



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola Politécnica & Escola de Química

Programa de Engenharia Ambiental

Raquel Luiza Machado de Paula

Emissões de NO_x e SO_2 por embarcações do tipo *supply boat* fundeadas
no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar

Rio de Janeiro

2015



Raquel Luiza Machado de Paula

Emissões de NO_x e SO_2 por embarcações do tipo *supply boat* fundeadas no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental

Orientador: Dr. Claudinei de Souza Guimarães

Co-orientador: Dr. Heitor Evangelista da Silva

Rio de Janeiro

2015

De Paula, Raquel.

Título: Emissões de NO_x e SO₂ por embarcações do tipo *supply boat* fundeadas no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar/ Raquel Luiza Machado de Paula. – 2015.

f. 145: il. 52

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2015.

Orientador: Dr. Claudinei de Souza Guimarães e Dr. Heitor Evangelista da Silva

1. Poluição do ar. 2. Emissões atmosféricas. 3. Qualidade do ar. 4. Inventário. I. Guimarães, Claudinei e Evangelista, Heitor II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Emissões de NO_x e SO₂ por embarcações do tipo *supply boat* fundeadas no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar/ Raquel Luiza Machado de Paula. – 2015.



Emissões de NO_x e SO₂ por embarcações do tipo *supply boat* fundeadas no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar

Raquel Luiza Machado de Paula

Orientador: Dr. Claudinei de Souza Guimarães

Co-orientador: Dr. Heitor Evangelista da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental

Aprovado pela Banca:

Prof^a. Graciela Arbilla de Klachquin. Dr^a. UFRJ

Prof. Estevão Freire. Dr. UFRJ

Prof. Jorge Luiz Fernandes de Oliveira. Dr. UFF

Rio de Janeiro

2015

De tudo, ficaram três coisas: a certeza de que ele estava sempre começando, a certeza de que era preciso continuar e a certeza de que seria interrompido antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho novo. Fazer da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sono uma ponte, da procura um encontro.

Fernando Sabino

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família, pois sem
eles, eu não sou ninguém.

AGRADECIMENTOS

Essa dissertação de mestrado é fruto do incentivo, apoio e colaboração de diversas pessoas sem às quais não teria sido possível a realização desse trabalho.

Agradeço aos meus pais por tudo que me ensinaram e à minha irmã e ao meu irmão, por torcerem por mim.

Aos professores do Programa de Engenharia Ambiental (PEA) da Escola Politécnica e da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por todo o conhecimento adquirido.

Ao orientador Prof. Claudinei de Souza por ter acreditado e aceito imediatamente a minha proposta de dissertação.

Ao meu co-orientador Prof. Heitor Evangelista da Silva, pelas contribuições sempre pertinentes, por acreditar no meu trabalho e por todos os anos de aprendizado.

Ao Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais (LARAMG-UERJ) e toda sua equipe sempre pronta para ajudar, com especial carinho ao Rodrigo Fernandes e ao Eduardo Sodré.

À Secretária do PEA, que mesmo por e-mail prontamente tiraram minhas dúvidas e se colocaram à disposição para auxiliar.

Membros da banca examinadora pelo aceite em participar, pela dedicação na análise deste trabalho e sugestões de melhoria;

Aos colegas de trabalho da Masterplan Consultoria de Projetos e Meio Ambiente, pelas liberações para que eu cumprisse meus créditos do mestrado e fosse, sempre que necessário, para a UERJ ou UFRJ nessa etapa de fechamento.

RESUMO

DE PAULA, R. Emissões de NO_x e SO₂ por embarcações do tipo *supply boat* fundeadas no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

O comércio marítimo mundial sofreu um grande incremento nos últimos anos, onde alta taxa de desenvolvimento dos países emergentes é responsável por esse crescimento. Como resultado do aumento do comércio global, há um consequente incremento no transporte aquaviário e de demanda por combustíveis fósseis, o que acarreta mais emissões de poluentes atmosféricos. O aumento da indústria do petróleo e do gás natural demandam um maior investimento em operações logísticas voltadas para as plataformas de petróleo. A Agência Nacional de Transporte Aquaviário relatou que entre os anos de 2006 a 2011 a frota brasileira de apoio marítimo *offshore* aumentou em cerca de 87%. Navios supridores utilizados para apoio logístico as plataformas demandam o consumo de óleo de alta densidade para a propulsão dos motores principais, auxiliares e caldeiras, que resultam em contínua emissão de poluentes, hoje considerados um dos maiores poluidores. Estudos recentes estimam que aproximadamente 70% das emissões dos navios ocorrem a 400 km da costa, o que demonstra o impacto direto nas comunidades costeiras. O principal objetivo deste trabalho é fornecer uma estimativa de emissões de navios para os poluentes NO_x e SO₂ que se encontram ancorados na Baía de Guanabara, e entender a contribuição relativa no contexto do Município do Rio de Janeiro. A partir do cálculo das emissões de NO_x e SO₂ pelos motores auxiliares, foi possível simular sete cenários, englobando todas as estações do ano, para 24 horas em plumas de poluentes ao redor da Baía de Guanabara utilizando o software AERMOD. Para cada cenário foi utilizado o banco de dados meteorológico local, a geomorfologia regional, a posição exata dos navios e a quantidade de embarcações com base no tráfego marítimo em tempo real (disponível em: <http://www.marinetraffic.com/pt/ais/home>). O terceiro momento do trabalho consistiu em comparar os valores de emissão com os dados do boletim diário de monitoramento da qualidade do ar em torno da Baía de Guanabara, que é realizado pelo INEA e disponível no website <http://www.inea.rj.gov.br>. Os piores valores encontrados foram no dia 21 de julho de 2014, no bairro de São Gonçalo, onde se identificou valores superiores a 123,5 µg m⁻³ para os óxidos de nitrogênio e 50 µg m⁻³ para os dióxidos de enxofre.

Palavras – chave: Inventário; Emissões de Navios; Poluição do ar; Transporte Marítimo; Baía de Guanabara.

ABSTRACT

DE PAULA, R. Emissões de NO_x e SO₂ por embarcações do tipo *supply boat* fundeados no Porto do Rio de Janeiro e o impacto na qualidade do ar. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The world maritime trade is suffering a large increase in recent years, where high rate of development of emerging countries are responsible for this growth. As a result of increased global trade, there is a consequent increase in water transport and demand for fossil fuels, resulting in emissions of air pollutants. The increase of the oil industry and natural gas demand increased investment in targeted logistics operations for oil platforms. The National Agency of Waterway Transportation portrayed that being the years 2006 to 2011 the Brazilian fleet of offshore marine support increased by about 87%. Suppliers ships used for logistical support platforms require high density oil consumption for propulsion of the main engines, auxiliary boilers, resulting in continuous emission of pollutants, today considered one of the biggest polluters. Recent studies estimate that approximately 70% of ship emissions occur at 400 km from the coast, which demonstrates the direct impact on coastal communities. The main objective was to provide an estimate of ship emissions for NO_x and SO₂ pollutants that are anchored in Guanabara Bay, and understand their relative contribution in the context of the Municipality of Rio de Janeiro. From the calculation of NO_x and SO₂ emissions from auxiliary engines, it was possible to simulate seven scenarios, including all seasons, for 24 hours in down pollutants around the Guanabara Bay using the AERMOD software. For each scenario we used the local weather database, regional geomorphology, the exact position of vessels and the number of vessels on the basis of maritime traffic in real time (available at: <http://www.marinetraffic.com/pt/ais/home>). The third phase of the study was to compare the emission values with the data of the daily bulletin monitoring air quality around the Guanabara Bay, which is performed by INEA and available on the website <http://www.inea.rj.gov.br>. The worst values were on July 21, 2014, in the São Gonçalo neighborhood where identified values greater than 123.5 g m⁻³ for nitrogen oxides and 50 g m⁻³ for sulfur dioxides.

Keywords: Inventory; Ship Emissions; Air Pollution; Greenhouse Gases; Maritime Transport; Guanabara Bay.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	O TRANSPORTE MARÍTIMO E A POLUIÇÃO DO AR	4
3.	JUSTIFICATIVA	8
4.	OBJETIVOS	9
4.1.	OBJETIVO GERAL	9
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
5.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
5.1.	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	10
5.1.1.	Legislação aplicável à qualidade do ar	10
5.1.1.1.	Qualidade do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro	11
5.1.2.	Legislação aplicável ao tráfego marítimo	14
5.2.	MODELOS DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA	14
5.3.	FATORES DE EMISSÃO (FE)	20
5.4.	TIPOS DE COMBUSTÍVEIS	21
5.5.	MOMENTO DE OPERAÇÃO	23
6.	METODOLOGIA.....	24
6.1.	ÁREA DE ESTUDO	25
6.2.	PERÍODOS ESTABELECIDOS PARA OS CENÁRIOS DE EMISSÃO	27
6.3.	MODELO DE EMISSÃO E INPUT DE DADOS	28
6.3.1.	Tipo de embarcação	28
6.3.2.	Escolha dos poluentes	29
6.3.3.	Combustível – tipo e consumo	30
6.3.4.	Momento da operação.....	30
6.3.5.	Contagem das embarcações	31
6.3.6.	Fatores de emissão (FE).....	33
6.3.7.	Cálculo das emissões	34
6.3.8.	Fatores de incerteza do modelo.....	35
6.4.	MODELO DE CONCENTRAÇÃO/ DISPERSÃO.....	37
6.4.1.	Dados de relevo.....	38
6.4.2.	Base de dados meteorológicos.....	39
6.5.	COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DA CONCENTRAÇÃO DO INEA	40
7.	RESULTADOS	42
7.1.	CENÁRIOS DE DISPERSÃO	42
7.1.1.	Primavera – Dia 02/11/2013	42
7.1.1.1.	Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA	46
7.1.2.	Primavera – Dia 06/12/2013	49
7.1.2.1.	Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA	52
7.1.3.	Verão – Dia 31/12/2013	54
7.1.3.1.	Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA	57
7.1.4.	Verão – Dia 17/01/2014	60

7.1.4.1.	Comparação com os valores obtidos do monitoramento do INEA.....	64
7.1.5.	Outono - Dia 28/05/2014	66
7.1.5.1.	Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA	70
7.1.6.	Inverno – 21/06/ 2014	73
7.1.6.1.	Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA	76
7.1.7.	Inverno – 21/07/ 2014	78
7.1.7.1.	Comparação com os valores obtidos do monitoramento do INEA.....	81
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
9.	CONCLUSÃO	87
10.	SUGESTÕES PARA MINIMIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- PERCENTUAL E REPRESENTAÇÃO DA FREQUÊNCIA ACUMULADA DOS TIPOS DE EMBARCAÇÃO DA PETROBRAS . FONTE: ANTAQ, 2011.....	3
FIGURA 2 – CONTRIBUIÇÕES RELATIVAS PARA AS EMISSÕES DE NO _x , PM E SO ₂ , PARA 5 CATEGORIAS DE EMBARCAÇÕES EM 88 PORTOS LOCALIZADOS NOS EUA E NA COSTA DO PACÍFICO. FONTE: ADAPTADO ICF, 2009	5
FIGURA 3 - EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE SO ₂ POR DIFERENTES MEIOS DE TRANSPORTE EM HONG KONG. FONTE: ADAPTADO ICCT, 2007.	5
FIGURA 4 - INVENTÁRIOS E PROJEÇÕES DE EMISSÕES DE SO _x NA EUROPA PELAS FONTES TERRESTRES E MARINHAS. FONTE: ADAPTADO ICCT, 2007.	6
FIGURA 5 - INVENTÁRIOS E PROJEÇÕES DE EMISSÕES DE NO _x NA EUROPA PELAS FONTES TERRESTRES E MARINHAS. FONTE: ADAPTADO ICCT, 2007.	6
FIGURA 6- HISTÓRICO E PREVISÕES DO TOTAL DAS EMISSÕES DE HC, CO, NO _x E SO ₂ DA FROTA MUNDIAL DE NAVIOS. FONTE: ADAPTADO ICCT, 2007	7
FIGURA 7 - ESTAÇÕES DO INEA QUE MONITORAM OS POLUENTES NO _x E SO ₂ . FONTE: INEA, 2009	13
FIGURA 8 - DECISÃO METODOLÓGICA PARA A ESCOLHA DE INVENTÁRIO DE PORTOS. FONTE: ADAPTADO DE ICF, 2009.	15
FIGURA 9 - MODELO GERAL PARA O CÁLCULO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE NAVIOS PROPOSTO POR CORBETT E FISCHBECK, 1997	18
FIGURA 10 – METODOLOGIA UTILIZADA PARA REALIZAÇÃO DO TRABALHO.	25
FIGURA 11 – DEFINIÇÃO DAS BACIAS AÉREAS DO RIO DE JANEIRO PELO INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. FONTE: FARIAS, 2012	26
FIGURA 12- POLIGONAIS DELIMITADAS COM AS COORDENADAS APRESENTADAS NA TABELA ACIMA, ONDE O DESTAQUE EM VERMELHO CORRESPONDE A ÁREAS 2F6, E A ÁREA VERDE A 2F6A.	27
FIGURA 13 – A - EXEMPLO DE EMBARCAÇÃO DO TIPO PSV. B - EXEMPLO DE EMBARCAÇÃO DO TIPO AHTS. FONTE: BOURBON, 2014.....	29
FIGURA 14 – ACESSO AO <i>WEBSITE</i> DO <i>MARINE TRAFFIC</i> EM 03/01/2014 PARA CONTAGEM DOS NAVIOS.....	32
FIGURA 15 – HISTÓRICO DO NAVIO CBO COPACABANA EM 21/11/2014. FONTE: <i>MARINE TRAFFIC</i> , 2014	32
FIGURA 16 –GEOMORFOLOGIA DO ENTORNO DA BAIA DE GUANABARA INSERIDA NO MODELO AERMOD.	39
FIGURA 17– ESTAÇÕES DO INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE QUE REALIZAM O MONITORAMENTO NA RMRJ E FORAM ESCOLHIDAS PARA A COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	41
FIGURA 18 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 02/11/2013.	43
FIGURA 19 – CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 02/11/13. FONTE: CPTEC	44
FIGURA 20 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 02/11/2013. OS TRIÂNGULOS EM VERMELHO REPRESENTAM AS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DO INEA.	45
FIGURA 21 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DIÁRIA DE SO ₂ EM 02/11/2013	46
FIGURA 22 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE SO ₂ EM 02/11/2013	47
FIGURA 23 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 06/12/2013.	49
FIGURA 24 -- CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 06/12/13. FONTE: CPTEC.....	50
FIGURA 25 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 06/12/2013.....	51
FIGURA 26 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DIÁRIA DE SO ₂ EM 06/12/2013	52
FIGURA 27 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE SO ₂ EM 06/12/2013	53
FIGURA 28 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 31/12/2013.	54
FIGURA 29 -- CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 31/12/13. FONTE: CPTEC.....	55
FIGURA 30 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 31/12/2013.....	56
FIGURA 31 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DIÁRIA DE SO ₂ EM 31/12/2013	57
FIGURA 32 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE SO ₂ EM 31/12/2013	58
FIGURA 33 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 17/01/2014.	61
FIGURA 34 -- CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 17/01/14. FONTE: CPTEC.....	62
FIGURA 35 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 17/01/14	63
FIGURA 36 – CONCENTRAÇÃO MÉDIA DIÁRIA DE SO ₂ EM 17/01/2014	64
FIGURA 37 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE SO ₂ EM 17/01/2014	65
FIGURA 38 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 28/05/2014.	67
FIGURA 39 -- CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 28/05/14. FONTE: CPTEC.....	68
FIGURA 40 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 28/05/14	69
FIGURA 41 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE SO ₂ EM 28/05/14	70

FIGURA 42 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE SO ₂ EM 28/05/14	71
FIGURA 43 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 21/06/2014.	73
FIGURA 44 -- CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 21/06/14. FONTE: CPTEC.....	74
FIGURA 45 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 21/06/14	75
FIGURA 46 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE SO ₂ EM 21/06/14	76
FIGURA 47 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE SO ₂ EM 21/06/14.....	77
FIGURA 48 – ROSA DOS VENTOS ELABORADA COM O SOFTWARE WRPLOT PARA O DIA 21/07/2014.	78
FIGURA 49 -- CARTA SINÓTICA DE SUPERFÍCIE DAS 00Z PARA 21/07/14. FONTE: CPTEC.....	79
FIGURA 50 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DE NO _x EM 21/07/14	80
FIGURA 51 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO DIÁRIA DE SO ₂ EM 21/07/14	81
FIGURA 52 – MÁXIMA CONCENTRAÇÃO HORÁRIA DO SO ₂ EM 21/07/14	82

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - PADRÕES DE QUALIDADE DO AR ESTABELECIDOS NA RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 03/90	10
QUADRO 2 – ESTAÇÕES DO INEA QUE MONITORAM OS POLUENTES OBJETO DESTE TRABALHO.	11
QUADRO 3– ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR UTILIZADO PELO INEA E ADOTADO COM BASE NA RESOLUÇÃO DO CONAMA Nº 03/90.....	13
QUADRO 4 - PROPOSTA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR TIPO DE NAVIO EM FUNÇÃO DA ARQUEAÇÃO BRUTA "GROSS TONNAGE".....	20
QUADRO 5 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE COMBUSTÍVEL.	22
QUADRO 6 - ÁREAS DE FUNDEIO UTILIZADAS PARA ESSE ESTUDO. FONTE: CARTA NÁUTICA DA BAIÁ DE GUANABARA E OFÍCIO Nº 1422/CPRJ-MB DE 07/10/2011	26
QUADRO 7- DIAS AMOSTRADOS NA EXECUÇÃO DO TRABALHO E A REFERIDA ESTAÇÃO DO ANO.	28
QUADRO 8 - FATORES DE EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS PARA <i>SUPPLY VESSELS</i> EM OPERAÇÕES DE NAVEGAÇÃO, MANOBRA E FUNDEIO PARA O NO _x	33
QUADRO 9– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 02/11/13 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO CONAMA.	45
QUADRO 10 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE MONITORAMENTO DO INEA COM OS VALORES OBTIDOS PELO MODELO PARA AS ESTAÇÕES NO DIA 02/11/2013.	47
QUADRO 11– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 06/12/13 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA.	50
QUADRO 12 – APRESENTAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS PELO MODELO PARA O DIA 06/12/13.	53
QUADRO 13– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 31/12/13 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA.	56
QUADRO 14 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE MONITORAMENTO DO INEA COM OS VALORES OBTIDOS PELO MODELO EM 31/12/13.	59
QUADRO 15– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 17/01/14 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA.	62
QUADRO 16 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE MONITORAMENTO DO INEA COM OS VALORES OBTIDOS PELO MODELO PARA O DIA DE 17/01/14.....	65
QUADRO 17– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 28/05/14 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA.	68
QUADRO 18 - COMPARAÇÃO DO IQA DO INEA COM OS VALORES OBTIDOS PELO MODELO PARA O DIA 28/05/14.....	72
QUADRO 19– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 21/06/14 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA.	74
QUADRO 20 – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO MODELO EM 21/06/14.	77
QUADRO 21– VALORES MÁXIMOS DAS EMISSÕES DOS NAVIOS EM 21/07/14 E A COMPARAÇÃO COM OS PADRÕES PRIMÁRIOS DA RESOLUÇÃO DO CONAMA.	80
QUADRO 22 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE MONITORAMENTO DO INEA COM OS VALORES OBTIDOS PELO MODELO.	82
QUADRO 23 - RESUMO DAS MÁXIMAS CONCENTRAÇÕES ENCONTRADAS COM O MODELO DE EMISSÕES DE NAVIOS.	84
QUADRO 24 - RESUMO DOS VALORES ENCONTRADOS COM O MODELO E COM OS DADOS DO MONITORAMENTO DO INEA. OS DETALHES EM LARANJA SÃO OS MAIORES PERCENTUAIS DO DIA.....	86

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHTS - Anchor Handling Tug Supply
AMS/EPA - Regulatory Model Improvement Committee
ANTAQ - Agência Nacional de Transporte Aquaviário
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CO – Monóxido de Carbono
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
COV – Carbonos Orgânicos Voláteis
CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DWT – Porte bruto
EPA - Environmental Protection Agency
FE – Fatores de emissão
FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
GT - *Gross tonnage*
HC – Hidrocarboneto
IAQ – Índice de Qualidade do ar
ICCT - INTERNATIONAL COUNCIL ON CLIMATE CHANGE
IMO – *International Maritime Organization*
INEA – Instituto Estadual do Ambiente
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
MAS - *American Meteorological Society*
MDO - *Marine Diesel Oil*
MGO - *Marine Gas Oil*
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MP – Material Particulado
NO₂ – Dióxidos de Nitrogênio
NO_x – óxidos de Nitrogênio
O₃ – Ozônio
PSV - *Platform Supply Vessel*
PTS – Partícula Total em Suspensão
RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

RO - *Residual Oil*

SO₂ – Dióxido de Enxofre

1.INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade do ar tornou-se um problema ambiental dos mais significativos nos países industrializados como também naqueles em desenvolvimento. A poluição do ar, principalmente nas grandes cidades, tem sido comumente associada à potencialização de doenças respiratórias, neurológicas e cardiovasculares (MMA, 2014), que historicamente tiveram sua origem nos episódios de alta concentração de dióxido de enxofre em Londres (Inglaterra) no inverno de 1952-1953, onde Braga *et al.*, (2005) retrataram que cerca de 4.000 habitantes morreram devido as altas concentrações desse poluente, que atingiu, aproximadamente, sete vezes o nível normal (HINRICHES *et al.*, 2010). Sobreposto a isso, Medeiros (2010) destaca importantes impactos negativos dos poluentes atmosféricos sobre os ecossistemas, como a formação da chuva ácida com a produção do ácido sulfúrico (H_2SO_4) e a formação do poluente secundário ozônio troposférico (O_3) pela reação dos óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) publicou em abril de 2014 o 1º diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, e apresentou dados de que as partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, material particulado (MP_{10} e $MP_{2,5}$) e ozônio troposférico (O_3) apresentaram violações dos valores regulamentados no Brasil, nas leis internacionais e as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS). Segundo o MMA (2014), as emissões de poluentes atmosféricos podem ocorrer por fontes móveis (transportes aéreo, marítimo e terrestre), fixas/estacionárias (processos industriais, termoeletricas e outros) e naturais (processos que ocorrem na vegetação, no solo, ecossistemas marinhos, vulcões, relâmpagos, etc).=

O consumo cada vez maior dos recursos naturais como o petróleo e o aumento da frota em circulação, em todos os modais, fazem das emissões provenientes das fontes móveis um grande contribuinte para a poluição do ar e de acordo com Loureiro (2005), o segmento de transporte é hoje um dos maiores consumidores de petróleo, seguido das indústrias.

Como a indústria petrolífera brasileira tem sido um dos referenciais mundiais

nas atividades de exploração e produção de petróleo nas últimas décadas (MEDEIROS, 2011) e com as descobertas das reservas do pré-sal na Bacia de Campos ocorreu a necessidade de investimentos em serviços de apoio e terminais logísticos (BAIN & COMPANY, 2009), tornando-se necessário aumentar a quantidade dos navios supridores, conhecidos como “*Platform supply vessel*”, ou PSV, que são embarcações de apoio *offshore* que possuem finalidades como: apoio logístico as plataformas de petróleo, transporte de carga, salvamento e outros serviços (MEDEIROS, 2011).

O Estudo de Alternativas Regulatórias, Institucionais e Financeiras para a exploração e produção de petróleo e gás natural e para o desenvolvimento industrial da cadeia produtiva de petróleo e gás no Brasil (BAIN & COMPANY, 2009), mostra que para atender as necessidades de transporte, armazenamento e movimentação de equipamentos e pessoas, diversos serviços de apoio logístico devem ser prestados. Em relação a apoio marítimo, a frota disponibilizada depende do tipo de serviço que se deseja contratar. Os principais tipos de embarcações são:

- Navios rebocadores, dentre os quais se destacam os AHTS (*Anchor Handling & Towing Supply Vessel*);
- Navios supridores, com ênfase aos PSV (*Platform Supply Vessels*);
- Utilitários, navios de passageiros e navios de manuseio de cabos de amarração, espias.

A Figura 1 apresenta o quantitativo de embarcações, por tipo, representado pelos histogramas, onde as embarcações dos tipos rebocador/empurrador, “*supply*” e lancha, equivalem a 85% do número total de embarcações, representando o maior quantitativo autorizado para a navegação de apoio marítimo (ANTAQ, 2011).

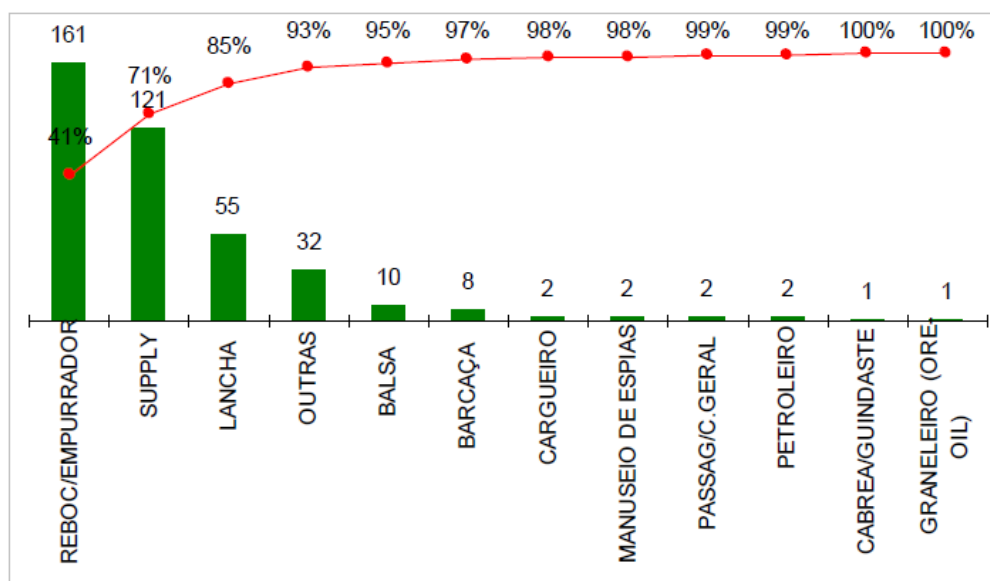


Figura 1- Percentual e representação da frequência acumulada dos tipos de embarcação da Petrobras . Fonte: ANTAQ, 2011

Nos últimos anos os incentivos à construção naval no país e os investimentos para a exploração de petróleo no mar têm impulsionado a expansão da frota brasileira de apoio marítimo e portuário. Entre os anos 2006 e 2011, a frota brasileira de *supply* passou de 56 para 121 embarcações (ANTAQ, 2011). Atualmente, a frota brasileira autorizada para a navegação de apoio marítimo é de 397 embarcações, enquanto que a frota de embarcações estrangeiras no País é composta por 225 embarcações, totalizando 622 embarcações (ANTAQ, 2011).

A descoberta da província petrolífera do Pré-sal, localizada na plataforma continental brasileira, pode representar a agregação de reservas superiores a 90 bilhões de barris de petróleo, volume superior as atuais reservas nacionais, que apresentam um valor aproximado de 14 bilhões de barris (LIMA, 2010). Segundo a Agência Nacional de Petróleo (ANP) o volume recuperável do Poço de Libra, esse recentemente leilado, pode chegar a 15 bilhões de barris. Com o crescimento da indústria “*offshore*” no Brasil a demanda por embarcações de apoio às plataformas irá aumentar consideravelmente, o que acarretará em maiores emissões de poluentes atmosféricos pela modal marítima.

A Organização Mundial do Comércio divulgou um crescimento do comércio de mercadorias de 5,5% entre os anos de 2006 e 2007, onde as mercadorias

transportadas pelo modal marítimo atingiram 8,02 bilhões de toneladas em 2007 (Cinsero, 2012). A Agência Nacional de Transporte Aquaviário (ANTAQ, 2011) retratou que nos últimos cinco anos a frota brasileira de apoio marítimo apresentou uma expansão de 87%.

2.0 TRANSPORTE MARÍTIMO E A POLUIÇÃO DO AR

A região de um porto organizado, como no caso do Rio de Janeiro, é composta por terminais de contêineres; produtos siderúrgicos; veículos (*Roll-on Roll-off*); cargas e granéis (TOSTES E MEDEIROS, 2009). Sendo assim, as emissões de poluentes atmosféricos são majoritariamente de fontes móveis, gerados por embarcações marítimas e pela movimentação de veículos terrestres (ICF, 2009).

Em trabalho apresentado por ICF, em 2009, foram compilados os resultados de inventários de emissões atmosféricas das modais marinhas e terrestres de 88 portos localizados nos Estados Unidos, na costa do Pacífico (Norte e Sul), durante o ano de 2005. Os valores, calculados para estimar a gama de contribuições esperadas pelo setor, e identificados na Figura 2, mostram que as emissões marítimas são superiores as emissões terrestres, que incluiu equipamentos de movimentação de carga tratores, guindastes, manipuladores de contêineres, empilhadeiras e caminhões pesados que operam dentro de uma zona portuária.

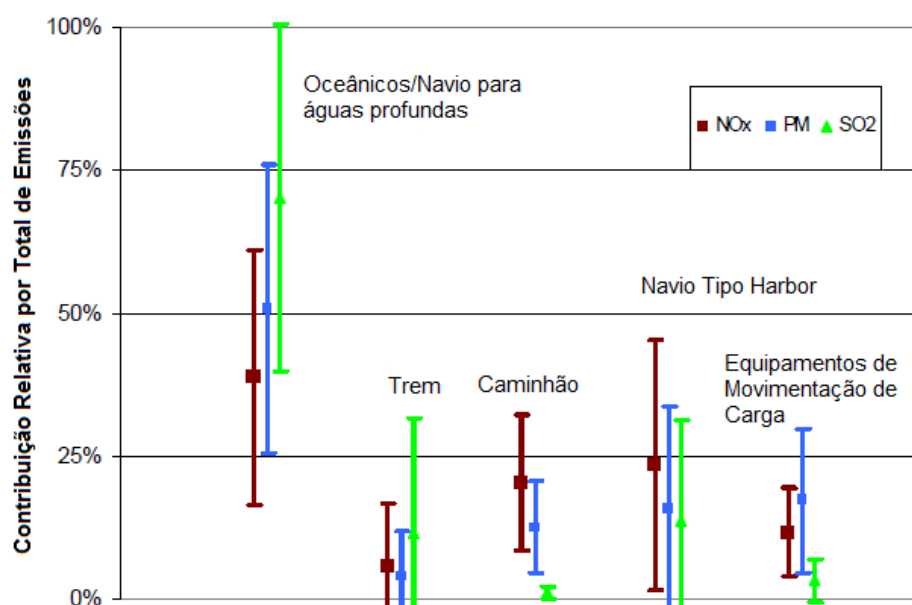


Figura 2 – Contribuições relativas para as emissões de NO_x, PM e SO₂, para 5 categorias de embarcações em 88 portos localizados nos EUA e na costa do Pacífico. Fonte: Adaptado ICF, 2009

Segundo Agrawal *et al.*, (2008) a poluição emitida por outros meios de transporte reduziu significativamente nas últimas décadas, devido ao aumento dos investimentos e aplicações em novas tecnologias que possibilitaram uma redução de 90% em suas emissões, em alguns países. Em relação ao combustível de navios, a Organização Marítima Internacional (do inglês, *International Maritime Organization – IMO*) regulamenta valores milhares de vezes superior ao utilizado por veículos terrestres, o qual está entre 0,05% e 0,001% (*The International Council on Clean Transportation (ICCT)*, 2007).

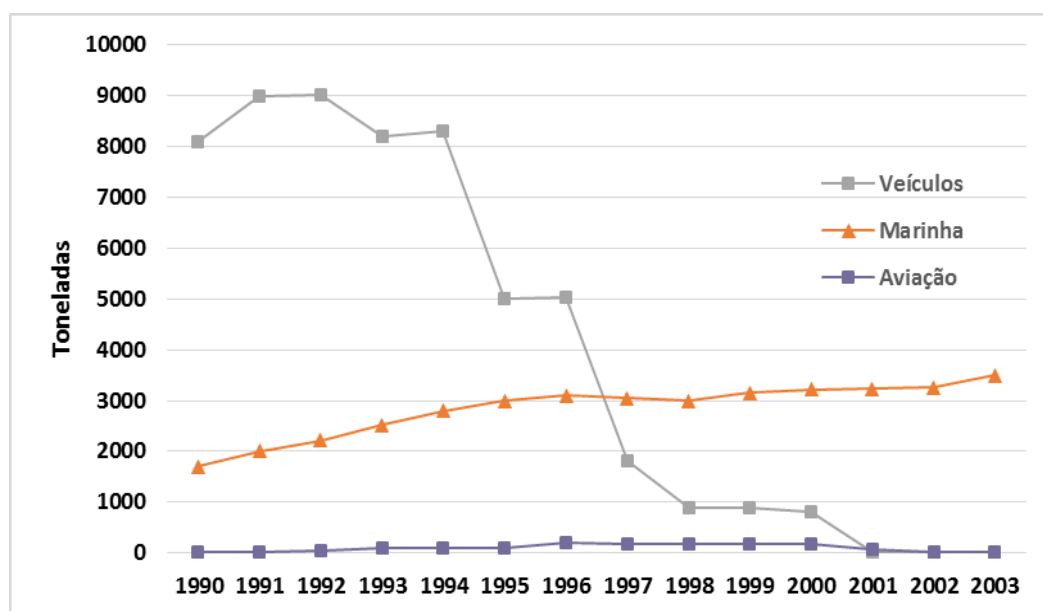


Figura 3 - Evolução das emissões de SO₂ por diferentes meios de transporte em Hong Kong. Fonte: Adaptado ICCT, 2007.

Por essa razão, o ICCT (2007) prevê que as contribuições das emissões de óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x) de navios serão superiores as emissões de fontes móveis terrestres para toda a União Europeia, a partir do ano 2020, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5 abaixo.

