

INVENTÁRIO DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL, ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO₂ POR MONTE CARLO DAS EMBARCAÇÕES PETROLEIRAS, GRANELEIRAS E CONTÊNERES QUE OPERAM NO BRASIL

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020717-734



De acordo a IMO (*International Maritime Organisation*) a navegação é responsável por 2,6% do total de emissão global dos gases de efeito estufa e os maiores contribuidores são os navios petroleiros, graneleiros e conteneiros, os quais também no período de 2012 a 2018 também eram os navios em maior quantidade operando em Águas Jurisdicionais Brasileiras – AJB. O estudo tem como objetivo inventariar, através de Monte Carlo, o consumo de combustível e estimar a quantidade de CO₂ emitido através da queima de combustível fóssil utilizado pelas embarcações através de modelagem quantitativa, mensurando assim a parcela de responsabilidade do Brasil nas emissões mundiais calculadas pela IMO. Navios mais eficientes e com a menor quantidade de emissões é uma meta da comunidade marítima brasileira que apenas alcançaremos se soubermos qual o estado atual de contribuição dos navios na emissão do gás de efeito estufa – CO₂, contribuindo assim efetivamente para a redução e/ou manutenção da atual temperatura do planeta.

Palavras-chave: Gases de Efeito Estufa. Eficiência Energética. Embarcações. Aquecimento Global. Poluição do Ar.

¹ Discente, Curso de Doutorado em Engenharia Oceânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE.
Email: eng.lucianasuman@oceanica.ufrj.br

FUEL CONSUMPTION INVENTORY, CO₂ EMISSION ESTIMATED BY MONTE CARLO OF OIL TANKERS, BULK CARGO AND CONTAINERS VESSELS OPERATING IN BRAZIL

ABSTRACT

According to IMO (International Maritime Organization), shipping accounts for 2.6% of total global greenhouse gas emissions. The main contributors are oil tankers, bulk carriers and containers. During the period of 2012-2018, they were the largest vessels operating in Brazilian Jurisdictional Waters - BJW.

The objective of the study is to assess, through Monte Carlo, fuel consumption and to estimate the amount of CO₂ emitted by burning fossil fuel used by vessels through quantitative modeling, thus measuring Brazil's share of global emissions calculated by IMO

More efficiency and lower-emission ships is a goal of the Brazilian maritime community. This can be achieved if we know the current data of the ship's contribution in regard to the emission of greenhouse gas - CO₂, thus effectively contributing to the reduction and / or maintenance of the current temperature of the planet.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Keywords: Greenhouse Gases. Energy Efficiency. Ship. Global Warm. Air Pollution.

1 INTRODUÇÃO

De acordo a IMO (*International Maritime Organisation*) a navegação é responsável por 2,6% do total de emissão global dos gases de efeito estufa. Os maiores contribuidores dentre os tipos de navios são os navios petroleiros, graneleiros e conteneiros.

Para estimular o processo de descarbonização do transporte foi estipulado pela IMO metas de redução em 50% do total dos Gases de Efeito Estufa oriundos da queima de combustível fóssil em embarcações até 2050, tomando como referência os valores de emissão medidos no ano de 2008.

A IMO, com intuito de trazer isonomia, intermedia os interesses das bandeiras, armadores, seguradoras, sociedades classificadoras, em busca de soluções para cumprir o compromisso de redução das emissões de gases de efeito estufa por navios.

Através dos fóruns, assembleias e comitês são apresentados e analisados estudos que consideram os seguintes critérios:

- Idade média das embarcações;
- Tipo de carga transportada;
- Distância média navegada para importação e exportação;
- Adoção de tecnologias para incremento da eficiência energética; e
- Sigilo das informações, como exemplo da quantidade da carga transportada.

