tripulações em alto mar. Em virtude do crescimento da autonomia das embarcações, haveria drástica redução de estruturas de suporte a pessoas em alto mar, desfazendo estruturas onerosas.

Uma transição efetiva em um sistema com a complexidade do transporte marítimo só é possível por uma coordenação que envolve não apenas os potenciais tecnológicos. Necessariamente o direcionamento de recursos para um processo de migração paradigmática passa por dimensões como o interesse político, a persuasão da opinião pública e a reflexão legal. Essas condições precisam estar orientadas e concertadas de modo que seja possível uma revolução tecnológica que possibilita novas formas de produção e prestação de serviços.

4. BILHETE NA VIAGEM TECNOLÓGICA: UM DESAFIO BRASILEIRO

O transporte de mercadorias feito pelo mar é requisito básico do comércio entre distintos países e regiões do mundo. Os países podem por esse meio de transporte com alta competitividade alcançar maior prosperidade econômica pelo acesso a mercados para seus próprios produtos, ao mesmo tempo em que usufruem da produção de outros países daquilo que não é acessível ou é insuficiente no ambiente doméstico. Com efeito, não apenas países litorâneos se beneficiam do transporte marítimo na grande cadeia mundial de consumo:

Habida cuenta de que más del 80 % del comercio mundial se realiza por mar, el transporte marítimo y los puertos internacionales son eslabones fundamentales en las cadenas de suministro mundiales y resultan esenciales para que todos los países, incluidos los países sin litoral, puedan acceder a los mercados mundiales³³ (UNCTAD, 2019, p. 96)

Sendo uma condição de acesso a mercados e produtos, países e regiões que desenvolveram capacidade de operação marítima voltada à navegação de longo curso possuem um ativo de elevado valor. A possibilidade de um país lançar mão desse transporte desenvolvendo capacidades que permitam o acesso ao mar é uma variável capaz de acrescentar-lhe vantagem competitiva. Pode-se dizer, assim, que o acesso ao mar cria caminhos ao aumento da riqueza nacional. Em seu conhecido livro “Armas, Germes e Aço” que tem por base a pergunta pela disparidade da distribuição da riqueza no mundo, Jared Diamond (2019) é particularmente enfático em afirmar as vantagens geográficas de um país litorâneo:

[...] o transporte por terra é cerca de sete vezes mais dispendioso que o transporte por mar ou rio navegável. Assim, os países sem litoral dispendem muito mais dinheiro em transportes e fretes que os países que possuem acesso ao mar. Essa é uma consideração especialmente importante para países cujos produtos são muito procurados e cujas importações se originam em regiões distantes [...] (DIAMOND, 2019, p. 433).

Ativo de alto valor financeiro e estratégico, o domínio de capacidades em relação ao transporte marítimo pelos países precisará necessariamente lidar com uma nova onda tecnológica que se apropria de novas criações na área, ou que encontra novas formas de aplicação ao integrar tecnologias existentes. Ainda que realizada em um espectro de tempo que precise lidar com variáveis como a adaptação legal, interesse político e social e disponibilidade de recursos, esse movimento de transição é irrenunciável. Mercadorias produzidas de forma mais inteligente

³³ Dado que mais de 80% do comércio mundial é realizado por via marítima, o transporte marítimo e os portos internacionais são elos essenciais nas cadeias de suprimentos globais e são essenciais para que todos os países, inclusive os países sem litoral, tenham acesso a mercados mundiais (Tradução nossa).

deverão também ser transportadas com mais inteligência³⁴ e otimização. A atenção a esse processo definirá a capacidade das empresas que operam no setor de se manterem competitivas e demarcará a projeção de poder econômico e posicionamento estratégico dos países.

O novo modelo tecnológico que aos poucos se incorpora aos diversos setores da economia não deixará de fazê-lo também no transporte marítimo. Esse setor conta com um complexo sistema de elementos interdependentes como navios, portos, pessoal, normas, infraestrutura de apoio em terra e tem escalas tão vastas que envolvem diversos atores demandando concerto de decisões a nível global. A padronização de linguagem, aspecto central para viabilizar a gestão da informação exige um concerto de longo alcance entre os atores da navegação. Trata-se, portanto, de um vasto desafio de acomodação de interesses.

Equiparável a uma viagem em curso, o bilhete para tomar parte na nova revolução tecnológica implica ao setor público e privado a percepção do ambiente que se demonstra promissor e desafiador; são criadas oportunidades ao mesmo tempo em que metas precisam ser impostas de forma clara, como estratégias a nível empresarial e estatal. O Brasil é um país com natural vocação para o mar com sua extensa costa, produtos disponíveis à exportação e grande mercado consumidor. A opção brasileira diante desse fenômeno poderá definir as configurações de seu poder marítimo³⁵.

4.1. “Espinha Dorsal” do Comércio Internacional

Projeções demográficas da ONU estimam a população mundial em 7,70 bilhões de habitantes em 2019, podendo atingir 8 bilhões em 2023 (LADEM, 2019). Esse elevado número de habitantes está disperso pelo mundo em países e regiões que têm entre si massas contínuas de água. A água do mar não significa necessariamente uma separação entre esses entes, mas antes, possibilita-lhes a proximidade. Modal de transporte eficaz, as embarcações que operam por vias marítimas promovem a troca de alimentos nem sempre ao alcance doméstico, o envio de matérias-primas para produção de bens, o acesso de produtos a mercados externos e o embarque de passageiros ávidos pelo encontro pessoal com outras culturas³⁶.

³⁴ A palavra “inteligência” possui no paradigma tecnológico da indústria 4.0 o sentido de assertividade e eficiência em processos de decisão, na produção ou nos serviços.

³⁵ Mais abrangente que o poder estritamente militar, o poder marítimo engloba, segundo a Doutrina Militar Naval, o poder marítimo é: “a projeção do Poder Nacional, resultante da integração dos recursos de que dispõe a Nação para utilização do mar e das águas interiores, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento econômico e social, visando a conquistar e manter objetivos nacionais” (BRASIL, 2017).

³⁶ Embora parte constitutiva do sistema de transporte marítimo, o transporte de passageiros não é objeto de análise no presente estudo.

Para poder prover os meios de que o mundo precisa para manter seu consumo de produtos, insumos e serviços, é necessária uma grande operação a nível global, capaz de criar uma verdadeira cadeia de suprimentos que dê suporte às diversas atividades econômicas dos países. Essa operação logística de grande escala que cria um fluxo de trocas entre os habitantes do mundo por vias marítimas é genericamente chamada de “transporte marítimo”.

A cada 5 produtos trocados no mercado internacional, pelo menos 4 se movem por embarcações marítimas. Assim, o transporte marítimo é comparado a uma “espinha dorsal” do comércio em tempos de globalização, conforme constata a UNCTAD (2019, p. 4): *“El transporte marítimo sigue siendo la espina dorsal del comercio globalizado y la cadena de suministro del sector manufacturero, ya que más de cuatro quintas partes del comercio mundial de mercancías por volumen se mueven por mar”*³⁷.

O transporte marítimo é o modal de transporte mais empregado no comércio internacional, sendo responsável por 80% de todo o volume de carga transportada e 70% em valor de mercadorias (ROBLES, 2015, p. 107). Entre 1970 e 2017, segundo dados da UNCTAD (2019, p. 4), o volume de cargas transportadas por embarcações marítimas cresceu a uma taxa média de 3 % e atingiu 4,1 % em 2017. É observado ainda, um marco em 2018 quando o volume total alcançou pela primeira vez 11.000 milhões de toneladas, conforme indicam os dados da tabela:

Ano	Tanque – líquidos ³⁸	Granéis ³⁹	Outras cargas secas ⁴⁰	Total
1970	1 440	448	717	2 605
1980	1 871	608	1 225	3 704
2000	2 163	1 186	2 635	5 984
2010	2 752	2 232	3 423	8 408
2015	2 932	2 930	4 161	10 023
2016	3 058	3 009	4 228	10 295
2017	3 146	3 151	4 419	10 716
2018	3 194	3 210	4 601	11 005

Tabela 1 – Comércio marítimo mundial (milhões de toneladas carregadas)

Fonte: UNCTAD, 2019, p. 5.

O crescimento e a projeção da economia de um país em contexto de globalização estão fortemente relacionados com a maturidade de meios para manter comércio com outros países.

³⁷ O transporte marítimo continua sendo a espinha dorsal do comércio globalizado e da cadeia de suprimentos do setor manufatureiro, à medida que mais de quatro quintos do comércio mundial de mercadorias em volume movem-se por mar (Tradução nossa).

³⁸ Petróleo cru, produtos derivados de petróleo, gás e produtos químicos.

³⁹ Minério de ferro, cereais, carvão, bauxita, alumínio e fosfato. A partir de 2006, os principais graneis são unicamente minério de ferro, cereais e carvão. Os demais entram como “outra carga seca”.

⁴⁰ Granéis secundários transportados em contêiner e carga geral.

Para esse fim, o transporte marítimo é modal predominante como meio de troca entre os diversos países. Desse modo, é preciso admitir que a economia global enquanto reflexo de um sistema onde países e regiões do mundo são os principais elementos, alimenta e ao mesmo tempo é alimentada pelo fluxo do tráfego que se dá pelo mar.

O sistema de transporte marítimo, o *shipping*, ilustra a economia global, uma vez que é pautado por ela. Os países e suas regiões enquanto *traders* (agentes de comércio) de mercadorias comportam-se como atores da economia global que é dinâmica por natureza, contando com eventos adversos ou favoráveis a nível político, econômico e social.

4.2. Participação dos Países e Regiões no Comércio Marítimo

Tomando por base dados consolidados de 2018, o comércio mundial de mercadorias cresceu, em volume de importações e exportações 3% em relação a 2017, quando o PIB mundial experimentou aumento de 2,9%. Não apenas em volume, mas também em valor, houve um crescimento significativo em 10% impulsionado pelos altos preços do transporte de energia e aumento nas importações pela Ásia, sob liderança chinesa, somando 19,67 trilhões de dólares (*US\$ 19.67 trillion*) em valor de mercadorias. O transporte de mercadorias e o PIB mundial cresceram conjuntamente 26% desde 2008 (OMC, 2019, p. 8). Esses números apontam a dependência que o crescimento mundial tem com relação ao comércio entre os países.

Mais da metade do comércio global de mercadorias em 2018 foi empreendido por 10 países tidos como principais atores de *trader* no cenário global, correspondendo a 52% da mercadoria transportada: 1. China; 2. EUA; 3. Alemanha; 4. Japão 5. Holanda; 6. Coreia do Sul; 7. França; 8. Hong Kong; 9. Itália e 10. Reino Unido (ROSCOE, 2019). O grupo das chamadas “economias em desenvolvimento”, por sua vez, representaram 44% nesse comércio.

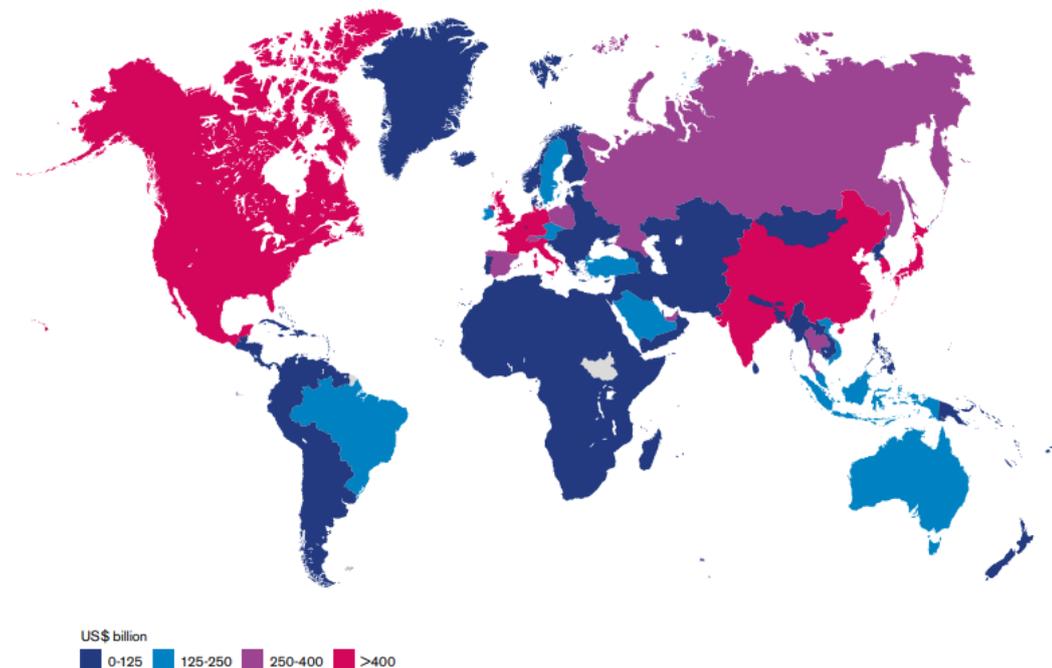


Figura 4 – Economias por tamanho do comércio de mercadorias em 2018
Fonte: Estimativas da OMC-UNCTAD (apud OMC, 2019, p. 14).

Nos últimos 30 anos do século XX (1970 - 2000), observadores da UNCTAD apontam que os chamados “países em desenvolvimento” não se destacaram muito no cenário do comércio internacional, mesmo correspondendo a elevados volumes de exportação e diversas linhas de comércio partindo de seus territórios. Tendo como produtos base de exportação aqueles de menor valor agregado, situavam-se como exportadores de matéria-prima. A partir dos anos 2000, contudo, foi observada uma transformação com os países em desenvolvimento convertendo-se em exportadores e importadores de produtos manufaturados.

Essa mudança no *status* dos países em desenvolvimento, alcançando-lhes protagonismo crescente no comércio internacional, chama a atenção pela crescente utilização de rotas marítimas para acesso a mercados e produtos por esse grupo de países. A China, tradicionalmente associada a esse grupo de países apresenta, porém, larga vantagem em relação aos demais, particularmente no comércio de cargas por contêiner:

En 2018, los países en desarrollo siguieron generando la mayoría de las corrientes de comercio marítimo mundial, tanto en términos de exportaciones (mercancías cargadas) como en términos de importaciones (mercancías descargadas). En 2018 se calcula que el 58,8 % de las cargas y el 64,5 % de las descargas tuvieron lugar en esos países. A partir del año 2000, la contribución de los países en desarrollo al comercio marítimo comenzó a transformarse con motivo de su creciente importancia como grandes exportadores de materias primas, así como grandes exportadores e importadores de productos acabados y semiacabados. Con todo, la participación en el comercio contenedorizado se

ha concentrado en Asia y especialmente en China y los países vecinos. La contribución de otras regiones en desarrollo ha sido desigual, lo que refleja sus diversos grados de integración en las redes de producción y las cadenas de valor mundiales (UNCTAD, 2019, p. 9)⁴¹.

Entre 2010 e 2018, o comércio feito pelo mar entre países aumentou 31%. Os países em desenvolvimento tornaram-se destino de grande parte da remessa internacional de mercadorias, tendo especial participação nesse resultado a Ásia e a Oceania, demandando incremento de fluxo em suas rotas de comércio (UNCTADSTAT, 2019). Os países desenvolvidos não poderão prescindir do transporte marítimo, uma vez que se convertem cada vez mais em exportadores para grandes mercados em países subdesenvolvidos, conforme a figura:

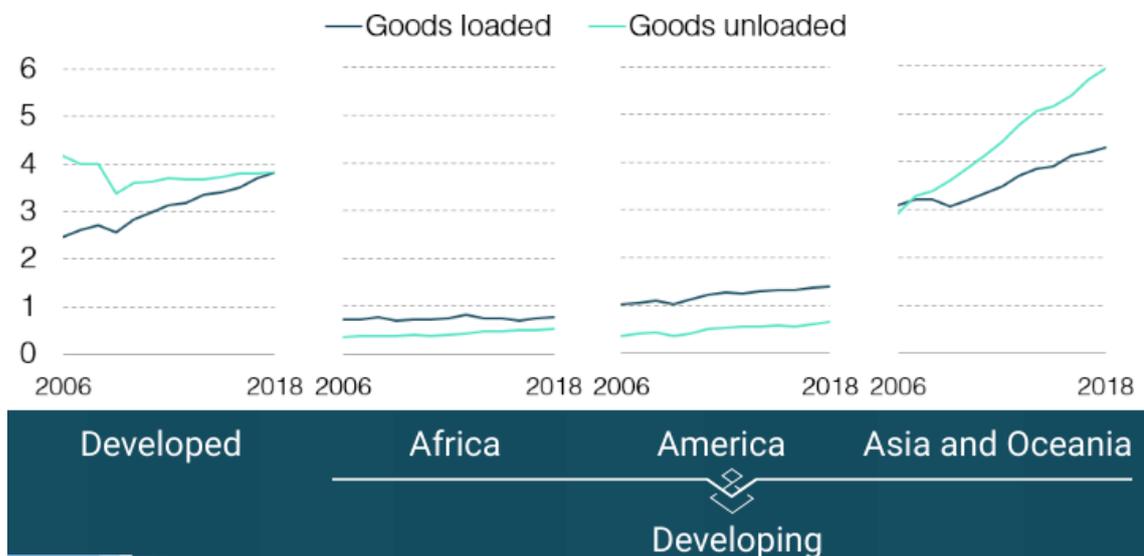


Figura 5 – Comércio marítimo total por grupo de desenvolvimento (Métricas de toneladas em bilhões)
Fonte: UNCTADSTAT, 2019.