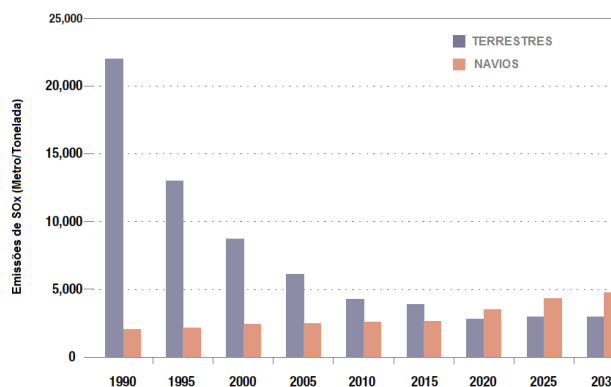


Figura 4 - Inventários e Projeções de emissões de SO_x na Europa pelas fontes terrestres e marinhas. Fonte: Adaptado ICCT, 2007.

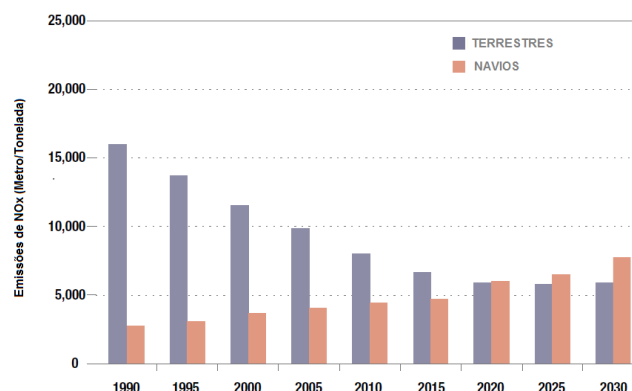


Figura 5 - Inventários e Projeções de emissões de NO_x na Europa pelas fontes terrestres e marinhas. Fonte: Adaptado ICCT, 2007.

O transporte marítimo era considerado uma indústria eficiente e um meio de transporte ambientalmente aceito por se acreditar que produzia menos poluentes por tonelada transportada e pela grande capacidade de transporte de carga (Der Meer, 2012), porém esse cenário vem mudando devido ao aumento das emissões atmosféricas ocasionadas pelos transportes aquaviários.

Os navios têm uma alta demanda de energia para realizar o uso contínuo dos motores de propulsão, dos motores auxiliares e das caldeiras para geração de eletricidade e calor, no momento que estiverem atracados no porto (DER MEER, 2012), o que resulta na emissão de poluentes para a atmosfera enquadrando-se assim, entre os maiores poluidores do mundo por quantidade de combustível consumido (CORBETT E FISCHBECK, 1997). A Figura 6 representa as projeções de emissões de toda a frota de navios da União Europeia para os poluentes de NO_x e de SO₂, monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e material particulado (MP), onde pode ser verificado um alto crescimento de emissões a partir de 2010 e a tendência contínua de crescimento (ICCT, 2007), caso não sejam aplicadas medidas de controle.

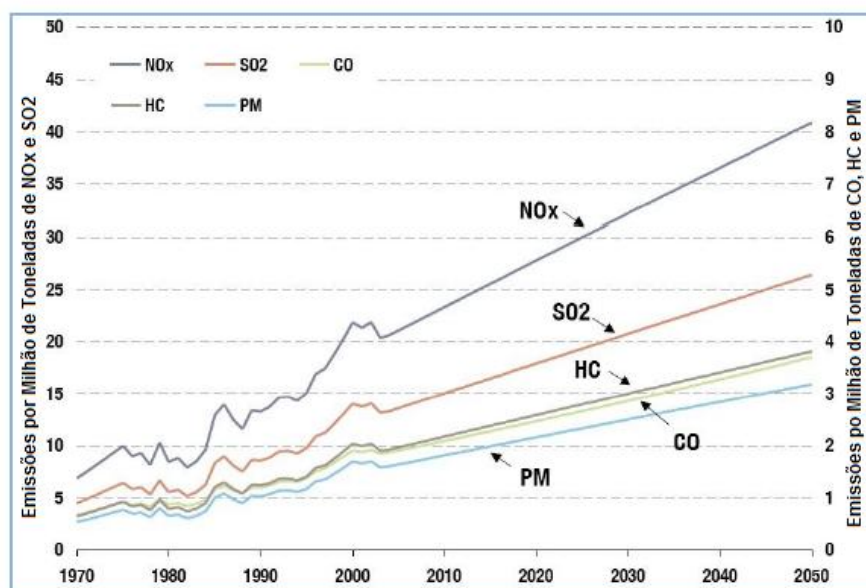


Figura 6- Histórico e previsões do total das emissões de HC, CO, NO_x e SO₂ da frota mundial de navios. Fonte: Adaptado ICCT, 2007

Esses poluentes são gerados principalmente em função da potência da instalação propulsora dos navios, como ocorre com todo sistema de combustão, em que os motores queimam um combustível derivado do petróleo para liberar energia, conforme apresentado por Cisnero (2012). Em relação aos NO_x, as emissões dos navios são relativamente elevadas, pois os motores operam a altas temperaturas e pressões, sem apresentarem tecnologias de redução e controle, enquanto as emissões de SO₂ são elevadas devido ao alto teor de enxofre médio (2,4-2,7%) em combustíveis pesados utilizados pela maioria dos navios oceânicos (EYRING *et al.*, 2007).

Estudos recentes evidenciam que, aproximadamente 15% de todas as emissões antropogênicas globais de NO_x, e 5 a 8% das emissões de SO₂ são oriundas do transporte marítimo, onde cerca de 70% dessas emissões ocorrem em até 400 km da costa (CORBETT *et al.*, 2007), apontando o significativo impacto dessas emissões nas zonas costeiras. Por estas razões, nos últimos anos a comunidade científica está tendo cada vez mais atenção no transporte marítimo, onde as emissões de gases causam impactos sobre a composição da atmosfera, qualidade do ar, ecossistemas e à saúde humana (EYRING *et al.*, 2007).

3.JUSTIFICATIVA

As atividades de Exploração & Produção (E&P) de petróleo no Brasil tiveram início em 1939 com a descoberta do primeiro poço em Salvador (Bahia), e veem crescendo a um ritmo acelerado. Lima, 2009, apresentou dados que a descoberta da província petrolífera do Pré-Sal, localizada na plataforma continental brasileira, pode representar a agregação de reservas superiores a 90 bilhões de barris de petróleo, volume extremamente superior as atuais reservas nacionais, que somam cerca de 14 bilhões de barris.

Conforme demonstrado anteriormente, a cadeia de E&P necessita de apoio logístico marítimo para sua operação. Para que o Brasil se torne um dos maiores produtores de petróleo do mundo é fundamental o investimento em setores de apoio logístico as novas plataformas. Os principais produtores, como a Petrobras, por exemplo, já anunciaram a necessidade de construção de novas embarcações de apoio *offshore* para os próximos anos, pois a infraestrutura de apoio existente não é suficiente para atender à demanda atual, nem a demanda futura com a exploração das reservas do Pré-Sal.

Com a previsão do aumento da produção na Bacia de Campos e na Bacia de Santos, haverá um crescimento proporcional do tráfego e da quantidade de embarcações de apoio logístico às plataformas *offshore*, contando com embarcações supridoras (*Plataform Supply Vessels, PSVs*) e rebocadoras, de forma a atender a indústria de petróleo no fornecimento de suprimentos para plataformas e navios em alto mar (ANTAQ, 2011). As embarcações de apoio tipo *PSV's* se tornam essenciais à realização destas atividades no transporte de cargas diversas, como óleo diesel, água potável e industrial, lama, cimento, salmoura, fluidos e equipamentos.

Agrawal *et al.*, 2008, identificou que as embarcações movidas a diesel são fontes de poluição significativas e crescentes, tanto localmente quanto globalmente. Com a expectativa do aumento do fluxo de embarcações na área organizada no Porto do Rio Janeiro por causa da prospecção do Pré-Sal, se faz necessário mensurar as emissões de poluentes e o impacto ambiental correspondente que os *Supplies Boats* poderão acarretar na qualidade do ar no entorno da Baía de Guanabara.

4.OBJETIVOS

4.1.OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é estimar, a partir de um modelo topográfico de primeira ordem, as concentrações atmosféricas de SO₂ e NO_x a partir das emissões de navios fundeados na Baía de Guanabara (classes rebocador e supridor), em cenários específicos, sendo consideradas as Área de Fundeio 2 F06 e 2F 6A do Porto do Rio de Janeiro de forma a compreender sua contribuição relativa no contexto do entorno da Baía de Guanabara.

4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desse trabalho foram:

- 1.Inventariar, no cenário de 02/11/13 a 21/07/14, o total de embarcações *offshore* que fundeiam nas áreas de interesse da Baía de Guanabara, como também suas características técnicas e operacionais;
- 2.Estabelecer um modelo de emissão aplicável ao problema;
- 3.Modelar as concentrações atmosféricas de forma a entender suas variações de acordo com as parametrizações meteorológicas de cenários e
- 4.Comparar os resultados do modelo com os dados de monitoramento *in situ* realizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), para os mesmos dias dos cenários;
- 5.Identificar qual percentual de poluentes no Índice de Qualidade do Rio de Janeiro da RMRJ é advinda dos navios fundeados

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Este capítulo tem por objetivo apresentar e contextualizar as normas legais aplicáveis à qualidade do ar no Brasil e padrões internacionais estabelecidos para o combustível a ser utilizado para o transporte marítimo. Metodologicamente foram analisadas as normas aplicáveis ao presente caso, destacando-se a inexistência de controle sobre emissões das modais marítimas.

5.1.1. Legislação aplicável à qualidade do ar

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 03/90 aponta os padrões de qualidade do ar como os níveis de poluentes prescritos para o ar exterior, que não podem ser excedidos num determinado tempo e numa certa área. Esses parâmetros devem ser respeitados para a proteção da saúde dos habitantes, das edificações e dos recursos ambientais. O Conselho classifica esses padrões de acordo com o tempo de exposição, como de curto ou longo período, em função dos danos causados.

Os índices de qualidade do ar podem ser divididos entre padrões primários ou secundários (CONAMA 03/90), onde:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Para os poluentes NO₂ e SO₂, os valores de qualidade do ar estabelecidos são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Padrões de Qualidade do Ar estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 03/90

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário (μgm^{-3})	Padrão Secundário (μgm^{-3})
Dióxido de Enxofre	24 horas	365 (140 ppb)	100 (40ppb)

	Média anual	80 (30 ppb)	40 (15 ppb)
Dióxido de Nitrogênio	1 hora	320 (170 ppb)	190 (101 ppb)
	Média anual	100 (53 ppb)	100 (53 ppb)

5.1.1.1. Qualidade do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) é o órgão responsável pelo monitoramento da qualidade do ar no Estado do Rio de Janeiro desde 1967, quando foram instaladas as primeiras estações de medição. Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), encontra-se a segunda maior concentração de população, veículos, indústrias e de fontes emissoras de poluentes do Brasil, gerando sérios problemas de poluição do ar. Sobreposto a isso, o relevo existente no Estado (com o maciço da Tijuca e o da Pedra Branca situados em paralelo à orla marítima) atua como barreira física aos ventos provenientes do mar, dificultando a ventilação adequada das áreas situadas mais para o interior (INEA, 2009).

Devido à insuficiência de estações disponíveis e o caráter majoritário atribuído à contribuição das fontes móveis no total das emissões na RMRJ, o INEA optou em instalar suas estações de monitoramento estrategicamente em locais onde seja possível o acompanhamento dessas emissões (INEA, 2013). Sendo assim, a rede de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro é composta por 58 estações (automáticas e semi automáticas) distribuídas na RMRJ, na Região Médio Paraíba (RMP) e na Região Norte Fluminense (RNF). Os poluentes monitorados são os gases NO_x , CO, SO_2 , O_3 , HC (metanos e não metanos), COV (compostos orgânicos voláteis) e partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI) e $\text{PM}_{2.5}$ (INEA, 2013). Para o ano de 2010-2011, das 21 estações automáticas instaladas na RMRJ, apenas as estações da Coroa Grande e de Itacuruça não monitoravam os poluentes NO_x e SO_2 , conforme Quadro 2 e Figura 7

Quadro 2 – Estações do INEA que monitoram os poluentes objeto deste trabalho.

Ponto na Figura 7	Nome da Estação	SO ₂	NO _x
A	RJ - Taquara	X	X
B	NI - Monteiro Lobato	X	X
C	SG - UERJ	X	X
D	RJ - Lab. INEA	X	X
E	Nit - Caio Martins	X	X
F	Itb - Porto das Caixas	X	X
G	Itb - Sambaetiba	X	X
H	Sp - Piranema83	X	X
I	RJ - Ilha do Governador	X	X
J	RJ - Ilha de Paquetá	X	X
K	Itg - Coroa Grande		
L	Mt - Itacuruça		
M	DC - Campos Elísios	X	X
N	DC - Pilar	X	X
O	DC - Jardim Primavera	X	X
P	DC - São Bento	X	X
Q	DC - Vila São Luiz	X	X
R	SC - Adalgisa Nery	X	X
S	Jp - Engenheiro Pedreira	X	X
T	SC - Largo do Bodegão	X	X
U	Itg - Monte Serrat	X	X

Fonte: Adaptado de INEA, 2013



Figura 7 - Estações do INEA que monitoram os poluentes NO_x e SO₂. Fonte: INEA, 2009

O INEA divulga os seus resultados de monitoramento de acordo com o Índice de Qualidade do Ar (IQA), baseado no concebido pelo “*Pollutant Standard Index*” (PSI), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (do inglês, *Environmental Protection Agency* – EPA U.S), e tem como objetivo padronizar o processo de divulgação da qualidade do ar pelos meios de comunicação (INEA, 2009).

A estrutura do índice de qualidade do ar é obtida através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar regidos com base na CONAMA nº 03/90. O INEA utiliza para efeito de divulgação, o índice mais elevado dos poluentes medidos em cada estação, isto é, a qualidade do ar em uma estação é determinada diariamente pelo pior caso entre os poluentes (INEA, 2009) que forem monitorados adotando assim uma postura conservadora. A relação entre índice, qualidade do ar e efeitos à saúde é apresentado no Quadro 3, onde de forma explicativa, o IQA - Boa qualidade para o NO₂ deve ter o valor máximo de 100 µg m⁻³ e para o SO₂ a máxima não deverá ultrapassar a 80 µg m⁻³

Quadro 3– Índice de qualidade do ar utilizado pelo INEA e adotado com base na Resolução do CONAMA nº 03/90.

Qualidade	Índice	NO ₂ µg m ⁻³	SO ₂ µg m ⁻³
Boa	0 a 50	0 a 100	0 a 80
Regular	51 a 100	100 a 320	80 a 365
Inadequada	101 a 199	320 a 1.130	365 a 800
Má	200 a 299	1.130 a 2.260	800 a 1.600
Péssima	>299	>2.260	>1.600

Fonte: Adaptado de INEA, 2009.

Para o IQA no Rio de Janeiro as emissões de fontes móveis contribuem com aproximadamente 77% das emissões atmosféricas na RMRJ, segundo a última revisão do inventário de fontes de emissão no estado do Rio de Janeiro (INEA, 2013). A Avenida Brasil é responsável por 25 a 30% do total de poluentes do ar emitidos pelas vias de tráfego na RMRJ (INEA, 2009).

É necessário ressaltar que, conforme colocado pelo INEA (2013), o monitoramento da qualidade do ar no estado não pode qualificar a qualidade do ar do Estado como um todo, e sim apontar os valores de concentração em suas áreas

críticas.

5.1.2. Legislação aplicável ao tráfego marítimo

A emissão de gases gerados pelos navios é um dos problemas atuais que causa grande preocupação à comunidade internacional e é reconhecida como um problema crescente, conforme apontado por Corbett *et al.*, (2007), uma vez que o crescimento do transporte marítimo está diretamente relacionado com o aumento das emissões de poluentes.

Não existe hoje Lei que estipule limites de emissões de poluentes atmosféricos para o transporte marítimo. No contexto internacional, a IMO veem realizando há algum tempo pesquisas para controlar e diminuir as emissões, e em 1997 foi elaborado o Anexo VI da MARPOL 73/78 “Regras para a Prevenção da Poluição do Ar Causada por Navios”, estabelecendo regras e metas em relação ao valor máximo de enxofre nos combustíveis marítimo, redução de emissões de ozônio (O₃), NO_x e de MP . A MARPOL Anexo VI entrou em vigor em Maio de 2005 e teve 53 países conveniados, e em 31 de agosto de 2012, foi publicada a lista dos países que ratificaram o Anexo VI da MARPOL, totalizando 70 países.

Em 10 de outubro de 2008 foi publicada uma nova norma IMO impondo novos limites e cronogramas de implantação para as emissões de gases de efeito estufa, NO_x, SO_x e MP , alterando o Anexo VI da MARPOL. A norma, que entrou em vigor em janeiro de 2012, reduz as concentrações de enxofre para 3,50% no óleo residual, dos atuais 4,50% propostos pela MARPOL. Cabe ressaltar que, enquanto os navios estiverem operando dentro de uma Área de Controle de Emissão, incluindo qualquer área do porto, o teor de enxofre do óleo combustível utilizado a bordo não poderá ultrapassar o limite de 1,00% m/m e 0,10% m/m, a partir de 1º de janeiro de 2015 (MARPOL, 1997).

5.2. MODELOS DE EMISSÃO ATMOSFÉRICA

Inventários de emissões de gases são ferramentas fundamentais para a gestão da qualidade do ar, uma vez que as estimativas são importantes para o desenvolvimento de estratégias de controle, determinando aplicabilidade do licenciamento, estratégias de mitigação, e uma série de outras aplicações (EPA U.S,

1995).

Foram identificadas na literatura diferentes formas de se calcular as emissões de poluentes atmosféricos em portos, podendo dividir os trabalhos encontrados em dois grandes grupos conforme detalhados a seguir e apresentados na Figura 8:

- Inventários detalhados - São normalmente preparados pelos "grandes" portos de águas profundas. Apresenta um *input* de dados detalhados sobre os navios, além das características e atividades de equipamentos terrestres, e informações detalhadas da região da área do porto e vias de acesso interna. Sua aplicação pode ser limitada por falta de recursos disponíveis (ICF, 2009).
- Inventário simplificado - Frequentemente utilizado por portos de médio e pequeno porte. As metodologias são adaptadas para a quantidade de dados disponíveis, podendo inclusive ocorrer extrapolações de dados, e utilização de dados secundários disponíveis na literatura (ICF, 2009).

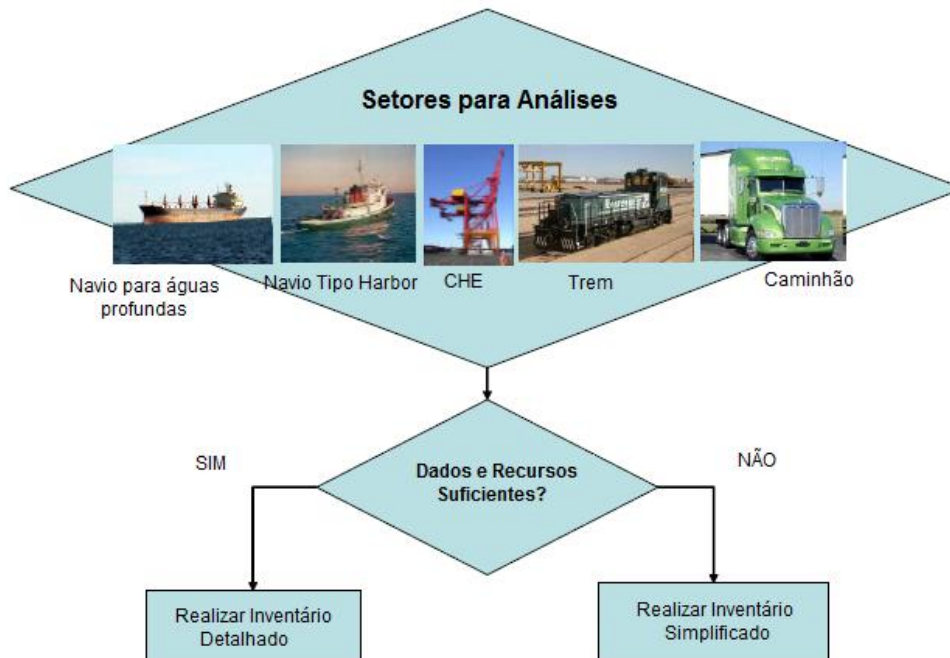


Figura 8 - Decisão Metodológica para a escolha de inventário de Portos. Fonte: Adaptado de ICF, 2009.

Para esse trabalho, devido à grande dificuldade de acesso a dados para *input* de modelos, foram utilizados os inventários simplificados. De forma simplificada,

todos os cálculos são orientados por uma equação, onde os "inputs" dos modelos podem variar. De acordo com Cooper (2002), os dados de entrada devem ser: o tipo de motor (tamanho, potência, nº de motores auxiliares), consumo, tipo de combustível e os fatores de emissão (FE), os quais fazem a correlação entre a quantidade de energia consumida num espaço de tempo e o montante de poluentes emitidos nesse período (Medeiros, 2012). Abaixo será feita uma breve descrição de alguns modelos internacionalmente utilizados e posteriormente discutido os principais dados necessários para o *input* e cálculo das emissões:

•Modelo da EPA (*US Environmental Protection Agency*) AP42 (1995)

A primeira publicação da EPA sobre modelos para calcular fatores de emissões de poluentes do ar para inventários foi em 1972. Atualmente, em sua quinta edição publicada em janeiro de 1995, o AP-42 contém os fatores de emissão e informações de mais de 200 fontes de poluição do ar e foram desenvolvidos a partir de dados de origem de teste, estudos de balanço dos materiais, e de estimativas como recurso para ajudar as indústrias a calcularem suas emissões de fontes pontuais, como caldeiras, fornos, compressores, máquinas de combustão e estações de serviço (EPA, 1995).

Este modelo, que pode ser visualizado na Equação 1, é baseado num algoritmo linear para a estimativa das emissões sem controle e pode ser expressa de acordo com a Equação 1. Essa metodologia não foi utilizada neste trabalho, pois o documento mais recente preparado para a EPA: "*Current Methodologies and Best Practices for Preparing Port Emission Inventories*, Louis Browning-ICF Consulting, Kathleen Bailey -US EPA" indica apenas uma orientação limitada quanto ao desenvolvimento de inventários de emissões de portos (COOPER, 2002).

$$E = A.FE \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

E - Estimativa da emissão para a fonte;

A – Nível de atividade;

FE – Fator de emissão sem controle

•Modelo do Corbett e Fischbeck (1997)

Os autores propuseram um algoritmo simples para calcular o total de emissões de navios, que pode ser visualizado na Equação 2. O modelo conceitual proposto pelos autores expõe a necessidade de entender a frota que será objeto do estudo, a quantidade de combustível utilizada e o tipo de motor. Para calcular as emissões de SO₂, se faz necessário saber o percentual (%) de enxofre (S) existente no combustível, enquanto o cálculo de NO_x, está diretamente relacionado com o tipo de motor, conforme Figura 9. Esse modelo não foi utilizado para esse trabalho, pois houve dificuldade em identificar quais *supplys* possuíam motores de baixa e lenta rotação e utilizar um único valor padrão não representaria a realidade, aumentando as incertezas do modelo.

$$P_P = \sum_{i=1}^n E_{P,i} \cdot (F \cdot A_i) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde,

PP - total de emissão, por poluente;

EP,i - emissão com base no tipo de combustível (por exemplo, % de C, N ou S),

F - capacidade do tanque cheio,

Ai - percentual de navios, por tipo de combustível;

n - número total.

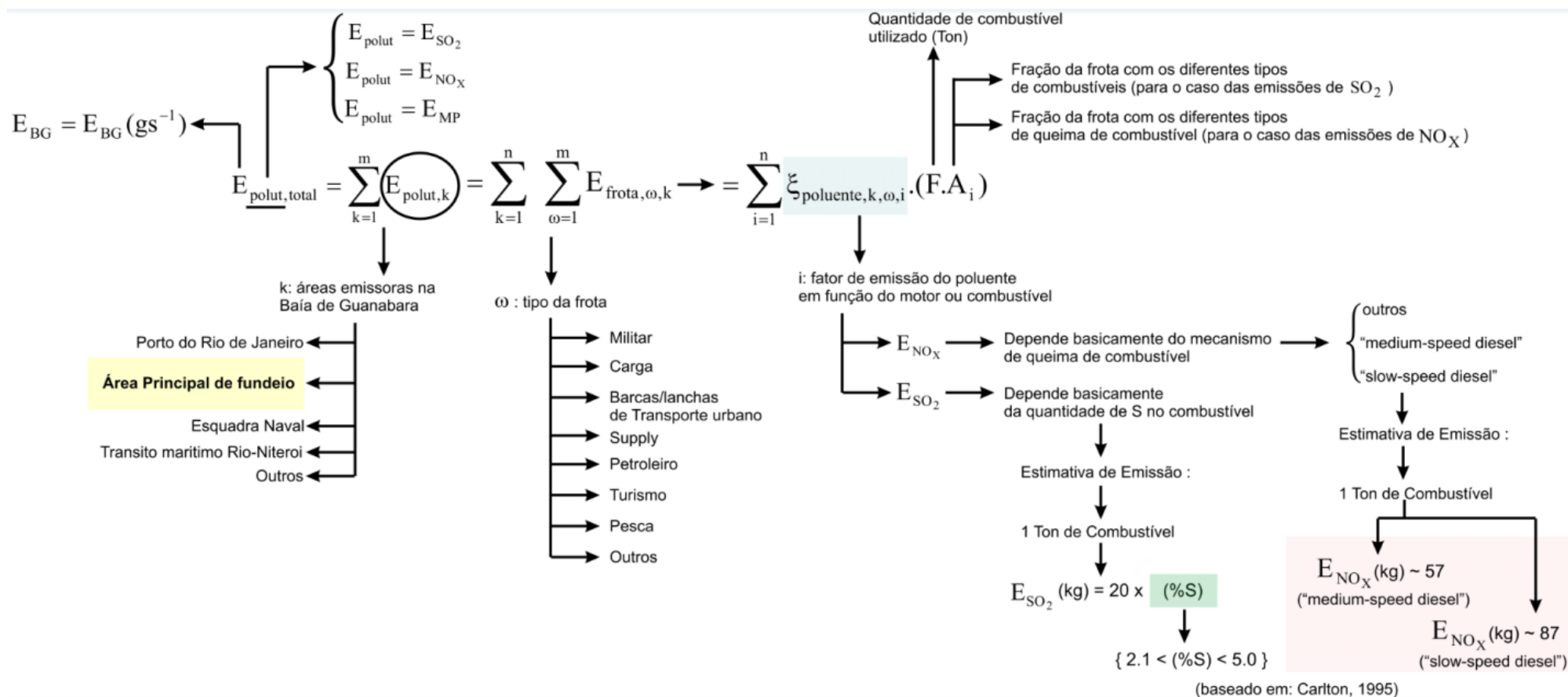


Figura 9 - Modelo geral para o cálculo das emissões atmosféricas de navios proposto por Corbett e Fischbeck, 1997

•Modelo proposta por Cooper, 2002

Como modelo desenvolvido por Cooper (2002), pode-se calcular a taxa de emissão dos poluentes, aplicando a Equação 3, onde deve ser multiplicado o fator de emissão do poluente pelo consumo de combustível do navio no momento de fundeio. Esse modelo não foi utilizado pois não foram encontradas na literatura a formas de se calcular o consumo de combustível.

$$WE_i = \sum_{j=1}^n \left[(EFS_i \cdot FCS_j) \cdot \frac{NS_j \cdot MT_j}{8760} \right] \quad \text{Equação(3)}$$

onde:

WE_i - taxa de emissão do poluente i para os navios em espera (fundeio) – média anual [kg/h];

EFS_i - fator de emissão do poluente i , para navios em espera [kg/t];

FCS_j - consumo de combustível do navio em espera, considerando o tipo de navio [t/h];

NS_j - total de navios por ano [1/ano];

MT_j - tempo médio de espera [h];

8760 - constante de conversão de tempo [h/ano];

i – i-ésimo poluente considerado; e

j – j-ésimo tipo de navio.

• Modelo proposto por Der Meer, em 2012

O modelo proposto por Der Meer em 2012 se baseou no protocolo holandês EMS (DER GON E HULSKOTTE, 2010) que fornece metodologias e fatores de emissão para o cálculo de emissões pelo transporte durante a navegação e hotelaria e, diferentemente, dos outros modelos apresentados, o fator chave para o cálculo das emissões de navio é a "*Gross tonnage*" (GT), que é a medida de capacidade de um navio, que deve ser determinado conforme a "*International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969*". Para o cálculo proposto por Der Meer (2012) não é necessário o entendimento sobre a potência do motor, e o consumo de combustível é diferenciado pelos tipos de navios, conforme pode ser visualizado no Quadro 4.

Quadro 4 - Proposta de consumo de combustível por tipo de navio em função da arqueação bruta "*Gross Tonnage*".

Tipo de navio	Consumo de combustível (kg por 1000 GT Horas)
Tankers	18,4
Graneleiro	2,5
Container	5
Cargo	5,4
Navios Roro, cruzeiros	6,9
Outros: offshore	9,2

Fonte: Der Meer, 2012.

A equação proposta por Der Meer, 2012 é apresentada na Equação 4.

$$Eh = V.F.T.\varepsilon \quad \text{Equação(4)}$$

Onde:

Eh = Emissão

V = Volume do navio em GT

F: Consumo de combustível conforme a tabela 3

t: Tempo de hotelaria

e: fator de emissão em gramas por kg de combustível

5.3. FATORES DE EMISSÃO (FE)

Fatores de emissão são valores representativos que relacionam a quantidade de um poluente lançado na atmosfera com determinada atividade associada. Comumente são expressos como o peso de poluente dividido pelo volume, distância ou duração da atividade que emite o poluente (EPA, 1995).

Os FE definidos pela EPA foram determinados através de experimentos onde

se mediram as quantidades emitidas de cada poluente em função da energia demandada pelo motor. Através da média desses dados, determinou-se então um FE para um dado poluente, que será representativo, no longo prazo, da média de emissão do equipamento avaliado (EPA, 2009a). Diversos parâmetros podem influenciar nos valores dos FE, sendo que os principais são: tipo do motor e velocidade de operação; tipo de combustível; tamanho do motor, idade, condição e potência de saída (COOPER, 2002).

Cooper (2002) suspeitava que os FE's poderiam variar em função do tamanho do motor (nº de cilindros) dentro de uma mesma categoria. Após classificar os dados de poluentes emitidos em três categorias distintas de motores (pequenos < 1500 kW, médios 1500 – 4000 kW, grandes > 4000 kW), foi possível identificar correlações, e pode então assumir que os FEs dependem apenas do tipo de motor e combustível utilizado, não dependendo do tamanho do motor e número de cilindro.

Os fatores de emissão podem ser expressos como uma taxa de fluxo de massa (kg/h) ou como a massa de poluente emitido pela quantidade de combustível queimado (kg/t), ou pelo Fator de Emissão Específico (g/kW.h), que expressa a massa de poluente emitido em termos de potência disponível e tempo de trabalho (COOPER, 2002). Para esse trabalho será utilizada a taxa de fluxo de massa, em g/s, pois é a unidade que servirá como input para modelar com o software AERMOD.

5.4. TIPOS DE COMBUSTÍVEIS

Diversos autores na literatura, como Corbett e Fishbeck, 1997 e Cooper, 2002, retratam que o combustível marítimo é uma mistura homogênea oriunda do processo de destilação do petróleo, e se classifica de acordo com suas características e propriedades física (como o poder calorífico, densidade, ponto de inflamação, conteúdo de resíduos de carbono e enxofre), podendo distingui-los em destilados e residuais.

A variação no teor de enxofre no combustível é crucial para o cálculo de emissão dos poluentes, uma vez que praticamente todo o enxofre é queimado para

forma de seus dióxidos (COOPER, 2002). A partir de dados coletados entre os anos de 1990 a 1996, a média global de enxofre nos óleos combustíveis marítimos era entre 2,75 - 2,95%. Para o mesmo período, o teor médio de enxofre na Holanda era de 3,05%, nos EUA era de 2,54% e para o Reino Unido 2,35% (COOPER, 2002).

A partir de revisão bibliográfica identificou-se uma grande variação do teor do elemento, onde *Lloyds Register* (1995) classificou em 0,5% de S em destilados e 2,7% de S em óleo residual; Corbett e Fischbeck, 1997 classificaram como 2,0% de S em destilado e 3,3% de S em residual; e a IMO (2000) colocou padrões de 0,3 - 1,0% de S em destilados e 2,5 - 3,5% em residual.

O Quadro 5 apresenta a classificação dos tipos de combustível extraídos de Cooper, 2002. Cabe ressaltar que a maioria das amostras de combustível foram obtidos a partir de navios que operam no norte da União Europeia, devendo-se então ressaltar que o conteúdo de enxofre pode não ser totalmente representativa para as frotas do Brasil, que em área de controle devem utilizar o diesel marítimo da Petrobras.

Quadro 5 – Classificação dos tipos de combustível.

Grupo	Nome Internacional	Sigla	Característica
Destilados	Marine Gas Oil	MGO	Destilado “puro”, Baixo conteúdo de enxofre. Teor de enxofre < 0,23%
	Marine Diesel Oil	MDO	Combustível procedente dos resíduos dos destilados (gasolina, gasóleo, nafta), maior viscosidade, densidade e concentração de enxofre. Teor de enxofre < 0,93%. No Brasil adota-se 1%
Residuais	Residual Oil	RO	Óleo pesado. Teor de enxofre < 1,91%

Fonte: Adaptado de Cooper, 2002

Devido ao custo menos elevado, os óleos residuais são mais comercializados do que os combustíveis destilados, conforme foi retratado por Cooper (2002), onde para o ano de 1996 houve o consumo mundial de 72% de óleo residual contra 28% de destilados, e perfil semelhante foi relatada para a União Europeia, com 24% de consumo de destilados contra 76% de óleos residuais.