2 OBJETIVO E MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

O estudo tem como objetivo estimar a quantidade de CO₂ emitido através da queima de combustível fóssil e mensurar a parcela de responsabilidade do Brasil nas emissões mundiais calculadas pela IMO e analisar as medidas mitigadoras dos indicadores de eficiência energética, usando os parâmetros globais do último estudo da IMO realizado em 2012 sobre o consumo diário de combustível por dia considerando o peso bruto dos navios Contêiner, Graneleiro e Petroleiro para estimar o consumo de combustível, emissão de CO₂ que estejam registradas na bandeira brasileira entre o período de 2014 a 2018 no Brasil.

Navios mais eficientes e com menor quantidade de emissões é uma meta que tem sido estimulada pela IMO, porém isso apenas ocorrerá se soubermos qual o estado atual de contribuição dos navios que operam em AJB (Águas Jurisdicionais Brasileira) na emissão de CO₂ no mundo.

Com dados estimados de emissão de CO₂ das embarcações brasileiras ou das afretadas operando em AJB, se compreende qual o impacto das emissões provenientes dos navios durante as operações no Brasil dentro do cenário mundial,

A motivação desse estudo é ter uma visão do status das embarcações afretadas e de bandeiras brasileiras com autorização para operar em AJB para então podermos criarmos e/ou analisarmos os mecanismos para atingirmos a meta estipulada pela IMO, contribuindo efetivamente para a redução e/ou manutenção da atual temperatura do planeta.

3 METODOLOGIA

A metodologia para o inventário de consumo de combustível e estimativa de emissão de CO₂ das embarcações petroleiras, graneleiras e conteneiros se dividiu em duas etapas, sendo a primeira o inventário e a segunda a estimativa de consumo de óleo combustível e emissões de CO₂ para três tipos de navios em operação na AJB.

A seleção dos tipos de embarcações considerou dois fatores, a saber: a relação dos 03 tipos de navios que apresentaram as taxas mais altas de CO₂ no terceiro estudo da IMO (Vale frisar que o resultado dos 3 navios que mais emite CO₂ foi mantido nos dois estudos anteriores da IMO e o montante de navios de um determinado tipo registrados no Brasil ou afretados que operem na costa brasileira.

Foi observado que os navios que possuíam as maiores taxas de emissão de CO₂ de acordo o terceiro estudo da IMO, também eram os navios com maior quantidade operando na nossa costa no período de 2014 a 2018 de acordo os anuários estatísticos da ANTAQ do período, a saber: conteneiro, petroleiro e graneleiro.

A primeira etapa consistiu em inventariar, através de modelagem quantitativa o numero de embarcações selecionadas seja afretada ou de bandeira brasileira operando na Águas Jurisdicionais Brasileiras - AJB utilizando a metodologia de Monte Carlo e analisar os resultados.

A segunda etapa consistiu em estimar o consumo de combustível do sistema propulsivo que nesses tipos de navios, que possuem propulsão ligados a motores 2 tempos e ciclo diesel, considerando como combustível padrão o Diesel/Gas Oil (ISO 8217 Grades DMX through DMB).

Através dos dados obtidos de consumo de combustível foi estimado a quantidade de CO₂ que foi emitido pelas as operações das embarcações no Brasil e analisado o quão impactante é a emissão de CO₂ em AJB comparando os dados mundiais estimados em 2012 no último estudo da IMO.

3.1 Metodologia da estimativa

A metodologia que a IMO utilizou considerou os fatores de consumo por dia por tipo de embarcação, o que é diferente do considerado pelo IPCC pois o mesmo considera a distância no cálculo e não o consumo diário. Foi considerado ainda que tal abordagem foi utilizada nos anos de 1999 no inventário realizado pela *Marintek* para IMO e 2012 nos estudos da IMO.

Foi considerado as seguintes equações para cálculo do consumo de combustível e emissão de CO₂:

$$\text{Emissões GHG da frota}^* = \text{Consumo de Combustível} \times \text{Fator de Emissão de CO}_2$$

$$\text{Consumo de combustível por tipo de embarcação por ano} = \text{Quantidade de navio} \times \text{fator de consumo}$$

* Considerando frota nacional por tipo de embarcação registrada na bandeira brasileira como frota ou afretada no período de 2014 a 2018.