O comércio marítimo mundial experimenta diferentes nuances na distribuição regional. Em 2018, a Ásia foi destino de 61% das mercadorias descarregadas no mundo e por sua vez, foi responsável por exportar 41% do volume total de mercadorias. No continente africano,

⁴¹ Em 2018, os países em desenvolvimento continuaram a gerar a maioria dos fluxos de comércio marítimo mundial, tanto em termos de exportações (mercadorias carregadas) quanto em termos de importações (mercadorias descarregadas). Em 2018, estima-se que 58,8% dos uploads e 64,5% dos downloads ocorreram nesses países. A partir de 2000, a contribuição dos países em desenvolvimento para o comércio marítimo começou a se transformar devido à sua crescente importância como grandes exportadores de matérias-primas, bem como grandes exportadores e importadores de produtos acabados e semi-acabados. No entanto, a participação no comércio em contêineres foi concentrada na Ásia e, especialmente, na China e nos países vizinhos. A contribuição de outras regiões em desenvolvimento tem sido desigual, refletindo seus diferentes graus de integração nas redes de produção e nas cadeias globais de valor (Tradução nossa).

houve queda na participação do comércio marítimo global que exportou menos produtos líquidos e graneis secos. Houve também relativo declínio dos países latino-americanos em termos de volume comercial (UNCTAD, 2019, p. 9):

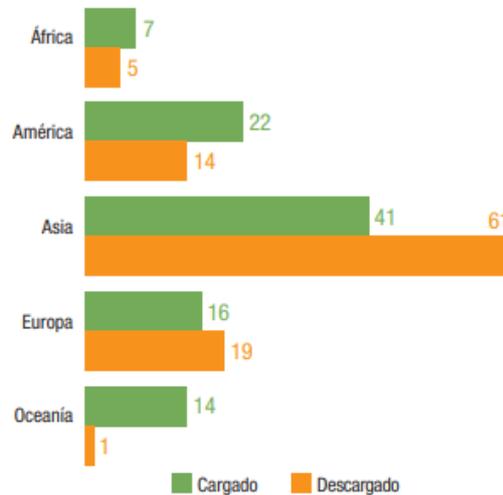


Figura 6 – Participação em porcentagem no comércio marítimo internacional por região continental – 2018⁴²
Fonte: UNCTAD, 2019, p. 9.

4.3. Índice de Conectividade do Transporte Marítimo

O índice de conectividade do transporte marítimo (*liner shipping connectivity index - LSCI*), da base de dados da UNCTAD mostra o grau de conectividade dos portos dos países em relação às rotas internacionais e demais países, evidenciando e qualificando aqueles com melhor desempenho na conexão à rede do transporte marítimo internacional. Maior capacidade de estabelecer linhas de comunicação pelo mar influencia muito o bom desempenho dos interesses comerciais de um país, conforme aponta Jan Hoffmann, chefe de logística comercial na UNCTAD (2019): “*A country’s position in the global container shipping network – its connectivity – is an important determinant of its trade costs and competitiveness*”⁴³”.

O índice de 2019 aponta a liderança asiática no alcance a rotas marítimas de comércio. Entre os 10 mais bem colocados, 5 são asiáticos; a China é segundo o índice, a mais bem conectada a outros pelo mar, avançando 51% desde 2006:

The Chinese port garnered a connectivity score of 134 points, followed by the ports of Singapore (124.63 points), Pusan (114.45 points) in Korea and Ningbo (114.35 points), also in China. The index is set at 100 for the best-connected port in 2006, which was Hong Kong, China. Besides the Asian ports, the other

⁴² As colunas em verde indicam as exportações feitas pela região; em laranja, as importações.

⁴³ “A posição de um país na rede global de transporte de contêineres - sua conectividade - é um determinante importante de seus custos comerciais e competitividade” (Tradução nossa).

ports on the top 10 list are those of Antwerp (94 points) in Belgium and Rotterdam (93 points) in the Netherlands. None of the ports in the top 20 list are from Africa, Latin America, North America or Australasia (UNCTAD, 2019)⁴⁴.

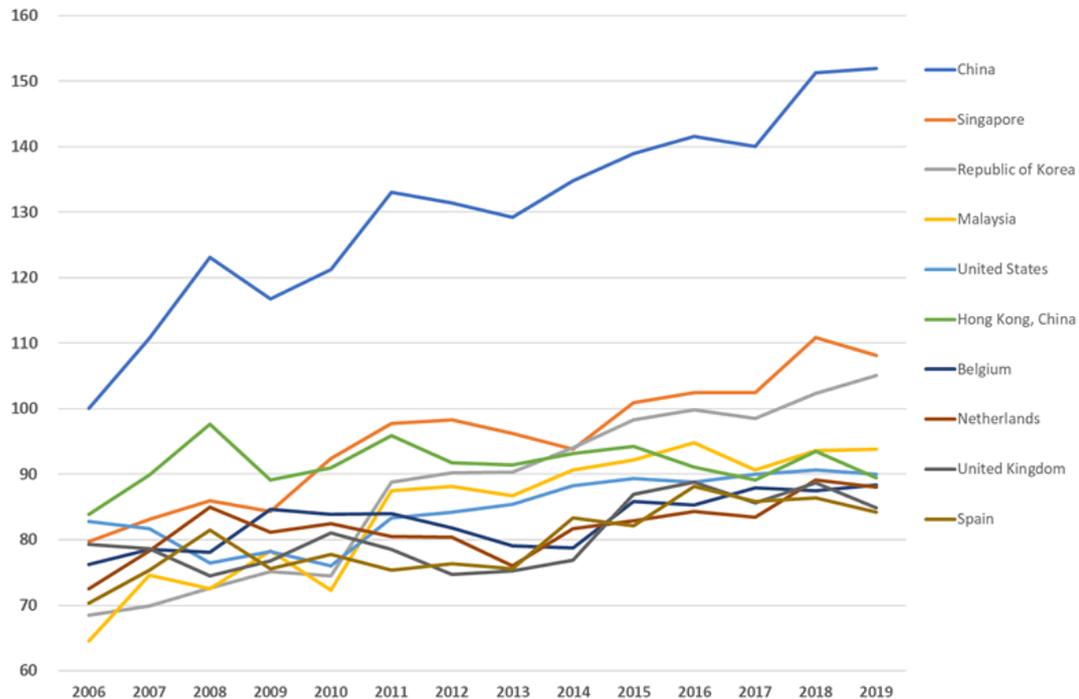


Figura 7 – Conectividade de remessa linear: os 10 principais países (2006-2019)
Fonte: UNCTAD, 2019.

O expressivo alcance dos países asiáticos ou dos desenvolvidos, não encontra correspondente em muitas economias subdesenvolvidas. As repercussões econômicas internas são significativas para países com pouca conectividade marítima. Vanuatu, no Pacífico, por exemplo, recebe um porta-contêiner a cada três dias. Essa baixa intensidade de comércio, por sua vez, desanima investimentos em infraestrutura básica de portos, tornando o comércio marítimo caro e pouco competitivo, restringindo a entrada de produtos internacionais no país, bem como o acesso de seu próprio mercado a outros estrangeiros.

⁴⁴ “O porto chinês obteve 134 pontos de conectividade, seguido pelos portos de Cingapura (124,63 pontos), Pusan (114,45 pontos) na Coreia e Ningbo (114,35 pontos), também na China. O índice está definido em 100 para a porta com melhor conexão em 2006, que era Hong Kong, China. Além dos portos asiáticos, os outros portos da lista dos 10 melhores são Antuérpia (94 pontos) na Bélgica e Roterdã (93 pontos) na Holanda. Nenhum dos portos da lista dos 20 melhores são da África, América Latina, América do Norte ou Australásia” (Tradução nossa).

4.3.1. Tendência à Regionalização: Transporte Marítimo de Curta Distância

Em contextos de baixa competitividade na projeção em rotas marítimas internacionais, uma via possível é o investimento em redes domésticas, por cabotagem ou por meio da integração regional. Esse caminho pode viabilizar as zonas de influência das empresas de navegação e ampliar o transporte de carga. Portos com estrutura reduzida podem ser ampliados a fim de atender à demanda de vizinhos sem acesso ao mar. Essa parceria entre transporte marítimo e apoio terrestre demonstra ser uma oportunidade para melhorar o acesso à conectividade:

Otra manera de mejorar la conectividad consistiría en rebajar las restricciones de los mercados de cabotaje regionales y nacionales que limitan la capacidad de las navieras para ampliar las zonas de influencia y consolidar la carga. Los puertos también deberían procurar atraer los cargamentos de países vecinos. Existe un interés mutuo entre muchos puertos marítimos y los importadores y exportadores de los países vecinos, especialmente en los países sin litoral. La facilitación del tránsito y la inversión en los corredores, los mercados regionales de transporte por carretera y el comercio transfronterizo pueden resultar útiles en ese sentido (UNCTAD, 2019, p. XIV)⁴⁵.

Nesse sentido, a otimização oferecida pelas novas tecnologias é capaz de munir portos menores com maior atratividade:

Puertos y navieras pueden aprovechar las oportunidades que ofrecen la digitalización, la inteligencia artificial, la Internet de las cosas y las cadenas de bloques. Muchos avances tecnológicos se pueden aplicar en puertos y terminales y brindan a las partes interesadas en los puertos la oportunidad de mejorar su eficiencia y productividad, dos factores de peso cuando se elige una escala. Varios importantes puertos regionales — como Rotterdam en Europa del Norte, Cartagena en el Gran Caribe y Lomé en África Occidental — también han invertido grandes sumas en los sistemas de comunidad portuaria, la optimización de las escalas, la automatización y otras tecnologías (UNCTAD, 2019, p. XIV)⁴⁶.

O concerto do transporte marítimo internacional e sua distribuição pelo mundo como viabilizador da cadeia de suprimentos global pode estar em uma acelerada transição para o que

⁴⁵ Outra maneira de melhorar a conectividade seria reduzir as restrições nos mercados regionais e nacionais de cabotagem, que limitam a capacidade das companhias de navegação de expandir áreas de influência e consolidar cargas. Os portos também devem procurar atrair remessas de países vizinhos. Há um interesse mútuo entre muitos portos marítimos e importadores e exportadores nos países vizinhos, especialmente nos países sem litoral. Facilitar o trânsito e o investimento em corredores, mercados regionais de transporte rodoviário e comércio transfronteiriço pode ser útil nesse sentido (Tradução nossa).

⁴⁶ Portos e companhias de navegação podem aproveitar as oportunidades oferecidas pela digitalização, inteligência artificial, Internet das Coisas e cadeias de blocos. Muitos avanços tecnológicos podem ser aplicados em portos e terminais e dão às partes interessadas portuárias a oportunidade de melhorar sua eficiência e produtividade, dois fatores importantes na escolha de uma balança. Vários portos regionais importantes - como Roterdã, no norte da Europa, Cartagena, no Grande Caribe, e Lomé, na África Ocidental - também investiram grandes somas em sistemas de comunidades portuárias, otimização de portos, automação e outras tecnologias (Tradução nossa).

os marítimos vêm chamando de “nova normalidade”. A tendência à regionalização parece despontar como um caminho irrenunciável diante de algumas incertezas experimentadas no comércio global.

Inseguranças do ponto de vista político com a crescente desconfiança entre governos e protecionismo em modelos de negócio associados a um crescimento moderado do comércio pode fazer com que grandes empresas de navegação formulem novas estratégias em um modelo possivelmente em transição:

Parece que una nueva normalidad, distinta desde la perspectiva histórica, se está consolidando, la cual se caracteriza por un crecimiento general moderado de la economía y el comercio mundiales, una reestructuración de las cadenas de suministro a favor de una mayor regionalización de las corrientes comerciales, el continuo reequilibrio de la economía China, la creciente importancia de la tecnología y los servicios en las cadenas de valor y la logística, la mayor frecuencia e intensidad de las catástrofes naturales y las perturbaciones relacionadas con el clima, y un programa acelerado de sostenibilidad ambiental ligado a una mayor conciencia de los efectos del calentamiento global. La transición a la nueva normalidad exige alcanzar una mayor comprensión de las principales cuestiones en juego, mejorar la planificación y adoptar políticas flexibles orientadas al futuro que permitan adelantarse al cambio y emprender las oportunas medidas de adaptación teniendo en cuenta la heterogeneidad de los países en desarrollo como grupo y sus diversas necesidades y condiciones locales sentido (UNCTAD, 2019, p. 1)⁴⁷.

A possível tendência de fenômenos como a regionalização do comércio poderá afetar significativamente a oferta de transporte marítimo por parte das empresas de navegação. Projetos que envolvem a aquisição de navios porta-contêiner de grandes proporções chamados “megamax” com alta capacidade de TEU’s (medida em capacidade de contêiner, acima de 18 mil) podem ficar inviabilizados, com as empresas optando por ampliar suas atividades logísticas em terra. Países em desenvolvimento podem aproveitar essa tendência:

Dada la regionalización del tráfico comercial y la tendencia a la reestructuración de las cadenas de suministro, la nueva normalidad —pese a los retos que quizá traiga consigo— podría generar oportunidades, especialmente para los

⁴⁷ Parece que uma nova normalidade, diferente da perspectiva histórica, está sendo consolidada, caracterizada por um crescimento geral moderado da economia e do comércio mundial, uma reestruturação das cadeias de suprimentos em favor de uma maior regionalização dos fluxos comerciais, o reequilíbrio contínuo da economia chinesa, a crescente importância da tecnologia e serviços nas cadeias de valor e logística, o aumento da frequência e intensidade de desastres naturais e choques relacionados ao clima e uma agenda de sustentabilidade acelerada ambiental ligado a uma maior conscientização dos efeitos do aquecimento global. A transição para a nova normalidade exige uma melhor compreensão das principais questões em jogo, melhorando o planejamento e adotando políticas flexíveis e orientadas para o futuro para antecipar mudanças e tomar medidas de adaptação apropriadas, levando em consideração a heterogeneidade dos países em desenvolvimento. Como um grupo e suas várias necessidades e condições locais sentidas (Tradução nossa).

países en desarrollo que desean integrarse mejor en las redes comerciales mundiales (UNCTAD, 2019, p. 25)⁴⁸.

Conforme aponta o informe sobre o transporte marítimo da UNCTAD (2019), embora a situação geográfica dos países e suas condicionantes históricas e físicas não possam ser alteradas, mesmo os países em menor vantagem no sistema de transporte marítimo internacional como aqueles em desenvolvimento que não caminham ao mesmo passo de seus “pares asiáticos” mais destacados, devem adiantar-se em superar o determinismo, convertendo suas deficiências de inserção em vantagem ainda que a nível regional em um momento de insegurança para a globalização.

Alternativa possível para o incremento do transporte marítimo regional é o transporte marítimo de curta distância com navios de tamanho menor, com possibilidade de trafegar em regiões específicas distribuindo a carga deixada nos portos por navios maiores, de longo curso, pode competir com modais terrestres como o ferroviário. Para efetivação dessa modalidade, a integração política da região é essencial, uma vez que práticas de cabotagem nacional podem impedir o trânsito de navios de outras bandeiras ou companhias pela costa dos países (STOPFORD, 2017, p. 82).

4.4. Transporte Marítimo: Um Sistema

O que genericamente é chamado de transporte marítimo ocupa lugar de predominância no comércio de carga em todo o mundo com uma liderança logística possível por algumas características peculiares: (I) tem caráter internacional por natureza, com navios projetados para cruzar longas distâncias; (II) a capacidade de carga dos navios em tonelagem atende à demanda pelo transporte de mercadorias em elevado volume; (III) flexibilidade de emprego dos navios conforme volume de carga e distância; (IV) versatilidade, com navios contruídos para cargas específicas e (V) a livre concorrência geralmente predominante em fretes e custos operacionais (JÚNIOR, 2013, p. 802).

Observado com mais atenção, o transporte marítimo internacional demonstra ser um complexo sistema que envolve elementos estruturantes e atores diversos, podendo configurar inclusive um encontro entre indústrias distintas, mas complementares. Conforme o Relatório Rochdale, (1970, apud STOPFORD, 2017, p. 83):

⁴⁸ Dada a regionalização do tráfego comercial e a tendência à reestruturação das cadeias de suprimentos, a nova normalidade - apesar dos desafios que ela pode trazer - poderia criar oportunidades, especialmente para os países em desenvolvimento que desejam se integrar melhor às redes comerciais globais (Tradução nossa).

O transporte marítimo é uma indústria complexa e as condições que governam as suas operações num segmento não se aplicam necessariamente ao outro; ou melhor, para determinados propósitos, será melhor ser encarado como um grupo de indústrias relacionadas. Seus principais ativos, os navios propriamente ditos, variam consideravelmente em dimensões e tipo; eles prestam uma gama completa de serviços para uma variedade de bens, sejam eles em distâncias curtas ou longas. Embora, por questões analíticas, possa ser útil isolar os segmentos da indústria que prestem determinados tipos de serviço, existe normalmente algum intercâmbio na fronteira, o qual não deve ser desprezado.

A indústria de transporte marítimo é, por natureza, global. Os navios são os seu principais ativos, que, apesar de fisicamente móveis, têm regimes fiscais e financeiros escolhidos pelas companhias⁴⁹ (STOPFORD, 2017). Conhecida como “bandeira de conveniência”, essa é uma prática considerada conveniente por empresas de navegação, permitindo “registrar o navio mercante em um Estado que não seja o do proprietário ou armador. Elas podem ser conhecidas por diversos nomes como bandeiras de necessidade, bandeiras independentes, bandeiras de aluguel ou ainda, pavilhões de conveniência” (DUARTE, 2013, p.10).

Precisamente pelo intercâmbio inerente entre países, próprio do transporte marítimo internacional, não pode ser deixado de lado na apreciação desse sistema o papel dos diversos governos de países, os aspectos políticos, de governança a nível nacional e internacional dessa indústria. Esse sistema seria inviável sem padrões estabelecidos nos diversos níveis de governança capazes de possibilitar entendimento de regras e operações. Companhias de navegação, embarcadores e políticas de governos constroem acordos com relação “à construção naval nacional, à regulação do transporte marítimo de linhas regulares e ao interesse crescente em relação à segurança no mar, poluição e regras sobre tripulações” (STOPFORD, 2017, p. 123).