5.5. MOMENTO DE OPERAÇÃO

Na grande maioria dos inventários de emissões atmosféricas estudados identificou-se que os autores separam para o cálculo das emissões três cenários diferentes de operação (WHALL *et al.*, 2002; ICF, 2009):

Cenário 1: No mar “*at sea or cruising*”: Quando o navio está navegando, com todos os motores ligados, a uma potência de 70 – 100% (COOPPER, 2002). Geralmente considerado como 94% da velocidade máxima e 83% da rotação máxima (ICF, 2009).

Cenário 2: No porto (hotelaria e fundeio): Quando o navio está ancorado, aguardando para atracar no porto ou sofrendo pequenos ajustes. Os Motores auxiliares estão operando em uma potência aproximada de 20% e os motores de propulsão são desligados. Os motores auxiliares ficam então responsáveis por toda a operação (ICF, 2009).

Cenário 3: Manobrando: No momento da manobra para o navio atracar no Porto. Mesmo com a assistência de rebocadores, os motores de propulsão ainda estão em operação a uma potência aproximada de 20%. A velocidade média da manobra ocorre entre 5 e 8 nós, com velocidades mais lentas, mantidos com o navio chegando ao berço (ICF, 2009).

6. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está dividida em cinco etapas:

- 1) A primeira etapa consiste em realizar inventário de emissões de poluentes oriundo de embarcações fundeadas na Baía de Guanabara, a partir do conhecimento das características técnicas das embarcações e dos FE. Será feito um levantamento dos navios de apoio *offshore* fundeados na Baía de Guanabara, utilizando o software *Marine Traffic*. Essas embarcações consistem basicamente em navios *Supply Boats*, que também cumprem a função de rebocadores;
- 2) Estimar as emissões de NO_x e SO₂ de cada embarcação, a partir do *Gross Tonnage* e do consumo de combustível. Foi considerado o consumo de combustível proposto por Der Meer (2012) para navios *offshore*;
- 3) Levantar informações do regime de trabalho (navegando, no porto ou em manobras) e o tempo de serviço durante cada um desses regimes;
- 4) Organizar os dados meteorológicos dos períodos estudados para servirem como input do Modelo de Dispersão escolhido e análise dos eventos sinóticos para entender a dinâmica atmosférica dos dias em questão;
- 5) Levantamento dos FE de poluentes medidos em navios obtidos em bases de dados encontrados nos periódicos disponíveis no portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e no site de busca Google.

O último passo do trabalho foi com o uso do *AERMOD Modeling System* (AERMOD), que é um sistema integrado de modelização atmosférica desenvolvido pela AERMIC da *American Meteorological Society* (AMS) e pela EPA, que será melhor detalhado a frente, para identificar o deslocamento da pluma e os bairros e regiões administrativas da RMRJ, que sofrem mais com os impactos ambientais advindos do transporte portuário.

A Figura 10 apresenta o resumo metodológico que será utilizado neste trabalho.

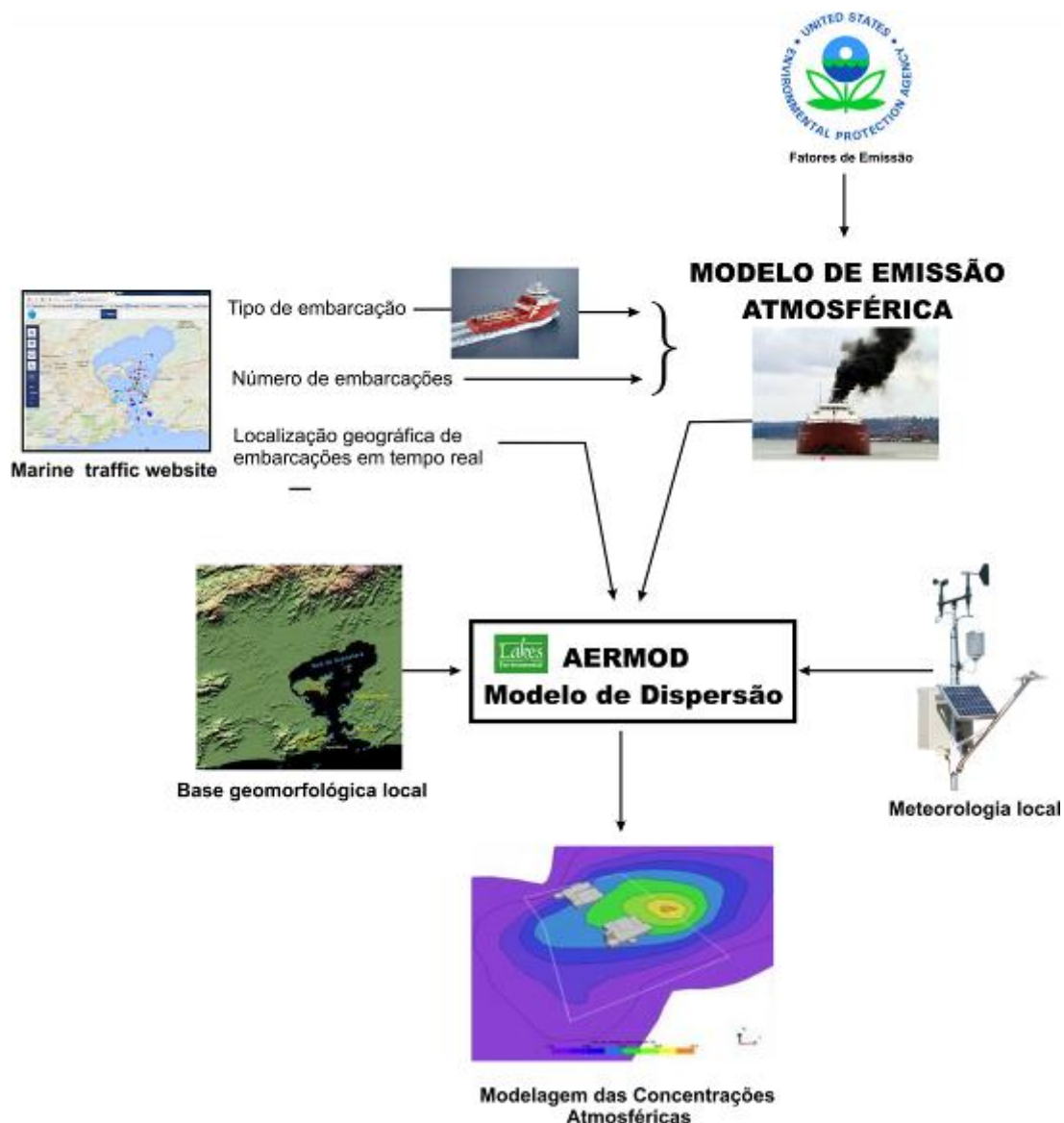


Figura 10 – Metodologia utilizada para realização do trabalho.

6.1. ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Guanabara localizada no litoral do Estado do Rio de Janeiro (longitudes 42°00" e 43°20" W e latitudes 22°40" e 23°00") é considerada uma das Baías mais abrigadas do mundo pela Marinha do Brasil (MARINHA, 2004).

O Porto do Rio de Janeiro está localizado na Bacia Área III (Figura 11), conforme Farias (2012), que apresenta ocupação urbano industrial com emissão de grandes quantidades de poluentes para a atmosfera.

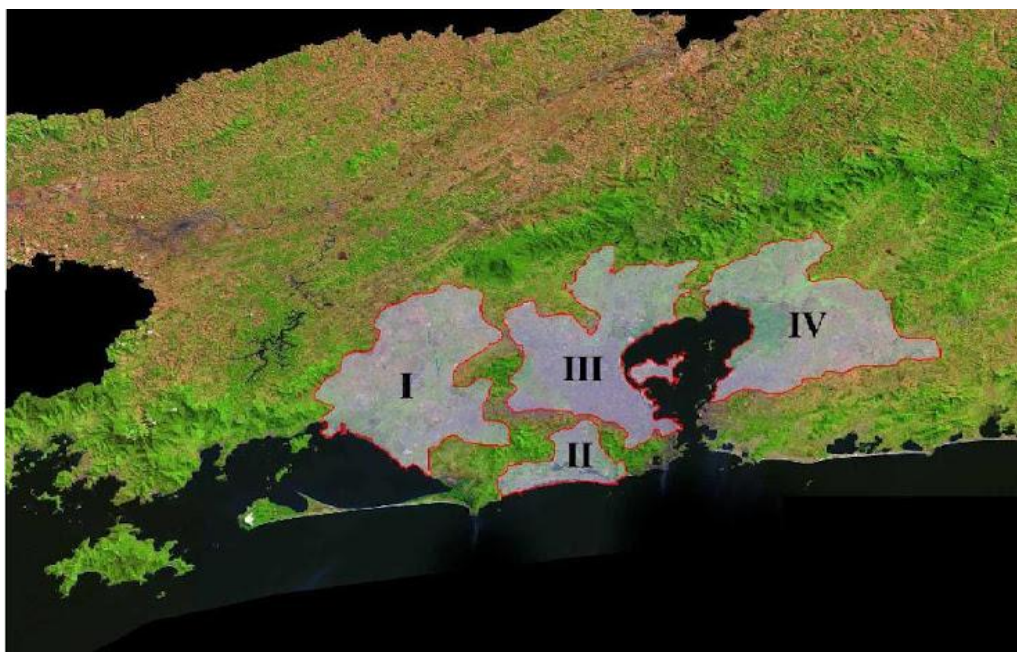


Figura 11 – Definição das Bacias Aéreas do Rio de Janeiro pelo Instituto Estadual do Ambiente. Fonte: Farias, 2012

A Carta Náutica da Baía de Guanabara, autorizada pelo Ofício nº 1422/CPRJ-MB de 07/10/2011, apresenta as coordenadas das áreas de fundeio do Porto do Rio de Janeiro. Para esse trabalho, foram estudadas as áreas denominadas 2F06 e 2F6ª, por serem as mais utilizadas. As coordenadas geográficas são apresentadas no Quadro 6 e na

Figura 12.

Quadro 6 - Áreas de fundeio utilizadas para esse estudo. Fonte: Carta Náutica da Baía de Guanabara e Ofício nº 1422/CPRJ-MB de 07/10/2011

2F06	Fundeio 6 - Para cargas e descargas de mercadorias, navios aguardando atracação, navios em pequenos reparos, litígio ou fora de serviço		
	F1	22°50,46'S	043°12,08'W
	F2	22°50,46'S	043°11,12'W
	F3	22°50,99'S	043°10,73'W
	F4	22°50,99'S	043°09,62'W
	F5	22°51,86'S	043°09,62'W
	F6	22°51,67'S	043°11,98'W
	F7	22°51,07'S	043°12,16'W

2F6A	Para navios em pequenos reparos e visitas		
	G1	22°51,07'S	043°09,07'W
	G2	22°49,86'S	043°08,85'W
	G3	22°49,86'S	043°08,63'W
	G4	22°49,25'S	043°08,62'W
	G5	22°49,25'S	043°07,81'W
	G6	22°49,81'S	043°07,49'W
	G7	22°50,96'S	043°07,79'W

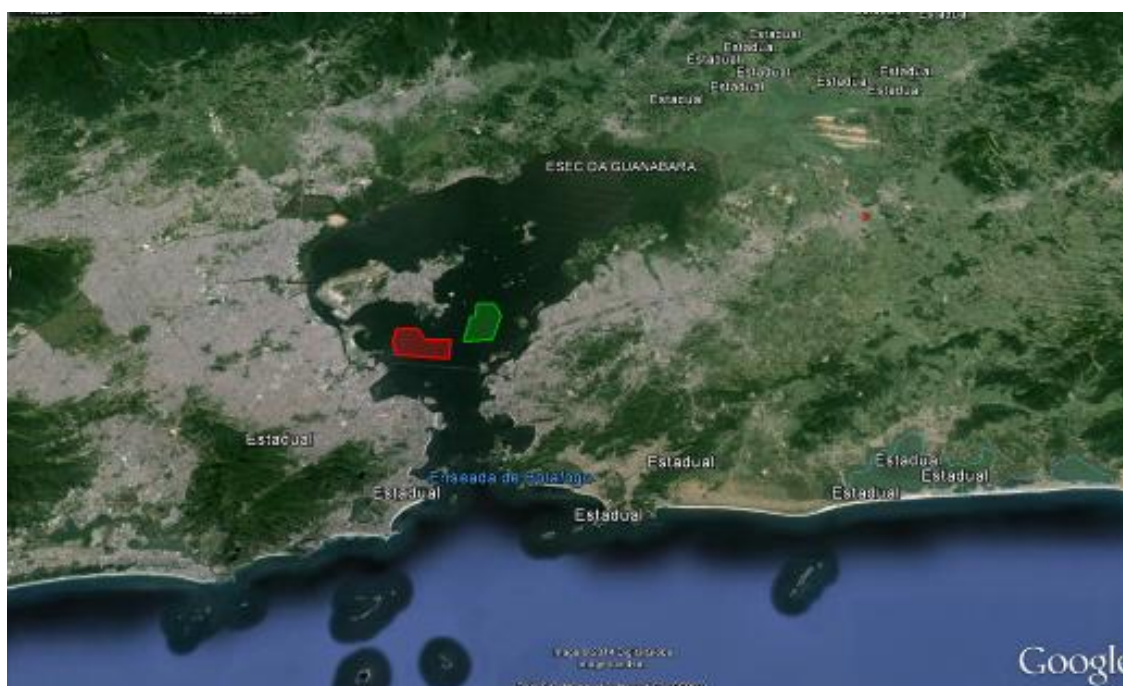


Figura 12- Poligonais delimitadas com as coordenadas apresentadas na tabela acima, onde o destaque em vermelho corresponde a Áreas 2F6, e a área verde a 2F6A.

•

6.2. PERÍODOS ESTABELECIDOS PARA OS CENÁRIOS DE EMISSÃO

O levantamento de dados para se realizar esse trabalho teve início em 02 de novembro de 2013 e término em 21 de julho de 2014. Realizou-se a contagem dos navios *offshore* que se encontravam fundeados na região da Baía de Guanabara

pelo *website* do *Marine Traffic* e foi feita a compilação dos resultados, originando assim a tabela que pode ser visualizado no Anexo 1. Foram coletados os seguintes dados dos navios rebocadores: Contagem dos navios, coordenadas geográficas e "*gross tonnage*". Adotou-se que todos os navios ficaram fundeados 24 horas na região (WHALL *et al.*, 2002) e admitiu-se que, mesmo que possuam sistema de posicionamento dinâmico, as embarcações permaneciam ancoradas.

O motivo da escolha desse período de amostragem foi para englobar todas as estações do ano, atendendo assim o objetivo de se analisar como as variáveis meteorológicas, principalmente a intensidade e direção do vento podem influenciar na dispersão dos poluentes. Os dias escolhidos para o estabelecimento dos cenários de dispersão são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7- Dias amostrados na execução do trabalho e a referida estação do ano.

Dia selecionado	Estação do ano
02 de novembro de 2013	Primavera
06 de dezembro de 2013	
31 de dezembro de 2013	Verão
17 de janeiro de 2014	
28 de maio de 2014	Outono
21 de junho de 2014	Inverno
21 de julho de 2014	

6.3. MODELO DE EMISSÃO E *INPUT* DE DADOS

O modelo escolhido para a elaboração do Inventário de Emissões foi o proposto por Der Meer (2012) apresentado anteriormente, onde o fator chave para o cálculo das emissões de navio é a "*Gross Tonnage*" (GT).

6.3.1. Tipo de embarcação

Como as principais embarcações que trabalham no apoio marítimo *offshore* no Brasil são o *Anchor Handling Tug Supply* (AHTS) e o *Platform Supply Vessel* (PSV), esses foram os navios escolhidos para se calcular as emissões. Araujo (2008) apresentou as características básicas dos AHTS e dos PSV que são apresentados abaixo.

1. PSV - possuem um deck largo e aberto na parte traseira para poder alocar os containers e cargas. Possuem tanque interno para transportar água, lama, salmoura e granéis sólidos. Variam em comprimento de 55 metros (180 pés) a 79 metros (260 pés). Abaixo é apresentada a foto de um típico PSV.

2. AHTS - é equipado com guinchos e guindastes, a fim de ajudar na movimentação das plataformas, barcas e manejo de âncoras. A figura abaixo apresenta o AHTS.



Figura 13 – A - Exemplo de embarcação do tipo PSV. B - Exemplo de embarcação do tipo AHTS. Fonte: Bourbon, 2014

6.3.2. Escolha dos poluentes

Os poluentes podem ser chamados de primários ou secundários, onde os primários são aqueles emitidos diretamente no meio ambiente pelas fontes de emissão, enquanto os secundários são aqueles originados a partir de alguma reação química dos poluentes primários (CETESB, 2014). No caso desse estudo, analisou-se os poluentes primários, ou seja, aqueles que são lançados à atmosfera diretamente pela exaustão dos navios.

Para esse trabalho, optou-se em estudar os efeitos das emissões apenas do NO_x e do SO₂, pois Corbett *et al.*, (2007), estimaram que as emissões atmosféricas

de navios correspondem aproximadamente a 15% de todas as emissões antropogênicas globais de NO_x, e 5 a 8% das emissões de SO₂.

A resolução CONAMA 03/90 não estabelece padrões para a concentração total dos NO_x apenas para o seu componente dióxido de nitrogênio (NO₂). Como existe uma complexidade associada na especiação dos NO_x (NO + NO₂) quanto a elaboração de inventários, adotou-se uma decisão conservadora onde todos os NO_x foram considerados na modelagem e analisados em relação aos padrões estabelecidos para o NO₂, não sendo incorporados efeitos de modelagem relacionados à remoção, transformações químicas e decaimento natural de poluentes na atmosfera. Estes efeitos, se aplicados, tendem a tornar os resultados da modelagem mais realistas. Trata-se assim, de uma abordagem conservadora, caracterizando-se como um fator de segurança, para a análise dos impactos atmosféricos do empreendimento. Desta maneira, o modelo foi configurado para estimar as maiores concentrações em um período médio de 1 hora e os valores foram comparados com os parâmetros primários da referida Resolução.

6.3.3. Combustível – tipo e consumo

Em relação ao combustível analisado neste trabalho, como será realizado o inventário de emissões dos navios fundeados na Baía de Guanabara na área do Porto Organizado do Rio de Janeiro, que é definido como Área de Controle de Emissão pelo Anexo V da MARPOL, considerou-se a premissa de que no momento do fundeio todos os navios utilizem o diesel marítimo da Petrobras. Esse combustível apresenta um teor aproximado de 1% de Enxofre, conforme pode ser visualizado no Anexo 2 - Ficha de Informação do Produto Químico (FISPQ).

Nesse trabalho foi considerado o consumo de combustível proposto por Der Meer (2012), que para navios *offshore* tem 9,2 kg por kg 1000 Gross Tonnage/hora.

6.3.4. Momento da operação

Para o cálculo de emissões considerou-se apenas o cenário fundeado

(hotelaria), onde os navios encontram-se na área de fundeio do Porto, operando apenas com os motores auxiliares.

6.3.5. Contagem das embarcações

Para realizar a contagem dos navios nas áreas de fundeio 2F06 e 2F6A se utilizou o *software "Marine Traffic"*, que fornece informações em tempo real gratuitamente ao público sobre os movimentos de navios em todo o mundo.

Desde dezembro de 2004, IMO exige que todos os navios com arqueação bruta "*Gross Tonnage*" superior a 299 GT possuam um transponder AIS a bordo, com o objetivo de transmitir sua posição, velocidade e rumo, entre outras informações estáticas, como o nome do navio, as dimensões e detalhes de viagem. Sendo assim, o *Marine Traffic* trabalha com a coleta de dados baseado nesse sistema de identificação automática (AIS), que envia e recebe informações de identificação do navio. Esse transponder envia informações como nome do navio, as condições de navegação (fundeado ou navegando), velocidade, destino, tipo de navio/ carga e tempo estimado de chegada (ICF, 2009). A utilização dos dados AIS facilita o posicionamento das emissões dos navios com alta resolução espacial, sendo limitada apenas pelas imprecisões do Sistema de Posicionamento Global, tipicamente alguns metros (JALKANEN *et al.*, 2009).

Acessando o *website* do *Marine Traffic* (<https://www.marinetraffic.com>) é possível visualizar as seguintes categorias de navios: passageiros, cargas, cisterna, rebocador, lates, pesca e não identificado. A Figura 14 apresenta o acesso ao website em 03/01/2014, na região da Baía de Guanabara, área de estudo, onde pode-se visualizar diversos navios, das mais variadas categorias, acessando a região do Porto Organizado.

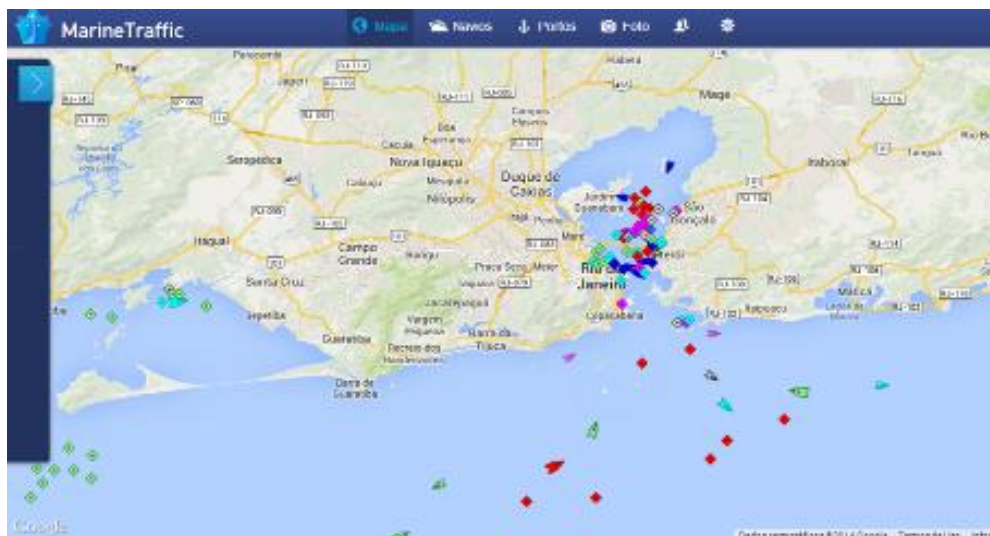


Figura 14 – Acesso ao *website* do *Marine Traffic* em 03/01/2014 para contagem dos navios

Ao acessar os dados do navio, é possível conseguir as seguintes características específicas: bandeira, tipo, nº IMO, nº MMSI, arqueação bruta “*Gross Tonnage*”, porte bruto DWT, comprimento, largura, ano de construção, latitude/longitude, velocidade do trajeto, histórico, calado e destino. A Figura 15 apresenta como exemplo os dados disponíveis para o CBO Copacabana em 21/11/2014.

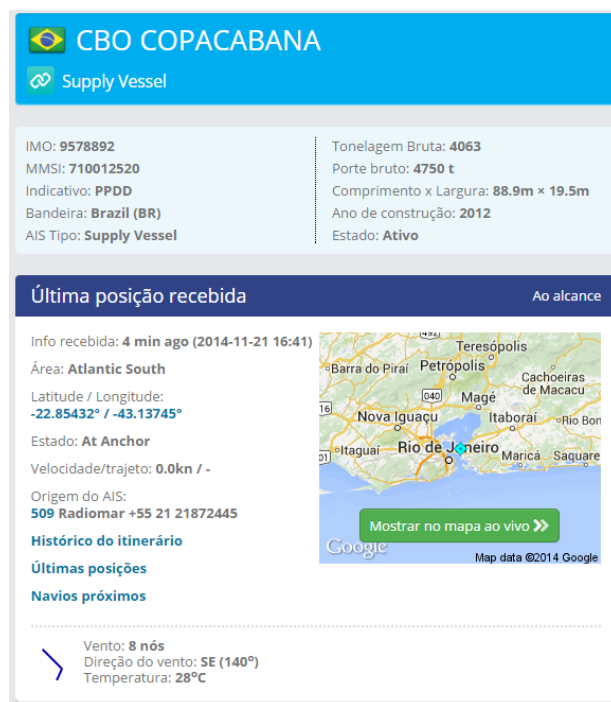


Figura 15 – Histórico do navio CBO Copacabana em 21/11/2014. Fonte: *Marine Traffic, 2014*

Dentre todos os dados fornecidos pelo *Marine Traffic*, os seguintes itens são essenciais para se rodar o modelo de emissão proposto por Der Meer(2012) e o AERMOD:

1. Arqueação Bruta "*Gross Tonnage*";
2. Número de navios;
3. Coordenadas geográficas em UTM.

6.3.6. Fatores de emissão (FE)

Após a revisão da literatura foi possível identificar uma grande diferença entre os FE's relatados na literatura. Para esse trabalho, optou-se então em utilizar os sugeridos por Cooper (2002), utilizada pela ENTEC para estudos de emissões de poluentes na comunidade europeia. O cálculo do FE proposto pelo autor se baseou no *Lloyds Register Services* para a emissão de NO_x, SO₂, HC, PM e CO₂, considerando: 5 tipos de motores, 3 tipos de combustível e 3 modos de operação diferentes: 1 – navegando; 2 – na hotelaria ou fundeio; 3 - manobras.

Com o objetivo de apresentar FE universais mais próximos da realidade por categoria específica de navio, foi realizada por Cooper (2002) um levantamento pelo banco de dados LMIS, de 26 categorias diferentes de navios, onde se identificou que o tipo de motor instalado a bordo e o combustível utilizado são os grandes responsáveis pela emissão. Após o levantamento foi possível fornecer fatores de emissão específicos para cada tipo de embarcação, de acordo com a atividade/operação (COOPER, 2002).

Esses FE's por Cooper (2002) para o NO_x vão ao encontro dos estabelecidos por Corbett e Fischbeck (1997) que identificaram a média 57 kg de NO_x liberados por tonelada de combustível em motores de média velocidade. O Quadro 108 apresenta apenas os FEs proposto pelo autor para as embarcações de apoio *offshore* e para o poluente NO_x.

Quadro 8 - Fatores de Emissão de Poluentes Atmosféricos para *Supply Vessels* em Operações de navegação, manobra e fundeio para o NO_x.

Atividade	Tipo de embarcação	Fator de emissão de poluentes atmosféricos (Kg/T) de combustível
		NO _x
Navegando	Apoio offshore	66
Manobra		48
Ancoragem (fundeio)		52

Fonte: Adaptado de Cooper, 2002

Em relação aos FE's para o SO₂ optou-se pelo o valor estabelecido por Corbett e Fischbeck (1997) e Der Meer (2012), que retrataram uma relação empírica onde a influência do percentual de enxofre influencia nas emissões: SO₂ por tonelada de combustível = 20 × (S%).

É importante ressaltar que no momento de manobra e no fundeio/porto, os FEs apresentam uma maior incerteza em relação aos FE no mar, por duas razões principais: poderá ocorrer alguma operação com o motor de partida frio, potencializando as emissões e devido alterações significativas na potência do motor, aumentando as emissões (WHALL *et al.*, 2002).

6.3.7. Cálculo das emissões

Para o cálculo das emissões de NO_x e SO₂ considerou-se o modelo proposto por Der Meer (2012), apresentado no item 4.2, visto que se mostrou viável devido a acessibilidade dos dados necessários para o *input* do modelo. Assim, as emissões foram calculadas de acordo com a Equação 5:

$$E(\text{SO}_2 \text{ e } \text{NO}_x) = (\text{gross tonnage})$$

x

Consumo de combustível

x

(Tempo)

x

Fator de Emissão para SO₂ e NO_x

(baseado em Cobert e Fishbeck, Cooper, 2002 e Der Meer, 2012)

Para este trabalho foram admitidas as seguintes parametrizações:

- *Gross tonnage*: dado obtido diretamente no sítio do *Marine Traffic* (<https://www.marinetraffic.com/pt/>)

- Consumo combustível: Quadro 4 (embarcações offshore)

- Tempo (1 segundo em função da entrada de dados do AERMOD)

- FE para SO₂ sugerido por Cobertt *et al.* (1997) e Der Meer (2012), onde admite-se que cada 1 tonelada de consumo de combustível tem-se 20 kg de SO₂ x (% de S do combustível). Conforme comentado acima, para esse trabalho adotou-se o diesel marítimo da Petrobrás, onde o teor de S é de 1%, ou seja, tem-se: FE=20kg/1000kg.

- FE para NO_x sugerido por Cooper (2002) e Cobertt e Fishbeck (1997), onde admite-se que cada 1 tonelada de consumo de combustível tem-se 52 kg de NO_x, ou seja, têm-se: FE=52kg/1000kg.

6.3.8. Fatores de incerteza do modelo

Medeiros (2010) mostrou que a utilização de considerações e hipóteses para a elaboração de inventários de emissões podem gerar incertezas, diante da falta de informações mais completas. O autor retrata que ao contrário das fontes móveis terrestres, as fontes marítimas são mais difíceis de caracterizar devido às incertezas sobre os locais e níveis de atividade (CORBETT e KOEHLER, 2003). Seguindo as orientações apresentadas por Eurochem 2000, a incerteza é expressa como uma percentagem em relação ao intervalo de confiança de 95%.

O modelo proposto por Der Meer (2012) utilizado neste trabalho realiza o cálculo mediante um inventário simplificado onde utiliza-se o *Gross Tonnage* como fator chave para o cálculo de emissões. Inventários mais detalhados, onde encontra-se como *input* os níveis de carga do motor, durações exatas da operação e modos operacionais sujeitos a variação, possivelmente diminuiria a incerteza. Outros fatores adicionais de imprecisão no cálculo dessas emissões são:

- Foram considerados os navios apenas no momento de fundeio/hotelaria, que de acordo com Eurochem (2000), é o momento da operação onde se aumentam as incertezas;
- Adotou-se que todos os navios fundearam por 24 horas;
- A aplicabilidade de um fator universal, FE obtido da literatura, para uma determinada categoria de navios (ou seja, a incerteza aumenta para inventários que abrangem um número menor de navios);
- Considerou-se a utilização apenas do diesel marítimo da Petrobrás, não sendo consideradas as variações na qualidade do combustível (em relação ao SO₂);
- Não foram consideradas as variações dos tipos dos motores principais e auxiliares (fator que influencia nas emissões de NO_x);
- Os próprios FEs, como qualquer dado secundário obtido da literatura, apresentam algum nível de incerteza, uma vez que os dados não foram obtidos *in situ*;
- Conforme apontado por Cooper (2002) quando a embarcação encontra-se no período de "manobra" ou "no porto" há uma incerteza maior em comparação com os FE no mar, devido as operações ocorrerem com partidas de motor frio;
- Utilizando-se o *Marine Traffic*, considerou-se apenas a categoria de navios Rebocadores para o cálculo de emissões. Exclui-se as categorias passageiros, carga, cisterna, alta velocidade, iates, pesca e não especificados.

Cooper (2002) apresentou uma estimativa dos níveis de incerteza para os FEs onde, considerando o intervalo de confiança de 95%, o FE de NO_x, no momento de fundeio, apresentaria uma incerteza relativa de 30% ao valor atribuído e o FE do SO₂ apresenta uma incerteza de 20% ao valor atribuído.

6.4. MODELO DE CONCENTRAÇÃO/ DISPERSÃO

A modelagem matemática é uma ferramenta imprescindível para previsão de impacto ambiental, planejamento e monitoramento da qualidade do ar. Existem diversas classificações para os modelos de dispersão de poluentes, que se baseiam em algoritmos de cálculo para dispersão de poluentes atmosféricos e se apresentam em quatro categorias: Gaussianos, numéricos, estatísticos e físicos (SODRE, 2011). Os modelos gaussianos constituem a maioria dos modelos de poluição atmosférica e são baseados numa equação simples, que descreve um campo de concentração tri-dimensional.

Segundo Velloso (2007) são necessárias algumas suposições para a estimativa da concentração de poluentes através da equação clássica da pluma Gaussiana: considerar que as emissões dos poluentes são contínuas e não variam com o tempo; não ocorre perda de massa do poluente por mecanismos de reações químicas ou deposição no solo ou no topo da camada limite atmosférica (CLA); as condições meteorológicas não se alteram com o tempo e a distribuição gaussiana ocorre no sentido vertical e horizontal. Segundo ARYA (1999), essas suposições necessárias para os modelos de pluma Gaussiana apresentam limitações intrínsecas, associada à simulação da qualidade do ar em situações de atuação de sistemas transientes de tempo, como entrada de frentes frias, por exemplo.

Em 1991, a AMS e a EPA formalizaram o início de uma colaboração com o objetivo de introduzirem, nos modelos regulatórios de dispersão de poluentes, os avanços correntes na concepção de modelagem da CLA. O esforço de um grupo de trabalho formado por pesquisadores das duas instituições, o chamado AMS/EPA *Regulatory Model Improvement Committee* (AERMIC) são os responsáveis pela fundamentação teórica do modelo AERMOD (2004), que é uma versão comercial desenvolvida pela empresa *Lakes Environmental* de um modelo de pluma Gaussiana (SODRE, 2011).

O modelo AERMOD permite associar condições atmosféricas próximas da realidade física, sendo utilizado tanto pela comunidade acadêmica como pelas agências nacionais e internacionais de controle ambiental. O EPA (2003) divulgou o relatório onde utilizou o AERMOD em substituição ao modelo ISCST3, para fins de licenciamentos ambientais de instalações industriais.

O AERMOD é um modelo de pluma estacionária, baseado na equação da pluma Gaussiana, que assume que as concentrações em todas as distâncias durante a hora modelada são governadas pelas condições meteorológicas médias na dada hora. As informações meteorológicas necessárias consideradas neste tipo de modelagem são restritas a apenas uma estação meteorológica de superfície e uma de altitude, e isto é devido a sua concepção de homogeneidade (FLUXO METEOROLOGIA, 2014).

6.4.1. Dados de relevo

Duas informações importantes necessárias para a execução do sistema de modelagem AERMOD são as informações do relevo e de caracterização de uso e ocupação do solo da região em estudo.