3.2 Coleta de dados



A coleta de dados foi realizada nos anuários da ANTAQ para obter os dados de quantidade navios por tipo tanto frota brasileira quanto os afretados e registrados no Brasil, idade média da frota. Para a taxa de consumo de combustível diário foram obtidas nas publicações referentes ao primeiro e terceiro estudo da IMO.

4 PANORAMA DAS EMISSÕES DE CO₂ NO BRASIL E NO MUNDO

Os navios são atualmente responsáveis por 90% do escoamento da carga mundial e 92% da carga Brasileira

Apesar das embarcações serem o modal mais eficiente em termos da relação quantidade de carga transportada e de quantidade CO₂ emitido, onde o terceiro estudo da IMO constatou que os navios foram responsáveis em média por 2,8% pela emissão de CO₂ mundial de 2,6% de CO₂ equivalente, há um compromisso da IMO

e da sociedade marítima internacional de diminuir as emissões de CO₂ a curto e médio prazo e extingui-las a longo prazo.

Infelizmente o Brasil até o presente momento não tem disponibilizado dados abertos sobre a quantidade de consumo de combustível e emissão de CO₂ da frota brasileira ou de navios afretados que trabalham no longo curso e na cabotagem.

Os estudos da IMO tem demonstrado que os navios que mais emitem CO₂ são o graneleiro, conteneiro e petroleiro, os quais nos anuários da ANTAQ apontam que desde 2014 são os tipos de navios em maior número operando no Brasil.

No que tange a navegação de longo curso o podemos atribuir tal incremento na quantidade desses três tipos de navios aos tipos de cargas que o Brasil tem atuado em destaque na exportação nos últimos 15 anos. Ainda de acordo aos estudos da ANTAQ temos um acréscimo grande no número de navios de apoio marítimo e portuário e embarcações de navegação interior, quais não foram considerados neste estudo.

De acordo a Quadro 1 do terceiro estudo da IMO podemos obter os dados das emissões totais mundiais e do consumo de combustível dos navios Container, Petroleiro e Graneleiro. Os seguintes dados refletem o cenário mundial em 2012 em relação à navegação internacional e cabotagem dos navios container, petroleiro e graneleiro.

Quadro 1: Emissão de CO₂ por tipo de navio pelo método Bottom-up

Tipo de Navios	Emissões de CO₂ (milhões de toneladas) em 2012	Consumo de Combustível em 2012 (kTonnes)
Container	205	66.000
Petroleiro	124	39.700
Graneleiro	166	53.400

Fonte: Terceiro Study IMO(Adaptado)

5 QUANTIDADE DE NAVIOS AFRETADOS E DE BANDEIRA BRASILEIRA

O Quadro 2 relaciona o quantitativo de embarcações afretadas e nacionais operando na cabotagem e longo curso Brasil e tipos de embarcação (container, petroleiro e graneleiro), através de dados obtidos nos anuários da ANTAQ.

Quadro 2: Relação quantidade de navios afretados e frota brasileira e tipo de embarcação

Quantidade de navios afretados e bandeira brasileira operando no Brasil - Longo Curso / Cabotagem (unidades)			
Ano	tipo de navios		
	Container	Petroleiro	Graneleiro
2014	333	447	141
2015	305	414	138
2016	202	333	164
2017	228	378	172
2018	192	318	145

Fonte: Anuário ANTAQ.

6 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL NAS EMBARCAÇÕES NO BRASIL

A relação de quantidade de navios por tipo permite estimar os fatores de consumo médio de combustível por tipo de embarcação através das taxas de consumo diário inventariado pela IMO no terceiro estudo em 2012.

Neste trabalho foi considerando a permanência da taxa de consumo diária para os anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018.

Para considerarmos a Taxa de Consumo Diária (TCD) mais aplicada, dentre as obtidas no 3º Estudo da IMO, consideramos a TPB (Tonelagem de Porte Bruto) médio

das embarcações de bandeira brasileira e afretada tipo Container, Petroleiro e Graneleiro que operam em AJB.