Além do aspecto globalizado da indústria marítima, outro ponto a observar que confirma sua complexidade sistêmica, tem a ver com a integração com outros modais de transporte. O transporte marítimo interage com os transportes terrestres (ferrovias, estradas e vias navegáveis) por meio dos portos e dos terminais especializados. A integração desses sistemas de transporte favorece o fluxo logístico e tem sido feito com intervenção manual mínima na transferência de carga. As competições entre os segmentos de transportem não podem fazê-los prescindir de uma máxima cooperação técnica (STOPFORD, 2017, p. 82).

⁴⁹ A Convenção das Nações Unidas Unidas sobre Direito do Mar (CNUDM III), art. 91, exige que haja um forte elo de ligação entre o Estado do pavilhão e o navio preconizando que Estados signatários deverão estabelecer os requisitos necessários para a atribuição da sua nacionalidade a navios, para o registo de navios no seu território e para o direito de arvorar a sua bandeira. Destarte, os navios possuem a nacionalidade do Estado cujas bandeiras estejam autorizados a arvorar, devendo existir um vínculo substancial entre o Estado do Registro e o navio (ÂMBITO JURÍDICO, 2011).

Interface crítica entre terra e mar, os portos são componentes vitais do sistema de transporte marítimo. Com menos pessoas envolvidas no carregamento e descarregamento de navios, os portos parecem apenas armazéns sutis. Contudo, sua intensa atividade permanece com o apoio de alto grau de mecanização e velocidade de operação. A estrutura portuária envolve o porto propriamente dito, uma área geográfica onde navios embarcam e desembarcam; a autoridade portuária, que controlam os portos e as atividades nele desenvolvidas e são também compostos por terminais projetados para embarque e desembarque de cargas específicas (STOPFORD, 2017, p. 115).

A eficiência dos navios pode ser altamente potencializada pelos portos. Portos com bom desempenho refletem na redução de custos do transporte marítimo. A movimentação marítima de carga eficiente depende muito do apoio em terra; interligados a eficientes linhas de transporte terrestre, os portos agilizam o fluxo de mercadoria a embarcar ou ser desembarcada de navios. As águas dos terminais portuários devem ter sua profundidade suficiente para acesso e atracação de navios de diversos portes. A versatilidade dos portos é medida pela sua capacidade de receber os diversos tipos de carga (granel, contêineres, carga sobre rodas, passageiros e carga geral) (STOPFORD, 2017, p. 116).

Globais e integradas, as empresas de navegação tendem a uma estreita relação com as companhias que geram e encomendam as cargas no que tange à gestão logística. Grandes empresas globais que lidam com volumes elevados de matéria-prima ou transporte de produtos só são viáveis pelo transporte marítimo. O transporte marítimo revolucionou o comércio global precisamente por viabilizar preços de frete baratos. Enquanto os produtos primários transportados se valorizaram de dez a vinte vezes, o transporte marítimo manteve seus custos sem maiores saltos (STOPFORD, 2017, p. 108).

No que diz respeito aos agentes do transporte marítimo, há pelo menos 3 categorias de prestadores de serviço (AC CAMPOS, 2018):

- Armador: É a empresa ou mesmo uma pessoa física encarregada de realizar o transporte marítimo, seja local ou internacional. O armador executa toda a operação e transporte de cargas de um porto a outro, opera os navios e rotas já existentes no comércio internacional. O armador pode ser proprietário dos navios ou então possuir a concessão para utilizar navios e contêineres de terceiros. O país de registro das atividades do armador também não é necessariamente o mesmo do navio. Por questões tributárias, muitos armadores operam com navios de outros países, que oferecem mais vantagens fiscais.
- A agência marítima é a empresa que faz a intermediação entre o cliente e o armador. A agência é como se fosse um representante em um país e geralmente pode ser uma filial do próprio armador ou uma empresa prestadora de serviços. [...] Essas agências [...] são responsáveis pelo ingresso da carga ao

interior do navio, controle de operações de carga e descarga, além de cuidar de toda a parte burocrática e financeira.

- *NVOCC* é uma sigla que significa *Non-Vessel Operating Common Carrier*, ou seja, o transportador comum não proprietário de navio. É um armador que não possui nenhum navio, mas que faz o transporte marítimo nas embarcações de armadores. Desta maneira, o transportador tem o controle de uma parte do navio, sem assumir responsabilidade pela administração dele. O foco destes transportadores são as mercadorias em pouca quantidade e em lotes pequenos.

O transporte marítimo internacional propriamente dito, enquanto meio de troca de grandes volumes entre países é aquele de “longo curso”, que leva a embarcação a ultrapassar os limites de seu país de origem ou de sua bandeira. Importante, porém, observar que o provimento de insumos, mercadorias e transporte de pessoas que se dá por meio de embarcações marítimas opera em pelo menos quatro tipos de navegação, cada uma delas com sua especificidade. Segundo definições da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2020, online):

- Navegação de cabotagem: é aquela realizada entre os portos ou pontos do território (de um país), utilizando a via marítima ou estas e as vias navegáveis interiores;
- Navegação de longo curso: navegação realizada entre portos (de países distintos);
- Navegação de apoio marítimo: é a 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;
- Navegação de apoio portuário: realizada exclusivamente nos portos e terminais aquaviários, para atendimento a embarcações e instalações portuárias.

A indústria do comércio marítimo revela ser uma rede composta por diversos profissionais, embarcadores, proprietários de navios, agentes reguladores, decisores políticos, gestores portuários, representantes de outros modais, que trabalham de forma coordenada para amparar a logística complexa requerida pela circulação de grandes volumes de mercadorias pelo mundo viabilizando o mercado globalizado que expandiu-se desde o fim da II Guerra-Mundial.

4.5. Perspectiva de Demanda do Transporte Marítimo Internacional

A larga escala enfrentada pelo transporte marítimo não tem relação apenas com as grandes distâncias percorridas, o grande volume e valor das cargas. Também o tempo é uma variável de grande alcance em uma indústria com ativos adquiridos a alto custo e projetados para um longo período de duração. Nesse ambiente de negócios com grandes escalas, a incerteza é um fator sempre presente e com grande incidência sobre o processo decisório em empresas que ofertam o transporte marítimo no mundo.

Com efeito, o último relatório anual da UNCTAD (2019, p. 19) apresentou alguns fatores de incerteza com particular atenção ao campo da política, com o crescente acirramento comercial observado entre os maiores atores da economia mundial: Estados Unidos e China. Também o risco de um maior protecionismo anunciado pela intenção de países em se retirar de um bloco de integração regional de sucesso como a União Europeia tornando evidente uma onda de desconfiança ao modo multilateral de governança, podendo atingir fóruns importantes para o suporte ao comércio marítimo como a Organização Marítima Internacional (IMO) ou a Organização Mundial do Comércio (OMC).

A liberalização e o multilateralismo observados no comércio mundial nos últimos anos pareceu confrontada com represálias comerciais às exportações de alguns países como as empreendidas pelos Estados Unidos (precisamente o país líder do ideal de liberdade econômica e de comércio) ao Canadá, China e União Europeia. Tornando-se prática comum, esses movimentos políticos de protecionismo aos produtores domésticos podem vir a ter impacto na cadeia global de valor, transbordando na indústria do comércio marítimo. Questões de ordem geopolítica, desastres naturais e adaptações a regras ambientais são levados em consideração na análise da viabilidade de aumento da oferta de transporte marítimo (UNCTAD, 2019).

Não obstante todas essas considerações, tanto a UNCTAD como grandes companhias que operam no setor fizeram projeções de crescimento do comércio marítimo no mundo observando o comportamento das taxas de crescimento entre 2006 e 2018 e as previsões do PIB mundial feitas pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) para 2019-2024:

El comercio contenedorizado y de graneles secos aumentará a una tasa compuesta de crecimiento anual del 4,5 % y del 3,9 %, respectivamente, entre 2019 y 2024. Según las previsiones, el comercio de buques tanque (suma de petróleo crudo, productos derivados del petróleo, gas y productos químicos) crecerá a una tasa del 2,2 % durante ese mismo período (UNCTAD, 2019, p. 18).⁵⁰

As projeções da UNCTAD não contavam com o evento adverso de grande impacto sobre a economia mundial em 2020. O advento da pandemia causada pelo Sars-CoV-2⁵¹. Vírus com alta capacidade de infecção, detectado em dezembro de 2019 na província chinesa de Wuhan em um surto que matou 50 pessoas, foi considerado agente pandêmico pela Organização Mundial da Saúde em 11 de março de 2020 (GRUBER, 2020). Esse evento sanitário trouxe

⁵⁰ O comércio a granel em contêiner e seco aumentará a uma taxa composta de crescimento anual de 4,5% e 3,9%, respectivamente, entre 2019 e 2024. Segundo as previsões, o comércio de navios-tanque (soma de petróleo bruto, produtos derivados de petróleo, gás e produtos químicos) crescerá a uma taxa de 2,2% durante o mesmo período (Tradução nossa).

⁵¹ Vírus da família Coronaviridae. [...] Sete espécies podem infectar humanos, sendo que três podem produzir doenças graves, o Sars-CoV-2, o Sars-CoV, agente da pandemia de Sars (síndrome respiratória aguda grave) de 2002-2003 e o Mers-CoV, causador da Mers (síndrome respiratória do Oriente Médio) (GRUBER, 2020).

grande insegurança econômica pela brusca paralização de diversas atividades e mudanças nos hábitos de consumo associadas a uma possível queda de renda da população mundial, que tenderá a uma desaceleração do comércio internacional não observada desde 1930 (OMC, 2020).

O volume do comércio global de mercadorias em 2020 poderá, segundo estimativas da Organização Mundial do Comércio (OMC, 2020), sofrer uma queda de 13 a 32% em comparação com o ano anterior. A dimensão dessas consequências será medida por dois fatores: o tempo necessário para controlar a pandemia no mundo por meio de medicamentos ou vacinas, e ainda, medidas econômicas dos governos para mitigar os efeitos a nível doméstico e internacional.

Mesmo com a busca pela mitigação de consequências, esse evento deverá mudar o cenário de crescimento previsto para o transporte marítimo pela UNCTAD (2019, p.18):

Según las proyecciones de la UNCTAD, el comercio marítimo internacional aumentará un 2,6 % en 2019 y seguirá en expansión a una tasa compuesta de crecimiento anual del 3,4 % durante el período 2019-2024. Estas cifras se han calculado a partir de las estimaciones de la elasticidad-renta del comercio marítimo en el período 2006-2018 y teniendo en cuenta la última previsión de crecimiento del PIB del Fondo Monetario Internacional para el período 2019-2024⁵².

Não obstante esse grave momento da economia global, foi observado em 2018 um recorde em termos de volume no comércio entre os países por vias marítimas (11 milhões de toneladas transportadas) a demonstrar que esse sistema de transporte vinha se consolidando. Diagnósticos prévios sustentam que mesmo nesse momento, o setor de transporte por embarcações segue sendo uma infraestrutura básica do sistema internacional: “*The shipping industry has largely proved resilient to the coronavirus outbreak, keeping the life blood of global trade and essential supplies flowing*” (ALLIANZ, 2020, p. 5)⁵³.

De fato, não se pode deixar de levar em consideração os impactos que a crise no comércio global deverá infligir ao transporte de cargas no mundo. A queda na produção de riqueza global, deverá impactar profundamente a demanda por transporte marítimo no mundo, o que pressionará empresas ofertantes desse serviço à busca por alternativas para a sustentabilidade de seus negócios.

Contudo, é preciso considerar a capacidade de resiliência de um setor que segue como condição básica para manter suprimentos aos países e abrir acesso a mercados. Precisamente

⁵² De acordo com as projeções da UNCTAD, o comércio marítimo internacional aumentará 2,6% em 2019 e continuará a se expandir a uma taxa de crescimento anual composta de 3,4% durante o período 2019-2024. Esses números foram calculados com base em estimativas da elasticidade da renda do comércio marítimo no período 2006-2018 e levando em consideração as últimas previsões de crescimento do PIB do Fundo Monetário Internacional para o período 2019-2024 (Tradução nossa).

⁵³ O setor de transporte marítimo provou-se amplamente resistente ao surto de coronavírus, mantendo o sangue vital do comércio global e dos suprimentos essenciais fluindo (Tradução nossa).

em um momento com tantas incertezas e necessidades urgentes, organizações internacionais como a OMC (2020, p. 6) insistem na manutenção de linhas de comércio internacional abertas, a fim de fornecer suprimentos básicos a populações afetadas, contribuindo para o provimento de meios necessários ao enfrentamento da pandemia, além de abrir caminho para o fortalecimento futuro da economia dos diversos países.

4.6. Frota Mundial: Oferta de Transporte

A demanda presente por transporte marítimo está condicionada à conjuntura internacional e ao comportamento da cadeia global de valor. A oferta do transporte, baseada nos navios enquanto ativos de empresas, precisa lidar com as nuances conjunturais, o que não é uma tarefa simples. Ao mesmo tempo em que as empresas precisam dispor de meios para prestar o serviço de transporte marítimo com a eficácia requerida, devem estar atentas ao excesso de oferta. Em situação de oferta de transporte maior que a demanda, os navios podem converter-se em custo.

Conforme apontado por Stopford (2017), os principais ativos da indústria do comércio marítimo são os navios. A oferta de transporte marítimo no mundo está relacionada com a disponibilidade de navios e sua capacidade de transporte. Os navios que trafegam entre os países pelo mar se diferem por suas características definidas pelo transporte das cargas para as quais foram projetados. Desse modo, há os navios (TEIXEIRA, 2019):

- *General Cargo Ship*, Cargueiro ou Convencional: para o transporte de carga geral, com os porões divididos de forma a atender a demanda de diferentes tipos de carga.
- *Bulk Carrier* ou Graneleiro: visando o transporte de granéis sólidos (geralmente tem baixo custo operacional).
- Tanque: destina-se ao transporte de granéis líquidos.
- *Roll-on/Roll-off*: apropriado para o transporte de veículos, que são embarcados e desembarcados, através de rampas, com os seus próprios movimentos. Pode propiciar a conjugação com o transporte terrestre, ao carregar a própria carreta ou o contêiner sobre rodas ("boogies").
- *Full Container Ship* ou Porta-contêiner exclusivo para o transporte de *contêineres*, que são alocados através de encaixes perfeitos. A utilização intensa de guindastes reduz sensivelmente a necessidade de mão-de-obra.
- Lash ou porta-barcaças: projetado para operar em portos congestionados, transporta, em seu interior, barcaças com capacidade de aproximadamente 400 t ou 600 m³, cada uma, as quais são embarcadas e desembarcadas na periferia do porto.
- Sea-bea: mais moderno tipo de navio mercante, pois pode acomodar barcaças e converter-se em Graneleiro ou Porta-contêiner.

Dados da UNCTAD (2019, p. 31) apontam que no início de 2019, a frota mundial de navios mercantes contava com 96.295 navios com capacidade de 1,97 milhões (um milhão noventa e setenta mil) de TPM (Tonelagem de Peso Morto; em inglês, *Dead Weight Tonnage* - DWT). Os navios graneleiros e os petroleiros são responsáveis pela maior quota nesse número, com 42,6% e 28,7% respectivamente em capacidade de TPM. Houve um aumento na capacidade de oferta (até o início de 2019) de 2,6% com relação ao início de 2018. A maior taxa de crescimento em termos de capacidade operativa deu-se no segmento de navios transportadores de gás, com 7,25%.

A frota mundial calculada pela UNCTAD para o início de 2019 está baseada nos principais tipos de navios e sua participação na indústria do transporte marítimo, conforme a tabela a seguir⁵⁴:

Navios	Ano de 2019	Variação em relação a 2018 (%)
Petroleiros	567 533	0,98
Graneleiros	842 438	2,87
Carga geral	74 000	0,07
Porta-contêineres	265 668	4,89
Gaseiros	69 078	7,25
Tanque químico	46 297	4,14
Abastecimento no mar	80 453	2,79
Transbordadores e de passageiros	7 097	2,53
Outros	250.597	3,99
Total Mundial	1 976 491	2,61%

Tabela 2 – Capacidade e taxa de crescimento da oferta da frota mundial por tipo de transporte no início 2019 (em milhares de TPM)

Fonte: UNCTAD, 2019, p. 31.

Essa evolução, contudo, segundo a UNCTAD (2019, p. 31), deu-se em um contexto que já tem demonstrado ser já de excesso de oferta em todas as categorias de transporte. Com o excesso da oferta de espaço em navios, surge um fenômeno associado: a pressão pela redução em preços de frete. Essas más condições de mercado que atingiram particularmente a de trans-

⁵⁴ Navios mercantes de propulsão própria, com tonelage bruta igual ou superior a 100; números do início de 2019. Na seção “todos”, estão incluídos os navios de perfuração mar adentro, as unidades flutuantes de produção, carga e descarga. Não estão incluídos os navios militares, iates, navios de águas interiores, pesqueiros, plataformas fixas e móveis. Nota de rodapé da UNCTAD (2019, p. 31) (Adaptação nossa).

porte por contêiner têm feito com que as empresas de navegação adotem estratégias de mitigação de danos. Essas estratégias têm sido levadas a cabo por meio de fusões, aquisições, integração vertical da cadeia.

4.6.1. Líderes na Construção Naval

Em 2018, a construção naval mundial esteve sob a liderança da China, do Japão e da República da Coreia. Juntos, esses três países correspondem a 90% dessa indústria.

En 2018, China construyó el 60 % de las entregas mundiales de graneleros, el 49 % de los portacontenedores, el 47 % de los buques de carga general y el 45 % de los buques de suministro mar adentro. La República de Corea lideró la construcción mundial de nuevos gaseros (con una cuota del 64 %) y petroleros (42 %). En el Japón el principal segmento fue el de los quimiqueros, que representaron el 45 % de las entregas mundiales, seguidos de los graneleros, con un 33 % (UNCTAD, 2019, p. 34)⁵⁵.