A influência do relevo acidentado e compartimentado do Estado do Rio de Janeiro, que pode ser visualizada na Figura 16, é fator decisivo na definição da diversidade climática fluminense, onde as escarpas da Serra do Mar separam as superfícies montanhosas do interior, de outras mais planas a suavemente onduladas, constituindo as baixadas litorâneas.

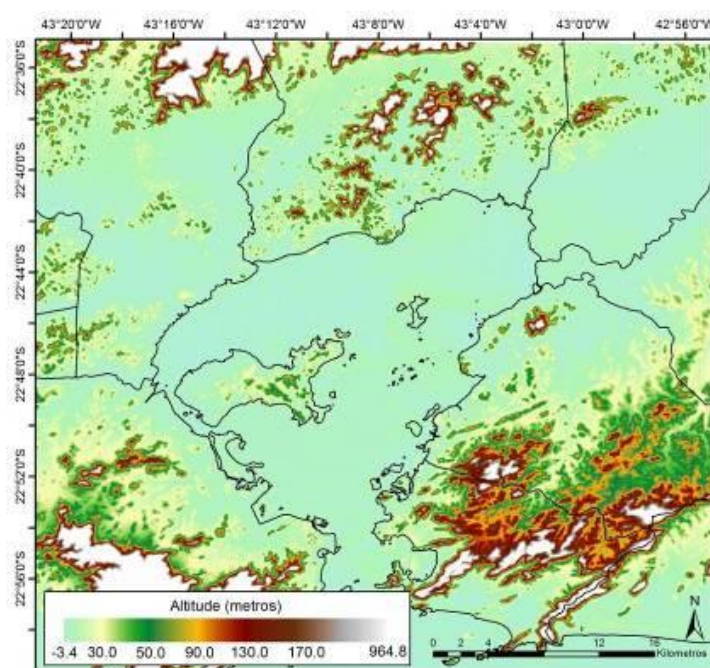


Figura 16 –Geomorfologia do entorno da Baía de Guanabara inserida no Modelo AERMOD.

Para Fluxo Meteorologia (2014), a caracterização do uso e ocupação do solo são importantes como *input* para rodar o *software* AERMOD, pois a partir desses dados é definido os parâmetros albedo, rugosidade e razão de *Bowen*, necessários para informar ao processador meteorológico AERMET. Dado o exposto, como a área objeto do estudo encontra-se na Baía de Guanabara, a classificação de uso e cobertura da região foi de água.

As informações do relevo necessárias para a inicialização do AERMAP foram obtidas do modelo digital de terreno *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) <http://srtm.usgs.gov/index.php>) com resolução horizontal de 90 metros e a grade utilizada foi de 201 x 201 pontos com espaçamento de 178,179 m no eixo x e de 178,812 no eixo y, abrangendo uma área total de 35635,80m x 35762,40m.

6.4.2. Base de dados meteorológicos

O AERMET é um processador que organiza e processa os dados meteorológicos, e estima os parâmetros da CLA necessários para o cálculo da dispersão de poluentes no modelo AERMOD (VELOSO, 2007).

Para a utilização desse processador, foram necessárias informações meteorológicas de superfície para a estimativa dos parâmetros locais, ou seja: temperatura do ar (°C), pressão atmosférica (hPa), velocidade do vento (m s^{-1}), direção do vento (graus), umidade do ar (%), radiação solar (W m^{-2}) e precipitação (mm).

Os dados meteorológicos aplicados para a região da Baía de Guanabara foram disponibilizados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (www.cptec.inpe.br) para a estação meteorológica do Aeroporto Antônio Carlos Jobim, Rio de Janeiro, com exceção dos dados de radiação solar, que foram extraídos do *website* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (www.inmet.gov.br), para a estação do Forte de Copacabana, pois o CPTEC não os disponibiliza. Os dados são apresentados para intervalos de duas horas pelo CPTEC e de três horas pelo INMET, fazendo-se necessária uma estimação de valores

através de interpolação linear para obter a variação horária desses parâmetros, requerida pelo AERMET.

Uma vez baixados os dados no formato do *Microsoft Excel*, estes foram organizados para serem inseridos no programa WRPLOT VIEW da *Lakes Environmental*. O programa WRPLOT VIEW é disponibilizado gratuitamente na página <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>. Esse programa trabalha com a gestão de dados de estações meteorológicas, tornando possível a construção da Rosa dos Ventos, que são elaboradas com o objetivo de apresentar os padrões de direção e velocidade dos ventos em determinada região. O WRPLOT VIEW foi utilizado para construir gráficos e mostrar o comportamento dos ventos na Baía de Guanabara.

6.5. COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DA CONCENTRAÇÃO DO INEA

Após se realizar as simulações de dispersão de poluentes emitidos pelos navios fundeados na Baía de Guanabara, foi acessado o *website* do INEA (www.inea.rj.gov.br) e analisado os resultados de monitoramento da qualidade do ar da RMRJ para os dias estudados. Cabe ressaltar que, conforme explicado anteriormente, o INEA utiliza para efeito de divulgação, o índice mais elevado (pior concentração horária) dos poluentes medidos em cada estação, isto é, a qualidade do ar em uma estação é determinada diariamente pelo pior caso entre os poluentes (INEA, 2009).

Abaixo é apresentada a Figura 19 com as estações do INEA, que foram escolhidas para se comparar com a modelagem. Cabe ressaltar que, em diversos dias amostrados, o INEA não disponibilizou os resultados do monitoramento o que inviabilizou a comparação.

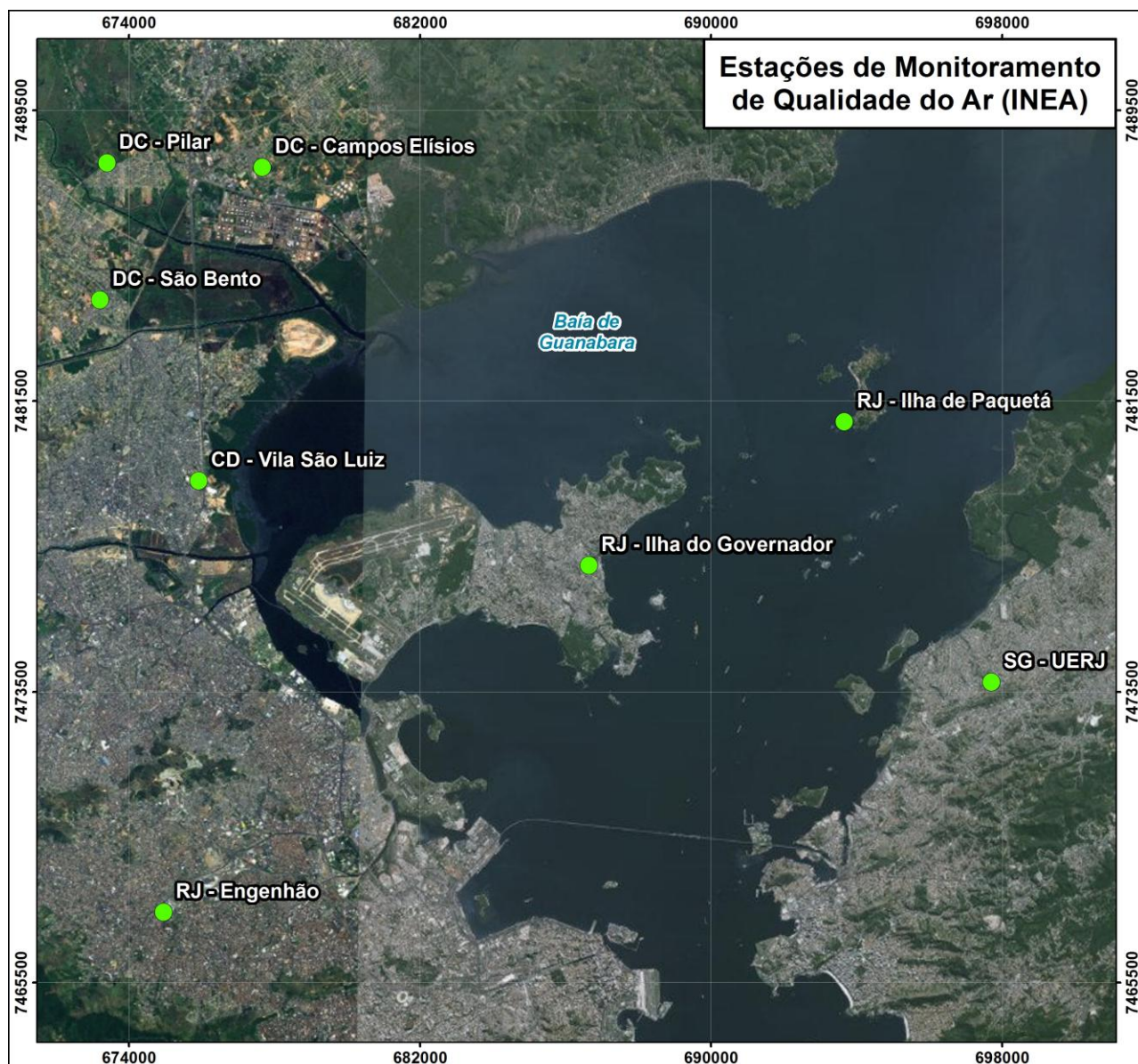


Figura 17– Estações do Instituto Estadual do Ambiente que realizam o monitoramento na RMRJ e foram escolhidas para a comparação dos resultados

Cada dia analisado, é apresentado um quadro síntese com os valores obtidos pelo modelo, os valores monitorados pelo INEA e o percentual do IQA, que é advindo dos navios *offshores* fundeados na Baía de Guanabara.

7. RESULTADOS

A contagem de navios utilizando o *Marine Traffic* teve início em 02/11/2013 e finalizou em 21/07/2014. A Tabela com os dados dos navios e as emissões em g/s pode ser visualizada no Anexo 1.

Os resultados de emissão dos poluentes foram comparados com os padrões primários estabelecidos pela CONAMA 03/90, isto é, a média diária do SO₂ e a horária para o NO_x. Em um segundo momento foram comparados os valores do modelo com os dados de monitoramento do INEA, sendo necessário também analisar os piores valores do SO₂ por hora.

Para esse trabalho não foram estudadas as concentrações médias anuais, apenas os cenários de curto período.

7.1. CENÁRIOS DE DISPERSÃO

Nenhum dos cenários rodados das emissões dos navios apresentaram violação ao estabelecido pelo CONAMA 03/90, que é de 365 µg m⁻³ para a média de 24 horas para o SO₂ e de concentração média de 1 (uma) hora de 320 µg m⁻³ para o NO_x.

7.1.1. Primavera – Dia 02/11/2013

Para o primeiro dia de análise, 02 de novembro de 2013, foram contabilizados 39 navios *offshore* fundeados. Utilizando o *software* WPRLOT verifica-se, na figura abaixo, que os ventos sopraram predominantemente de leste e sudeste, com uma frequência aproximada de 68%. A velocidade dos ventos apresentou maior frequência na faixa entre 11 e 17 nós, também no sentido predominante de leste e sudeste.

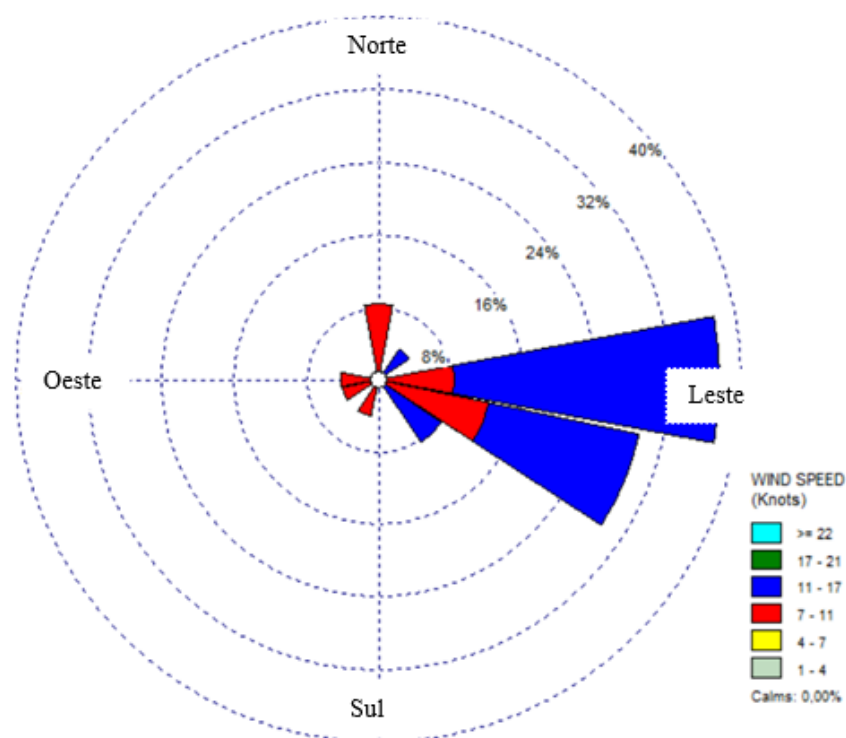


Figura 18 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 02/11/2013.

Em acesso ao *website* do CPTEC/INPE foi possível a aquisição da carta sinótica de superfície das 00Z, onde foi possível identificar que a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) com valor de 1028 hPa encontrava-se posicionada em torno de 39°S/38°W e com sua circulação atuando pelo leste do Brasil, conforme Figura 19.

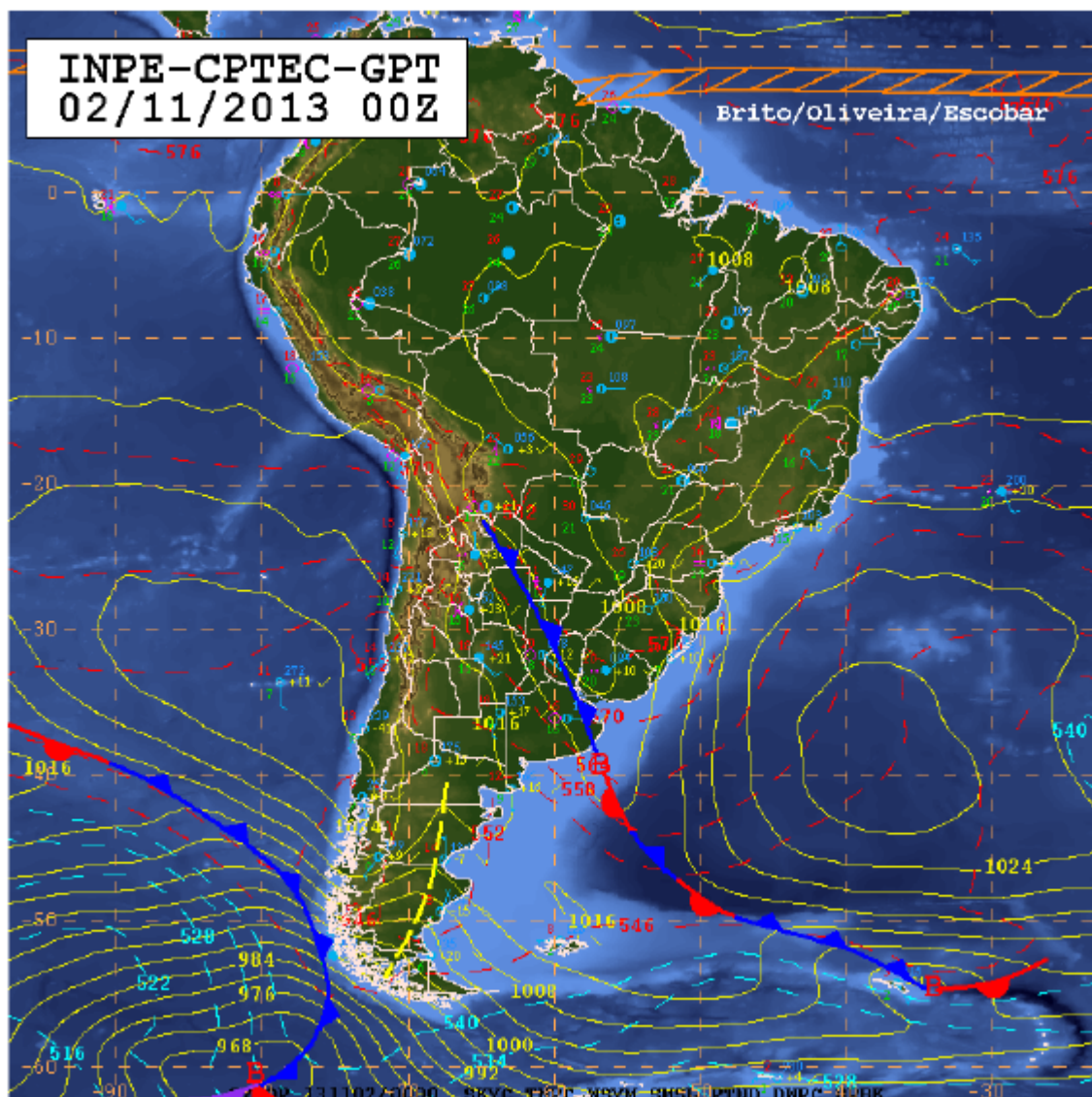


Figura 19 – Carta sinótica de superfície das 00Z para 02/11/13. Fonte: CPTEC

As Figura 20 e Figura 21 apresentam o cenário de dispersão dos poluentes emitidos pelos navios fundeados no Porto do Rio de Janeiro. Para que seja viável a comparação com os limites legais estabelecidos pelo CONAMA 03/90, se identificou onde houve as maiores concentrações horárias de NO_x e diárias de SO_2 , conforme estabelecido pelos padrões primários de qualidade do ar. Após a análise dos resultados, foi possível se verificar que os maiores valores ocorreram na região próxima à área de fundeio na Baía de Guanabara com valores máximos de $24,46 \mu\text{g m}^{-3}$ e $3,83 \mu\text{g m}^{-3}$, respectivamente, não ultrapassando os valores máximos estabelecidos pelo CONAMA, conforme pode ser visualizado no quadro abaixo.

Quadro 9– Valores máximos das emissões dos navios em 02/11/13 e a comparação com os padrões primários da Resolução CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA 03/90
NO _x (horário)	24,46 µg m ⁻³	320 µg m ⁻³
SO ₂ (diário)	3,83 µg m ⁻³	365 µg m ⁻³

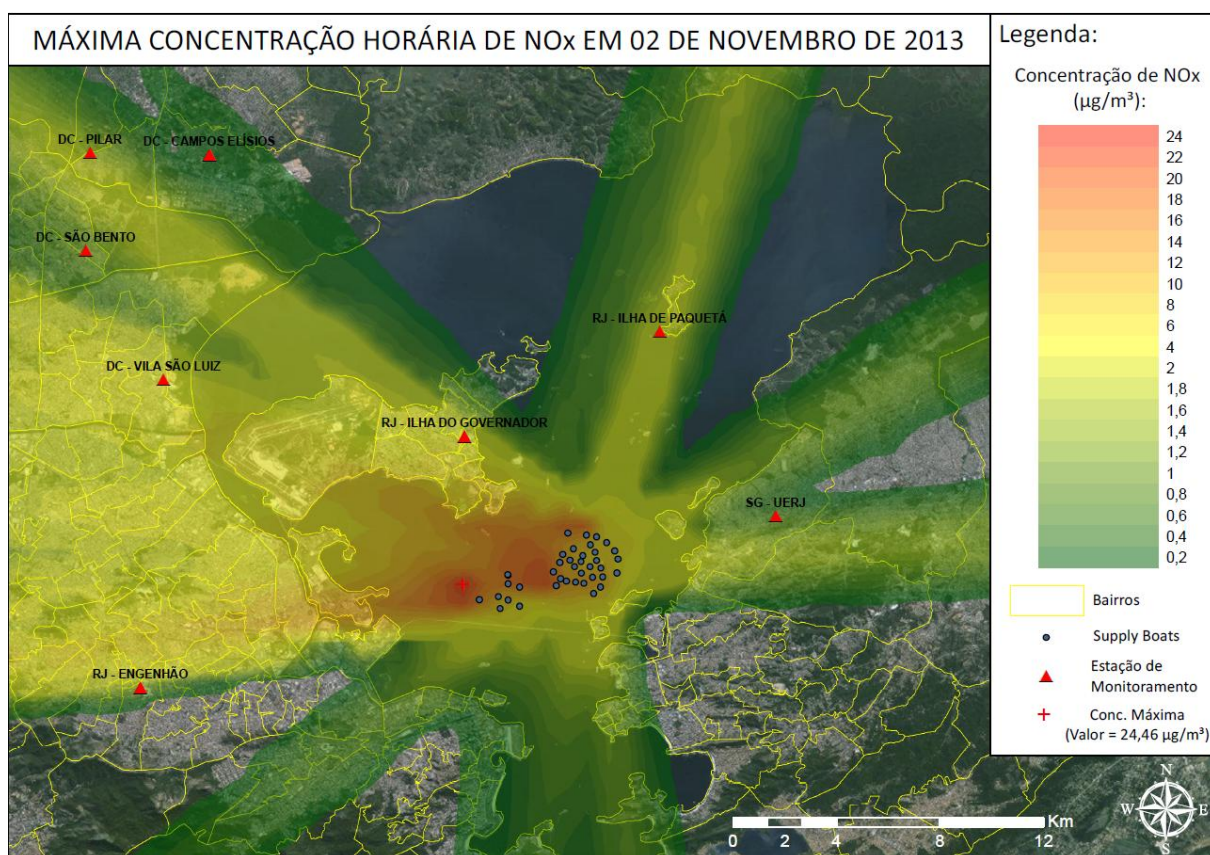


Figura 20 – Máxima concentração horária de NO_x em 02/11/2013. Os triângulos em vermelho representam as estações de monitoramento do INEA.

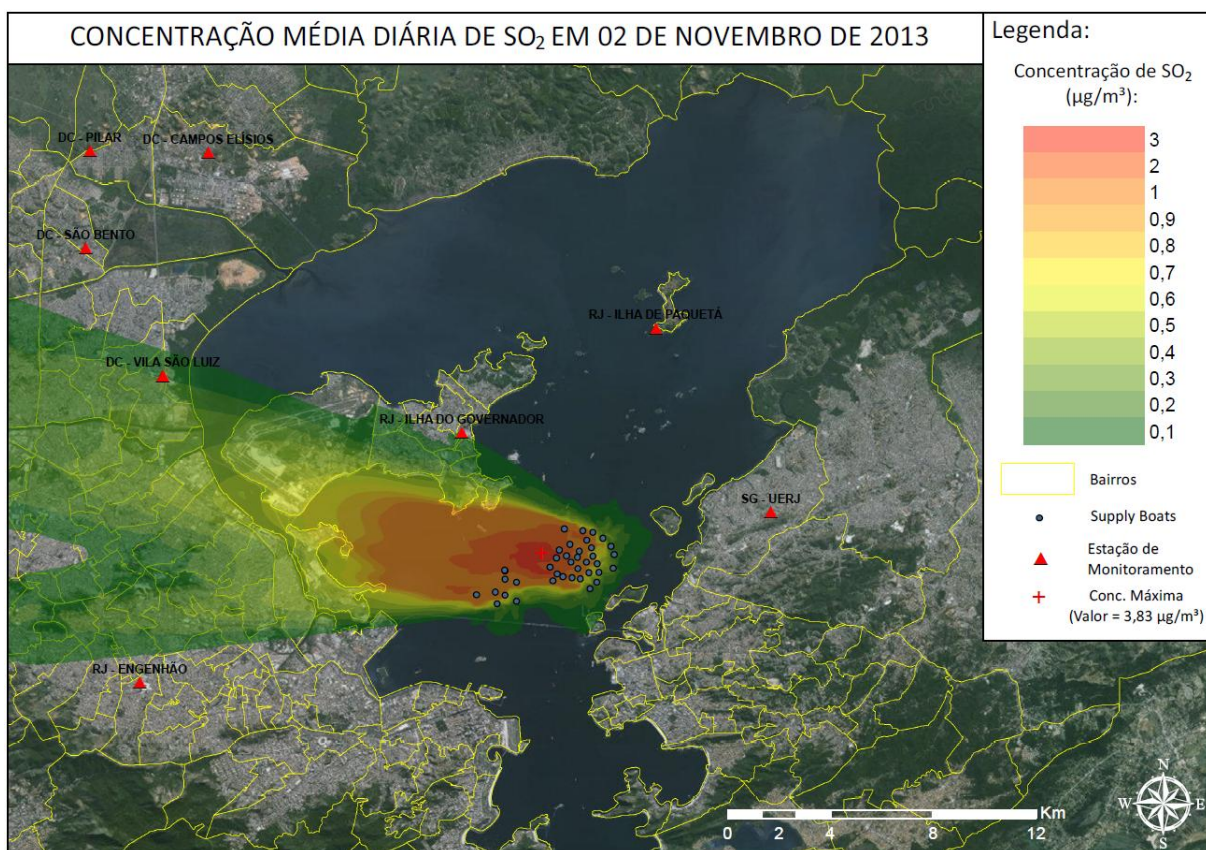


Figura 21 – Concentração média diária de SO₂ em 02/11/2013

7.1.1.1. Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA

Para o dia 02/11/2013, o pico das concentrações emitidas pelos navios ocorreu na região da Baía de Guanabara e foram apresentados no Quadro 9.

Foram comparados os valores obtidos do modelo, para ambos os poluentes, com os fornecidos pelo monitoramento do INEA na estação Automática da Ilha do Governador, Ilha de Paquetá, DC - Campos Elísios, DC - São Bento, e apenas para os NO_x para as estações de SG – UERJ e RJ – Engenheiro, pois os dados para os SO₂ não foram disponibilizados pelo INEA.

A Figura 22 apresenta a máxima concentração horária do poluente SO₂, para a comparação com os valores apresentados pelo INEA. A Figura 22 apresenta a máxima concentração horária de dióxido de enxofre, que foi de 8,86 µg m⁻³ na área próxima ao fundo de navios, na Baía de Guanabara.

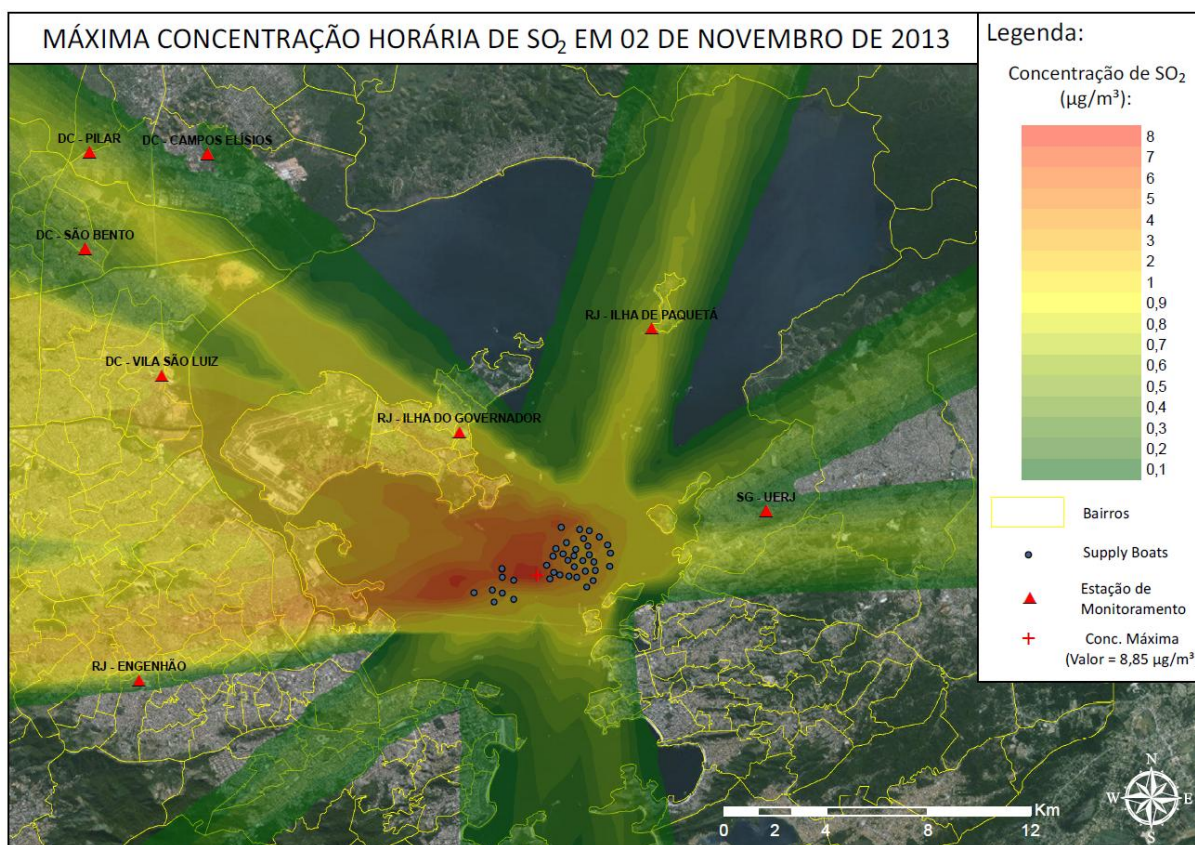


Figura 22 – Máxima concentração horária de SO₂ em 02/11/2013

O Quadro 10 apresenta a síntese dos resultados para o dia amostrado, onde foi possível se identificar que o maior aporte de NO_x advindos dos navios offshore fundeados na Baía de Guanabara ocorreu na Ilha de Paquetá, apresentando um percentual de, aproximadamente, 48% no IQA. Para o SO₂, o maior valor advindo das embarcações ocorreu na CD-São Luiz, com um total aproximado de 75%. Em laranja estão identificados os piores cenários.

O IQA de todas as estações foi classificado como Boa, não violando assim o estabelecido pelo CONAMA 03/90. A média diária das emissões dos navios PSV's fundeados com base nas 08 estações monitoradas, foi de 13,7% para o NO_x e de 29,3% para o SO₂.

Quadro 10 - Comparação dos valores de monitoramento do INEA com os valores obtidos pelo modelo para as estações no dia 02/11/2013..

Nome	Resultado	NO _x	SO ₂
RJ - Ilha do Governador	Simulação	4,4	1,7
	Monitoramento	27	3
	%	16,24	56,50

RJ - Ilha de Paquetá	Simulação	2,4	0,9
	Monitoramento	5	6
	%	47,91	15,46
SG - UERJ	Simulação	0,6	0,2
	Monitoramento	19	1
	%	3,27	21,52
DC - Campos Elísios	Simulação	0,3	0,1
	Monitoramento	16	5
	%	1,70	2,06
DC - Pilar	Simulação	1,9	0,7
	Monitoramento	26	3
	%	7,23	24,18
DC - São Bento	Simulação	1,1	0,4
	Monitoramento	11	1
	%	10,22	43,16
CD - Vila São Luiz	Simulação	5,2	1,5
	Monitoramento	27	2
	%	19,10	75
RJ - Engenheiro	Simulação	1,0	0,3
	Monitoramento	25	-
	%	4,08	

Após a análise dos resultados foi possível estimar que na estação de Ilha de Paquetá, aproximadamente 48% da poluição de NO_x foram advindas dos navios *offshore* fundeados. A região é predominantemente residencial, não sendo permitida a circulação de veículos automotores pelos moradores e visitantes, sendo utilizado como meio de transporte as charretes, bicicletas, bondinho, barcos e canoas. As ruas não são asfaltadas e não existem indústrias na região. A forma de se chegar à Ilha é por meio de barcas, que possivelmente também contribuem significativamente para a poluição dos NO_x.

A Ilha do Governador apresentou um percentual de 24% de NO_x advinda dos navios do tipo PSV's fundeados. Como no bairro existe o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro que apresenta uma intensa movimentação diária de vôos e a Linha Vermelha que é uma das principais vias expressas de acesso ao Rio de Janeiro, o aporte de NO_x na região também é fortemente advinda de outras fontes móveis. O alto percentual de SO₂, 56,50%, pode ser explicado pela proximidade da região Administrativa com a área de fundeio dos navios.

7.1.2. Primavera – Dia 06/12/2013

Para o dia 06 de dezembro de 2013 foram contabilizados 43 navios *offshore* fundeados. A Figura 23 apresenta a rosa dos ventos onde se pode observar as direções diárias e as frequências dos ventos ocorreram predominantemente no sentido sudeste, sul e leste. A maior velocidade dos ventos foi representada na faixa entre 17 e 21 nós, no sentido sul, e as maiores frequências foram de ventos entre 7 e 11 nós, sentido sudeste.

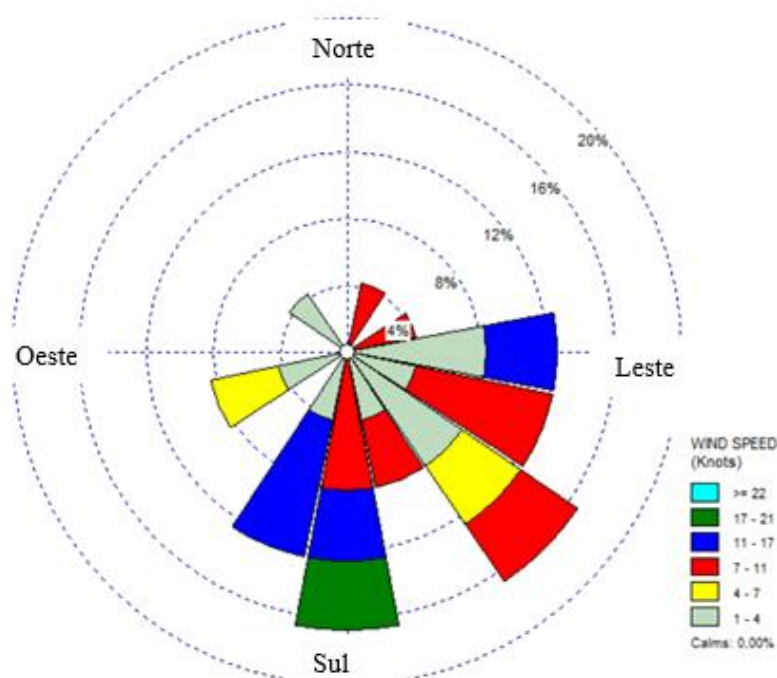


Figura 23 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 06/12/2013.