Através do Quadro 3 abaixo podemos identificar qual a média de porte bruto para as embarcações, considerando ausência de informação quanto à tonelagem de porte bruto das embarcações por tipo foi feita uma média por ano da tonelagem bruta média nacional no período, considerando a taxa de consumo combustível diário das embarcações afretadas com autorização de operação no Brasil e da frota brasileira correspondente ao porte bruto.

Quadro 3: Relação do TPB e TCD no período de 2012 a 2018

TPB Médio das embarcações afretadas x Taxa de Consumo diário no mar TCD				
Ano	TPB e TCD	Container	Petroleiro	Graneleiro
2014	TPB	71,43	62,99	21,08
	TCPD	79,30	31,40	17,60
2015	TPB	71,43	3,33	52,73
	TCPD	79,30	4,30	23,40
2016	TPB	71,43	52,73	77,76
	TCPD	79,30	22,20	28,80
2017	TPB	52,78	156,84	62,99
	TCPD	79,30	39,40	28,80
2018	TPB	42,86	114,70	62,99
	TCPD	58,70	31,50	28,80

Fonte: 3º Estudo de GHG da IMO e ANTAQ (Adaptado)

7 MODELAGEM

O objetivo é calcular a quantidade de combustível consumido pelas embarcações supramencionadas nos anos de 2014 a 2018, e assim estimarmos a quantidade de CO₂ emitido, para tanto foi escolhido a metodologia de Monte Carlo, devido a capacidade de considerar a dinâmica e aleatoriedade dos processos logísticos.

A simulação é a técnica mais utilizada no planejamento dos processos logísticos, permitindo apresentar os problemas de forma mais próxima a realidade, proporcionando uma visão sistêmica da realidade operacional.

Outra justificativa para utilização do método é o fato do objeto de estudo envolver razoáveis parâmetros de incerteza, e o fato da metodologia a utilizar a técnica randomizada pode proporcionar uma maior confiabilidade a informação.

Para tal estimativa podemos obter os dados da quantidade de navios no ano pesquisado e taxa de consumo diário de combustível da embarcação e multiplicar, obtendo assim o consumo diário pontual de combustível naquele ano para aquela determinada embarcação, porém a determinação do consumo por esta maneira possui bastante incertezas associadas a essa numeração pontual. Por isso se tivermos a possível distribuição de probabilidades da quantidade saberemos os possíveis resultados e suas probabilidades e ter assim uma descrição mais realista do que pode acontecer.

A técnica de Monte Carlo, foi elaborada por 2 físicos em um Casino localizado em Monte Carlo, uma cidade localizada no sul da França, é métodos estatísticos utilizado em simulações estocásticas, que se baseia em grande quantidade de amostragens aleatórias para obter resultados numéricos para calcular probabilidades.

7.1 Parâmetros utilizados

Foram considerados os seguintes parâmetros:

- Número de navios (n);
- Precisão (p);
- Taxa de Combustível (Tx);
- Consumo de Combustível diário médio (Cons. Comb. Méd.);
- Consumo máximo de combustível (Cons. Comb. Máx.);

- Consumo mínimo de combustível (Cons. Comb. Min.); e
- Número de amostras (N).

7.2 Quantidade de embarcações

Para aplicarmos a simulação de Monte Carlos extraímos uma amostra da distribuição de probabilidade da quantidade de navios de bandeira brasileira ou afretados no Brasil, seja de longo curso ou cabotagem de cada tipo de embarcação selecionada nos anuários da ANTAQ, [10,11,12,13,14,15,17,17,18] e aplicamos a distribuição binomial da quantidade de navios (n) e de probabilidade de precisão (p) de 0,95.

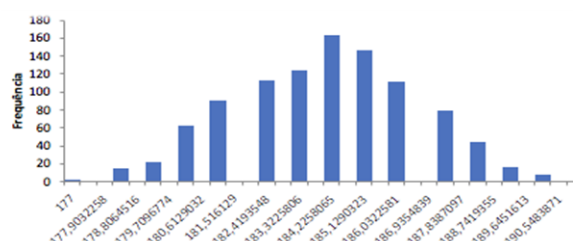
A simulação da quantidade de navios foi utilizada o Excel, através do suplemento de análise de dados foi gerado números aleatórios, considerando para todos os cenários um espaço amostral de 10.000 valores para 1 variável.