No mesmo ano, os navios mais entregues pela indústria naval foram os graneleiros (26,7% da tonelagem bruta), os petroleiros (25%), os porta-contêineres (23,5%) e os gaseiros (13%). Há uma tendência para o aumento de entrega de navios porta-contêineres e transportadores de gás e diminuição dos petroleiros e graneleiros. Tem sido observada a demanda por navios porta-contêineres de grande capacidade (acima de 15.000 TEU's) que aumentou em 33% em 2018 e uma diminuição de petroleiros e graneleiros pelo excesso de disponibilidade desses navios no mercado (UNCTAD, 2019, p. 34).

A oferta em excesso presente nas diversas modalidades de transporte exige que a estrutura da indústria de construção naval busque otimizar recursos e reduzir custos para seguir sendo viável, com o incentivo de seus governos, particularmente nos países líderes:

El sector de la construcción naval ha sido objeto de varias reformas con el fin de garantizar la competitividad en un contexto de disminución de los pedidos, además de mitigar las consecuencias en un sector intensivo en mano de obra y desarrollar un modelo de construcción naval moderno y adaptado al futuro. Los Gobiernos de varios países asiáticos han adoptado diversas iniciativas para apoyar al sector de la construcción naval (UNCTAD, 2019, p. 35)⁵⁶.

⁵⁵ Em 2018, a China construiu 60% das entregas globais de graneleiros, 49% dos navios porta-contêineres, 47% dos navios de carga geral e 45% dos navios de abastecimento *offshore*. A República da Coreia liderou a construção mundial de novos transportadores de gás (com uma participação de 64%) e petroleiros (42%). No Japão, o principal segmento foi o de navios-tanque químicos, responsáveis por 45% das entregas mundiais, seguidos pelos navios graneleiros, com 33% (Tradução nossa).

⁵⁶ O setor de construção naval passou por várias reformas para garantir a competitividade em um contexto de pedidos em declínio, além de mitigar as consequências em um setor intensivo em mão-de-obra e desenvolver um modelo moderno de construção naval, adaptado ao futuro. Os governos de vários países asiáticos tomaram várias iniciativas para apoiar o setor de construção naval (Tradução nossa).

O incremento de novas tecnologias minimizando o uso intensivo de mão de obra e a agilização de processos que integrem de forma mais eficaz tecnologias já utilizadas é um possível caminho de amparo à indústria naval em países altamente dependentes desse setor.

4.6.2. Países Detentores da Frota: Liderança Global

A indústria do transporte marítimo conta com a liderança de alguns países no que diz respeito ao controle da frota de navios mercantes. Mais da metade (em tonelagem) dos navios disponíveis com no mínimo 1.000 TB (tonelagem bruta) estão sob propriedade de 5 países (navios com menor tonelagem são de difícil identificação de real propriedade). Juntas, Grécia, Japão, China, Singapura e Hong Kong (China) possuem 50% da tonelagem mundial. Desses, 40% correspondem a Grécia, Japão e China (UNCTAD, 2019, p. 39)⁵⁷.

Conforme indica a figura, os últimos 5 anos indicam que Alemanha, Japão e a República da Coreia passaram por uma tendência de queda enquanto Grécia, Cingapura, China e Hong Kong (China) tendiam ao crescimento de posição:

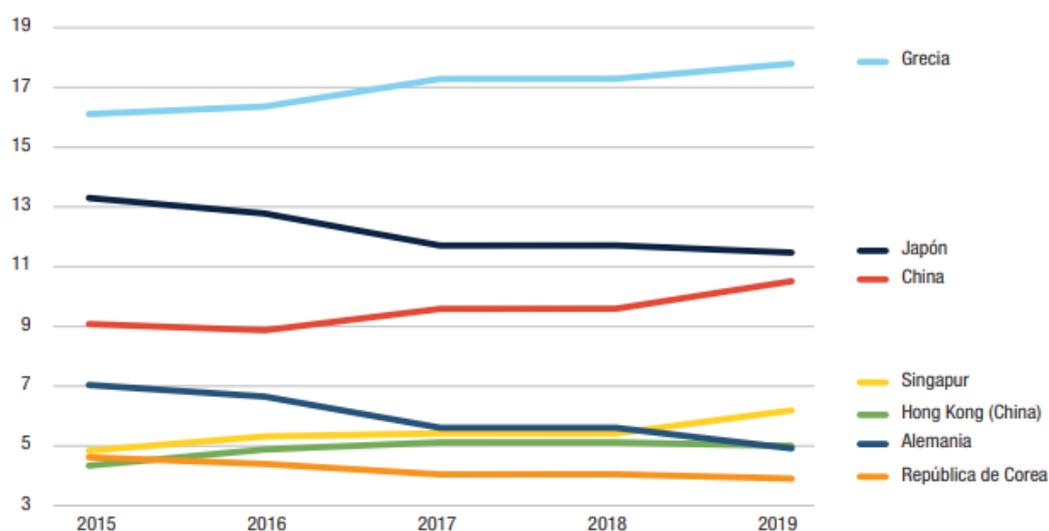


Figura 8 – Porcentagem da frota mundial e países controladores (início de 2019).

Fonte: UNCTAD (2019, p. 39) com base em dados da *Clarksons Research*.

No que diz respeito ao valor da frota, segundo valoração feita pela *Clarksons Research*⁵⁸, que analisou aspectos como o tipo, tamanho e idade do navio, os principais países proprietários,

⁵⁷ A lista completa dos países com participação significativa na frota naval está disponível no mesmo relatório da UNCTAD de 2019: (https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/rmt2019_es.pdf).

⁵⁸ Fornecedora de dados e inteligência relacionada ao mar como o transporte marítimo, comércio, atividades *off-shore* e energia.

correspondendo a 45% da frota, foram considerados: a Grécia, o Japão, os Estados Unidos, a China e a Noruega.

4.6.3. Registro da Frota: Países De Bandeira

Embarcações operadas pelos países líderes ou pelos demais, nem sempre ostentam as bandeiras de seus controladores. A maioria dos proprietários de navios preferem registrar suas embarcações em outro país. Os países em desenvolvimento são os maiores detentores de registro de navios no mundo. Essa prática de uso comum tem em vista reduzir custos operacionais pelos baixos custos do registro, menor carga fiscal e possibilidade de contratação de pessoal estrangeiro a menor custo ou a questões normativas mais sugestivas (DUARTE, 2013, p. 25).

A conveniência de bandeira, contudo, tem sido escolhida também por outros motivos que levam em consideração a própria eficiência das operações logísticas, o abrigo de segurança, a agilidade nas inspeções navais e a credibilidade de que outros países podem oferecer. Marcos de segurança cibernética, por exemplo, são atrativo a proprietários de frota.

Os Estados com domínio de bandeira sobre as embarcações podem contribuir para boas práticas no transporte marítimo internacional na medida em que:

ejercen un control reglamentario sobre la flota mundial (aplican la ley e imponen sanciones en caso de infracción) por cuanto respecta a cuestiones como la seguridad de la vida humana en el mar, la protección del medio marino y el ejercicio del derecho de la gente de mar a condiciones decentes de trabajo y de vida⁵⁹ (UNCTAD, 2019, p. 43).

Estima-se que mais de 70% da frota mercante internacional esteja sob bandeira de países distintos dos reais donos dos navios. No entanto, apenas três países são detentores do registro de 41% da capacidade de tonelagem mundial: Panamá, Ilhas Marshall e Libéria (UNCTADSTAT, 2019).

Os três maiores países efetivamente donos de frota, Grécia, Japão e China, distribuem seus navios entre registro nacional e de outros países, conforme a figura:

⁵⁹ Exercem controle regulatório sobre a frota global, aplicando a lei e impondo sanções em caso de infração, em questões como a segurança da vida humana no mar, a proteção do meio marinho e o exercício do direito das pessoas a mar a condições de trabalho e vida decentes (Tradução nossa).

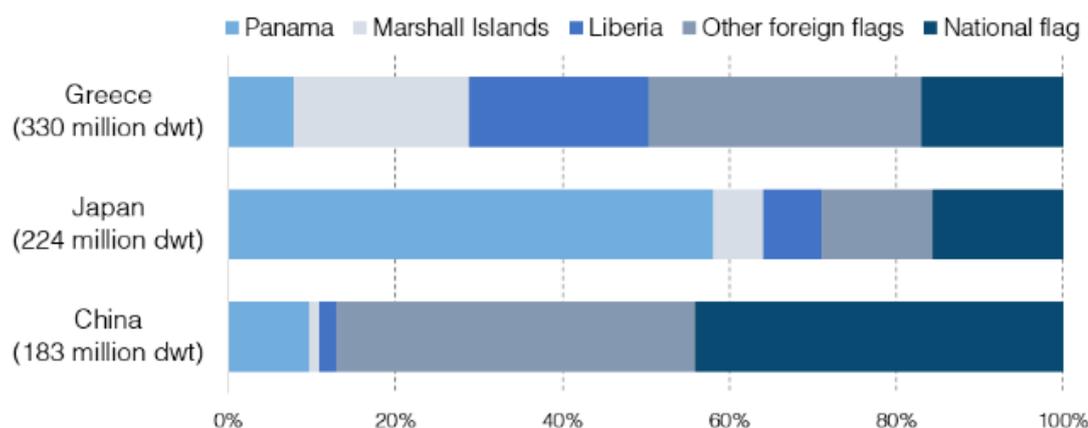


Figura 9 – Porcentagem da capacidade de carga sob registro de bandeira.
Fonte: UNCTADSTAT, 2019.

4.7. Estratégias de Competitividade no Transporte por Contêiner

O quadro de larga oferta de transporte por meio de navios associado a uma queda na demanda pelo serviço, tem sido observado particularmente no transporte de contêineres. Nesse setor, a oferta subiu a 6%, enquanto a demanda, a apenas 2,6%. A oferta de mega navios, as tensões comerciais, o protecionismo e novas regras ambientais, têm forçado para baixo o preço do frete ao mesmo tempo em que elevam os custos operacionais. Nesse contexto, urge a formulação de estratégias eficazes a fim de sustentar a cobertura de atendimento e fretes competitivos (UNCTAD, 2019, p. 44).

No transporte marítimo internacional de contêiner, apenas 10 empresas transportadoras ocupam 82,7% de todo o mercado, conforme a tabela:

Transportador marítimo	TEU	Navios ¹	Porcentagem da frota mundial em TEU2
APM-Maersk	4.143.301	714	18,0%
MSC	3.402.020	536	14,7%
COSCO Group	2.896.048	475	12,5%
CMA CGM Group	2.685.731	520	11,6%
Hapag-Lloyd	1.693.634	235	7,3%
ONE	1.542.659	215	6,7%
Evergreen Line	1.286.105	207	5,6%
Yang Ming	647.474	97	2,8%
Hyundai M.M.	425.550	71	1,8%
PIL	396.544	121	1,7%

Tabela 3 – Ranking das Transportadoras por porcentagem da frota mundial em TEU's
Fonte: ALPHALINER, 2019, apud ANTAQ, 2019, p. 15.

Para mitigar efeitos do excesso de navios e enfrentar esse cenário desafiador, empresas com grande participação de mercado têm buscado estratégias de compra, fusão e mesmo de

cooperação, a fim de manter a sustentabilidade das operações. Desde 2017, foram formadas 3 alianças de transporte por contêiner: a 2M, a OCEAN ALLIANCE e a THE ALLIANCE, que juntas representam 80% do mercado global. Essas alianças compreendem 9 companhias, conforme a figura:

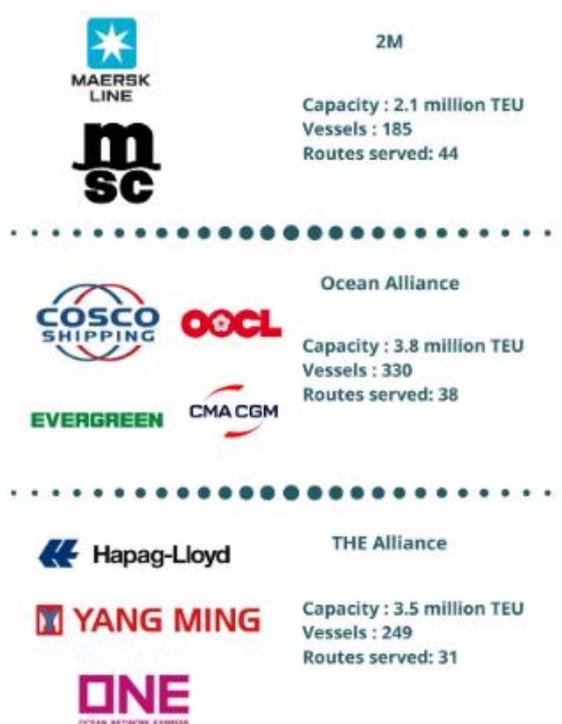


Figura 10 – As três grandes alianças do transporte marítimo
Fonte: CHANGE, 2020.

Essas grandes alianças têm a característica de potencializar a cobertura de rotas, oferecendo maior abrangência a seus clientes. Outra possibilidade é que as transportadoras especializadas e instaladas em regiões distintas podem complementar forças ao disponibilizar suas infraestruturas, viabilizando as operações mutuamente. Os ganhos tendem a advir de um crescente concerto de informações e de suporte ao gerenciamento dos fretes:

Apesar das diferenças entre alianças, a maioria funciona da mesma forma. As principais áreas de comunicação e compartilhamento de informações abrangem as mesmas áreas, como planos de estiva, atribuição e programação da embarcação, além da solução de problemas. A regulamentação dos tipos de combustível, questões ambientais, eficiência operacional e falhas do motor também são discutidas abertamente. Elementos adicionais em cada aliança de remessa incluem planejamento de capacidade, a contribuição de cada transportadora individual e a remuneração específica. Simplificando, quanto mais uma transportadora faz uma aliança de transporte em termos de navios e rotas comerciais, melhor o desempenho (CHANGE, 2020).

As grandes alianças do transporte de contêiner podem viabilizar a compra de navios de grande porte, uma vez que a combinação prévia de rotas e o concerto logístico podem permitir

que grande quantidade de carga seja transportada de uma vez só pelas empresas que compõem as alianças. O mercado de comércio de contêineres deverá ser analisado cada vez mais sob o aspecto das alianças. Exemplo disso, foi noticiado em 2017 que alianças da navegação estão encomendando navios com capacidades recordes de carga:

a MSC oficializou esta quinta-feira a encomenda de onze unidades com capacidade para 22.000 TEU's, feita aos estaleiros da Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering (DSME), na Coreia do Sul. Poucos dias antes, tinha sido notícia a encomenda de nove unidades por parte da CMA CGM, também estes com capacidade para 22 mil TEU's/cada (CARGO, 2017).

A ampla oferta e a lenta demanda por transporte marítimo que pressionam para baixo o preço dos fretes fazem desse um setor com altas barreiras de entrada para novos atores. As incertezas próprias da indústria do transporte marítimo vêm sendo potencializadas por novos eventos políticos e conjunturais. Enquanto isso, empresas com participação significativa de mercado em termo de rotas, capacidade de carga e navios tendem a um concerto cooperativo para otimizar suas operações. No entanto, novas estratégias de otimização deverão ser empreendidas, como aquelas pautadas no melhoramento e embarque de novas tecnologias, que só será possível com algum custo de oportunidade, a renúncia de recursos pelo investimento.

5. VOCAÇÃO BRASILEIRA AO COMÉRCIO MARÍTIMO

O Brasil tem o direito de exploração sobre um território marítimo que equivale a quase metade do seu território continental. Cerca de 5,7 milhões de Km² de área oceânica estão à disposição e responsabilidade do país. O mar é uma vasta fonte de recursos de onde são extraídos 90% do petróleo, 80% do gás e 45% do pescado nacional. O mar é em si um recurso onde diversas atividades são possíveis; dentre elas, o transporte de mercadorias. As rotas marítimas brasileiras escoam 95% de seu comércio com o mundo em importações e exportações (MARINHA DO BRASIL, 2019).

Desse modo, com sua grande extensão de litoral e proximidade da população com o mar, o Brasil é um país com forte vocação marítima:

O Brasil, país indiscutivelmente marítimo, tem o litoral com mais de 7 mil quilômetros de extensão e, considerando recortes como baías e reentrâncias, a medida é superior a 8,5 mil quilômetros. São dezessete estados litorâneos e 280 municípios defrontantes com o mar, de modo que mais de 80% da população brasileira vive hoje a menos de 200 quilômetros da costa do país. O Brasil possui, ainda, uma das zonas econômicas exclusivas mais amplas do globo, com mais de 3,6 milhões de quilômetros quadrados (km²) (ANDRADE, 2019).

A extensa projeção do Brasil por sua configuração física em direção ao mar indica uma grande importância econômica e estratégica para o país. Como 95% de seu comércio é transportado por vias marítimas, o país está condicionado a uma vasta dependência desse meio de transporte, o que pode gerar vulnerabilidades:

Nossa grande dependência do mar faz sobressair talvez nossa maior vulnerabilidade: assegurar o controle das vias de comércio marítimo, o que nos faz lembrar que o Brasil gasta anualmente uma quantia muito expressiva para sua balança de pagamentos no que diz respeito ao frete marítimo com navios de bandeira estrangeira. Uma marinha mercante forte gera muitos empregos e reduz essa onerosa carga (MARINHA DO BRASIL, 2019).

Da constatação da vocação marítima brasileira e da vulnerabilidade da dependência a navios de posse e bandeira de outros países, sobressai o desejo brasileiro pelo fomento a uma marinha mercante capaz de dar suporte a seu comércio com o mundo. Nesse sentido, em contexto de grandes incertezas no macroambiente do comércio marítimo internacional, é válido levantar a pergunta pela possibilidade da realização desse desejo brasileiro.

5.1. Comércio Marítimo Brasileiro

Dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários apontam que no primeiro semestre de 2020, foi transportado um total de cargas de 436.445.704 toneladas⁶⁰, indicando um crescimento em relação ao mesmo período do ano anterior de 3,98%. Desse total, 289.458.833 toneladas embarcaram no Brasil para exportação (aumento de 2,86% em relação ao mesmo período no ano anterior) e 146.986.871 desembarcaram (aumento de 6,25% de importações em relação ao mesmo período no ano anterior) (ANTAQ, 2020).