Na análise da carta sinótica de superfície da 00Z é possível a identificação da presença de uma frente fria entre o leste de SC e Atlântico até o ciclone de 980 hPa em oclusão em torno de 47°S/38°W (CPTEC, 2015), enquanto o anticiclone migratório pós-frontal tem valor de 1012 hPa e está centrado em torno de 38°S/60°W. Foi identificada uma ampla área de baixa pressão atuante a oeste da Região Sul do Brasil, entre o sul da Bolívia, Paraguai, norte da Argentina, que pode ser visualizado na Figura 24.

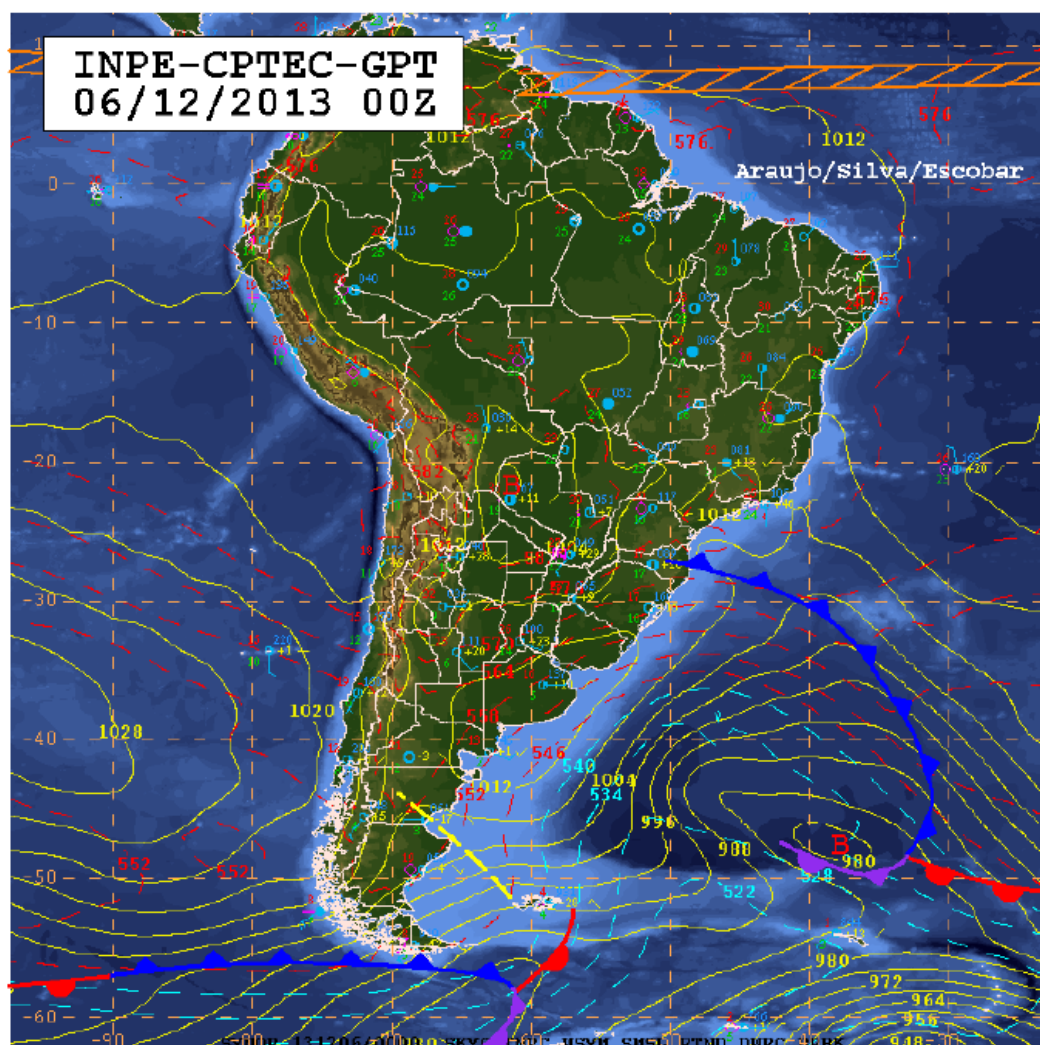


Figura 24 - — Carta sinótica de superfície das 00Z para 06/12/13. Fonte: CPTEC

As Figura 25 e Figura 26 apresentam o cenário de dispersão dos poluentes produzidos pelo *Software* AERMOD. Diferentemente do cenário de 02/11, as maiores concentrações de NO_x (Figura 25), que atingiram uma máxima de 80,16 µg m⁻³, não foram evidenciadas na região próxima à área de fundeio, e sim na região administrativa da Ilha do Governador. Em relação ao SO₂, os maiores valores da média diária foram de 4,51 µg m⁻³ (Figura 26) próximo à área de fundeio. O Quadro 11 apresenta os valores máximos do dia.

Quadro 11– Valores máximos das emissões dos navios em 06/12/13 e a comparação com os padrões primários da Resolução do CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA
NO _x (horário)	80,16 µg m ⁻³	320 µg m ⁻³

SO ₂ (diário)	4,51 µg m ⁻³	365 µg m ⁻³
--------------------------	-------------------------	------------------------

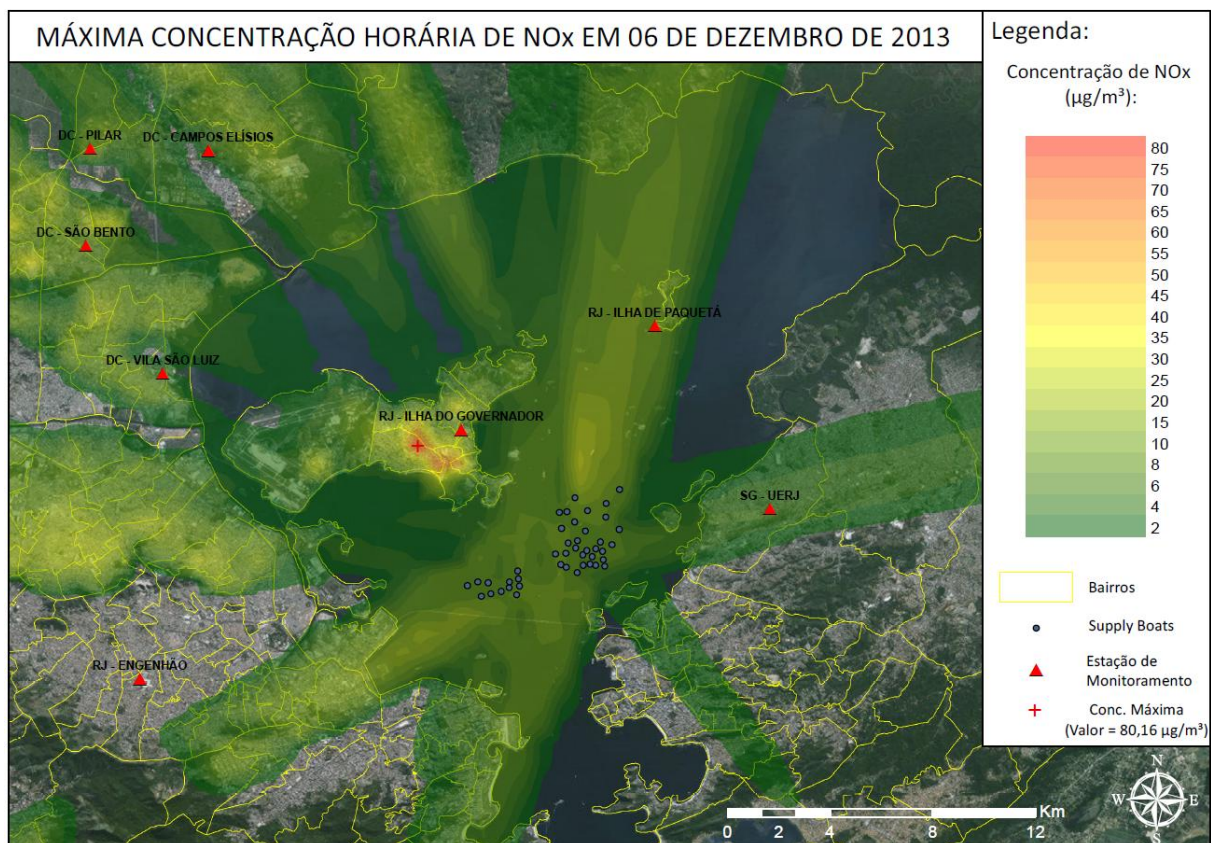


Figura 25 – Máxima concentração horária de NO_x em 06/12/2013

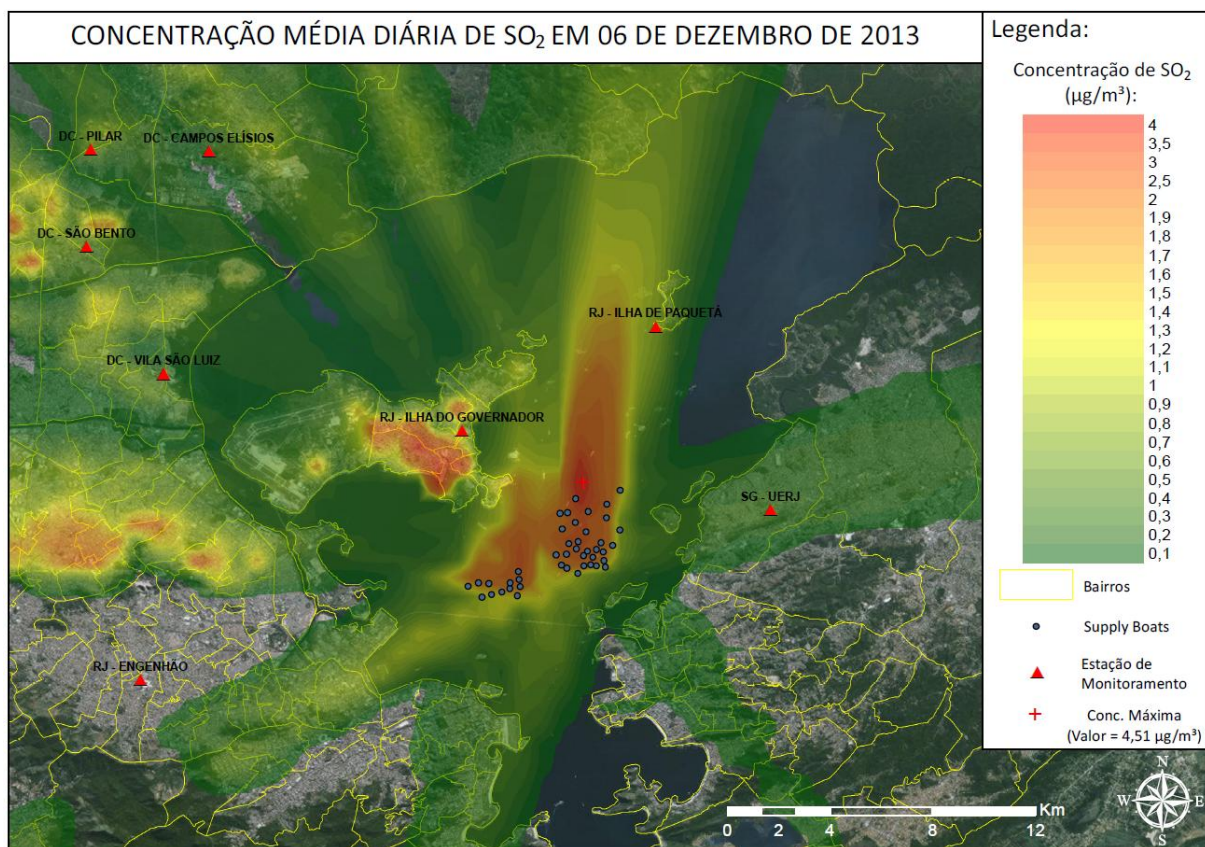


Figura 26 – Concentração média diária de SO₂ em 06/12/2013

7.1.2.1. Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA

Para o dia 06/12/2013, em acesso ao *website* do INEA pode ser verificado que a única estação que o órgão disponibilizou os resultados de monitoramento foi da Estação da Lagoa, localizada na Avenida Borges de Medeiros e para o poluente O₃, o que inviabilizou a comparação dos resultados.

Mesmo sem os dados do monitoramento, a Figura 27 apresenta o pior cenário horário da concentração do poluente SO₂, onde verifica-se uma concentração de 80,16 µg m⁻³ na região administrativa da Ilha do Governador.

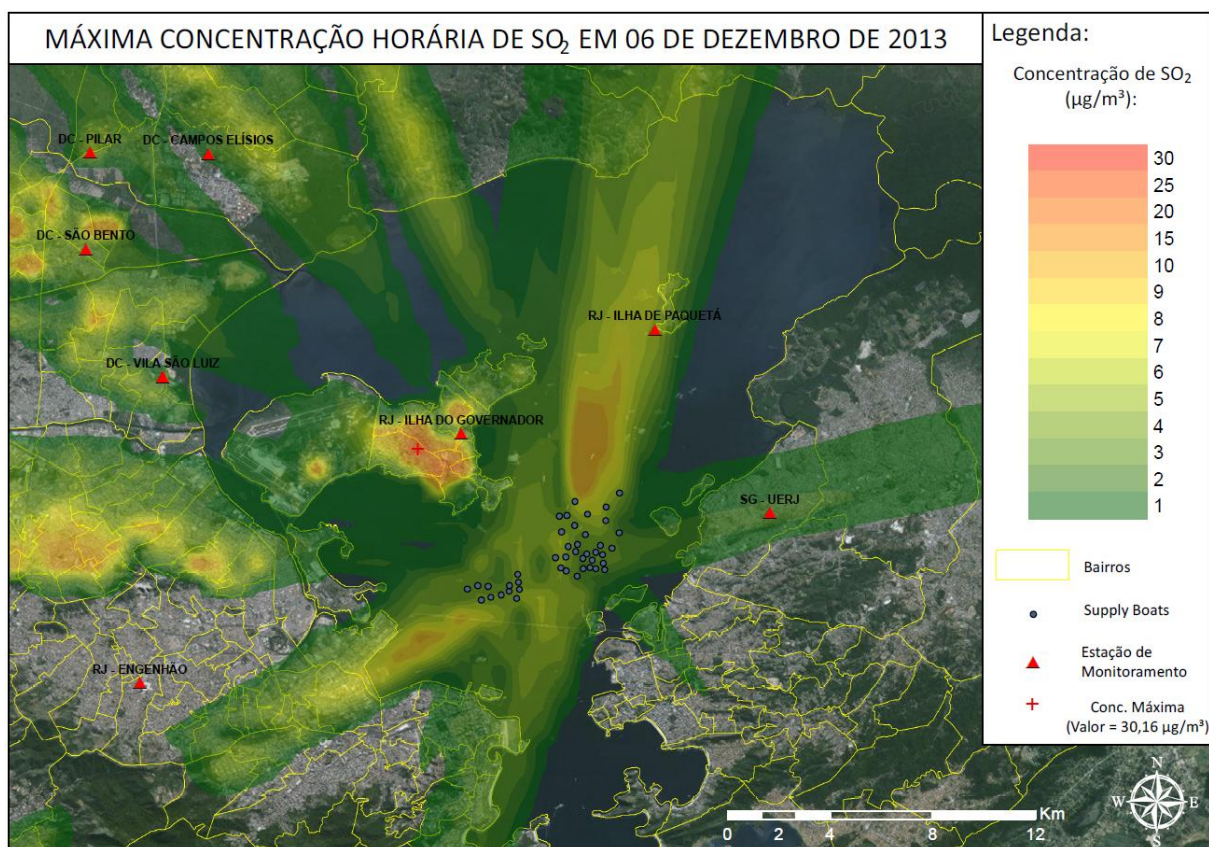


Figura 27 – Máxima concentração horária de SO₂ em 06/12/2013

O Quadro 12 apresenta apenas os resultados obtidos pelo modelo, para a máxima concentração horária, na área onde estão instaladas as estações do INEA. A comparação com o IQA e a identificação do aporte advindo dos navios PSV's fundeados não pôde ser realizada.

Quadro 12 – Apresentação dos valores obtidos pelo modelo para o dia 06/12/13.

Nome	Latitude	Longitude	Resultado	NO _x	SO ₂
RJ - Ilha do Governador	-22,804417	-43,181558	Simulação	1,4	5,8
			Monitoramento	-	-
			%		
RJ - Ilha de Paquetá	-22,767933	-43,113653	Simulação	16,4	6,6
			Monitoramento	-	-
			%		
SG - UERJ	-22,832162	-43,073370	Simulação	6,3	2,4
			Monitoramento	-	-
			%		
DC - Campos Elísios	-22,706479	-43,270335	Simulação	3,7	1,6
			Monitoramento	-	-
			%		

DC - Pilar	-22,705824	-43,311861	Simulação	7,4	5,0
			Monitoramento	-	-
			%		
DC - São Bento	-22,739845	-43,313349	Simulação	8,5	4,3
			Monitoramento	-	-
			%		
CD - Vila São Luiz	-22,784550	-43,286388	Simulação	3,4	2,0
			Monitoramento	-	-
			%		
RJ - Engenhão	-22,891816	-43,294420	Simulação	0,6	0,6
			Monitoramento	-	-
			%		

7.1.3. Verão – Dia 31/12/2013

Para o dia 31 de dezembro de 2013, a rosa dos ventos apresentada na Figura 28 demonstra que o comportamento médio dos ventos no sentido noroeste (24%), sudoeste (12%) e sudeste (12%). Em termos de velocidade do vento para o dia analisado, verifica-se uma predominância de velocidade entre 7 e 11 nós. Foram contabilizados 37 navios “*Supplyboats*” fundeados na região do Porto Organizado.

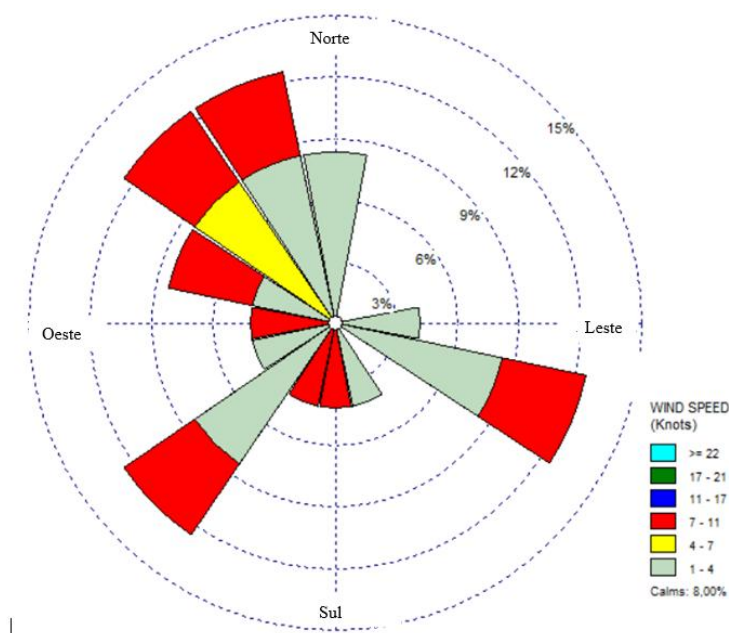


Figura 28 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 31/12/2013.

Na análise da carta sinótica de superfície das 00Z do dia 31/12, apresentada

na figura abaixo, observa-se um sistema frontal se estendendo sobre o norte da Província de Buenos Aires, na Argentina, e o sul do Uruguai. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) oscila em torno de 04°N/09°N no Pacífico e entre 03°N/05°N no Atlântico.

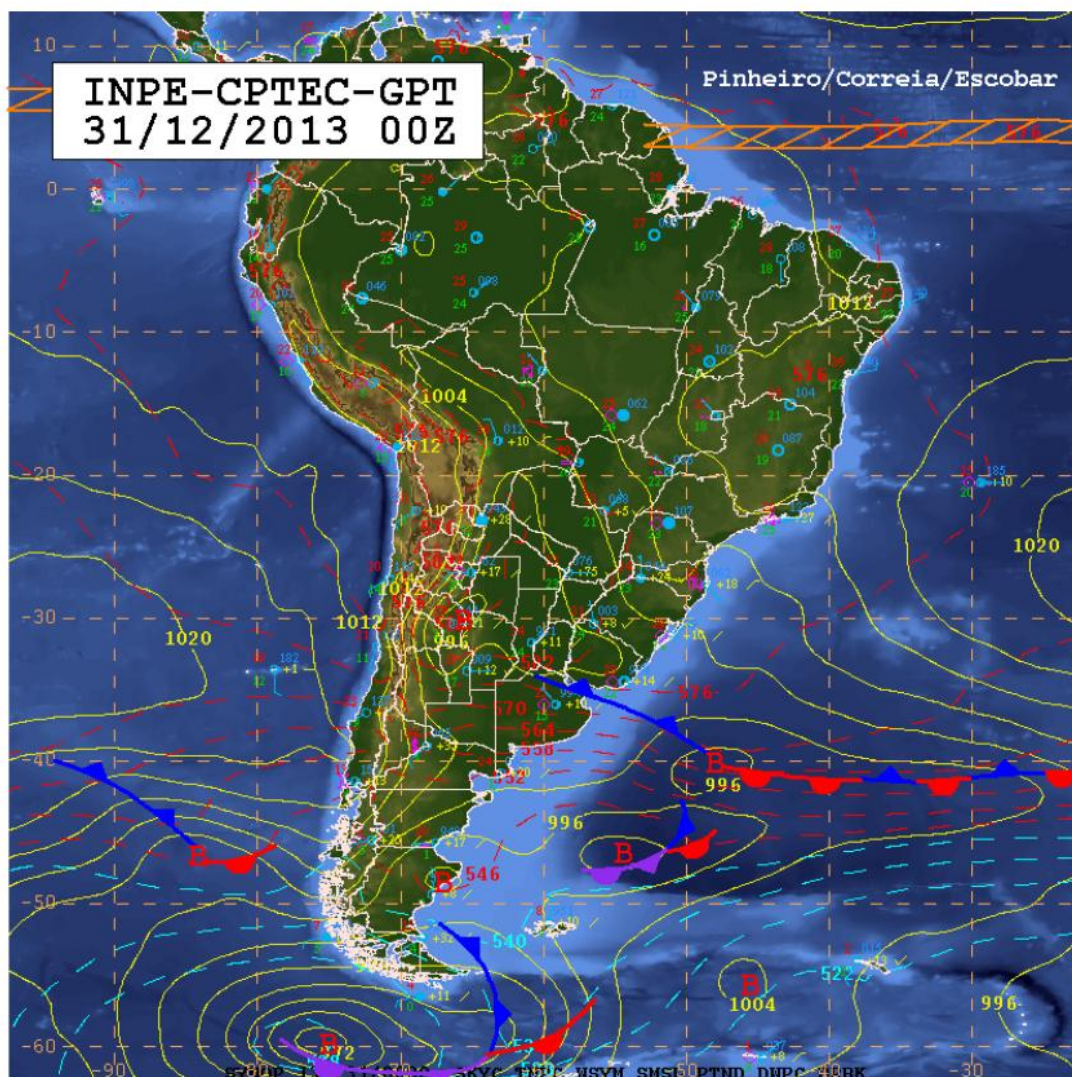


Figura 29 - — Carta sinótica de superfície das 00Z para 31/12/13. Fonte: CPTEC

Em 31 de dezembro de 2013 houve forte concentração de poluentes na região da área de fundeio, mas também foram identificados diferentes eixos com grandes concentrações de poluentes. Foi verificado que a direção da pluma sofreu um deslocamento do eixo para São Gonçalo/ Niterói, Ilha do Governador, Engenho de Dentro, e a Ilha de Paquetá. As maiores concentrações horárias de NO_x alcançaram o valor de $135,09 \mu\text{g m}^{-3}$ (Figura 35) e a média diária de SO_2 , foi de

2,43 $\mu\text{g m}^{-3}$ (Figura 36).

Quadro 13– Valores máximos das emissões dos navios em 31/12/13 e a comparação com os padrões primários da Resolução do CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA
NO _x (horário)	135,09 $\mu\text{g m}^{-3}$	320 $\mu\text{g m}^{-3}$
SO ₂ (diário)	2,43 $\mu\text{g m}^{-3}$	365 $\mu\text{g m}^{-3}$



Figura 30 – Máxima concentração horária de NO_x em 31/12/2013



Figura 31 – Concentração média diária de SO₂ em 31/12/2013

7.1.3.1. Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA

Para se analisar as piores concentrações dos SO₂ e comparar com os valores de monitoramento, foi elaborada a Figura 32 apresentada abaixo, com a máxima concentração horária do poluente, que atingiu o valor de 51,80 µg m⁻³.

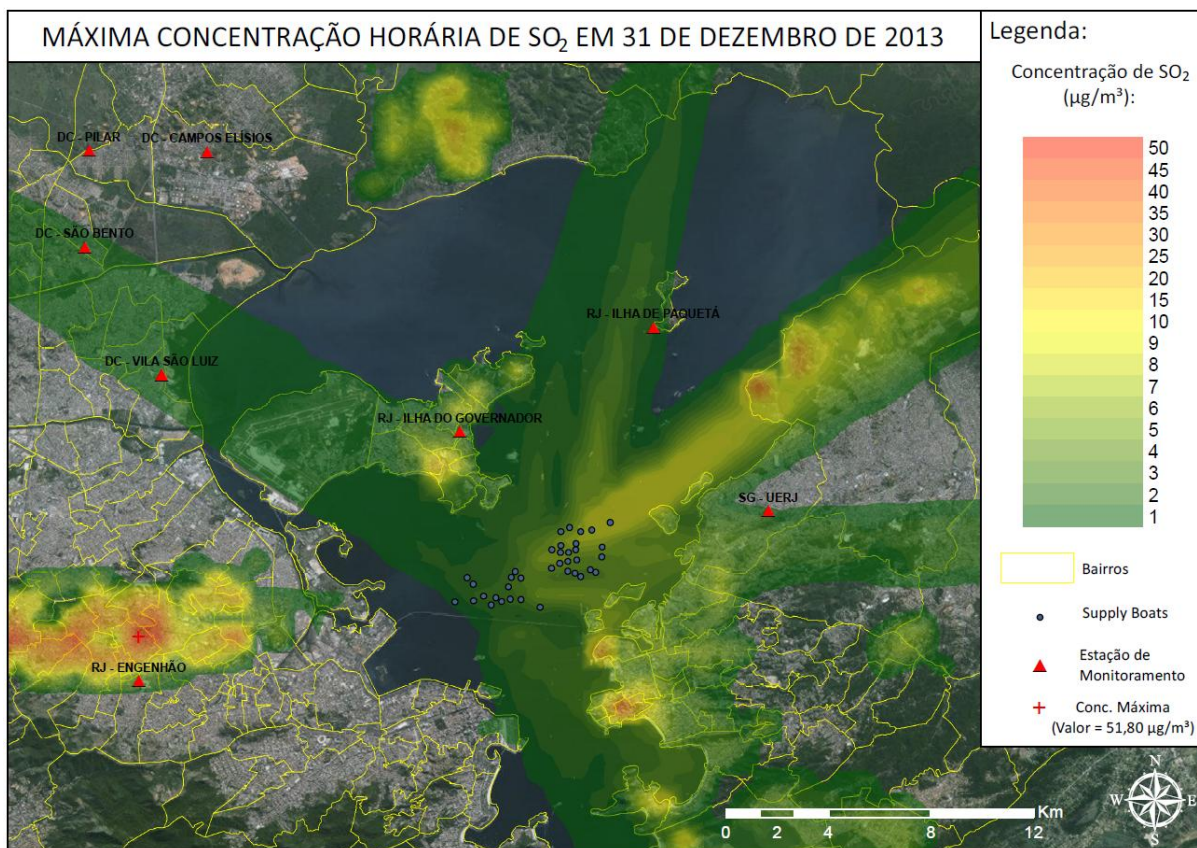


Figura 32 – Máxima concentração horária de SO₂ em 31/12/2013

A concentração máxima horária na estação do INEA na Ilha do Governador foi de 36 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o NO_x e de 7 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o SO₂. O cenário de dispersão dos poluentes emitidos pelos navios fundeados para a região identificou valores de 2 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o NO_x, referente à aproximadamente 5,44 % dos valores do INEA, e de 0,8 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o SO₂, referente à 10,74%.

Na região administrativa da Ilha de Paquetá, o resultado do monitoramento do INEA apresentou uma máxima concentração de 21 $\mu\text{g m}^{-3}$ de NO_x e de 9 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o SO₂. Em relação às emissões dos navios, foram obtidos um valor de 4,6 $\mu\text{g m}^{-3}$ para os NO_x e de 1,8 $\mu\text{g m}^{-3}$ para os SO₂, referente a aproximadamente, 21,84% e 19,54%.

A estação instalada em DC Campos Elísios, apresentou a máxima concentração horária de monitoramento para o NO_x 55 $\mu\text{g m}^{-3}$ e 4 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o SO₂. Como os valores obtidos pelo modelo na região apresentaram os valores de 0,2 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o NO_x e 0,1 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o SO₂, tem-se um aporte médio de 0,44% e de

2,30% no IQA da região.

As estações instaladas em Duque de Caxias apresentaram uma concentração de $19 \mu\text{g m}^{-3}$ de NO_x em DC São Bento e $48 \mu\text{g m}^{-3}$ de NO_x em DC – Vila São Luiz. As emissões dos navios foram calculadas em $2,9 \mu\text{g m}^{-3}$ para a primeira estação e $3,2 \mu\text{g m}^{-3}$ para a segunda, tendo um aporte médio de 15% e 6,6% respectivamente. Os valores de SO_2 não foram comparados, pois não foram identificados picos nesse bairro.

O Quadro 14 apresenta os resultados e comparações entre as concentrações máximas nas estações de monitoramento do INEA com os valores obtidos pelo modelo.

Quadro 14 - Comparação dos valores de monitoramento do INEA com os valores obtidos pelo modelo em 31/12/13.

Nome	Resultado	NO_x	SO_2
RJ - Ilha do Governador	Simulação	2,0	0,8
	Monitoramento	36	7
	%	5,44	10,74
RJ - Ilha de Paquetá	Simulação	4,6	1,8
	Monitoramento	21	9
	%	21,84	19,54
SG - UERJ	Simulação	3,9	1,5
	Monitoramento	-	-
	%		
DC - Campos Elísios	Simulação	0,2	0,1
	Monitoramento	55	4
	%	0,44	2,30
DC - Pilar	Simulação	0,9	0,3
	Monitoramento	30	-
	%	2,87	
DC - São Bento	Simulação	3,0	1,1
	Monitoramento	19	1
	%	15,78	114,94
CD - Vila São Luiz	Simulação	3,5	0,8
	Monitoramento	48	1
	%	7,24	80,0
RJ - Engenheiro	Simulação	6,6	2,5
	Monitoramento	-	-
	%		

Em DC- Pilar o Instituto disponibilizou apenas o valor de monitoramento dos NO_x que apresentou como pior concentração horária $30 \mu\text{g m}^{-3}$. Cabe destacar que, mesmo não sendo objeto desse trabalho, o Material Particulado apresentou uma concentração de $103 \mu\text{g m}^{-3}$ e o Ozônio Troposférico $46 \mu\text{g m}^{-3}$, a qualidade do ar foi dada como inadequada às 18 horas. Como os valores do modelo na estação chegaram apenas ao valor de $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$, tem-se um aporte médio de 2,87% no IQA.

Na Estação localizada em DC-São Bento foi identificada uma incoerência entre os valores de monitoramento de SO_2 pelo INEA, que chegou a concentração de $1 \mu\text{g m}^{-3}$, valor esse inferior ao obtido pelo modelo, que foi de $1,1 \mu\text{g m}^{-3}$. A incoerência não ocorreu para os NO_x , onde se identificou um aporte de 15,78% advindos dos navios no IQA da região.

Em CD- Vila São Luiz, os aportes médios advindos do fundeio de embarcações offshore foram de 7,25% nos NO_x , e para o SO_2 o INEA disponibilizou o valor de $1,0 \mu\text{g m}^{-3}$, enquanto os valores obtidos pelo modelo foram de $0,8 \mu\text{g m}^{-3}$.

Os dados também não estavam disponíveis para a estação RJ- Engenhão.

A representação do aporte das emissões dos navios PSV's fundeados no IQA da RMRJ, com base nas 08 estações monitoradas, pode ser apresentada com a média de 8,95% para o NO_x e de 45,50% para o SO_2 .

7.1.4. Verão – Dia 17/01/2014

No segundo dia de análise na estação do verão foram contabilizados 29 navios *offshore* fundeados. A rosa dos ventos gerada e apresentada na Figura 32 mostra que o comportamento médio da direção dos ventos no sentido nordeste, com aproximadamente 65% da frequência. Em relação à velocidade do vento, foi verificada uma variação 7 e 11 nós, seguida de ventos entre 4 e 7 nós.