Para demonstrar o passo a passo do método utilizado, utilizamos a seleção de navios conteneiros de 2018, porem estes passos foram executados em todos os cenários combinados entre período e tipo de embarcação.

O número de tentativas representa a quantidade de navios do tipo selecionado no ano de 2018, que na figura abaixo é 192, dado obtido nos anuários da ANTAQ.

Os resultados da simulação podem ser melhor visualizados através do histograma da Figura 1.

Figura 1 - Histograma da distribuição binomial da quantidade de navios



Fonte: Autor

Observamos que no histograma a variação é razoavelmente simétrica com o pico em 184 embarcações, como esperado.

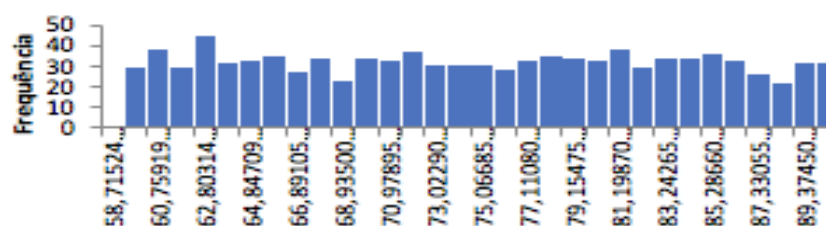
7.3 Taxa de combustível

Foi feito uma relação de porte bruto de cada tipo de embarcação por ano considerando os dados obtidos nos anuários da ANTAQ.

Com os dados obtidos no quadro acima foi possível identificar a taxa de consumo de combustível das embarcações considerando anos de 2007 e 2012 no 1º e 3º estudo da IMO respectivamente, e considerando as taxas obtidas nos anos de 2007 como mínima e 2012 como máximo

Os resultados da simulação podem ser melhor visualizados através do histograma (figura 2) da taxa de consumo do combustível, quadro abaixo, onde observamos uma distribuição uniforme.

Figura 2 - Histograma da distribuição uniforme da quantidade de combustível



Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Fonte: Autor

7.4 Consumo de combustível diário da embarcação

O consumo de combustível será a multiplicação entre a quantidade de embarcações e a taxa de combustível. Com a multiplicação dos valores gerados entre as variáveis é possível simular o consumo de combustível, como observado na Figura 03.

O histograma do consumo médio de combustível por dia para o conteneiro em 2018 (Figura 3) nos permite obter a frequência de cada consumo, porém somente o mesmo não nos permite obter o valor de consumo ideal.

Figura 3 - Histograma do consumo de combustível



Fonte: Autor

Aplicando a fórmula do consumo de combustível e as combinações das 10.000 interações, a probabilidade do valor encontrado ser 5% maior e 95% menor do consumo estimado é 16.207,17 Tonnes.

Foi aplicada a metodologia acima para os barcos conteneiro, petroleiro e graneleiro para os anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, o qual obtivemos o resultado abaixo.

8 SOLUÇÃO

A metodologia apresentada acima foi aplicada para os três tipos de embarcações selecionadas no período de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, totalizando 51 histogramas, sendo 17 de consumo de combustível por ano, 17 de unidades de embarcação por tipo e 17 da taxa de combustíveis.

Com o resultado foi possível atingir o objetivo e solucionar o problema montando o quadro de consumo de combustível diário como observado no Quadro 5.