O tráfego total de cargas efetuado no Brasil se dá com uma grande vantagem da navegação de longo curso, mas conta com uma significativa participação da navegação por cabotagem, conforme o gráfico:

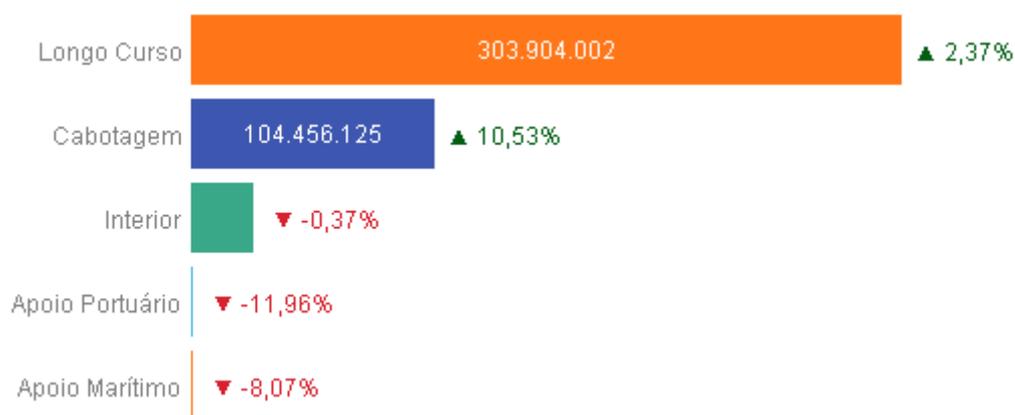


Figura 11 – Tipo de navegação e sentido em tonelagem (2020)

Fonte: ANTAQ, 2020.

As cargas transportadas indicam, em matéria de volume, a liderança dos seguintes produtos trafegados pelos portos brasileiros na primeira metade de 2020:

⁶⁰ Números consolidados pela base de dados estatísticos da ANTAQ até o dia 24/07/2020.

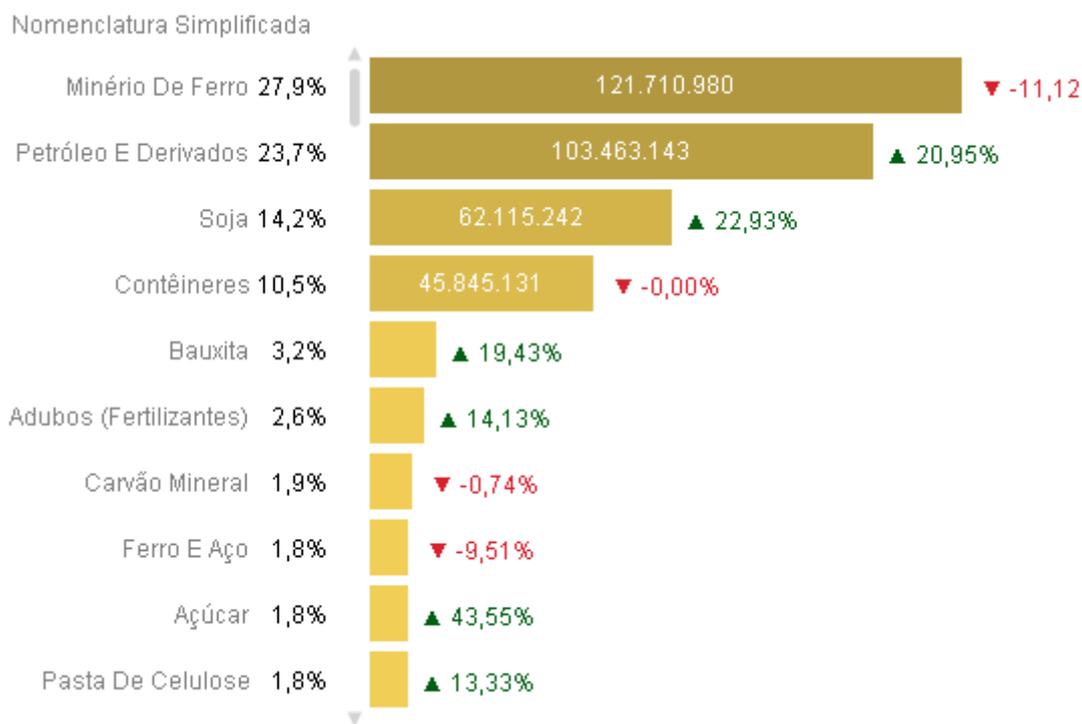


Figura 12 – 10 Principais Mercadorias em Milhões De Toneladas (2020)

Fonte: ANTAQ, 2020

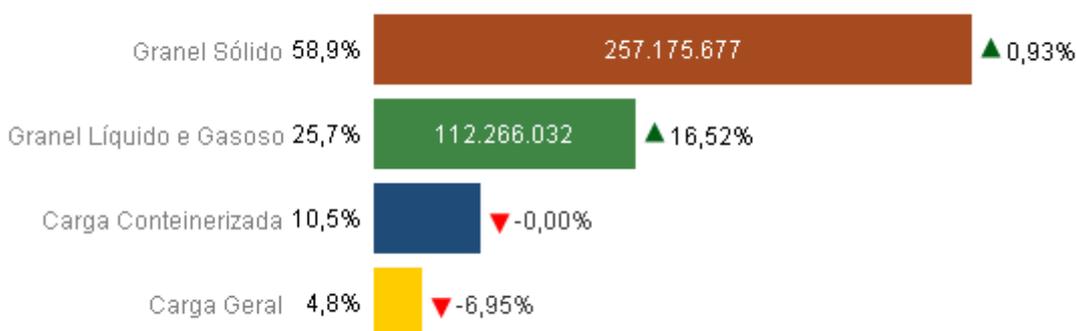


Figura 13 – Perfil e carga em tonelagem (2020)

Fonte: ANTAQ, 2020

As cargas transportadas, divididas por perfil, indicam predominância do granel sólido: Os grandes volumes sugeridos pelo transporte de granéis, encontram viabilidade de transporte apenas pelo modal aquaviário marítimo. Para atender a essa demanda de transporte, o Brasil precisa de navios especializados para esse tipo de carga. O transporte de granéis sólidos conta com algumas particularidades:

Elevado volume: Transportes de granéis, para serem viabilizados, são necessários que haja um volume suficiente para o movimento de um navio; - Manuseio e acondicionamento: Produtos como minérios e carvão são movimentados a granel por equipamentos automáticos e especializados; - Valor da carga relativamente mais baixo: Para produtos de maior valor agregado é mais vantajoso transportá-los em lotes menores. Commodities, como o minério de ferro,

podem ser estocadas por mais tempo; - Regularidade do fluxo de comércio: quanto maior a regularidade de recebimento e expedição das cargas, mais se tornam viáveis sistemas de manuseio de granel (STOPFORD, 2009, apud ADRIANO, 2013, p. 4).

No que diz respeito à frota, o Brasil não conta com oferta doméstica de navios suficiente para o serviço de transporte marítimo de seus principais produtos de exportação. Para ampliar suas capacidades, o país precisa recorrer ao transporte por afretamento. Nesse sentido, ao buscar no mercado internacional transporte para seus produtos, o Brasil torna-se um afretador de carga. No afretamento, o afretador solicita o serviço de navios sob bandeira de outros países (ADRIANO, 2013, p. 5).

Sob sua bandeira, o Brasil conta com uma frota de 2.650 navios, com números expressivos no serviço de apoio portuário (2.065), mas com poucas embarcações distribuídas entre cabotagem e longo curso (218):

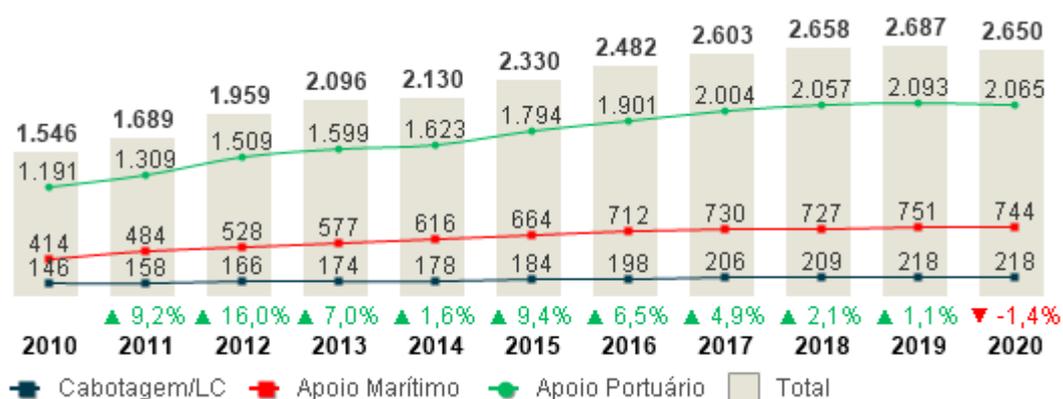


Figura 14 - Evolução da frota de bandeira brasileira

Fonte: ANTAQ, 2020.

A fim de suprir a sua demanda por transporte, o Brasil empreendeu os seguintes registros de afretamentos em 2020 (até julho), distribuídos por tipo de navegação:

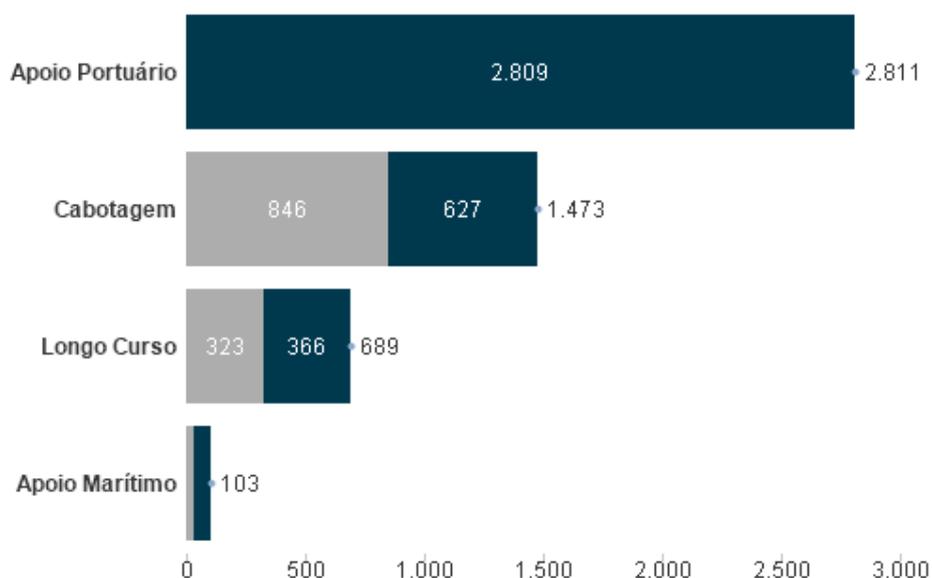


Figura 15 – Quantidade de afretamento por tipo de navegação (2020)⁶¹
Fonte: ANTAQ, 2020.

Dentre o número total de navios afretados pelo Brasil, é possível distinguir as distintas modalidades de embarcação que atendem aos diversos tipos de carga:

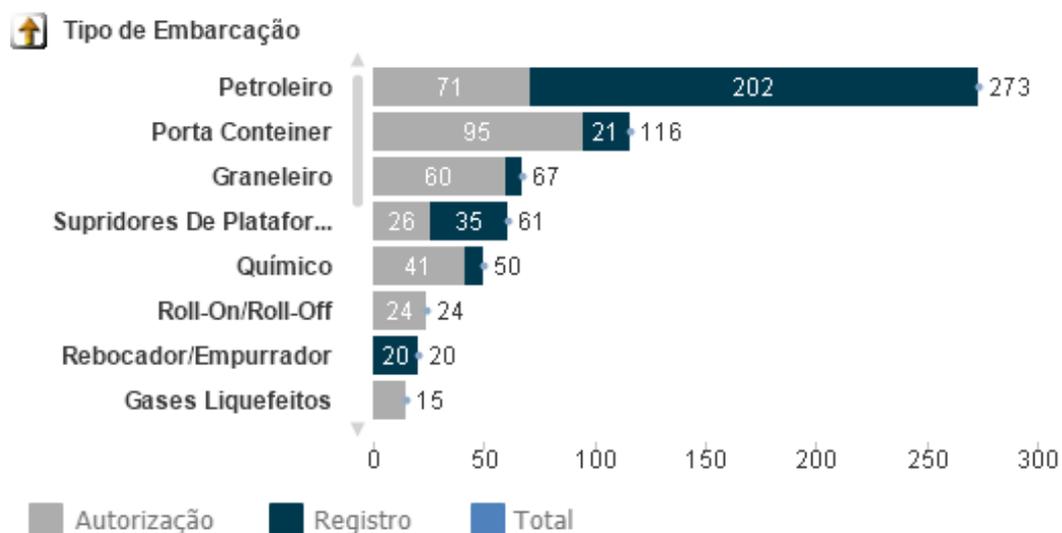


Figura 16 – Embarcações afretadas distintas (2020)
Fonte: ANTAQ, 2020.

Os dados indicam que o Brasil é um país altamente demandante de fretamento de navios sob bandeiras de outros países para atender não apenas à sua necessidade de transporte de longo curso, mas também aquele por cabotagem. Navios graneleiros, petroleiros e porta-contêiner estão sob situação de alta oferta em todo o mundo, conforme relatório da UNCTAD (2019), o que pode tornar o preço dos fretes um viabilizador do comércio marítimo brasileiro.

⁶¹ As barras cinza indicam a autorização para o afretamento, enquanto a barra azul, os registros efetuados.

5.2. É possível o fomento a uma marinha mercante brasileira?

Decorrente de sua vocação marítima, o Brasil aspira por uma marinha mercante robusta associada a uma construção naval capaz de produzir navios que diminuam sua necessidade de afretamento internacional. Esse desejo encontra obstáculos de viabilidade diante da entrada em uma indústria com alta competição e empresas consolidadas com grande domínio de mercado. A alta oferta de transporte marítimo pelos armadores internacionais que propicia preços de fretes atrativos para empresas exportadoras pode sugerir maior investimento de recursos brasileiros em outras áreas.

Embora as instalações de indústrias com capacidade de entrega de navios tenham uma capacidade de transbordo e melhorias nas áreas econômica, social e tecnológica do país, sua concepção deve pautar-se por uma política de Estado de longo prazo:

A indústria naval precisa de perenidade em encomendas por pelo menos 20 anos, pois, sem isso, não conseguiremos atingir os índices internacionais de produtividade. Precisamos de linhas de crédito competitivas e de um Fundo Garantidor para estruturação de financiamentos, além de um conteúdo local adequado para que tenhamos uma indústria de navieças no Brasil em condições de atender nossas necessidades para que, com isso, possamos baratear nossos custos. [...] Portanto, a resposta à pergunta que vale bilhões de dólares e milhares de empregos no Brasil, que a indústria naval aguarda, deve vir da vontade de criar uma Política de Estado adequada por parte do Governo Federal (ROCHA, 2020).

Os países que hoje dominam 90% da capacidade de construção naval, China, Japão e República da Coreia, (UNCTAD, 2019, p. XI) edificaram capacidades contra as quais é difícil competir. Não obstante, o movimento tecnológico associado a uma navegação comercial sustentável, oferece aos países em desenvolvimento a possibilidade de melhorar suas infraestruturas básicas, o que pode otimizar seu comércio marítimo:

El avance hacia una navegación sostenible ofrece oportunidades para los países en desarrollo. La transición a alternativas de transporte más limpias y la aplicación de las nuevas tecnologías permiten resolver varios problemas a la vez, como mejorar la eficiencia de las operaciones de transporte, rebajar el consumo de energía, mitigar el cambio climático y reducir la contaminación atmosférica y la congestión del tráfico a nivel local. Ello reviste especial importancia en el caso de los países en desarrollo, que pueden plantearse la posibilidad de integrar los principios y criterios de sostenibilidad en una fase temprana del proceso de inversión y planificación de las infraestructuras dado su

estadio de desarrollo y su actual prioridad de crear infraestructuras (UNCTAD, 2019, p. 57)⁶².

A sugestão do relatório da UNCTAD advoga, portanto, que países em desenvolvimento se ocupem em otimizar seus processos internos de infraestrutura. Um exemplo tem a ver com a possível opção estratégica de grandes empresas e alianças de aumentar a dimensão dos navios, como no caso do transporte por contêiner. Particularmente o Brasil deve adaptar-se para receber essa nova geração de navios:

O recebimento dos mega navios nos portos brasileiros, é uma realidade distante, tanto pela estrutura precária, quanto pelo potencial de cargas, considerado baixo para os padrões mundiais. [...] Apostar na adequação da infraestrutura de escoamento das mercadorias através da resolução dos problemas relacionados à limitação nos acessos marítimos (dragagem), infraestrutura precária no cais (equipamentos) e criar políticas de incentivo à produção e exportação, geram competitividade e são fundamentais e urgentes. Se o sistema portuário brasileiro não se adequar, corre o risco de desaparecer da rota dos grandes transportadores (MERLIN, 2017).