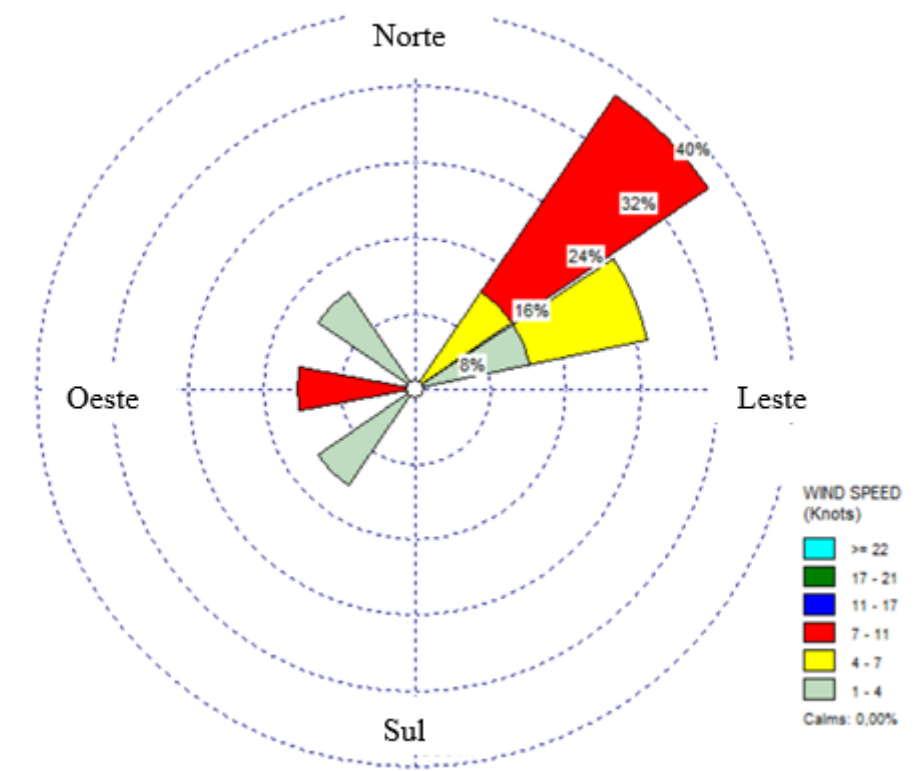


Figura 33 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 17/01/2014.

Na Figura 34 é possível observar a análise da carta sinótica de superfície das 00Z para o dia 17/01/15, obtida pelo website do CPTEC/INPE, é possível identificar que a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), tem a sua circulação atuante pela faixa leste do Brasil. Não são identificados sistemas frontais no Brasil, os mesmos se situam desde o Pacífico entre 30°S e 45°S, passando sobre o sul do Chile, Patagônia Argentina e Atlântico.

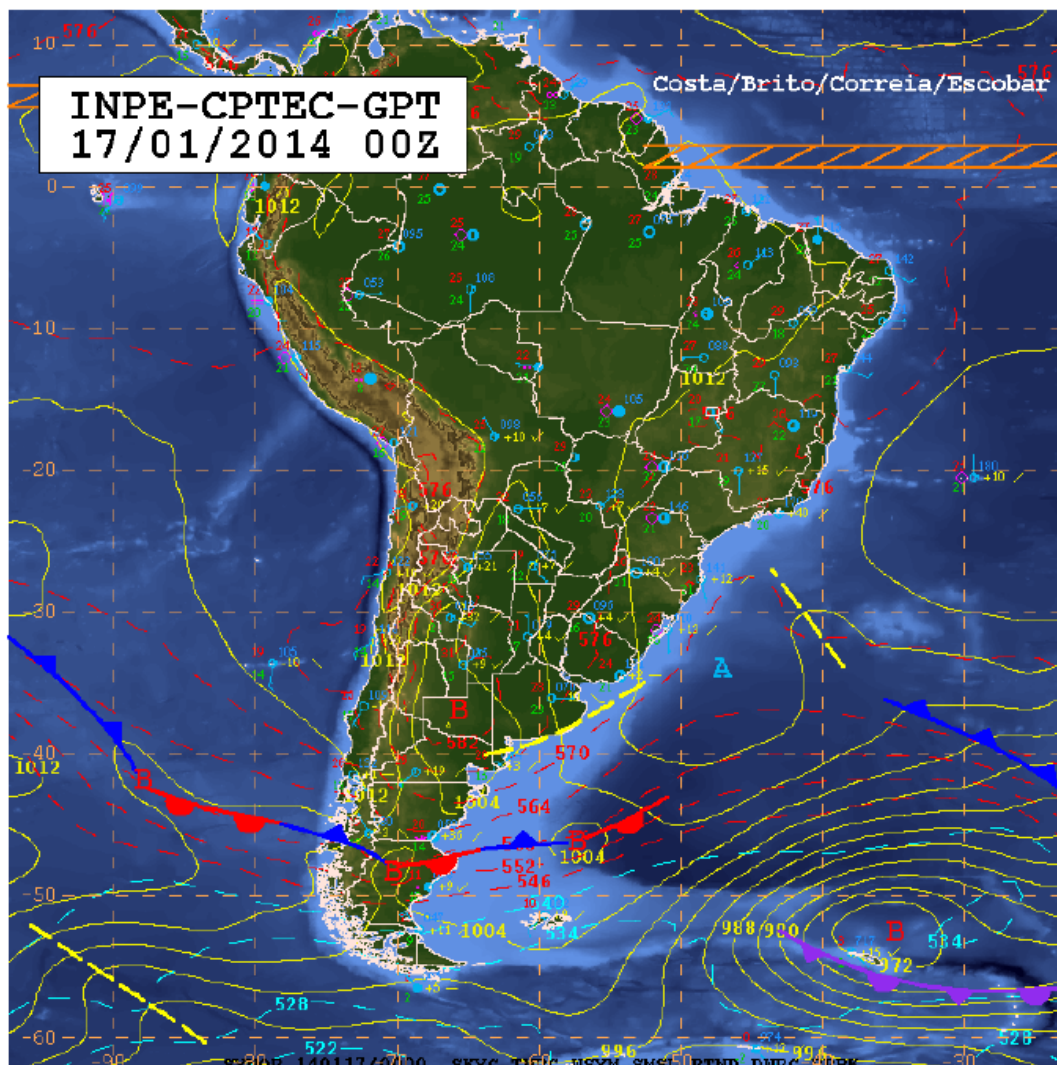


Figura 34 - — Carta sinótica de superfície das 00Z para 17/01/14. Fonte: CPTEC

Em relação à concentração dos poluentes, os valores máximos obtidos pelo modelo foram de $25,48 \mu\text{g m}^{-3}$ para o NO_x (horária) e de $2,59 \mu\text{g m}^{-3}$ para o SO_2 , média diária, na própria Baía de Guanabara. O quadro 15 apresenta a comparação desses valores com a Resolução do CONAMA e as Figura 35 e Figura 36 as máximas obtidas.

Quadro 15– Valores máximos das emissões dos navios em 17/01/14 e a comparação com os padrões primários da Resolução do CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA
NO_x (horário)	$25,48 \mu\text{g m}^{-3}$	$320 \mu\text{g m}^{-3}$

SO ₂ (diário)	2,59 µg m ⁻³	365 µg m ⁻³
--------------------------	-------------------------	------------------------

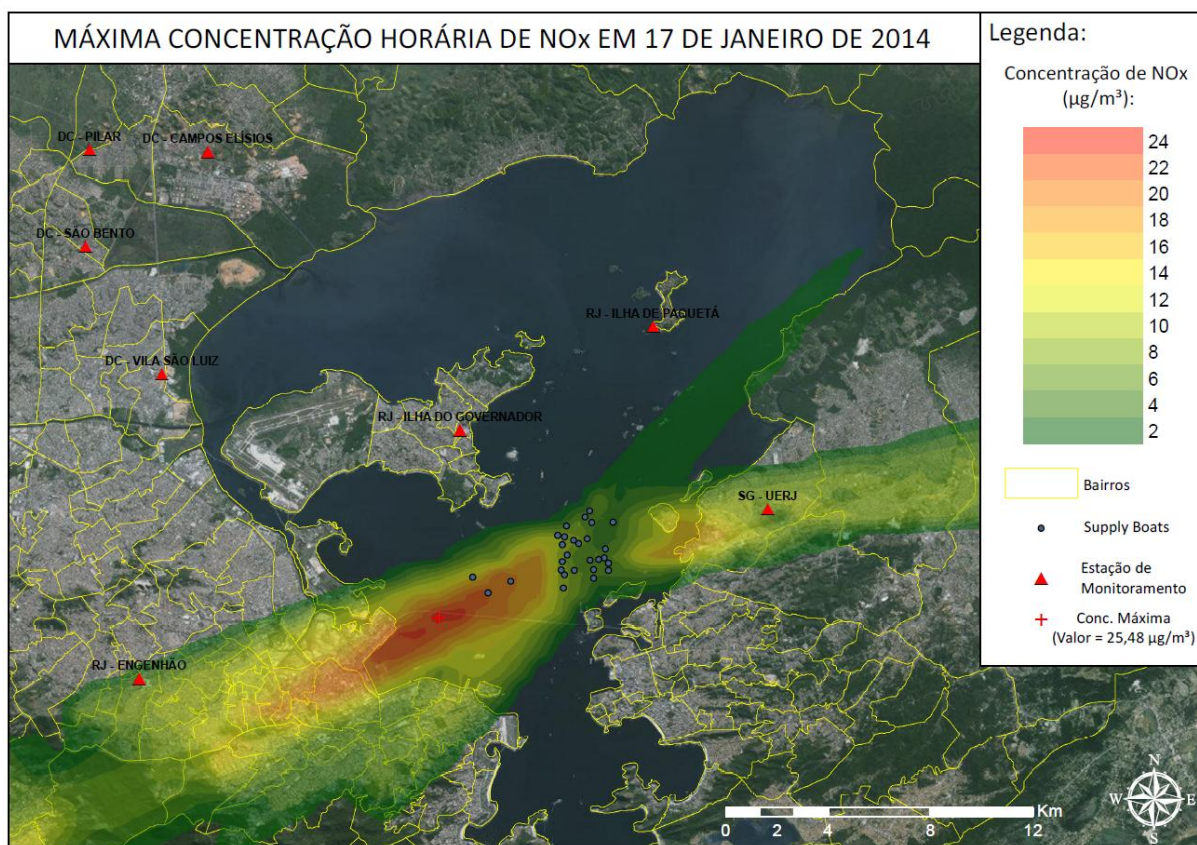


Figura 35 – Máxima concentração horária de NO_x em 17/01/14

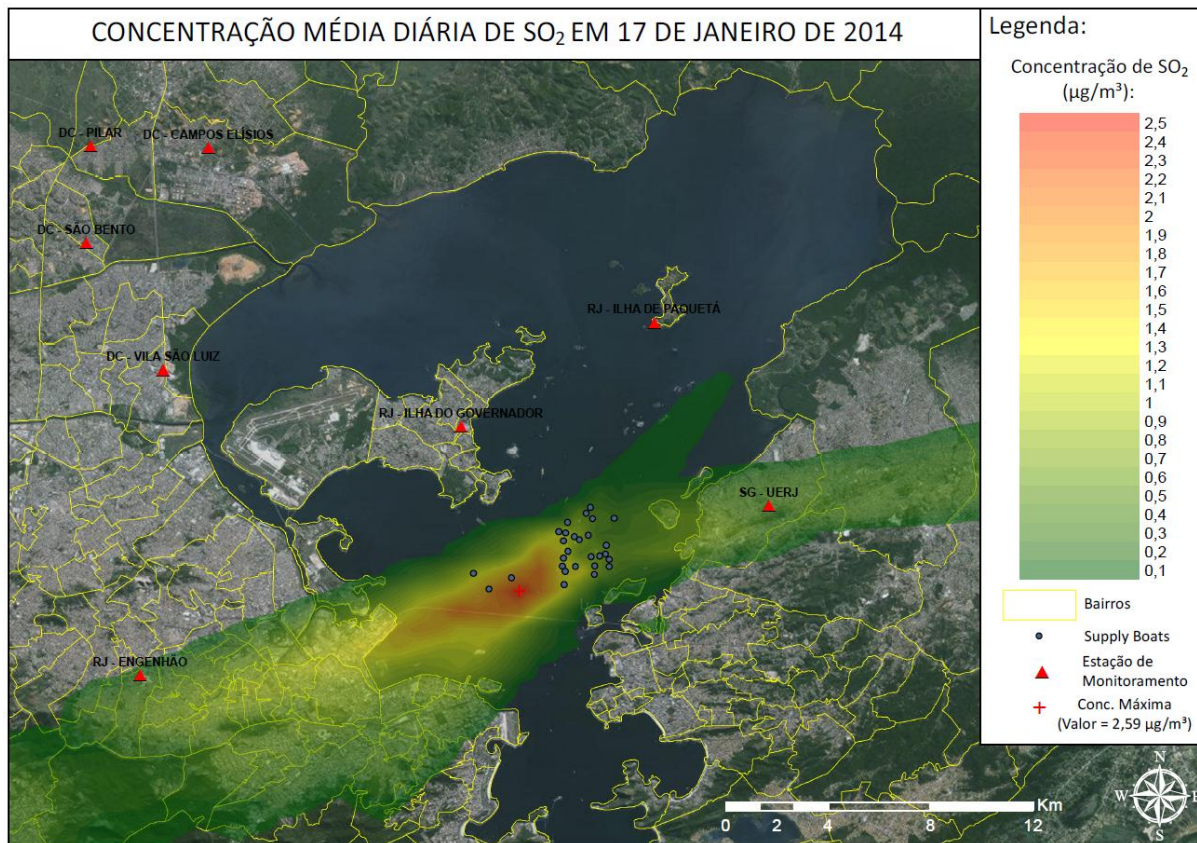


Figura 36 – Concentração média diária de SO₂ em 17/01/2014

7.1.4.1. Comparação com os valores obtidos do monitoramento do INEA

Para que se possam comparar os valores obtidos com o modelo com os dados de monitoramento do INEA, gerou-se a Figura 37, apresentada abaixo com a máxima concentração horária do dióxido de enxofre, que foi de 9,77 µg m⁻³.

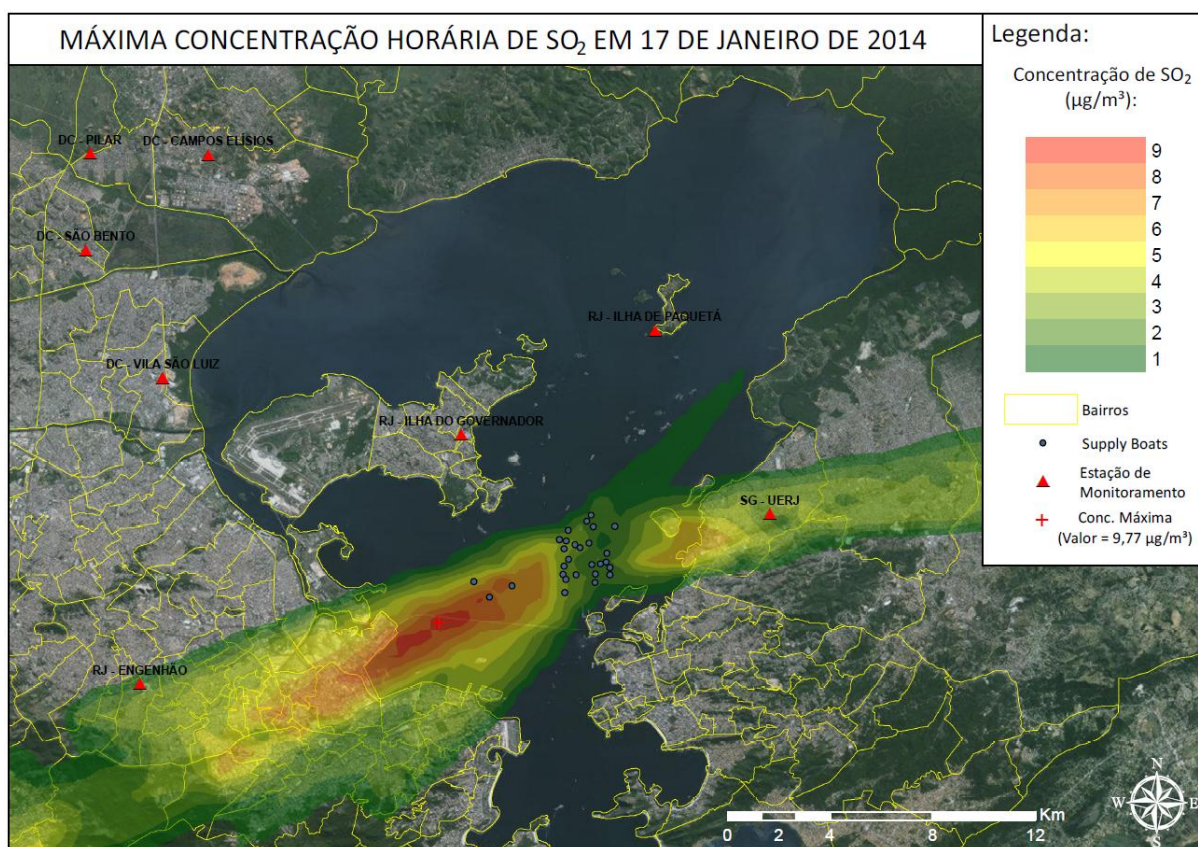


Figura 37 – Máxima concentração horária de SO₂ em 17/01/2014

De maneira geral, no dia 17 de janeiro de 2014 foram identificados os menores valores de concentrações obtidas com o modelo. Ao se comparar com as concentrações do INEA, verificou-se que o maior aporte no IQA para o NO_x ocorreu na da Ilha de Paquetá, com um total de 0,84%, enquanto para o SO₂ tem-se o percentual de 1,64% em DC-Pilar.

O **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a síntese das concentrações obtidas com o modelo, com os valores disponibilizados pelo INEA e os percentuais advindos do fundeio no IQA de cada região.

Quadro 16 - Comparação dos valores de monitoramento do INEA com os valores obtidos pelo modelo para o dia de 17/01/14.

Nome	Resultado	NO _x	SO ₂
RJ - Ilha do Governador	Simulação	0,2	0,1
	Monitoramento	45	10
	%	0,52	0,92
RJ - Ilha de Paquetá	Simulação	0,2	0,1
	Monitoramento	28	8
	%	0,84	1,40

SG - UERJ	Simulação	11,3	4,3
	Monitoramento	-	-
	%		
DC - Campos Elísios	Simulação	0,1	0,1
	Monitoramento	51	14
	%	0,26	0,37
DC - Pilar	Simulação	0,1	0,0
	Monitoramento	80	3
	%	0,15	1,64
DC - São Bento	Simulação	0,1	0,1
	Monitoramento	30	4
	%	0,43	1,29
CD - Vila São Luiz	Simulação	0,1	0,1
	Monitoramento	56	6
	%	0,25	0,94
RJ - Engenhão	Simulação	5,2	2,0
	Monitoramento	-	-
	%		

Houve violação dos padrões primários estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/90 na estação DC- Campos Elísios, entre às 16 e às 23 horas, com IQA classificado como “Má Qualidade”, assim como na estação DC- São Bento, durante quase todo o dia (período matutino entre 00 – às 11:00 horas e na parte da tarde, entre 16 horas e 23 horas), com altíssimas concentrações de Ozônio troposférico.

A representação do aporte das emissões dos navios PSV's fundeados no IQA da RMRJ, com base nas 08 estações monitoradas, pode ser apresentada com a média de 0,40% para o NO_x e de 1,1 % para o SO₂.

7.1.5. Outono - Dia 28/05/2014

No dia 28 de maio de 2014, a rosa dos ventos gerada e apresentada na **Figura 26** mostra que a direção dos ventos ocorreu majoritariamente no sentido oeste e noroeste. Em relação à velocidade do vento, verificou-se uma predominância de velocidade entre 7 e 11 nós. Foram contabilizadas 36 embarcações “Supplyboats” na área de fundeio.

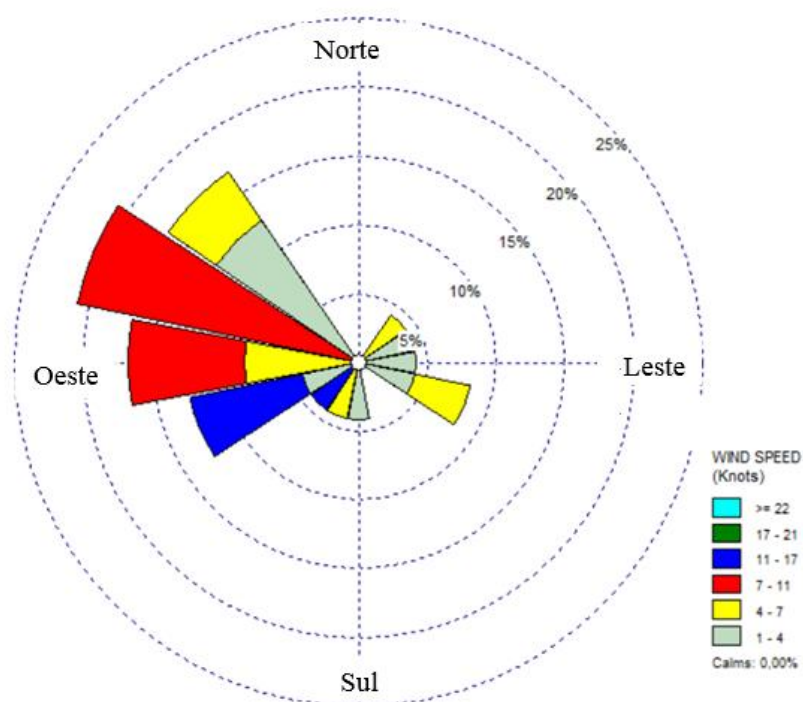


Figura 38 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 28/05/2014.

Na figura abaixo pode se analisar a análise da carta sinótica de superfície das 00Z para o dia 28/05/15, onde se observa uma onda frontal no Atlântico a leste do RJ e ES. O ciclone associado a este sistema está posicionado sobre o Atlântico em aproximadamente de 28°S/32°W com valor de 1012 hPa, com frente fria subtropical associada. No norte do RS atua uma alta pressão de 1024 hPa se expandindo por grande parte do sul do Brasil, de SP, de MS, Paraguai e norte da Argentina.

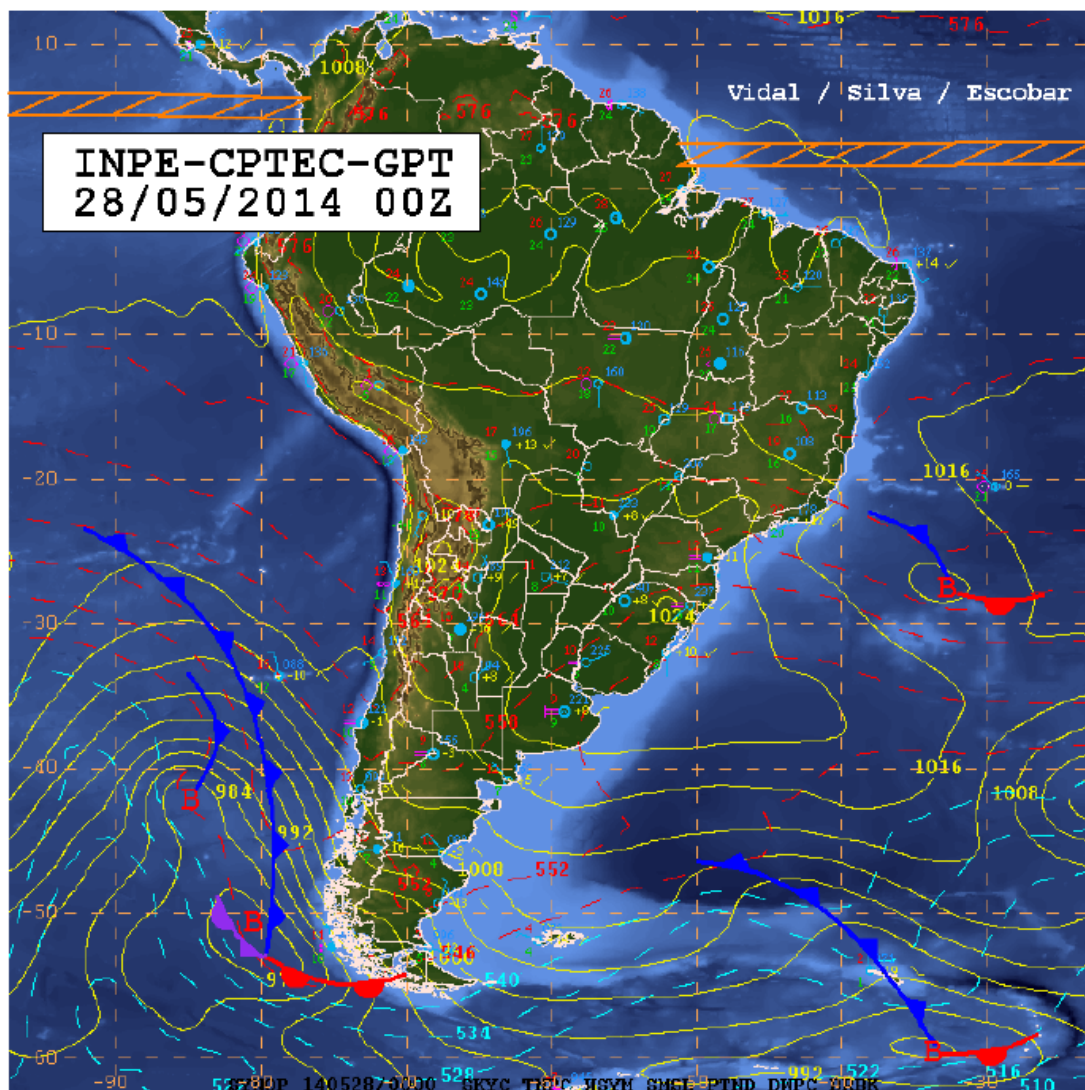


Figura 39 - — Carta sinótica de superfície das 00Z para 28/05/14. Fonte: CPTEC

Em relação à concentração dos poluentes, o maior pico de concentração foi de $31,12 \mu\text{g m}^{-3}$ para os NO_x , enquanto para o SO_2 os valores máximos foram de $2,30 \mu\text{g m}^{-3}$. A representação gráfica é apresentada na Figura 40 e Figura 41 e a comparação com os valores do CONAMA no quadro 17.

Quadro 17– Valores máximos das emissões dos navios em 28/05/14 e a comparação com os padrões primários da Resolução do CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA
NO_x (horário)	$31,12 \mu\text{g m}^{-3}$	$320 \mu\text{g m}^{-3}$

SO ₂ (diário)	2,30 µg m ⁻³	365 µg m ⁻³
--------------------------	-------------------------	------------------------

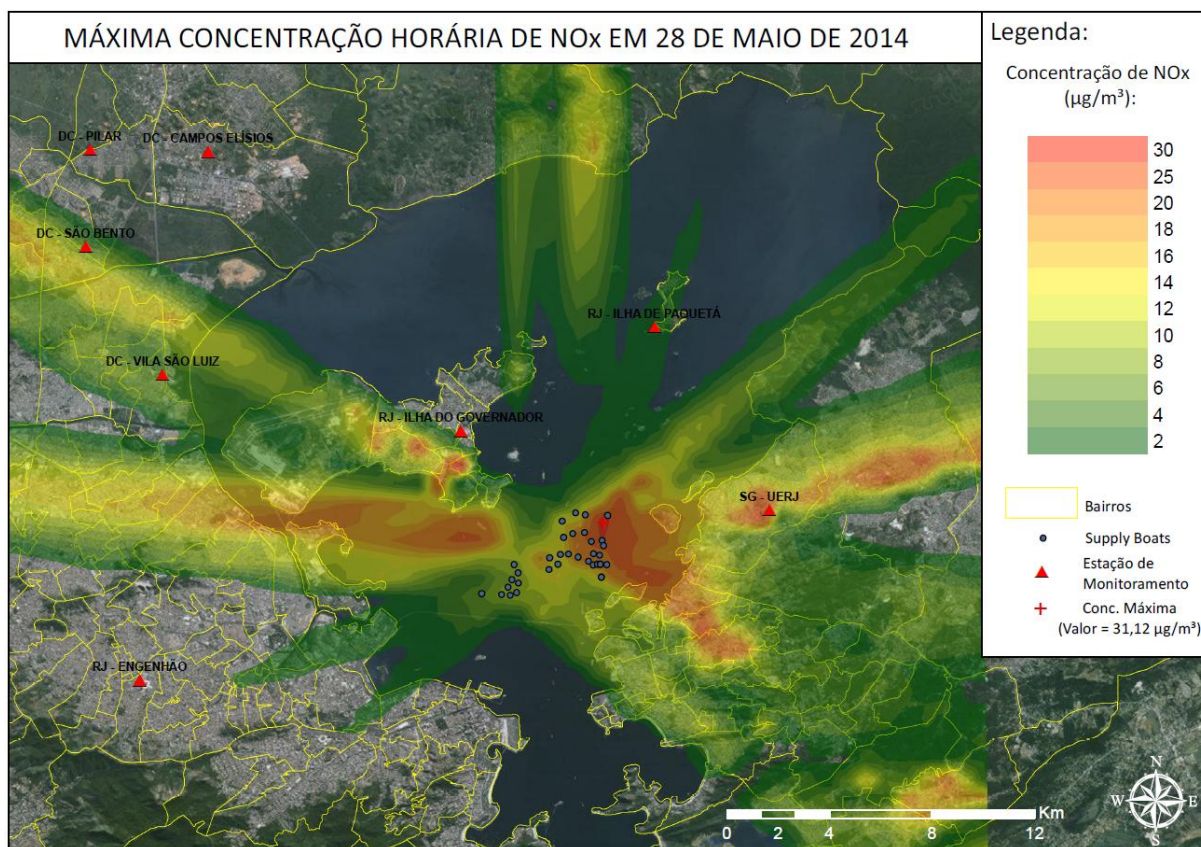


Figura 40 – Máxima concentração horária de NO_x em 28/05/14

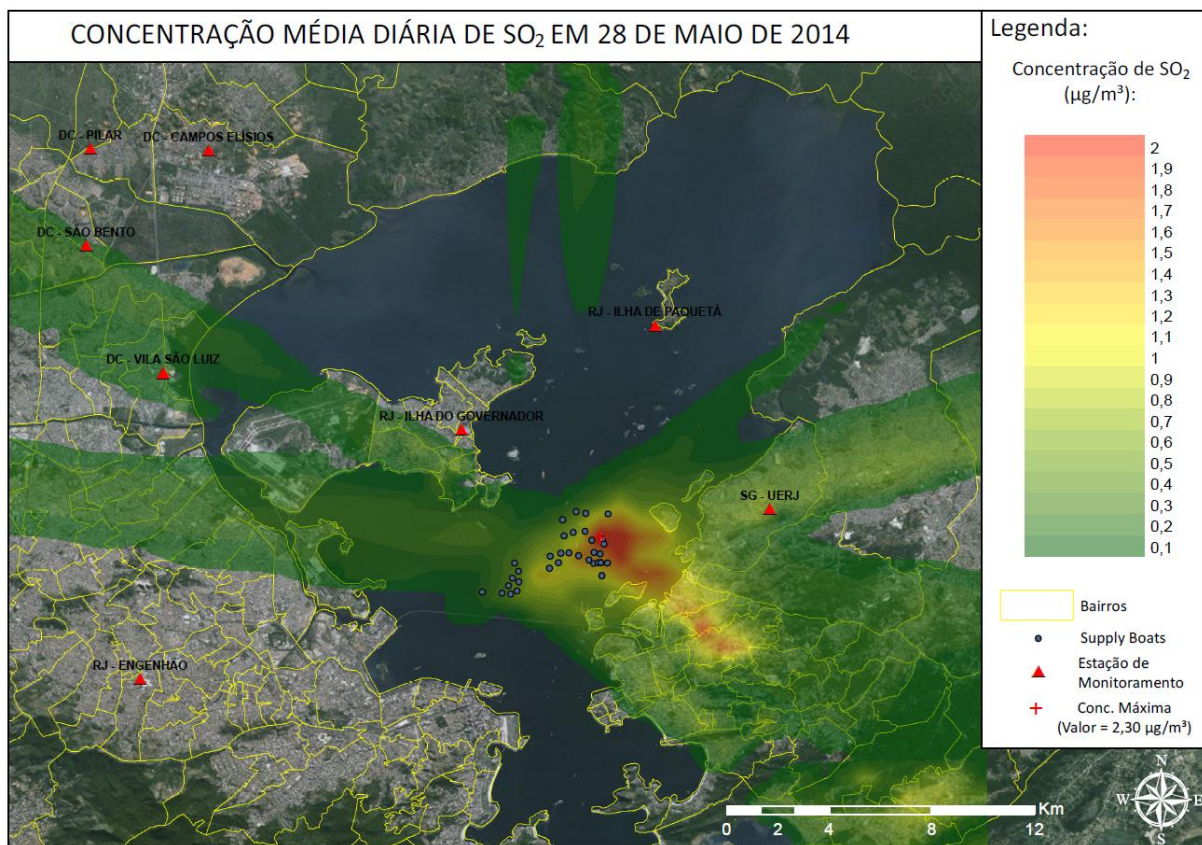


Figura 41 – Máxima concentração diária de SO₂ em 28/05/14

7.1.5.1. Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA

A Figura 42 apresenta os eixos da pluma de poluentes. A máxima concentração horária do SO₂, que foi de 11,93 µg m⁻³ é apresentada no Quadro 18.