Quadro 5: Consumo médio diário de combustível por tipo de navio

Consumo diário de combustível (Tonne)			
Ano	Tipo de navios		
	container	Petroleiro	Graneleiro
2014	42.275,78	18.817	2.961
2015	39.062,76	1.994	3.787
2016	27.168,45	9.012	5.824
2017	31.984,56	23.037	6.106
2018	16.207,17	14.637	5.147

Fonte: Autor

No Quadro 6, considerando a média de consumo de combustível mundial com o valor médio estimado de combustível consumido no Brasil no período de 2012 a 2018, podemos comparar em primeiro momento a quantidade de combustível consumido pelo Brasil com os dados de consumo do diesel marítimo em âmbito mundial como fornecido pela IMO.

Quadro 6: Consumo médio anual de combustível por tipo de navio

Consumo médio anual de combustível (Tonne)			
Ano	Tipo de navios		
	Container	Petroleiro	Graneleiro
2014	15.430.660	6.868.227	1.080.809
2015	14.257.907	727.744	1.382.310
2016	9.916.484	3.289.457	2.125.829
2017	11.674.364	8.408.574	2.228.529
2018	5.915.617	5.342.458	1.878.743

Fonte: Autor

Ainda de acordo ao Quadro 7 podemos estimar que o consumo dos navios conteneiros e petroleiros no Brasil chegam a 10% do consumo mundial, enquanto os navios graneleiro apenas em torno de 2,5%.

Quadro 7: Consumo de Combustível: Mundial x Nacional

Tipo de navios	Consumo Mundial (Tonnes)	Consumo Brasil (Tonnes)
Conteneiro	66.000.000	10.938.740
Petroleiro	39.700.000	4.867.120
Graneleiro	53.400.000	1.684.496

Fonte: Autor

9 RISCO

O objetivo da IMO é uma redução de 50% das emissões até 2050 usando como referência os valores obtidos em 2008. Para que os países alcancem essa meta depende de planejamento e estratégia.

Uma escolha de uma medida mitigadora sem o entendimento das características quanto a consumo de combustível e emissão de CO₂ e características da logística de escoamento de carga por tais embarcações presentes no Brasil podem trazer grandes prejuízos econômicos.

Para podermos nos planejar reduzindo assim as probabilidade de uma escolha de uma medida mitigadora baseada em mercado, como proposto pela IMO, se faz necessário minimizar as incertezas da quantidade de combustível consumido no passado recente e assim podermos escolher uma medida mitigadora que neste período tenha oferecido um impacto menor e usar tal conclusão como parâmetro de escolha para possibilitar o planejamento do futuro de forma a podermos propor medidas preventivas e corretivas nos processos e projetos de forma que em 2050 podermos estar alinhados aos objetivos da IMO.

A ferramenta de Monte Carlo é muito utilizada para análise risco, principalmente nos processos logísticos devido haver muitas incertezas no processo de consumo de combustível auxiliando na estimativa de consumo com baixo risco de haver consumo maior que o estimado.

A utilização da ferramenta Monte Carlos nos permite diminuir as incertezas do consumo de combustível no período de 2014 a 2018 nas embarcações petroleiras, graneleiras e conteneiros no período, além de fornecer uma oportunidade de planejamento quanto consumo de combustível, custo, emissão de CO₂ e toda logística para o armazenamento da quantidade de óleo necessário para abastecer os navios, e assim aumenta a probabilidade de acerto do indicador de eficiência energética (medida mitigadora) para atingirmos o objetivo compactuado entre o Brasil e a IMO de redução da quantidade de CO₂ lançado pelos navios oriundas da queima de combustível fóssil.

10 ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE CO2 NO BRASIL

A taxa de emissão de CO₂ por combustível marítimo considerada neste estudo para cálculo de emissão da frota brasileira e afretada de navios petroleiros, graneleiros e conteneiros foi a mesma estimada como geral no terceiro estudo da IMO, que considera o valor médio de 3,206 g de CO₂ por grama de óleo combustível.

O Quadro 8 demonstra um comparativo com a média das estimativas emissões de CO₂ de tais embarcações afretadas ou de bandeira brasileira que possuem autorização de operação em AJB.