Essa constatação aponta à realidade de que antes de empreender um caminho em direção a uma possível evolução da indústria naval com envergadura capaz de auxiliar na segurança de capacidade de transporte marítimo no Brasil, há que atentar-se para problemas estruturais que podem acarretar perdas no saldo da participação do comércio exterior na economia do país:

[...] o Brasil possui uma das piores infraestruturas portuárias do mundo até para atender os navios mais simples - o que é um problema secular que impede a redução dos custos de frete e logística no país. [...] a literatura nacional de "economia dos portos" indica que tal problema pode ser dividido em três grupos: (i) os de ordem de apoio inadequado de logística e armazenagem, visualmente percebidos pelos grandes congestionamentos de caminhões nas áreas perimetrais aos portos; (ii) os relacionados ao excesso de tempo de desembarço das cargas, que fica evidente quando se nota que em boa parte dos portos a Receita Federal e a Vigilância Sanitária não trabalham 24 horas por dia, ou mesmo em fins de semana, como trabalham os navios; e, (iii) as limitações físicas e estruturais que dificultam a atracação dos navios - ausência de manutenção regular da profundidade dos canais de navegação, controle inadequado do trânsito marítimo, pouca disponibilidade e agilidade dos práticos e rebocadores no atendimento ao navio etc MENEGAZZO, 2018, p. 2).

⁶² O avanço para uma navegação sustentável oferece oportunidades para países em desenvolvimento. A transição de alternativas de transporte mais limpas e a aplicação de novas tecnologias permitidas para resolver vários problemas já ocorreram, como aumentar a eficiência das operações de transporte, reajuste o consumo de energia, reduza o consumo de energia, reduza o câmbio escalável e reduza a contaminação atmosférica e o congestionamento de tráfico a nível local. Isso tem importância especial no caso de países em desenvolvimento, que pode plantar a possibilidade de integrar os princípios e critérios de estabilização em uma fase do processo de inversão e planejamento das infraestruturas após o estado de desenvolvimento e a atual prioridade de criação infraestruturas (Tradução nossa).

Embora o Brasil conte com uma vasta costa, território oceânico e tenha alta dependência do comércio exterior, com participação de até 95% desse comércio feito pelo mar, o investimento em uma frota naval de longo curso demandaria um concerto político e uma alocação de recursos inviáveis na presente conjuntura. Associado a essas variáveis, o mercado internacional está em plenas condições de oferecer transporte marítimo a custo baixo, o que tem sido a maior vantagem competitiva do transporte feito pelo mar. Conforme observa Silveira et. al. (2013, p. 27), o movimento inovador no setor marítimo brasileiro “sempre foi tardio em comparação às nações desenvolvidas (grande parte das inovações tem origem no centro do sistema capitalista) ”.

5.3. Análise SWOT

Ferramenta de análise de cenários e planejamento estratégico amplamente adotada por diferentes organizações, a matriz de análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*)⁶³ permite o planejamento e tomada de decisões à partir do diagnóstico da situação da empresa e dos fatores ambientais em seu entorno. O objetivo então é potencializar as oportunidades e reduzir os riscos.

A matriz analisa elementos internos, intrínsecos ao ambiente organizacional em análise, bem como o ambiente externo, que não depende de seu controle imediato:

Ponto forte é a diferenciação conseguida pela empresa – variável controlável – que lhe proporciona uma vantagem operacional no ambiente empresarial (onde estão os assuntos não controláveis pela empresa).

Ponto Fraco é a situação inadequada da empresa – variável controlável – que lhe proporciona uma desvantagem operacional no ambiente empresarial.

Oportunidade é a força ambiental incontrolável pela empresa, que pode favorecer sua ação estratégica, desde que conhecida e aproveitada, satisfatoriamente, enquanto perdura.

Ameaça é a força ambiental incontrolável pela empresa, que cria obstáculos à sua ação estratégica, mas que poderá ou não ser evitada, desde que reconhecida em tempo hábil (OLIVEIRA, 2007, p. 37).

Também o incremento de uma frota naval produzida em território nacional sob um novo modelo produtivo com maior grau de integração tecnológica está sob as variáveis propostas por uma análise SWOT. Entendendo o ambiente brasileiro como portador dos fatores intrínsecos (forças e fraquezas) e a estrutura do transporte marítimo internacional como ambiente externo (oportunidades e ameaças), é proposta uma análise do presente cenário.

⁶³ Forças, fraquezas, ameaças e oportunidades (Tradução nossa).

No que diz respeito às forças é notável considerar conforme exposto no capítulo 5 que a extensão do litoral brasileiro (7Km) é em si um convite à projeção do país ao exterior por vias marítimas. Essa vocação é também um recurso. Precisamente por contar com esse recurso, o Brasil tem conforme anuário da ANTAQ (2020), ao longo de sua costa 99 portos distribuídos por 4 grandes regiões: Norte (11), Nordeste (28), Sudeste (46) e Sul (14). É possível ainda situar como força a demanda existente no Brasil por transporte marítimo. O elevado volume situado em cerca de 95% do comércio feito pelo país com o mundo por vias marítimas é sinal de que a demanda interna por transporte marítimo pode agir como agente incentivador a uma indústria de frota nacional.

Ao mesmo tempo em que atende à demanda por transporte, a indústria de construção naval pode portar um largo transbordo econômico em outras áreas, favorecendo o desenvolvimento econômico do país, fator a se considerar no debate social sobre o tema. Outro fator que pode ser levado em conta, a produção da indústria naval nacional com maior aporte de tecnologia ao catalisar diversas indústrias seria capaz de reter divisas de capital no Brasil, fomentando a economia nacional.

Não obstante as condições nacionais que dão lugar à necessidade de uma frota nacional e a constatação de um possível ganho a nível econômico e social, há “fraquezas” identificáveis no Brasil. Conforme apontado no capítulo 3, são amplas as possibilidades tecnológicas, mas sua implementação demanda investimento em sua pesquisa e desenvolvimento, ao mesmo tempo em que algumas disponíveis ainda contam com alto custo de adoção.

Nesse sentido, um macroambiente econômico marcado por um baixo crescimento mundial e interno e potencializado pela pandemia da COVID-19 tende ao desestímulo de investimentos em setores de menor especialização brasileira como a indústria naval. Esse diagnóstico pode sinalizar pouca disposição de recursos planejados em longo prazo para uma indústria que demanda alta estratégia de alocação de recursos.

A opção estratégica pelo fomento de uma indústria específica em um país demanda ampla concertação política no que diz respeito ao fomento estatal de recursos ou mesmo preparação do ambiente legal que viabilize ao setor privado o investimento. Não foram identificadas políticas públicas de relevância que tenham em vista o fomento a uma frota mercante nacional. Esse elemento político de concertação de interesses, uma vez ausente, inviabiliza as condições para investimentos em uma indústria com amplas interfaces.

A adoção de uma estratégia de desenvolvimento de uma marinha mercante com produção nacional encontra dificuldade ainda na séria competição a que estaria submetida caso fosse considerada. Conforme destacado no capítulo 4, o eixo da construção naval está deslocado para

a Ásia, com forte acento na indústria chinesa. A capacidade de conferir escala à sua produção com custos competitivos é alta barreira de entrada a novos construtores navais.

Embora tenha 95% de seu comércio com o mundo feito por vias marítimas, constatado como uma força que garante a demanda pelo serviço de transporte, a participação brasileira no comércio mundial em termos de valor não desponta em alto grau de importância. Devido à natureza de suas exportações pautada por alto volume de produtos primários, em termos de valor, o comércio brasileiro não tem participação de grande envergadura no comércio global. Isso se manifesta como fraqueza, uma vez que caso seus produtos sejam substituídos por outros (fontes de energia distintas) ou seus clientes diversifiquem sua base produtiva de produtos básicos (alimentos), poderá sofrer possível queda na demanda pelo transporte de produtos.

As políticas de implementação da Indústria 4.0 no Brasil são ainda incipientes, conforme constatado no capítulo 2. Embora a mudança de paradigma seja uma realidade para os diversos setores da economia em todo o mundo, são distintos os graus de maturidade das tecnologias e da discussão de sua implementação nos países. Países mais afeitos às mudanças observadas na manufatura e com maior capacidade de investimento tendem a se apropriar de mudanças tecnológicas com maior agilidade.

Em decorrência de uma entrada tardia em avanços tecnológicos precedentes, a indústria 4.0 ainda não é um debate amplamente estabelecido na sociedade brasileira. Tecnologias cruciais de infraestrutura de comunicação como a do 5G, deverão ser implementadas no Brasil à partir da oferta de países que despontam na liderança dessa tecnologia, como Estados Unidos ou China. Essa falta de condições de tecnologia própria revela uma fraqueza para o país contruir de forma autóctone sua “indústria naval 4.0”.

Entre os fatores extrínsecos ao Brasil que incidem no transporte marítimo internacional e podem ser contemplados como oportunidades, podemos situar o presente movimento tecnológico. Embora a indústria 4.0 ofereça desafios enquanto fenômeno de mudança que exige adaptação por partes dos diversos países em condição de disparidade, tem uma natureza diferente das revoluções precedentes.

O grau de cooperação e agilidade tecnológica com que os modelos produtivos podem contar nesse novo paradigma pode viabilizar o surgimento de novos modelos de negócio, novas empresas e viabilizar soluções não disponíveis em modelos produtivos precedentes. A otimização industrial, o melhor uso de dados e informações como principais ativos na cadeia produtiva podem oferecer alternativas à indústria naval brasileira.

Outra oportunidade observada está relacionada com a tendência à integração regional proposta pela UNCTAD, conforme observado no capítulo 4. A integração de países de uma

região que concentre esforços para escoamento de sua produção oferece campo de oportunidade para o Brasil. Tendo em vista as grandes dimensões territoriais adentro do continente e sua projeção costeira, o Brasil pode ser catalizador da demanda por transporte marítimo na América do Sul. Essa oportunidade, contudo, não se faz sem ampla construção política.

O Brasil, país altamente demandante de transporte marítimo, conta com algumas ameaças diante do macroambiente do setor. Importante ressaltar como ameaça sua grande dependência da oferta de serviço feito por países estrangeiros. Conforme demonstrado no capítulo 5, embarcações nacionais voltadas ao longo curso não têm participação significativa no total da frota brasileira. Assim, seu poder de barganha comercial e negociação em taxas de frete ficam reduzidos. Precisamente por ter que contar em seu transporte de longo curso com armadores de outros países, o país não detém soberania sobre seu transporte marítimo.

O estímulo a uma frota nacional, todavia, esbarra na ampla liderança exercida pelos países asiáticos na construção naval, conforme descrito no capítulo 4. Esse monopólio asiático viabiliza uma construção naval mais avançada e competitiva, mas, ao mesmo tempo, impõe barreiras de entrada a países aspirantes ao desenvolvimento de uma indústria naval própria.

Pode ser situada ainda como ameaça ao estabelecimento de uma frota mercante de longo curso de fabricação própria, a percepção política e social da cabotagem como mais estratégica para o Brasil. Tendo em vista a compreensão da navegação por cabotagem como mais estratégica, o debate nacional tende a se especializar mais nessa forma de transporte marítimo, aceitando a condição de demandante de transporte de longo curso de outros países.

Também as alianças descritas entre as grandes empresas do setor, descritas no capítulo 4, conferem-lhes alto poder de monopólio sobre o mercado e influência sobre as taxas de frete. A prestação do serviço de transporte a nível internacional não pode prescindir da influência exercida pelas líderes do setor. Esse monopólio exerce grande vantagem sobre frotas nacionais que aspirem ao controle de seu transporte por meio de frotas próprias. Precisamente pelo grande porte e influência, essas empresas monopolistas estarão mais aptas às novas exigências tecnológicas, ambientais e estruturais da construção naval.

Com a finalidade de ilustrar o cenário de inserção do setor de transporte marítimo de longo curso do Brasil no complexo sistema do transporte marítimo internacional, buscou-se o auxílio da ferramenta administrativa, a análise SWOT. Vide o quadro a seguir:

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Litoral de 7 mil Km de extensão ✓ Estrutura portuária ao longo da costa ✓ Demanda interna por transporte marítimo; (95%) do comércio doméstico ✓ Indústria marítima como catalizadora de desenvolvimento de outras indústrias ✓ Retenção de divisas no país 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Indisponibilidade de recursos em longo prazo / público e privado ✓ Frágil concertação política / Estratégia de Estado de fomento da Marinha Mercante ✓ Pouca capacidade de escalar produção ✓ Volume total de tráfego de carga pouco expressivo no comércio mundial ✓ Discussão e capacidade incipiente de implementação das tecnologias 4.0
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Otimização tecnológica no mundo, viabilizando novas formas de designe e produção de navios ✓ Integração regional como meio de inserção internacional 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dependência da oferta internacional de transporte marítimo ✓ Ampla capacidade de produção em países asiáticos ✓ Percepção da cabotagem como mais estratégica ✓ Alianças entre empresas com alto poder de barganha e práticas monopolistas ✓ Tendência à construção de navios de grandes proporções

Quadro 3 – Análise SWOT da viabilidade do fomento à marinha mercante de longo curso no Brasil

Fonte: Elaborada pelo autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O poder a nível internacional clássico estava profundamente relacionado à capacidade de o Estado, ente que materializa o domínio do território, manter a coesão territorial e proteger seus interesses para além de suas fronteiras. As novas tecnologias com alto poder de influenciar e sugerir caminhos nos processos decisórios surgem como um desafio novo, desconhecem os limites rígidos das fronteiras. É importante e estratégico nesse momento de amplo avanço tecnológico que capacidades de domínio de tecnologias estejam ao alcance dos distintos países.

O presente trabalho objetivou encontrar por meio do poder marítimo, nomeadamente pelo transporte marítimo de longo curso, possíveis caminhos para inserção internacional do Brasil no presente fenômeno tecnológico que traz grande possibilidade de impacto nas formas de produzir, prestar serviços e organizar a vida social. A chamada quarta revolução industrial vem sendo apontada como agente de definição das configurações de poder no século XXI. Isso não se dá de forma etérea. As tecnologias que a caracterizam poderão transformar a própria natureza do poder.

O aspecto de exercício de poder analisado nesse estudo é precisamente o domínio da tecnologia. Foi identificado que países com economias fortes estão seriamente empenhados em manter atualizadas suas formas de produção e prestação de serviços por meio de novas tecnologias. E, para cumprir esse fim, vêm desenvolvendo estratégias de longo prazo, como política pública para desenvolver em sua indústria uma manufatura cada vez mais otimizada. No Brasil, foi constatado um debate incipiente motivado por atores do setor privado preocupados com a inserção brasileira nesse processo, demandando concertação com atores políticos.

O setor escolhido para análise, o transporte marítimo de longo curso, foi identificado como uma indústria que embora tenha ao longo de toda a sua história procurado acoplar novas técnicas, instrumentos e tecnologias para exercer bem seu propósito, com o menor custo possível, não sofreu transformações sistêmicas em curtos prazos de tempo. Essa informação é sugestiva no sentido de que aponta para o fato de que os projetos feitos pela indústria são considerados em longo prazo e uma transformação, mesmo que disruptiva no setor, não deve ocorrer de forma abrupta, a considerar padrões anteriores. Decorre disso que investimentos para inserir o transporte marítimo na nova onda tecnológica demandará apurado planejamento da parte das empresas de navegação.

Fator importante a ser considerado sobre as tecnologias analisadas, é que a capacidade de dar fluxo a informações partindo de dados assertivos e que potencializem processos decisórios com mínima vantagem de erro tende a ser fator crítico para implementação de tecnologias.

O controle da cadeia logística, próprio do transporte marítimo e a segurança no tráfego de dados da navegação e da integridade das mercadorias transportadas com agilidade de tempo, serão vantagens perseguidas ante a adoção de novas tecnologias.

As decisões a nível gerencial de adoção de tecnologia, quando adotadas, tendem a se tornar padrões, como geralmente são padronizados os procedimentos, linguagem e instrumentos do transporte marítimo. Desse modo, a adaptabilidade a novas tecnologias deverá impor-se como condição para atores dessa indústria. Ainda que a transformação seja conduzida de forma lenta, ela será irrenunciável e demandará paridade mínima de condições da parte de empresas de navegação e infraestrutura de países que enviam e recebem remessas de transporte por vias marítimas. Países com melhor desempenho no transporte marítimo têm entre suas variáveis de desempenho, a busca pela conectividade e processos inovadores como meio de otimizar sua cadeia produtiva.

Dentre as transições tecnológicas, há aquelas que contam já com prazos determinados. Essas novas tecnologias deverão ser apressadas. Dizem respeito às exigências advindas da agenda global que demanda maior atenção às questões ambientais. Efeitos danosos como a emissão de gases de efeito estufa ou a água de lastro capaz de inserir espécies invasoras em ambientes marinhos deverão apropriar-se da tecnologia como aliada para resolver esses problemas. Essas exigências deverão impor custos às empresas de navegação e conseqüentemente, interferir na oferta do serviço.

Embora seja contemplado um “estado da arte” de novas tecnologias com possível emprego na indústria de transporte marítimo, seu pleno desenvolvimento e emprego deve superar diferentes graus de maturidade. Além do desenvolvimento da tecnologia em sentido estritamente técnico, condições ambientais como a política que agrega interesses, a economia que viabiliza alocação de recursos e social que rompe estigmas que ocasionalmente envolvam certas tecnologias tornando-as aceitáveis, são possíveis barreiras a impedir uma rápida implementação; o modelo do bloco europeu oferecido para análise nesse trabalho, dá dimensão das dificuldades de concertação que a permite.

O transporte marítimo, com efeito, é “espinha dorsal” do comércio global que sustenta o estilo de consumo mundial e que foi potencializado pela globalização e pelo livre mercado. Esse serviço enfrenta, contudo, novas nuances de insegurança política, fazendo emergir questões como o protecionismo, que procura restringir o acesso a mercados e ambiente de hostilidade entre potências econômicas com alta capacidade de influência sobre o comércio global. Associado a esses fatores, o advento da pandemia causada pela COVID-19 trouxe novo clima

de insegurança ao comércio global, acarretando possível queda na demanda por transporte marítimo ao longo dos próximos anos.

A possível queda de demanda, encontra esse mercado precisamente em um momento em que a oferta do serviço (excesso de frota) já é uma realidade. As empresas de navegação e os países marítimos precisarão lidar com graves escolhas ao optar pelo embarque de novas tecnologias em seus navios. A forma como investir em tempos de baixa demanda por transporte marítimo poderá influenciar decisões estratégicas, incluindo a adoção de novas tecnologias e processos. Esse quadro desafiador tende a encorajar escolhas estratégicas como as alianças entre gigantes do setor.