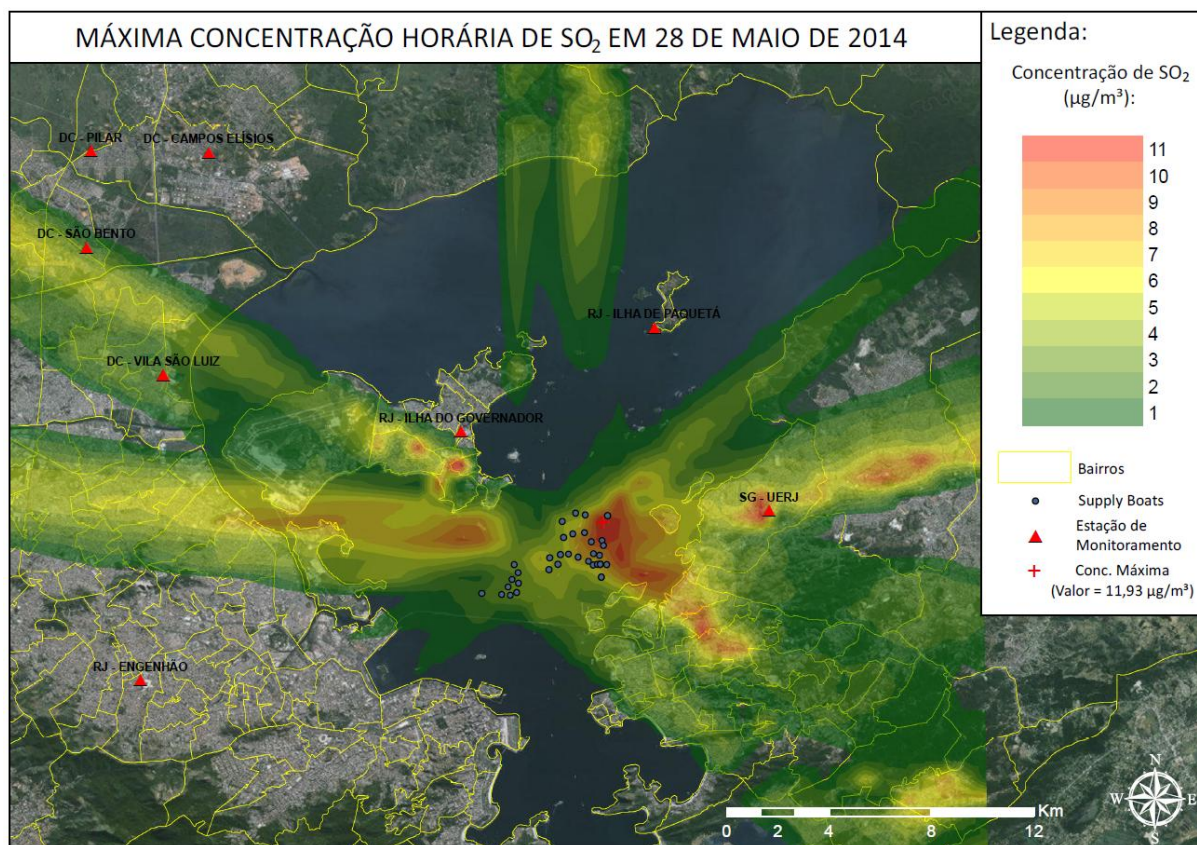


Figura 42 – Máxima concentração horária de SO₂ em 28/05/14

O INEA não disponibilizou os valores de monitoramento do NO_x na estação da Ilha do Governador, Ilha de Paqueta SG – UERJ e RJ-Engenhão, inviabilizando assim, a comparação dos resultados. A comparação ocorreu então, utilizando os dados da DC – Pilar e DC – São Bentos para ambos os poluentes, DC – Campos Elísio e CD – Vila São Luiz apenas para o NO_x e SG – UERJ apenas para o SO₂.

Em CD – Campos Elísio e CD- Vila São Luiz, o valor máximo fornecido pelo INEA em relação ao NO_x foi de 26 µg m⁻³ para a primeira estação e 22 µg m⁻³ para a segunda, enquanto as emissões calculadas para os navios foram de, aproximadamente, 0,0 µg m⁻³ e 5,5 µg m⁻³ para a segunda, totalizando em um aporte médio de 0% e 25,14 %.

Em DC Pilar, os valores máximos apresentados pelo INEA foram de 56 µg m⁻³ para o NO_x e de 7 µg m⁻³ para o SO₂. Os valores do modelo apresentaram a máxima de 0,1 µg m⁻³ para o primeiro poluente e 0,1 µg m⁻³ para o segundo, totalizando um aporte de 0,24% e 0,74 % respectivamente.

Em DC- São Bento, as maiores concentrações no monitoramento foram de 20 $\mu\text{g m}^{-3}$ e 3 $\mu\text{g m}^{-3}$ para o NO_x e SO_2 , enquanto que as emissões advindas dos navios offshore fundeados foram de 7,9 $\mu\text{g m}^{-3}$ para os NO_x e 2,5 $\mu\text{g m}^{-3}$ para os SO_2 , totalizando um aporte médio de 39,41% e 83,3% respectivamente.

Ao se comparar os valores obtidos do modelo com as concentrações apresentadas pelo INEA para a estação SG-UERJ para o poluente de SO_2 , identificou-se que a concentração de poluentes emitidas pelos navios foi de 8,1 $\mu\text{g m}^{-3}$, enquanto a pior concentração horária disponibilizada pelo INEA foi de 5 $\mu\text{g m}^{-3}$, o aporte advindo do fundeio offshore representou um valor de 162%.

A média diária das emissões dos navios PSV's fundeados no IQA da RMRJ, com base nas 08 estações monitoradas foi de 16,20% para o NO_x e de 61,5% para o SO_2 . O quadro abaixo a comparação dos valores obtidos com o modelo e a os disponibilizados pelo INEA, em laranja estão destacados os maiores percentuais.

Quadro 18 - Comparação do IQA do INEA com os valores obtidos pelo modelo para o dia 28/05/14.

Nome	Resultado	NO_x	SO_2
RJ - Ilha do Governador	Simulação	0,6	0,2
	Monitoramento	-	-
	%		
RJ - Ilha de Paquetá	Simulação	2,4	0,9
	Monitoramento	-	-
	%		
SG - UERJ	Simulação	21,1	8,1
	Monitoramento	-	5
	%		162,16
DC - Campos Elísios	Simulação	0,0	0,0
	Monitoramento	26	7
	%	0,00	0,00
DC - Pilar	Simulação	0,1	0,1
	Monitoramento	56	7
	%	0,24	0,74
DC - São Bento	Simulação	7,9	2,5
	Monitoramento	20	3
	%	39,41	83,30
CD - Vila São Luiz	Simulação	5,5	2,1
	Monitoramento	22	-
	%	25,14	
RJ - Engenhão	Simulação	1,2	0,5

	Monitoramento	-	-
	%		

7.1.6. Inverno – 21/06/ 2014

Na estação do inverno em 21 de junho de 2014, o gráfico apresentado na figura 40 mostra os percentuais de velocidade do vento, onde aproximadamente 48% entre 1 e 4 nós. As maiores frequências ocorreram nos sentidos nordeste (24%) e leste (20%). Foram consideradas as emissões de 36 navios *offshore* fundeados.

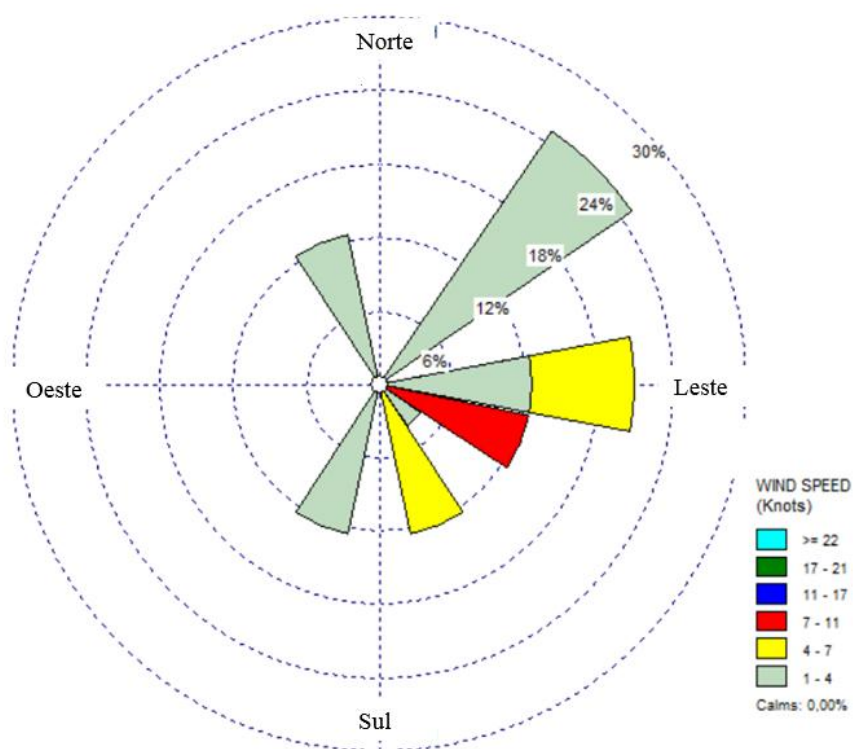


Figura 43 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 21/06/2014.

Na análise da carta sinótica de superfície da 00Z, Figura 44, identifica-se a presença de um sistema frontal estacionário sobre oceano Atlântico a leste de 30°W. O anticiclone pósfrontal associado a este sistema tem valor de 1024 hPa centrado em torno de 30°S/51°W.

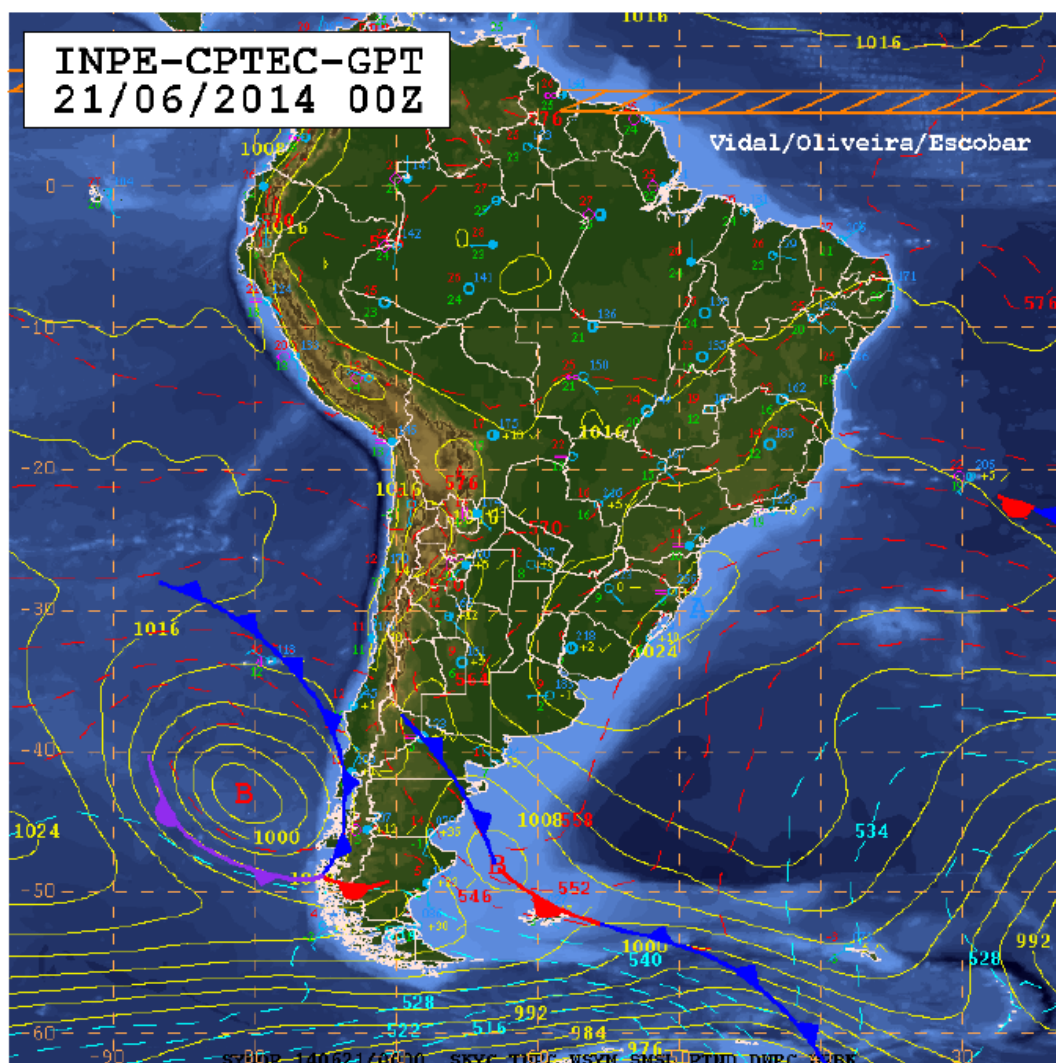


Figura 44 - — Carta sinótica de superfície das 00Z para 21/06/14. Fonte: CPTEC

Com o uso do AERMOD foi possível a elaboração das Figura 45 e Figura 46 onde se entendeu o comportamento dos poluentes no dia analisado. É interessante que mesmo com valores baixos de velocidade do vento, as maiores concentrações dos poluentes ocorreram na direção leste, apresentado a máxima horária de $96,66 \mu\text{g m}^{-3}$ para o NO_x e a média diária de $3,72 \mu\text{g m}^{-3}$ para o SO_2 .

Quadro 19– Valores máximos das emissões dos navios em 21/06/14 e a comparação com os padrões primários da Resolução do CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA
NO_x (horário)	$96,66 \mu\text{g m}^{-3}$	$320 \mu\text{g m}^{-3}$

SO ₂ (diário)	3,72 µg m ⁻³	365 µg m ⁻³
--------------------------	-------------------------	------------------------

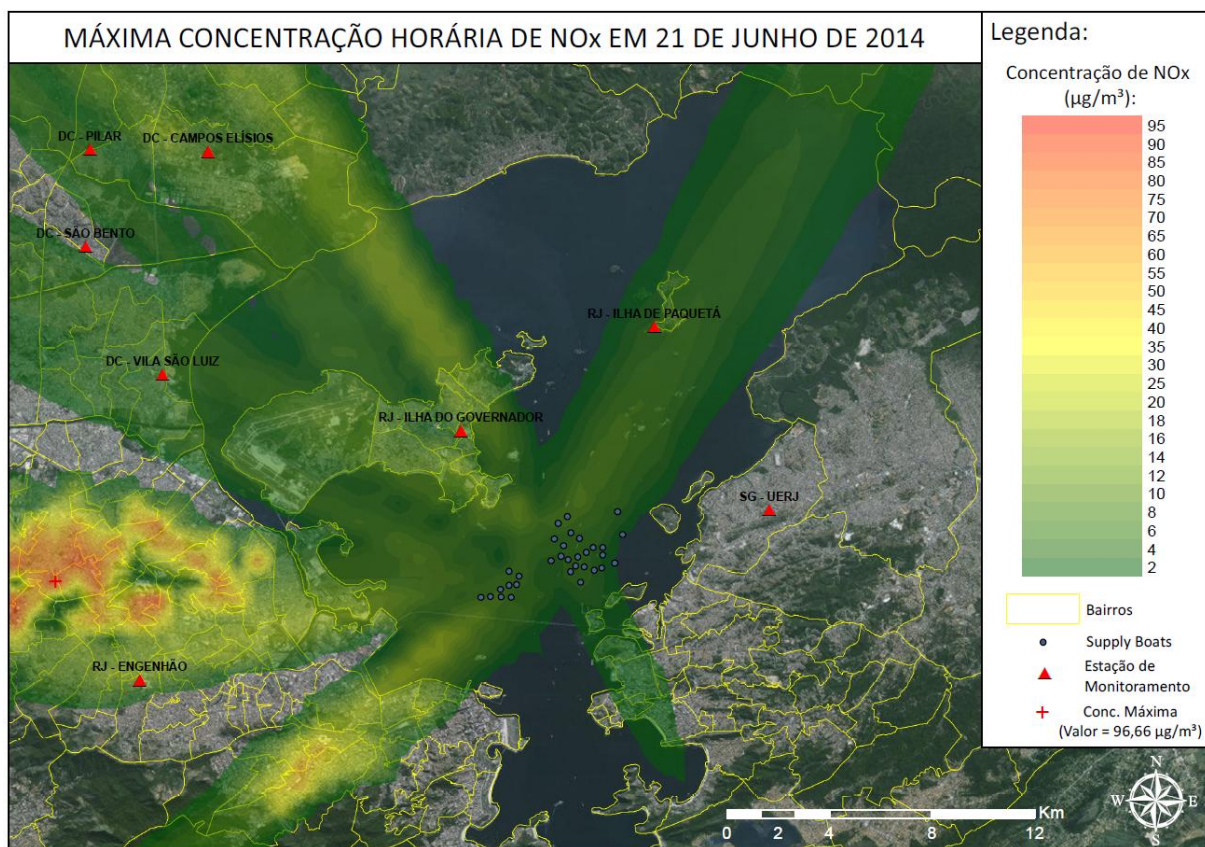


Figura 45 – Máxima concentração horária de NO_x em 21/06/14

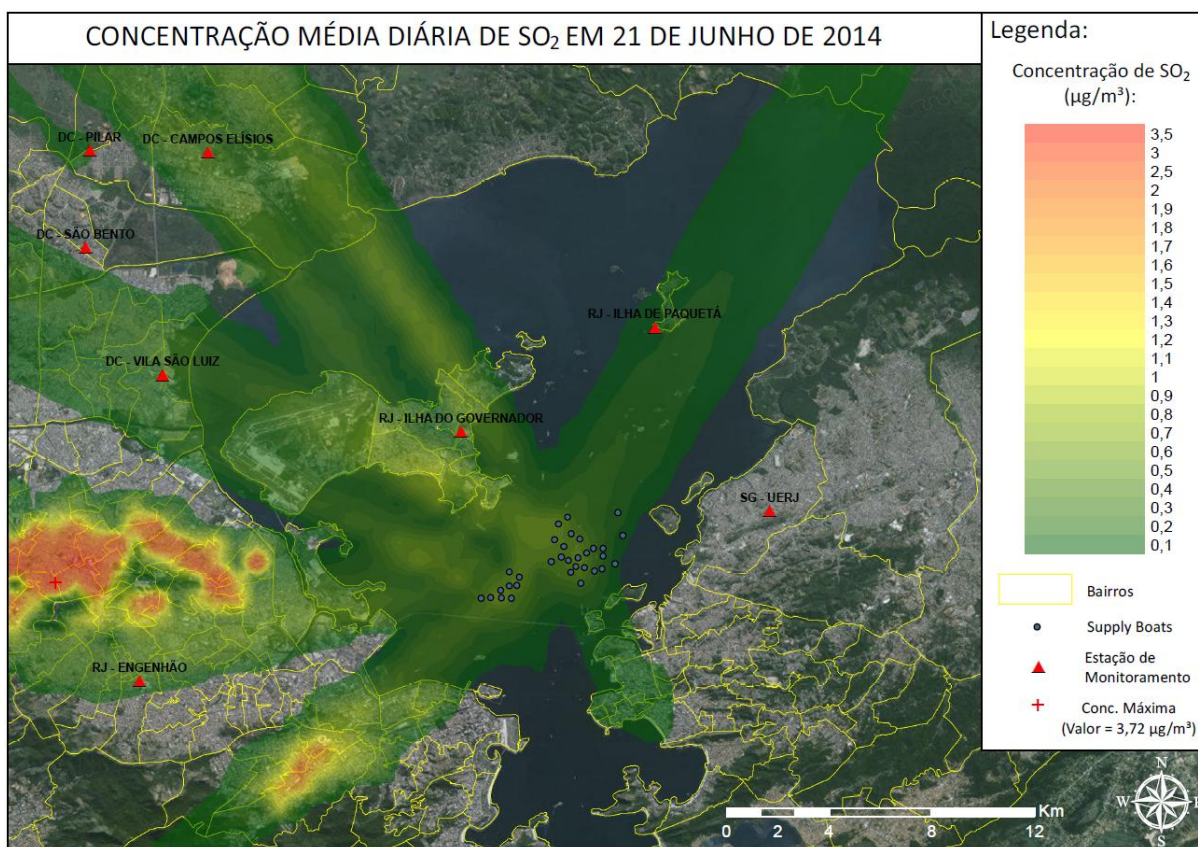


Figura 46 – Máxima concentração diária de SO₂ em 21/06/14

7.1.6.1. Comparação com os valores obtidos do Monitoramento do INEA

O INEA não disponibilizou os resultados de monitoramento para o dia 21 de junho de 2014 para nenhuma das estações, inviabilizando assim a comparação.

A Figura 47 apresenta a pior concentração horária de SO₂ obtidas com o modelo. O Quadro 20 apresenta apenas os resultados. A comparação com o IQA e a identificação do aporte advindo dos navios “offshore” fundeados não pode ser realizada.

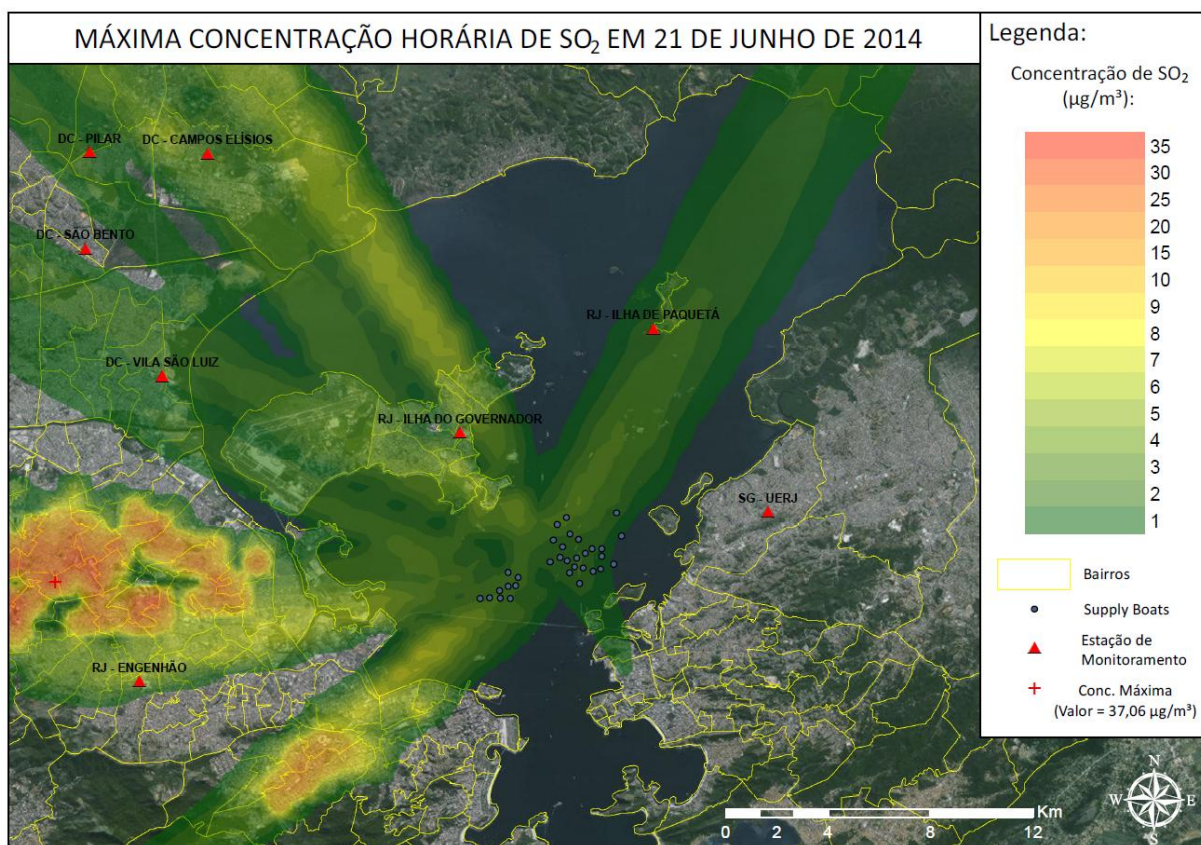


Figura 47 – Máxima concentração horária de SO₂ em 21/06/14

Quadro 20 – Apresentação dos resultados obtidos pelo modelo em 21/06/14.

Nome	Latitude	Longitude	Resultado	NO _x	SO ₂
RJ - Ilha do Governador	-22,804417	-43,181558	Simulação	4,3	1,6
			Monitoramento	-	-
			%		
RJ - Ilha de Paquetá	-22,767933	-43,113653	Simulação	6,8	2,6
			Monitoramento	-	-
			%		
SG - UERJ	-22,832162	-43,073370	Simulação	0,5	0,2
			Monitoramento	-	-
			%		
DC - Campos Elísios	-22,706479	-43,270335	Simulação	8,0	3,1
			Monitoramento	-	-
			%		
DC - Pilar	-22,705824	-43,311861	Simulação	5,7	2,2
			Monitoramento	-	-
			%		
DC - São Bento	-22,739845	-43,313349	Simulação	1,4	0,5
			Monitoramento	-	-
			%		
CD - Vila São	-22,784550	-43,286388	Simulação	5,2	2,0

Luiz			Monitoramento	-	-
			%		
RJ - Engenhão	-22,891816	-43,294420	Simulação	13,5	5,2
			Monitoramento	-	-
			%		

7.1.7. Inverno – 21/07/ 2014

A rosa dos ventos gerada para o segundo dia de inverno, apresentada na Figura 48, mostra que a direção predominante dos ventos ocorreu nas direções nordeste e sudeste. A velocidade predominante variou de 7 a 11 nós. Foram considerados 39 navios *supplyboats* na área de fundeio da Baía de Guanabara.

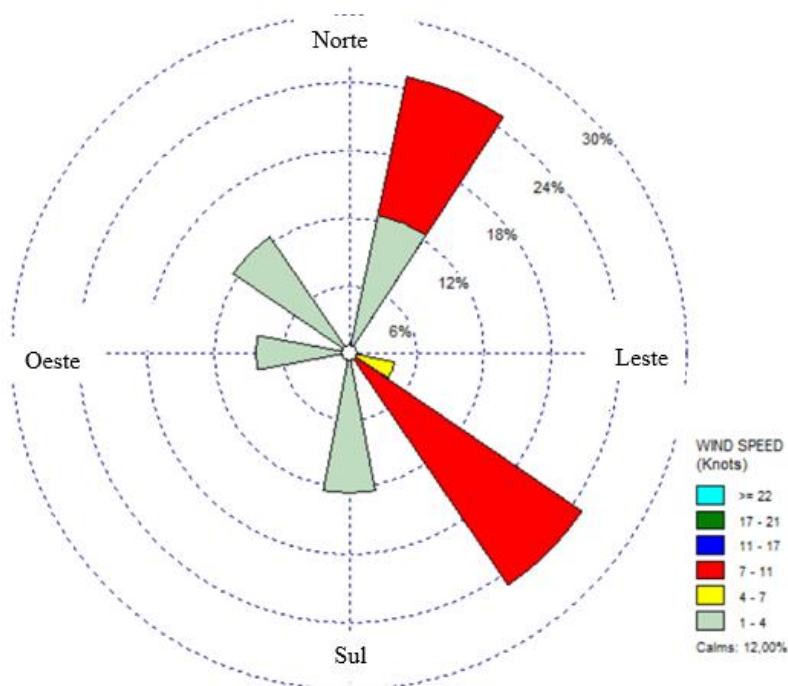


Figura 48 – Rosa dos ventos elaborada com o software WRPLOT para o dia 21/07/2014.

Na análise da carta sinótica de superfície da 00Z para o dia de 21/07/15, assim como em 21/06/15, nota-se a frente estacionária sobre o oceano Atlântico nas proximidades de 20°S/30°W, que ajuda a convergência de umidade sobre a faixa litorânea da BA. Observa-se uma área de alta pressão pós-frontal com um núcleo de

1024 hPa entre o leste de SC, do PR e Atlântico Adjacente, como é apresentado na Figura 49.

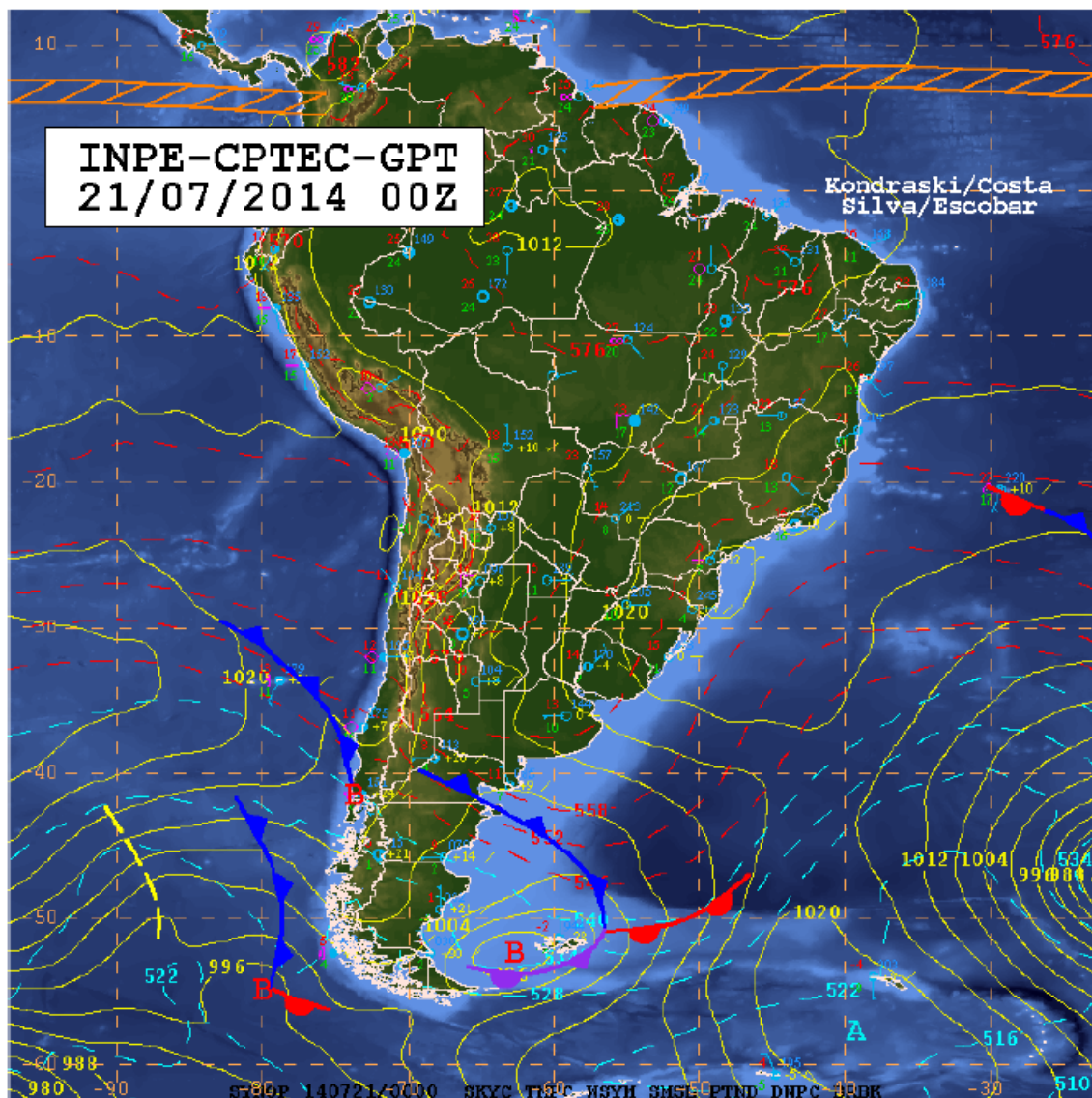


Figura 49 - — Carta sinótica de superfície das 00Z para 21/07/14. Fonte: CPTEC

As maiores concentrações horárias dos NO_x atingiram valores de $288 \mu\text{g m}^{-3}$ na região de São Gonçalo e Niterói. Na Ilha do Governador os valores chegaram a $38 \mu\text{g m}^{-3}$ enquanto em Caxias foram de $11,4 \mu\text{g m}^{-3}$.

Para o SO_2 , em Niterói/São Gonçalo e Ilha do Governador a média diária foi de $9,91 \mu\text{g m}^{-3}$. A Figura 50 é a representação gráfica para o NO_x enquanto a Figura 51 é para o SO_2 . O Quadro 21 compara os valores simulados com a Resolução CONAMA.

Quadro 21– Valores máximos das emissões dos navios em 21/07/14 e a comparação com os padrões primários da Resolução do CONAMA.