Quadro 8: Estimativa de Emissões de CO₂ da Frota e Afretamento Brasileiro

Emissões de CO₂ (Toneladas)			
Ano	Tipo de navios		
	Container	Petroleiro	Graneleiro
2014	49.470.695,00	22.019.535,44	3.465.073,01
2015	45.710.851,12	2.333.148,23	4.431.685,06
2016	31.792.248,51	10.545.998,02	6.815.408,90
2017	37.428.012,27	26.957.889,37	7.144.665,26
2018	18.965.468,26	17.127.918,91	6.023.248,78

Fonte: Autor

11 IMPACTOS DAS EMISSÕES DE CO₂ NO BRASIL NAS EMISSÕES de CO₂ MUNDIAIS

Considerando a manutenção dos valores de emissão mensurados no terceiro estudo da IMO em 2012 para os navios Container, Petroleiro e Graneleiro, até 2018 e comparando com as emissões mundiais inventariadas em 2012 pela IMO, obtém-se o Quadro 9.

Quadro 9: Comparativo das Emissões de CO2 no período de 2014 a 2018 Brasileiro e Mundial

Tipo de Navio	Emissão de CO2 (Toneladas)	
	Mundial	Brasil
Container	205.000.000,00	35.069.599,64
Petroleiro	124.000.000,00	15.603.988,27
Graneleiro	166.000.000,00	5.400.495,11
Total	495.000.000,00	56.074.083,02

Fonte: Autor

12 CONCLUSÃO

Este estudo busca primeiramente conhecer os dados de consumo de combustível através da metodologia de Monte Carlo e por conseguinte a emissão de CO2 dos navios em operação no Brasil através da queima de combustível fóssil, considerando as embarcações mais impactantes (petroleiro, graneleiro e conteneiro), a quantidade de navios em operação e taxa de consumo de combustível, mensurando assim a parcela de responsabilidade das embarcações da frota brasileira ou fretadas que operam no Brasil nas emissões mundiais calculadas pela IMO no último estudo realizado em 2014.

O estudo nos mostra que o navio que mais contribuiu para as emissões de CO2 no mundo também é o maior contribuidor no cenário Brasil e que as emissões de CO2 realizadas pelas embarcações operando no Brasil é em torno de 1/9 das emissões do mundo.

REFERÊNCIAS

IMO - **Third IMO Greenhouse Gas Study**, 2014.

IMO - **Second IMO GHG Study**, 2009.

IMO - **First IMO GHG Study**, 2000.

IMO - **Air Pollution and Energy Efficiency**, 2016.

STEINHOUER, Martin. **The Beginning of the Monte Carlo Method**, 2014.

RUBINSTEIN, Reunven. KROESE, Dirk. **Simulation and the Monte Carlo Method**, 2017.

OLIVEIRA, Sérgio Pinheiro de. ROCHA, Adriana da Cunha. TROTA FILHO, Jorge. COUTO, Paulo Roberto Guimarães. **Uncertainty of measurement by Monte-Carlo simulation and metrological reliability in the evaluation of electric variables of PEMFC and SOFC fuel cells**, 2018.

BOUZADA, Aurélio. **Métodos quantitativos aplicados a casos reais**, 2013.

Anuário estatístico frota e fretados - ANTAQ. 2014, Anual.



Anuário estatístico frota e fretados - ANTAQ. 2015, Anual.

Anuário estatístico frota e fretados - ANTAQ. 2016, Anual..

Anuário estatístico frota e fretados - ANTAQ. 2017, Anual

Anuário estatístico frota e fretados - ANTAQ. 2018, Anual.

LENER, Waleta. **Direct Monte Carlo Simulation of development detonation in gás**, 2007.

COMÉRCIO EXTERIOR BRASIL, comexstat.mdic.gov.br, acessado em 30 de novembro de 2018.

MARINTEK, Norwegian Marine Technology Research Institute - **Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships**, 2000.

Hunsucker, J. Travis. Przelomski, Dylan. Bashkoff, Alex. **Uncertainty Analysis in Ship Fuel Oil Consumption**, 2018.

IPCC - Site: <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/> - acesso em: 02 de dezembro de 2018.

IPCC-**Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories** - Vol 1 e 2, 2006.