O clima de hostilidade a nível internacional e as altas barreiras de entrada para um pleno domínio próprio de navios mercantes de longo curso podem fazer com que a integração regional seja um possível caminho de aliança entre países em momento de insegurança. Portos com maior capacidade de escoar/receber a produção de países membros ou viabilizar o transporte marítimo entre os países associados é um caminho apontado pela UNCTAD como meio de superação de hostilidade internacional ou de melhoria em sistemas de transporte aquaviário de países em desenvolvimento.

A alta oferta de transporte marítimo no mundo, que possibilita um custo baixo do frete, está relacionado ainda a um outro fator: o predomínio de países asiáticos na construção naval. A capacidade elevada de produção de navios nesses países faz com que a escala (quantidade) e custo de suas produções sejam de difícil competição. Decorrencia disso, para qualquer país que almeje uma construção naval com o fim de desenvolver uma marinha mercante própria precisa lidar com sérias considerações de validade dessa estratégia. Uma construção de navios por meios próprios pode significar um custo maior do que a compra por produtores especializados. Fator a se levar em consideração é o ganho possível em outros setores na economia de um país.

Por fim, o Brasil conta com uma demanda real por transporte marítimo. Cerca de 95% de seu transporte com o mundo é feito por esse modal. Desse modo, não há de se ignorar o quanto é estratégico para o país ter domínio sobre sua frota e poder prescindir de navios de outras bandeiras. A participação de navios aptos ao longo curso na frota nacional não é significativa. A realidade que se impõe a esse respeito, contudo, indica que os principais produtos ofertados pelo Brasil ao mundo são aqueles que exigem um transporte pautado pelo grande volume. Cargas como granéis contam com alta oferta de navios no mundo, possibilitando ao Brasil um custo relativamente baixo de transporte e desencorajando o estabelecimento a uma frota mercante própria.

A escolha do Brasil nesse sentido, tende a ser estratégica: a opção por pagar fretes baixos e especializar-se em seu portfólio de produtos para exportação ou desenvolver simultaneamente uma marinha mercante que lhe garanta maior liberdade na demanda por transporte em relação a outros países.

O custo de oportunidade para o Brasil desenvolver frota mercante com embarcações próprias é, portanto, alta. A inserção no comércio exterior do Brasil em melhores posições pode se dar mais pela diversificação de seus produtos do que pela sua participação no mercado de transporte marítimo. A importância da participação no mercado internacional não se dá pelo aspecto de sua estrutura de transporte apenas, mas também pela sua capacidade de agregar valor e diversificar sua produção.

Estudos futuros poderão contemplar a inserção portuária do Brasil e sua infraestrutura de apoio como lugar possível de adoção de tecnologias e práticas associadas ao novo paradigma tecnológico no transporte marítimo internacional e novas exigências do setor.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. Inovação, Manufatura Avançada e o Futuro da Indústria. **Uma Contribuição ao Debate sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo**. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/35423338/INOVA%C3%87%C3%83O_MANUFATURA_AVAN%C3%87ADA_E_O_FUTURO_DA_IND%C3%A9STRIA_UMA_CONTRIBUI%C3%87%C3%83O_AO_DEBATE_SOBRE_AS_POL%C3%8DTICAS_DE_DESENVOLVIMENTO_PRODUTIVO_1a_Edi%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 13 jun. 2020.
- AC CAMPOS IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA. **O Que é Armador e seu Papel no Comércio Exterior**. [S. l.], 20 dez. 2018. Disponível em: <http://accamposcomex.com/blog/o-que-e-armador-e-seu-papel-no-comercio-exterior/>. Acesso em: 9 jul. 2020.
- ADRIANO, Felipe Façanha *et al.* **Afretamento de Navios Grande Porte no Transporte de Minério de Ferro**: Estudo de Caso da Vale S/A. Rio de Janeiro, RJ: [s. n.], 2013. 16 p. Disponível em: http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_GOL1398.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.
- AIELLO, Giuseppe *et al.* **Towards Shipping 4.0**. A preliminary gap analysis. *Procedia Manufacturing*, Netherlands, ano 2020, v. 42, p. 24-29, 19 fev. 2020.
- ALLIANZ. Safety and Shipping Review 2020: An Annual Review of Trends and Developments in Shipping Losses and Safety. Munich, Germany. **Allianz Global Corporate & Specialty**, 2020. 52 p. Disponível em: <https://www.agcs.allianz.com/news-and-insights/reports/shipping-safety.html>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- ÂMBITO JURÍDICO. **Direito Marítimo**: Nacionalidade, bandeira e registro de navios. [S. l.], 1 fev. 2011. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/edicoes/revista-85/direito-maritimo-nacionalidade-bandeira-e-registro-de-navios/>. Acesso em: 8 jul. 2020.
- ANDRADE, Israel de Oliveira. **Economia Azul, o desenvolvimento que vem do mar**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/economia-azul-o-desenvolvimento-que-vem-do-mar>. Acesso em: 21 jul. 2020.
- ANTAQ. **Anuário**. [S. l.], il. color, 24 jul. 2020. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>. Acesso em: 24 jul. 2020.
- ANTAQ. Perguntas Frequentes – **Navegação Marítima**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/navegacao/maritima-e-de-apoio/perguntas-frequentes-navegacao-maritima/>. Acesso em: 7 jul. 2020.
- ANTAQ. **Relatório final**: Estudo comparativo dos valores de THC (Terminal handling charge/taxa de movimentação no terminal) nos terminais de contêineres no Brasil e no mundo. Brasília, DF: ANTAQ, 2019. il. color, p. 14-19. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/Relat%C3%B3rio-Estudo-THC.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- ARBIX, GLAUCO *et al.* O Brasil e a Nova Onda de Manufatura Avançada: O Que Aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. *Novos estud. CEBRAP*, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 29

- 49, nov. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.25091/s0101-3300201700030003>. Acesso em: 10 jun. 2020.

ASSUNÇÃO, Fernando Cosme Rizzo. Materiais avançados 2010-2022. **Parcerias estratégicas**. Brasília, DF, ano 2010, v. 15, n. 31, p. 259-264, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Livro_Materiais_Avançados_2010_6367.pdf. Acesso em: 07 nov. 2019.

BAWANY, Sattar. The Future of Leadership in the Fourth Industrial Revolution: Importance of cognitive readiness and emotional & social intelligence skills for IR 4.0. *Leadership Excellence Essentials*. 34, 12, 18-19, Dec. 2017. ISSN: 87562308.

CNI. **Sondagem Especial Indústria 4.0. Indicadores CNI**, ano 17, número 2, abril de 2016. Disponível em: https://www.hr.com/en/magazines/leadership_excellence_essentials/december_2017_leadership/the-future-of-leadership-in-the-fourth-industrial-_jar4bzay.html. Acesso em: 10 jul. 2020.

BALLER, Silja, DUTTA, Soumitra, LANVIN, Bruno. The Global Information Technology Report 2016. **World Economic Forum and INSEAD**, 2016, 307. ISBN 978-1-944835-03-3. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/GITR_2016_full%20report_final.pdf. Acesso em: 23 abr. 2019.

BBC, Agência. **A regra que mudará o transporte de carga no mundo e pressionará o preço do diesel para cima**. [S. l.], 2 jan. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-50969108>. Acesso em: 8 jul. 2020.

BRASILALEMANHA NEWS. **Entenda mais sobre a Hannover messe, a feira líder em tecnologia industrial do mundo**. [S. l.], 7 dez. 2018. Disponível em: <http://brasilalemanha-news.com.br/economia/feiras/entenda-mais-sobre-hannover-messe-feira-lider-em-tecnologia-industrial-do-mundo/>. Acesso em: 01 jul. 2020.

CANN, Oliver. **Sete países emergem como pioneiros na Quarta Revolução Industrial**. 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/Media/GITR16/GITR16_BRA.pdf. Acesso em: 02 abr. 2019.

CARGO. **Novas encomendas de mega-navios mostram luta entre a 2M e a Ocean Alliance**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://revistacargo.pt/novas-encomendas-mega-navios-mostram-luta-2m-ocean-alliance/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

CEPA. **Máquina a Vapor**. [S. l.], 1999. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo4A/maquinavapor.htm>. Acesso em: 3 abr. 2019.

CONCEIÇÃO, César Stallbaum. **Da Revolução Industrial à Revolução da informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina**. 2012. 209 f. Tese (Doutorado em Economia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0. Sondagem especial**. Brasília, n. 66, maio 2016. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8b/0f/8b0f5599-9794-4b66-ac83-e84a4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

_____. Senai. **CARTA DA INDÚSTRIA 4.0**. Disponível em: <https://senai40.com.br/wp-content/uploads/2018/03/CartaIndustria4.0.pdf>. Acesso em: 31 abr. 2019.

CORREIA, Maíra Baumgarten. Tecnologia. **Trabalho e tecnologia: dicionário crítico**. In: CATTANI, Antonio D. (org.). Petrópolis, RJ: Vozes: Editora da Universidade/UFRS, 1999, 250 p.

CONTAINER, Miranda. **A Revolução dos Containers**. In: A História Completa dos Containers. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://mirandacontainer.com.br/historia-completa-containers/>. Acesso em: 2 jun. 2020.

CHANGE. **Shipping Alliances: 2M, Ocean Alliance & THE Alliance**. [S. l.], il. color, 2020. Disponível em: <https://container-xchange.com/blog/shipping-alliances/>. Acesso em: 4 jul. 2020.

DATHEIN, Ricardo. **Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX**. Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/artnoveau/docs/revolucao.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

DUARTE, Carolina P. **Bandeiras de Conveniência**. 2013. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Náuticas) - Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/000005/00000536.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2020.

ESPÍNDOLA, Carlos José. **As inovações no transporte de cargas marítimas: apontamentos para pesquisa**. Cadernau: Rio Grande, Brasil, v. 6, p. 1-16, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **Connected and Automated Transport: Studies and reports**. Brussels: [s. n.], 2017. 85 p.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p.01-16, jan. 2011. Semestral.

FIESP. **A Corrida tecnológica rumo à Indústria 4.0: quem está na pole position?** São Paulo: FIESP, 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/A-corrida-tecnologica-rumo-a-industria-40.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

FIRJAN. **Indústria 4.0**. Rio de Janeiro: Firjan, 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>. Acesso em: 10 abr. 2019.

FIRJAN, Sistema. **Mapeamento da Indústria Naval: Plano de Ação para seu Fortalecimento**. Sistema Firjan, Rio de Janeiro, RJ, ano 2015, p. 01-22, 2015. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/mapeamento-da-industria-naval-plano-de-acao-para-o-seu-fortalecimento.htm>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FRAGELLI, Guilherme Accioly. **O desenvolvimento da containerização e seus efeitos no comércio internacional e nos portos**. 2004. 100 f. Monografia (MBA Portos e Logística)

Pós-Graduação Lato Sensu. Universidade Gama Filho. Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br.dpc/files/monografias/Monografia_Fragelli.pdf. Acesso em: 22 abr. 2020.

FREEMAN, Chris; LOUÇÃ, Francisco. **As time goes by: from the Industrial Revolution to the Information Revolution**. New York: Oxford University Press, 2001.

FURTADO, Celso. **O longo amanhecer**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999. 116 p.

GEORGE, Gerald; HAAS, Martine R; PENTLAND, Alex. **Big Data and Management**. *Academy of Management Journal*. 321, Apr. 2014. Disponível em: <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/amj.2014.4002>. Acesso em: 28 abr. 2020.

GILPIN, Robert. **Global political economy: understanding the international economic order**. Princeton, New Jersey: y Princeton University Press, 2001. 423 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/263303853_Global_Political_Economy_Understanding_the_International_Economic_Order_By_Robert_Gilpin_with_the_assistance_of_Jean_M_Gilpin_Princeton_NJ_Princeton_University_Press_2001_Pp_423_6500_cloth_1995_paper. Acesso em: 10 jun. 2020.

GRANTHAM, Robert. **A 4ª revolução industrial e o transporte marítimo**. 2019. Disponível em: <http://www.guiamaritimo.com.br/especiais/cenario/a-4a-revolucao-industrial-e-o-transporte-maritimo>. Acesso em: 02 abr. 2019.

GRUBER, Arthur. **A origem do Sars-CoV-2**. [S. l.], 16 abr. 2020. Disponível em: <https://pfarma.com.br/coronavirus/5439-origem-covid19.html>. Acesso em: 1 jul. 2020.

GRUPO WILSON SONS. **Terminais portuários 4.0: automação e colaboração**. NEW'S, Rio de Janeiro, RJ, ano 2019, n. 71, p. 1-36, 1 mar. 2019. Disponível em: https://www.wilsonsons.com.br/arquivos/revistanews/_4989_News%20edi%C3%A7%C3%A3o%2071.pdf. Acesso em: 5 jul. 2020.

GUIA MARÍTIMO. **Integrando a Chamada “Indústria 4.0”**. 2017. Disponível em: <http://www.guiamaritimo.com.br/noticias/logistica/integrando-a-chamada-industria-4-0>. Acesso em: 02 abr. 2019.

GULLO, Luci Mary Gonzalez. **O sistema de containerização**. Inovação Uniemp, Campinas, v. 3, n. 4, ago. 2007. Disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000400012&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 13 jul. 2020.

HANNOVER MESSE. **Partner Countries in Retrospect**. A decade, 2008–2018. In: Hannover Messe, 2018, Hannover, Alemanha. [...]. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.hannovermesse.de/files/001-fs5/media/downloads/besucher/rueckblick-partnerlanddokumentation.pdf>. Acesso em: 15 maio 2020.

HÅKONSSON, Toren; CARROLL, Tim. Is there a dark side of Big Data – point, counterpoint. **Journal of Organization Design**. 5, 1, 1-5, July 12, 2016. ISSN: 2245408X. Disponível em: <https://jorgdesign.springeropen.com/articles/10.1186/s41469-016-0007-5>. Acesso em: 18 jul. 2020.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: Uma breve história da humanidade**. Tradução de Janaína Marcoantonio. 24. ed. Porto Alegre: L&pm, 2017. 464 p.

HARARI, Yuval. **Homo Deus: Uma Breve História do Amanhã**. 1. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2016. 443 p.

HARTWELL, R. M. (1990). Was There an Industrial Revolution? **Social Science History**, 14(4), 567-576. DOI:10.1017/S0145553200020940. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/social-science-history/article/was-there-an-industrial-revolution/020919C5EB2A43665A6B11BA23B16827>. Acesso em: 10 abr. 2019.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - IEDI (Ed.). **Indústria 4.0: a Política Industrial no Japão face à Quarta Revolução Industrial**. 2018. Disponível em: https://iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_838.html. Acesso em: 02 abr. 2019.

_____. **Políticas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil**. [S. l.], 2018. Disponível em: https://iedi.org.br/media/site/artigos/20180710_politicas_para_o_desenvolvimento_da_industria_4_0_no_brasil.pdf. Acesso em: 25 abr. 2019.

INTERNATIONAL CHAMBER OF SHIPPING. **Reducing CO2: A 'Paris Agreement for Shipping'**. Annual Review, Londres, Reino Unido, ano 2018, p. 01-64, 2018. Disponível em: <https://www.ics-shipping.org/docs/default-source/key-issues-2018/reducing-co2---a-paris-agreement-for-shipping.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2019.

IMPACT. **The 7 V's of Big Data**. In: Impact. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://impact.com/marketing-intelligence/7-vs-big-data/>. Acesso em: 7 jul. 2020.

JÚNIOR, Nathan Martins S. **Modal Marítimo Transporte de produto químico com aplicação de admissão temporária**. In: Os Mais Relevantes Projetos de Conclusão de Cursos Mbas 2012. [S. l.]: Strong FGV, 2013. v. 11, p. 783-832. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/17635/11_Modal_Maritimo%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 jul. 2020.

Kavallieratos G., Katsikas S., Gkioulos V. (2020) **Modelling Shipping 4.0: A Reference Architecture for the Cyber-Enabled Ship**. In: Nguyen N., Jearanaitanakij K., Selamat A., Trawiński B., Chittayasothorn S. (eds) Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-42058-1>. Acesso em: 27 jun. 2020.

KENKEL, Kai Michael. **A quarta Revolução Industrial: Impactos na Segurança Internacional e a Reestruturação da Ordem Mundial. A perspectiva europeia**. Coleção de Policy Papers, Rio de Janeiro, ano 2019, p. 01-19, 2019. Disponível em: <https://www.kas.de/documents/265553/265602/Policy+papers+-+XVI+Forte+Copacabana+2019+-+International+Security+Conference.pdf/3bfc1a7d-ca03-14e9-efff-1037e18e9d72?version=1.0&t=1568061786954>. Acesso em: 29 jun. 2020.

LADEM. **A revisão 2019 das projeções populacionais da ONU para o século XXI**. Juiz de Fora, MG: UFJF, 18 jun. 2019. Disponível em: <https://www.ufjf.br/ladem/2019/06/18/a-revisao-2019-das-projecoes-populacionais-da-onu-para-o-seculo-xxi-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

LAVAGNOLI, Silvia. **Indústria 4.0 – Evolução ou Revolução?** 2018. Disponível em: <https://www.opencadd.com.br/9-pilares-da-industria-4-0/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

LASI, H., *et al.*. **Industry 4.0. Business and Information Systems Engineering**. 6(4), 239–242, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12599014-0334-4>. Acesso em: 12 jun. 2020.

LAVERY, Brian. **Ship: 5,000 Years of Maritime Adventure**. 1. ed. Great Britain: Penguin Random House Company, 2004. 402 p. ISBN 978-0-2412-9804-6. Disponível em: <https://book.lat/book/2938754/220b0b?regionChanged=&redirect=1545302>. Acesso em: 04 jul. 2020.

LEE, Edward. A. **“Cyber Physical Systems: Design Challenges.”** In Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 2008 11th IEEE International Symposium on, 363–369. IEEE, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/4336650_Cyber_Physical_Systems_Design_Challenges. Acesso em: 17 jul. 2020.

XU, Li Da; DUAN, Lian. **Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey**, Enterprise Information Systems. 13:2, 148-169, 2019, DOI: 10.1080/17517575.2018.1442934. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17517575.2018.1442934>. Acesso em: 20 jul. 2020.

LLOYD’S REGISTER *et al.* **Global Marine Technology Trends 2030**. [S. l.: s. n.], 2015. 96 p. Disponível em: <https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/global-marine-technology-trends-2030/>. Acesso em: 28 jun. 2020.

LUVIZAN, Simone Silva; DINIZ, Eduardo H.; MEIRELLES, Fernando S. (2015). **Big Data: Evolução das Publicações e Oportunidades de Pesquisa**. *Revista Electronica De Sistemas De Informacao*, 14(3), 1-19. Disponível em: <http://www.periodicosibepes.org.br/index.php/reinfo/article/view/1918>. Acesso em: 30 jun. 2020.

MAGEE, Kevin. **Indústria 4.0: Autonomia, customização e produção flexível**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://computerworld.com.br/2017/07/07/industria-40-autonomia-customizacao-e-producao-flexivel/>. Acesso em: 4 abr. 2019.

MAJUMDAR, Sumit K.. **Industrial revolutions**. In: India's Late, Late Industrial Revolution: Democratizing Entrepreneurship, pp. 37-66, 2012. Cambridge: Cambridge University Press. DOI:10.1017/CBO9781139057455.003. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books/indias-late-late-industrial-revolution/industrial-revolutions/60FDB79FC74F5B6238F36865AB87D86F>. Acesso em: 21 jun. 2020.

MAURO, Andrea de; GRECO, Marco; GRIMALDI, Michele. **A formal definition of Big Data based on its essential features**. Library Review, [S.l.], v. 65, n. 3, p. 122-135, 4 abr. 2016. Emerald. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/299379163_A_formal_definition_of_Big_Data_based_on_its_essential_features. Acesso em: 25 jun. 2020.

MARINHA DO BRASIL. **Bem-Vindo à "Amazônia Azul"**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/index.html. Acesso em: 16 jul. 2020.

MARINHA DO BRASIL. **Estado Maior da Armada**. EMA-305-Doutrina Militar Naval, 2017.

MARINHA DO BRASIL. **Organização Marítima Internacional (OMI / IMO)**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/node/35>. Acesso em: 2 jul. 2020.

MARX, K. e ENGELS, F. **Manifesto do Partido Comunista**. In: O manifesto comunista 150 anos depois. Daniel A Reis Filho (org). Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.

MENEGAZZO, Luciano; PETTERINI, Francis. **Maiores Navios no Mundo, mais um Desafio no Brasil**: uma análise do Programa Nacional de Dragagem. Estud. Econ., São Paulo, v. 48, n. 1, p. 175-209, mar. 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612018000100175&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 24 jul. 2020.

MERLIN, Bruno. **Concentração da indústria de transporte marítimo de contêineres**: uma tendência com reflexos negativos para os portos brasileiros. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://portogente.com.br/noticias/transporte-logistica/97392-concentracao-da-industria-de-transporte-maritimo-de-conteineres-uma-tendencia-com-reflexos-negativos-para-os-portos-brasileiros>. Acesso em: 10 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA MARINHA. **Fatos da História Naval**. Rio de Janeiro, RJ: LORD S.A, 1971. 110 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água de lastro**: Resposta Internacional. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/111-agua-de-lastro>. Acesso em: 1 jul. 2020.

NACARATTI, Paulo Roberto Agrizzi *et al.* **Data Mining e Sistemas de Apoio à Decisão**. Belo Horizonte: Universo Belo Horizonte, v. 2, n. 3, 2018.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **A ONU e o meio ambiente**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 1 jul. 2020.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo**: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 1 jul. 2020.

NATIONAL SCIENCE & TECHNOLOGY COUNCIL. **Report, October 2018**. Washington D.C., 2018. Disponível em: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/10/Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

NSSL GLOBAL. **Autonomous/Drone shipping**: Economics, timing, and communications considerations. Reino Unido: [s. n.], 2017. 9 p.

OECD – BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES. **Government at a glance 2015**. Disponível em: http://www.oecd-ilibrary.org/governance/government-at-a-glance-2015_gov_glance-2015-en. Acesso em: 13 abr. 2019.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. São Paulo: Atlas, 2007.

OLIVEIRA, Eva Aparecida. A Técnica, a Techné e a Tecnologia. **Itinerarius Reflectionis**, Jataí, v. 4, n. 2, p.1-13, 27 out. 2008. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/rir.v2i5.510>. Acesso em: 17 abr. 2020.

OMC. **Revisão Estatística do Comércio Mundial 2019**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts19_toc_e.htm. Acesso em: 7 jul. 2020.

OMC. **Relatório Anual da OMC 2020**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/anrep20_e.htm. Acesso em: 14 jul. 2020.

ONUBr. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transporte marítimo é ‘espinha dorsal’ da economia global, diz ONU em data especial**. 2016. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/transporte-maritimo-e-espinha-dorsal-da-economia-global-diz-onu-em-data-especial/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

PREBISCH, R. **Crescimento, Desequilíbrio e Disparidades**: interpretação do processo de desenvolvimento econômico. In: PREBISCH, R. *O Manifesto Latino-Americano e Outros Ensaio*s. Rio de Janeiro: Contraponto e Centro Internacional Celso Furtado, [1950] 2011.

RICARDO, David. **The principles of Political Economy and taxations**. London: Jonh Murray, 1817. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=cUBKAAAA-YAAJ&dq=editions:y8vXR4oK9R8C&pg=PR1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true. Acesso em: 16 maio 2020.

ROBLES, Léo Tadeu. **LOGÍSTICA INTERNACIONAL**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: SESES, 2015. 136 p. ISBN 978-85-5548-051-5.

ROCHA, Ariovaldo. **Queremos indústria naval no Brasil?** [S. l.], 2020. Disponível em: <http://sinaval.org.br/2020/01/queremos-industria-naval-no-brasil/>. Acesso em: 24 jul. 2020.

RODRIGUES, Pedro Augusto. **A Quarta Revolução Industrial**: Um estudo de caso realizado na empresa Lix de Tecnologia. Gestão, Inovação e Negócios, Anápolis, 28 set. 2015.

RODRIGUES, Filipe da Costa *et al.* Indústria 4.0: Políticas da Alemanha, EUA, Japão e China. In: 3º CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO, 2018, Anápolis GO. **Anais. III CIPEEX [...]**. Anápolis: [s. n.], 2018. Disponível em: anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/download/2123/1678/. Acesso em: 17 abr. 2019.

RODRIGUES, L.f.; JESUS, R.a.; SCHÜTZER, K.. **Indústria 4.0: Uma Revisão da Literatura**. **Revista de Ciência & Tecnologia**, [S. l.], v. 19, n. 38, p. 33-45, 30 dez. 2016. Instituto Educacional Piracicabano da Igreja Metodista. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15600/2238-1252/rct.v19n38p33-45>. Acesso em: 19 out. 2019.

ROSCOE, Beatriz. **Brasil cai para 27ª posição no ranking de maiores exportadores do mundo.** [S. l.], 2 abr. 2019. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/04/03/internas_economia,746973/brasil-cai-para-27-posicao-no-ranking-de-maiores-exportadores-do-mund.shtml. Acesso em: 7 jul. 2020.

SANTOS, Reginaldo Carreiro. **Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra – ISEC. Coimbra, 2018.

SANTOS, Thauan. **COVID-19 e o Emaranhado de Impactos sobre a Economia do Mar do Brasil.** IBDMAR, [S. l.], p. 0-1, 16 abr. 2020. Disponível em: <http://www.ibdmar.org/2020/04/covid-19-e-o-emaranhado-de-impactos-sobre-economia-do-mar-do-brasil/>. Acesso em: 2 jul. 2020.

SCHUMPETER, J. **The Theory of Economic Development.** Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1934.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial.** 1.ed. São Paulo: Edipro, 2016. v. 1, 184 p.

SENAI *et al.* (orgs). **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios.** Rio de Janeiro: [s.n.], 2019. 63 p. Disponível em: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/estudo_Industria%204.0%20no%20Brasil%20oportunidades_%20perspectivas%20e%20desafios.pdf. Acesso em: 5 abr. 2020.

SENAI. (Brasil). **Carta da Indústria 4.0.** 2018. Disponível em: <https://senai40.com.br/wp-content/uploads/2018/03/CartaIndustria4.0.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2019.

SHEN, Cichen. **Ship carbon recycling initiative launched in Japan.** [S. l.], 16 jul. 2020. Disponível em: <https://lloydlist.maritimeintelligence.informa.com/LL1133095/Ship-carbon-recycling-initiative-launched-in-Japan>. Acesso em: 16 jul. 2020.

SILVA, José Roberto Andrade e. **Gestão de Negócios: planejamento e organização para indústria.** São Paulo: Érica, 2018.

SILVA, Angelo Guimarães *et al.* **Descrição do Robô para Transporte de Cargas em Ambiente Marítimo da Equipe Autobotz UFMG.** Belo Horizonte: UFMG, 2014.

SILVA, Bruno. **Conheça o primeiro navio 100% elétrico e autônomo do mundo e os impactos da indústria 4.0 no setor naval.** [S. l.], 21 abr. 2019. Disponível em: <https://www.revistamanutencao.com.br/noticias/inovacao/conheca-o-primeiro-navio-100-eletrico-e-autonomo-do-mundo-e-os-impactos-da-industria-4-0-no-setor-naval.html>. Acesso em: 8 jul. 2020.

SILVEIRA, Márcio Rogério *et al.* **A dinâmica do transporte marítimo de cabotagem e longo curso no Brasil: circulação do capital e modernizações.** Florianópolis: [s. n.], 2013. v. 28, 23 p.

SMITH. Adam. **A Riqueza das Nações.** v. I, Nova Cultural, 1988, Coleção "Os Economistas". Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4881/mod_resource/content/3/CHY%20A%20Riqueza%20das%20Na%C3%A7%C3%B5es.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

SOUZA, Elana Silva De; GASPARETTO, Valdirene. Características e Impactos da Indústria 4.0: Percepção de Estudantes de Ciências Contábeis. *In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS*, 2018, Vitória, ES, Brasil. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4570>. Acesso em: 05 out. 2019.

STEFANINI GROUP. **Indústria 4.0: o guia mais completo que você vai ler**. [S. l.], 27 nov. 2018. Disponível em: <https://stefanini.com/pt-br/trends/artigos/quarta-revolucao-industrial>. Acesso em: 9 abr. 2019.

STOPFORD, Martin. **Economia Marítima**. Tradução: Leo Tadeu Robles, Ana Cristina Ferreira Castela Paixão Casaca. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2017. 896 p.

STURGEON, Timothy. *et al.* **O Brasil nas cadeias globais de valor: implicações para a política industrial e de comércio**. Revista Brasileira de Comércio Exterior. n. 115, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281900579_O_Brasil_nas_cadeias_globais_de_valor_implicacoes_para_a_politica_industrial_e_de_comercio. Acesso em: 11 jun. 2020.

TAVARES, Jonathan. Nanotecnologia Contra Processos Corrosivos em Embarcações. *In: Jornal Pelicano*. [S. l.], 18 mar. 2016. Disponível em: <https://www.jornalpelicano.com.br/2016/03/nanotecnologia-contra-processos-corrosivos-em-navios/>. Acesso em: 2 jul. 2020.

TEIXEIRA, Eduardo. **Transporte marítimo e sua importância no comércio exterior**. [S. l.], 21 maio 2019. Disponível em: <https://www.techedgegroup.com/pt/blog/transporte-maritimo-e-sua-importancia-no-comercio-exterior>. Acesso em: 7 jul. 2020.

TIBERIOGEO. **A Terceira Revolução Industrial**. Paraíba: 2012. 7 slides, il. color. Disponível em: <http://www.tiberiogeo.com.br/texto/SlideAulaTerceiraRevolucaoUva.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2019.

TOTVS. O papel dos sensores inteligentes na Indústria 4.0. *In: A voz da Indústria*. [S. l.], 5 dez. 2018. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/ind-stria-40-totvs/o-papel-dos-sensores-inteligentes-na-ind-stria-40>. Acesso em: 8 jul. 2020.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD. **Automação Aduaneira - ASYCUDA**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://unctad.org/en/Pages/DTL/TTL/ASYCUDA-Programme.aspx>. Acesso em: 7 jul. 2020.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD. **Maritime connectivity: countries vie for positions**. [S. l.], 19 jul. 2019. Disponível em: https://unctad.org/en/pages/newsdetails.aspx?OriginalVersionID=2151&Sitemap_x0020_Taxonomy=UNCTAD%20Home;#1721;#Transport;#1921;#Transport%20Infrastructure%20and%20Services. Acesso em: 13 jul. 2020.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD. **Review of Maritime Transport 2019: Sustainable Shipping**. Switzerland: UN Editions, 2019. 136 p. ISBN 0566-7682.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD. **Shanghai tops ranking of world's best-connected ports**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://unctad.org/en/pages/newsdetails.aspx?OriginalVersionID=2163&Site-map_x0020_Taxonomy=UNCTAD%20Home;#1721;#Transport;#1921;#Transport%20Infrastructure%20and%20Services. Acesso em: 7 jul. 2020.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - UNCTAD. World Investment Report 2017. Investment and the Digital Economy. **United Nations Conference on Trade and Development**, [s. l.], ano 2017, 1 jan. 2017. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2017_en.pdf. Acesso em: 4 mar. 2020.

UNCTADSTAT. **More goods are shipped to Asia than from Asia**. [S. l.], il. color, 2019. Disponível em: https://unctadstat.unctad.org/Infographics/Seaborne-Trade_2019_800x1250.png. Acesso em: 14 jul. 2020.

UNCTADSTAT. **The big countries in maritime transport**. [S. l.], il. color, 2019. Disponível em: https://unctadstat.unctad.org/Infographics/FleetOwnership_2019_800x1200.png. Acesso em: 10 jul. 2020.

VAL, João Pedro Ribeiro do. **Indústria 4.0 no Brasil: Conheça a Situação Atual e Perspectivas de Futuro**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://blog.geofusion.com.br/industria-40-brasil>. Acesso em: 1 Maio 2019.

VARGAS, Milton. Técnica, Tecnologia e ciência. **Revista Educação e Cultura**, Pr/mg/trj, v. 1, n. 6, p.178-183, jan. 2003. Anual.

WALL, Matthew. **O que é o 5G e como ele pode mudar as nossas vidas**. [S. l.], 24 jul. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-44936142>. Acesso em: 8 jul. 2020.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. University Cornell, INSEAD e OMPI (2018). **Índice Global De Inovação 2018: Energizando O Mundo Com Inovação** Wipo Publication. 11. ed. Ithaca, Fontainebleau e Genebra: Wipo, 2018. 130 p. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_gii_2018-abridged1.pdf. Acesso em: 31 mar. 2019.

ZANGRANDO, Leonardo; CHUBB, Nick. Frictionless Trade: How New Technology Will Power International Trade. PUBLIC: **Helping startups transform the public sector**, [s. l.], p. 01 - 68, 2020.

ANEXO – TIPOS DE NAVIOS DE CARGA

Foto	Tipo	Características
	Carga Geral	É o navio que se destina ao transporte de vários gêneros, geralmente em pequenos lotes – sacarias, caixas, veículos encaixotados ou sobre rodas, bobinas de papel de imprensa, vergalhões, barris, barricas, etc. Tem aberturas retangulares no convés principal e cobertas de carga chamadas escotilhas de carga, por onde a carga é embarcada para ser estivada nas cobertas e porões. A carga é içada (suspensa) ou arriada do cais para bordo ou vice-versa pelo equipamento do navio (paus de carga e ou guindastes) ou pelo existente no porto.
	Gaseiros	São os navios destinados ao transporte de gases liquefeitos. Se caracterizam por apresentarem acima do convés principal tanques típicos de formato arredondado.
	Químico	São os navios parecidos com os gaseiros, transportando cargas químicas especiais, tais como: enxofre líquido, ácido fosfórico, soda cáustica, etc.
	Tanque	São os navios para transporte de petróleo bruto e produtos refinados (álcool, gasolina, diesel, querosene, etc.). Se caracterizam por sua superestrutura a ré e longo convés principal quase sempre tendo à meia nau uma ponte que vai desde a superestrutura até a proa. Essa ponte é uma precaução para a segurança do pessoal, pois os navios tanques carregados passam a ter uma pequena borda livre, fazendo com que no mar seu convés seja "lavado" com frequência pelas ondas.
	Porta Contêineres	São os navios semelhantes aos navios de carga geral mas normalmente não possuem além de um ou dois mastros simples sem paus de carga. As escotilhas de carga abrangem praticamente toda a área do convés e são providas de guias para encaixar os contêineres nos porões. Alguns desses navios apresentam guindastes especiais.
	Ro-Ro	"Ro-Ro" é uma abreviatura para "Roll on-Roll off" — é um tipo de cargueiro para o transporte de automóveis e outros veículos, de modo a que estes entrem e saiam do navio pelos seus próprios meios. No seu convés também costumam ser transportados containers.
	Graneleiro	Navio especializado no transporte de mercadorias a granel (Açúcar, Soja e Ferro) e subdividem-se em alguns tipos como: Petroleiro - transporta hidrocarbonetos; OBO (Ore, Bulk, Oil) transporta alternado de mercadoria seca, hidrocarbonetos ou minério a granel, (Ore Bulk) transporta mercadorias pesadas (minério) e o (Dry Bulk) transporta mercadoria seca a granel.

Fonte: <https://www.abttc.org.br/downloads/tipos%20de%20navio.pdf>