Poluente	Valor Máximo	Valor CONAMA
NO _x (horário)	288 µg m ⁻³	320 µg m ⁻³
SO ₂ (diário)	9,91 µg m ⁻³	365 µg m ⁻³

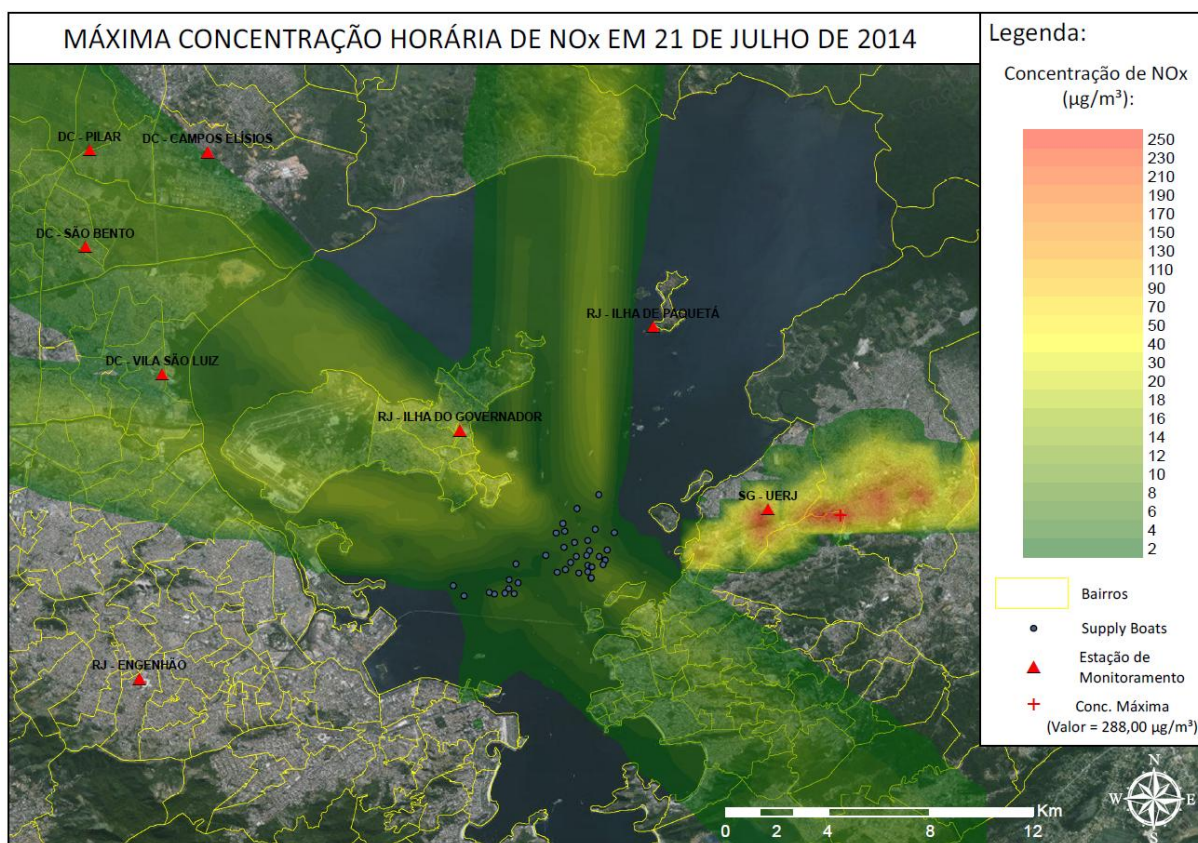


Figura 50 – Máxima concentração horária de NO_x em 21/07/14

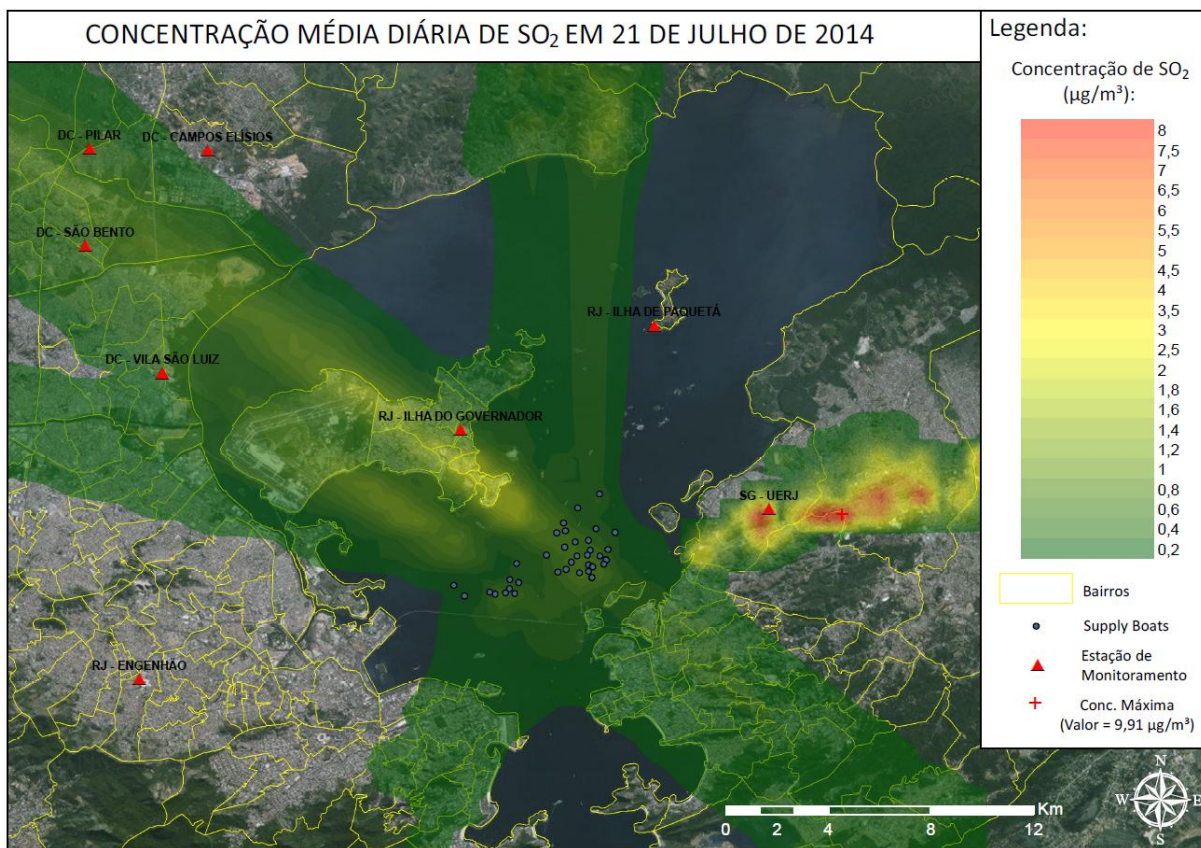


Figura 51 – Máxima concentração diária de SO₂ em 21/07/14

7.1.7.1. Comparação com os valores obtidos do monitoramento do INEA

A Figura 52 apresenta a máxima concentração horária do SO₂, onde observa-se uma concentração de máxima de 110,43 µg m⁻³ na estação de São Gonçalo.

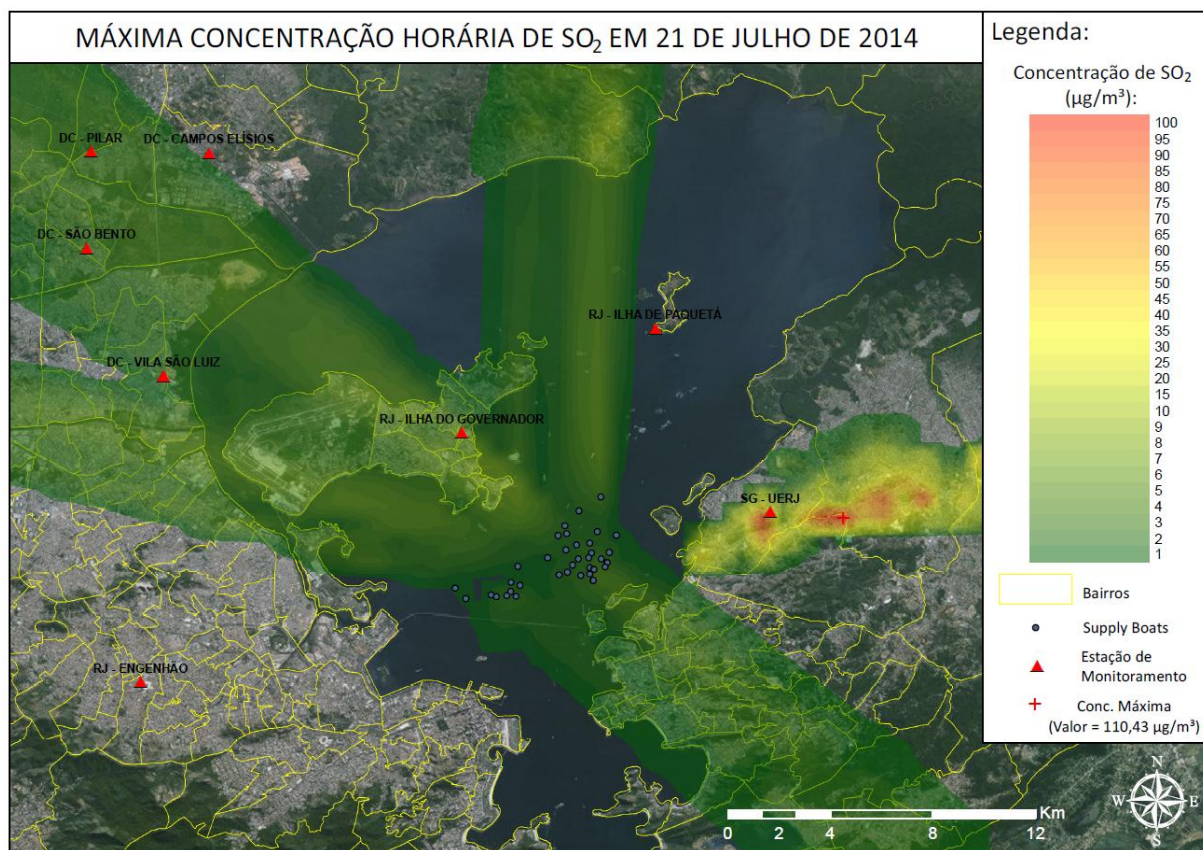


Figura 52 – Máxima concentração horária do SO₂ em 21/07/14

Foi possível a comparação dos resultados com as estações DC – Campos Elísios, DC – Pilar e DC – São Bento e CD – Vila São Luiz. Os maiores percentuais advindos do transporte marítimo para o NO_x foram DC – São Bento, com aproximadamente 28%, enquanto para o SO₂ foi em CD-Vila São Luiz, com 81%, conforme sintetizado no quadro 22.

Quadro 22 - Comparação dos valores de monitoramento do INEA com os valores obtidos pelo modelo.

Nome	Resultado	NO _x	SO ₂
RJ - Ilha do Governador	Simulação	19,9	7,6
	Monitoramento	-	-
	%		
RJ - Ilha de Paquetá	Simulação	0,3	0,1
	Monitoramento	-	-
	%		
SG - UERJ	Simulação	82,6	31,7
	Monitoramento	-	-

	%		
DC - Campos Elísios	Simulação	1,7	0,7
	Monitoramento	49	11
	%	3,49	5,97
DC - Pilar	Simulação	8,1	3,1
	Monitoramento	43	6
	%	18,95	52,08
DC - São Bento	Simulação	8,3	3,2
	Monitoramento	30	5
	%	27,59	63,48
CD - Vila São Luiz	Simulação	6,3	2,4
	Monitoramento	47	3
	%	13,44	80,76
RJ - Engenhão	Simulação	1,4	0,5
	Monitoramento	-	-
	%		

Para o dia 21 de julho de 2014 a estação mais interessantes para a comparação de resultados seria a da UERJ São Gonçalo. Entretanto, o INEA não disponibilizou os dados para os NO_x. Os valores de SO₂ foram disponibilizados pelo INEA, mas com uma concentração máxima de 1,0 µg m⁻³. Como esse valor foi muito inferior ao encontrado pelo modelo, não foi considerado para a realização da média diária do aporte de poluentes advindos dos navios fundeados no IQA da RMRJ.

A média diária das emissões dos navios PSV's fundeados no IQA da RMRJ, com base nas 08 estações monitoradas foi de 15,86% para o NO_x e de 50,56% para o SO₂.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As maiores concentrações horárias de NO_x e de SO_2 foram encontradas no inverno, em 21 de julho de 2014, com valores de $288,00 \mu\text{g m}^{-3}$ e $110,43 \mu\text{g m}^{-3}$ respectivamente. Conforme colocado por Fluxo Meteorologia (2014), é na estação do inverno que a CLA encontra-se mais baixa, pois essa camada da troposfera é diretamente influenciada pela presença dos raios solares na superfície da Terra (STULL, 1988). O quadro 23 apresenta o resumo das máximas encontradas, onde se pode verificar os três grandes picos, sendo dois na estação de inverno, em 21 de junho e 21 de julho de 2014, e um na estação do verão, em 31 de dezembro de 2013.

Quadro 23 - Resumo das máximas concentrações encontradas com o modelo de emissões de navios.

Máximas	Nº de Navios	NO_x (h)	SO_2 (h)	SO_2 (24 h)
02/11/13	39	24,46	8,85	3,83
06/12/13	43	80,16	80,16	4,51
31/12/13	37	135,09	51,80	2,54
17/01/14	39	25,48	9,77	2,59
28/05/14	36	31,12	11,93	2,30
21/06/14	36	96,66	37,06	3,72
21/07/14	39	288,00	110,43	9,91

O **Gráfico 1** ilustra as máximas concentrações inventariadas e o limite do padrão primário estabelecido pela CONAMA 03/90, onde se pode verificar que não houve violação dos valores. A média diária do SO_2 variou entre $2,30 \mu\text{g m}^{-3}$ e $9,91 \mu\text{g m}^{-3}$; enquanto que as máximas concentrações horárias de SO_2 ocorreram entre $8,85 \mu\text{g m}^{-3}$ e $110,43 \mu\text{g m}^{-3}$ e de NO_x variaram de $24,46 \mu\text{g m}^{-3}$ a $288 \mu\text{g m}^{-3}$. Os menores valores foram encontrados no dia 2 de novembro de 2013, na estação da

primavera, e as máximas em 21 de julho de 2014, no inverno.

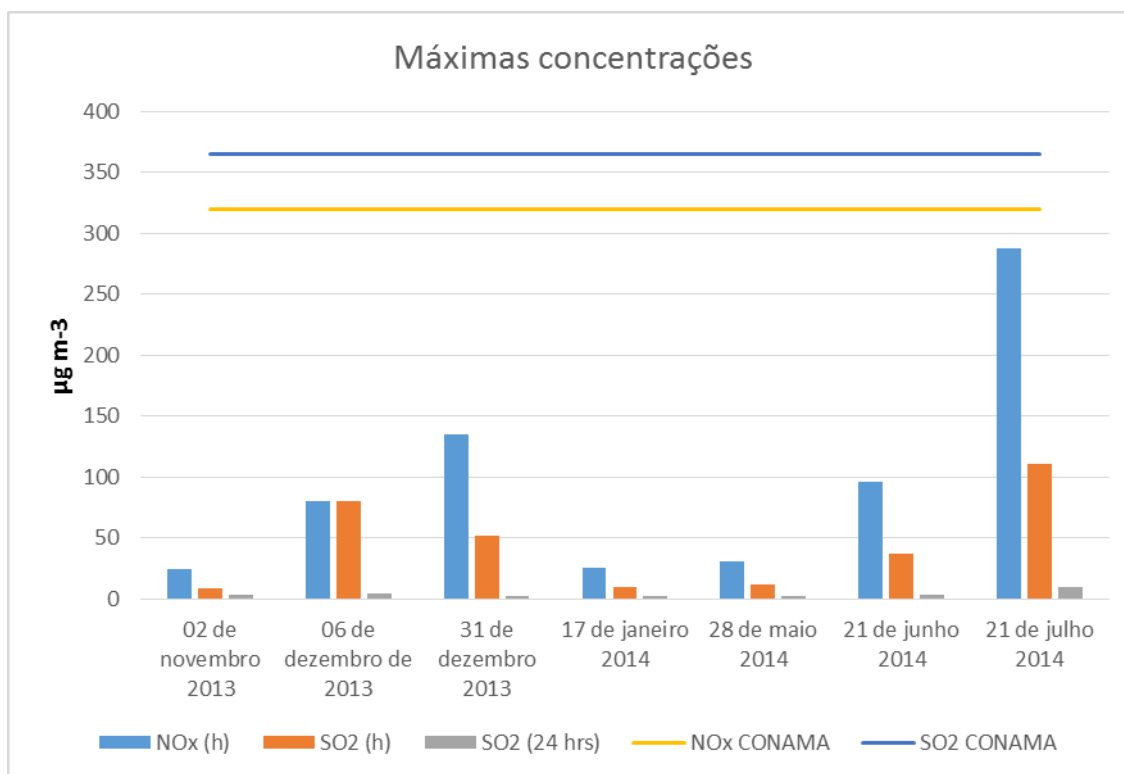


Gráfico 1 – Máximas concentrações identificadas com base no modelo de emissões baseado em Der Meer, 2012.

O Quadro 24 apresenta a compilação de todos os cenários rodados neste trabalho (02/11/2013, 06/12/2013, 31/12/2013, 17/01/2014, 28/05/2014, 21/06/2014 e 21/07/2014) apresentando as máximas concentrações horárias dos poluentes, os valores fornecidos pelo INEA, a estimativa da média dos poluentes simulados no IQA da RMRJ, com base nessas 08 estações estudadas.

Quadro 24 - Resumo dos valores encontrados com o modelo e com os dados do monitoramento do INEA. Os detalhes em laranja são os maiores percentuais do dia.

Estação		Máxima Concentração Horária (µg/m³)													
		02/11/2013		06/12/2013		31/12/2013		17/01/2014		28/05/2014		21/06/2014		21/07/2014	
Nome	Resultado	NOx	SO2	NOx	SO2	NOx	SO2	NOx	SO2	NOx	SO2	NOx	SO2	NOx	SO2
RJ - Ilha do Governador	Simulação	4,4	1,7	1,4	5,8	2,0	0,8	0,2	0,1	0,6	0,2	4,3	1,6	19,9	7,6
	Monitoramento	27	3	-	-	36	7	45	10	-	-	-	-	-	-
	%	16,24	56,50			5,44	10,74	0,52	0,92						
RJ - Ilha de Paquetá	Simulação	2,4	0,9	16,4	6,6	4,6	1,8	0,2	0,1	2,4	0,9	6,8	2,6	0,3	0,1
	Monitoramento	5	6	-	-	21	9	28	8	-	-	-	-	-	-
	%	47,91	15,46			21,84	19,54	0,84	1,40						
SG - UERJ	Simulação	0,6	0,2	6,3	2,4	3,9	1,5	11,3	4,3	21,1	8,1	0,5	0,2	82,6	31,7
	Monitoramento	19	1	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
	%	3,27	21,52								162,16				
DC - Campos Elísios	Simulação	0,3	0,1	3,7	1,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	8,0	3,1	1,7	0,7
	Monitoramento	16	5	-	-	55	4	51	14	26	7	-	-	49	11
	%	1,70	2,06			0,44	2,30	0,26	0,37	0,00	0,00			3,49	5,97
DC - Pilar	Simulação	1,9	0,7	7,4	5,0	0,9	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	5,7	2,2	8,1	3,1
	Monitoramento	26	3	-	-	30	-	80	3	56	7	-	-	43	6
	%	7,23	24,18			2,87		0,15	1,64	0,24	0,74			18,95	52,08
DC - São Bento	Simulação	1,1	0,4	8,5	4,3	3,0	1,1	0,1	0,1	7,9	2,5	1,4	0,5	8,3	3,2
	Monitoramento	11	1	-	-	19	1	30	4	20	3	-	-	30	5
	%	10,22	43,16			15,78	114,94	0,43	1,29	39,41	83,30			27,59	63,48
CD - Vila São Luiz	Simulação	5,2	1,5	3,4	2,0	3,5	0,8	0,1	0,1	5,5	2,1	5,2	2,0	6,3	2,4
	Monitoramento	27	2	-	-	48	1	56	6	22	-	-	-	47	3
	%	19,10	75,0			7,24	80,0	0,25	0,94	25,14				13,44	80,76
RJ - Engenheiro	Simulação	1,0	0,3	0,6	0,6	6,6	2,5	5,2	2,0	1,2	0,5	13,5	5,2	1,4	0,5
	Monitoramento	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	%	4,08													
Médias diárias		13,72	29,29			8,93	45,50	0,41	1,09	16,20	61,55			15,87	50,57

9.CONCLUSÃO

A qualidade do ar de uma região pode ser definida como o resultado de interações complexas que envolvem a emissão de poluentes atmosféricos por fontes fixas e móveis, naturais e antropogênicas que, numa primeira aproximação, juntamente com as condições meteorológicas e o relevo da região, determinam a concentração dos poluentes presentes na atmosfera.

Os inventários de emissões atmosféricas são realizados com o objetivo de descrever, de maneira mais próxima da realidade, os valores das emissões. No presente trabalho o inventário de emissões foi realizado apenas, forma preliminar, abordando-se simplificadaamente os navios *offshore* fundeados na Baía de Guanabara, visto sua relevância atual para o cenário econômico do Rio de Janeiro.

No último inventário de emissões atmosféricas, INEA (2013) identificou que as fontes móveis, principalmente os veículos automotores, contribuem em aproximadamente 77% das emissões atmosféricas na RMRJ, havendo ainda uma carência quanto as emissões advindas do transporte marítimo.

Após o processamento dos dados foi estimado que os poluentes NO_x e SO₂ emitidos pelos navios fundeados na Baía de Guanabara têm contribuição que merece atenção quanto ao seu impacto na deterioração da qualidade do ar do Rio de Janeiro. Como exemplo se pode citar o evento do dia de 21 de julho de 2014 quando as concentrações atmosféricas decorrentes dos 39 navios foram estimadas para um valor máximo de 288 µg m⁻³ para o de NO_x e 110 µg m⁻³ para o SO₂, para a região de São Gonçalo e Niterói.

De um modo geral, este trabalho estima que às emissões atmosféricas dos navios *offshore* fundeados causam impactos mais significativos nos bairros/regiões administrativas de São Gonçalo/Niterói, Ilha do Governador, Ilha de Paquetá, Engenho de Dentro e Duque de Caxias.

Para a média entre as concentrações monitoradas pelo INEA e os valores encontrados nesse estudo, objetivando quantificar qual é a contribuição, em termos percentuais, que as embarcações *offshore* fundeadas acarretam no índice de

Qualidade do Ar da RMRJ observou-se que, de maneira geral, a média de NO_x oriundos dos navios no IQA da RMRJ variou entre 0,41% em 17 de janeiro de 2014 e 16,20% em 28 de maio de 2014. A contribuição para o SO_2 variou entre 1,09% em 17 de janeiro de 2014 e 61,05% em 28 de maio de 2014. Este limite superior para o Dióxido de Enxofre é significativamente alto pois conforme relatado acima, em 28/05/14, na estação de SG – UERJ, os valores encontrados pelo modelo de emissões realizados com base em Der Meer (2012) chegaram à concentração horária máxima de $8,1 \mu\text{g m}^{-3}$ enquanto as concentrações fornecidas pelo INEA chegaram ao patamar de apenas $5 \mu\text{g m}^{-3}$, sugerindo que para a área urbana, o modelo necessita de maiores sofisticacões. Resumidamente é apresentada as médias diárias dos percentuais advindos dos navios fundeados sobre o IQA da RMRJ.

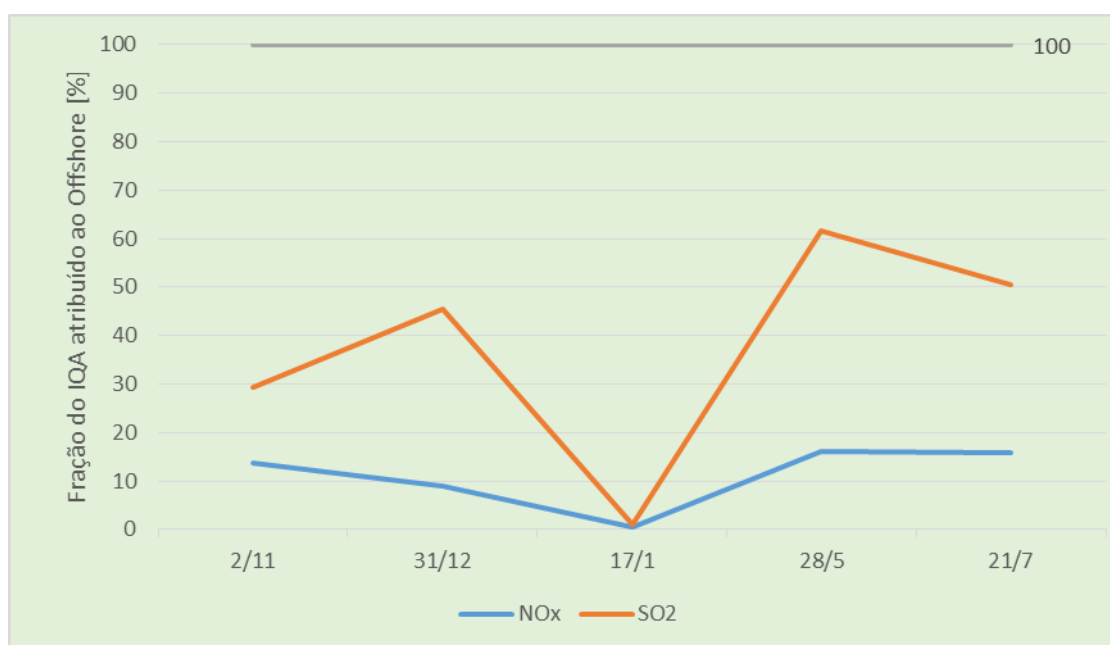


Gráfico 2 – Média dos percentuais advindos das embarcações no IQA da RMRJ.

Provavelmente os fatores de maior incerteza em torno das estimativas acima estão centradas no inventário realizado com base no modelo proposto por Der Meer (2012), que é um inventário simplificado que utiliza o “*Gross Tonnage*” como fator chave para o cálculo de emissões. Inventários mais detalhados, onde se utiliza como *input* os níveis de carga do motor, durações exatas da operação e modos operacionais sujeitos a variação possivelmente diminuiria a incerteza global.

Confrontando os dados com o total de emissões dos mesmos poluentes

provenientes de navios na Comunidade Europeia no ano de 2000, de acordo com o relatório “*Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community*” (COOPER, 2002), se observa que as emissões de NO_x e SO₂ corresponderam, respectivamente, a 2,79% e 0,73%, valores muita abaixo comparados aos dos encontrados nesse estudo. Em contrapartida, estudos recentes evidenciam que, aproximadamente 15% de todas as emissões antropogênicas globais de NO_x, e 5 a 8% das emissões de SO₂ são oriundas do transporte marítimo (CORBETT *et al.*, 2007). Cabe ressaltar que, conforme Cooper (2002), é difícil comparar os resultados alcançados entre diferentes trabalhos quando se utiliza inventário devido as diferenças nas áreas estudadas (relevo, influência da maré, condições climáticas, etc), a variação de número de movimentos de navios usados e o uso de diferentes teores de enxofre do combustível, dentre outros fatores.

De maneira geral, pode ser concluído que o transporte marítimo influencia na concentração de poluentes na RMRJ e inventários mais detalhados a respeito dessas emissões se fazem necessárias.

10. SUGESTÕES PARA MINIMIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os valores apresentados nesse trabalho demonstram em como o transporte marítimo pode impactar na qualidade do ar da RMRJ. Neste capítulo serão dadas recomendações para tentar minimizar esse impacto, onde se acredita que investir na melhoria da eficiência dos motores dos navios aliviadores minimizaria as emissões de NO_x, enquanto minimizar o teor de enxofre do combustível utilizado por esses navios mediante a implantação de uma legislação mais restrita, principalmente no que se refere ao óleo residual, poderia impactar em uma significativa redução da quantidade emitida desse poluente.

De fato, a partir de janeiro de 2015 entrará em vigor a regra 14 do Anexo VI da MARPOL (Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios) que retrata que enquanto os navios estiverem operando dentro de uma Área de Controle de Emissão, o teor de enxofre do óleo combustível utilizado a bordo não deverá ultrapassar o limite de 0,10% m/m, dos atuais 1% que ocorrem hoje.

Em relação aos óxidos de nitrogênio (NO_x), conforme exposto acima, a concentração de esforços deveria ocorrer mediante investimentos em motores mais eficientes e mais “limpos” e novamente implementar uma regulamentação mais rígida sobre os combustíveis.

Alternativas que poderiam ser estudadas e aplicadas seria a melhoria de sistemas de limpeza de gases de exaustão e catalisadores, conforme apresentado por Medeiros, 2010, onde poderiam minimizar consideravelmente as emissões de SO₂, enquanto sistemas SCR (*Selective Catalytic Reduction*) reduzem drasticamente as emissões de NO_x. O ICCT, 2007, ainda retrata que a otimização do perfil dos cascos diminui o atrito e a resistência hidrodinâmica impactando assim na otimização dos motores.

Sobreposto a isso, investimentos em medidas políticas públicas como incentivos fiscais e subsídios, sobretaxas para empresas mais poluidoras, conversão em crédito de carbono das emissões abaixo dos limites e preferências por contratação de empresas menos poluidoras, poderiam incentivar um acelerado corte nas emissões de poluentes (MEDEIROS, 2010).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERMOD. **Description of model formulation.** Desenvolvido por U.S. Environmental Protection Agency. Disponível em http://www.epa.gov/ttn/scram/7thconf/aermod/aermod_mfd.pdf. (2004). Acessado em 07 de setembro de 2014.

AGRAWAL, H.; WELCH, A. ; MILLER, W.; COCKER, D. **Emission Measurements from a Crude Oil Tanker at Sea.** Environmental Science & Technology, Washington, 2008.

ANTAQ. **RAIO X DA FROTA BRASILEIRA NA NAVEGAÇÃO DE APOIO MARÍTIMO** - principais empresas e suas frotas. 2011

ARAÚJO, L. **Projeto de sistemas oceânicos II Plataform Supply Vessels.** Disponível em: http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2008/LuizFelipePimentel/relat1/. Acessado em 15 de julho de 2014.

BAIN & COMPANY. **ESTUDOS de Alternativas Regulatórias, Institucionais e Financeiras para a Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.** Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/RelConsol-4de6.pdf>. Acesso em: 17 de outubro de 2013.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.; MIERZWA, J.; DE BARROS, M.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2ª Edição. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2005.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 03 de 28 de junho de 1990.**

BOURBON. **Modelos de navios offshore.** Disponível em:< <http://www.bourbonoffshore.com/en/services-and-fleet/our-fleet/psvs-essential-offshore-oil-industry>>. Acessado em 18 de abril de 2014.

CEPETEC –Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Dados Meteorológicos.** Disponível em:< <http://www.cptec.inpe.br/>>. Acessado entre o período de 02/11/13 a 21/07/14.

CETESB. **Poluentes.** Disponível em :< <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes>>. Acessado em 07 de janeiro de 2015.

CISNERO, J. **Redução dos impactos ambientais causados por emissões de gases no transporte marítimo.** Dissertação apresentada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

COOPER, D. **Quantification of emissions from ships associated with ship movements between port in the European Community.** 2002

CORBETT,J.; FISCHBECK, P. **Global Inventory of Emissions.** Science 31 de outubro de 1997.

CORBETT, J. J.; KOEHLER, H. W. **Updated emissions from ocean shipping.** Journal of Geophysical Research, v. 108, 2003.

CORBETT, J.; WINEBRAKE, J.; GREEN. E.; KASIBHATLA, P., EYRING, V.; LAUER, A.. **Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment.** Environ. Sci. Technol., 41, 8512–8518. 2007

CPTEC – Centro de previsão de tempo e estudos climáticos. Disponível em < <http://www.cptec.inpe.br>> acessado em 14 de maio de 2015.

DER GON, V.; HULSKOTTE, J. **Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands**. A documentation of currently used emission factors and related activity data. Report no. 500099012. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency, 2010

DER MEER, R. **Marine air: shipping emissions in ports and their impact on local air quality**: A case study on the ports of Delfzijl and Eemshaven. Holanda: Faculdade de Matemática e Ciência Naturais, Universidade de Groningen, 2012. Disponível em: <<http://irs.ub.rug.nl/dbi/50ebef46b9c99>>. Acesso em: Jan. 2014.

Environmental Protection Agency - EPA. **Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html>>. Acesso em: 18 de abril de 2014. 2009a

Environmental Protection Agency. **Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 1995**. Disponível em <<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>>. Acessado em 18 de dezembro de 2013.

Environmental Protection Agency - **User's guide for the AERMOD meteorological reprocessor (AERMET)**. Research Triangle Park, NC, 2004a.

EYRING, V. CORBETT, J.; LEE, D. WINEBRAKE, J. **Brief summary of the impact oh ship emissions on atmospheric composition, climate and human health**. Document submitted to the Health and Envirnment sub-group of the International Maritime Organization, 2007.

EUROCHEM. **Guide to quantifying uncertainty in analytical measurement 2nd Edition'**. 2000

FLUXO METEOROLOGIA. **Estudo de dispersão Atmosférica** – Terminal Portuário de Macaé, TEPOR. 2014

HINRICHS, R.; KLEINBACH, M.; DOS REIS, L. **Energia e Meio Ambiente**. Cengage Learning. São Paulo, 2010.

ICCT - INTERNATIONAL COUNCIL ON CLIMATE CHANGE. **Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships**: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. 2007.

ICF. **Current Methodologies in Preparing Mobile Source Port-Related Emission Inventories**. 2009

IMO. **Study of Greenhouse Gas Emissions from Ships** – issue No. 2-31' by Marintek, Det Norske Veritas, Econ Centre for Economic Analysis and Carnegie Mellon University. 2000

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório anual da qualidade do ar do estado do Rio de Janeiro**. 2008.2009.2013

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia - **Normais Climatológicas**. Brasília – DF, 1992.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos**. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acessado entre 02/11/13 a 21/07/14.

JALKANEN, J.; BRINK, A.; KALLI, J.; PETTERSSON. H.; KUKKONEN J.; STIPA T. **A modelling system for the exhaust emissions of marine traffic and its application in the Baltic Sea area**. Atmos. Chem. Phys., 9, 9209–9223, 2009

LIMA, Paulo César. **Agregação de reservas superiores a 90 bilhões de barris de petróleo**. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Centro de Documentação e Informação, Coordenação de Biblioteca. Disponível em <file:///C:/Users/raquel.depaula/Downloads/projeto_lei_royalties_lima.pdf> Acessado em 24 de fevereiro de 2014.

LLOYDS REGISTER ENGINEERING SERVICES. '**Marine Exhaust Emissions Research Programme**', Lloyds Register Engineering Services, London UK. (1995)

LOUREIRO, L. **Panorâmica sobre emissões atmosféricas**. Estudo de caso: Avaliação do inventário de emissões atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

MARINE TRAFFIC. Disponível em <<https://www.marinetraffic.com/pt/>> Acessado semanalmente entre 2/11/2013 e 21/07/2014.

MARINHA DO BRASIL. **Baía de Guanabara**. Disponível em <<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/publicacao/rotcs/057-076b-Baia-de-Guanabara.pdf>> Acessado em 15 de janeiro de 2014.

MARPOL 73/78 – **Anexo VI** – Regras para a prevenção da poluição do ar por navios. 1997

MEDEIROS, F. **Avaliação das Emissões de Poluentes Associadas ao Transporte Marítimo na Exploração e Produção de Petróleo da Bacia de Campos**. Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar do Brasil**. Disponível em: <

http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Diagnostico_Rede_de_Monitoramento_da_Qualidade_do_Ar.pdf>. Visualizado em 07 de janeiro de 2014.

SILVA, N. **Diagnóstico do clima da Estação Ecológica da Guanabara e região.** Diagnóstico do Clima - Plano de Manejo da Estação Ecológica da Guanabara. Disponível em: < http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/diagnostico_clima_ga.pdf >. Acessado em 03 de março de 2014.

SODRÉ, E. D. **Emissões atmosféricas e implicações potenciais sobre a biota terrestre devido as atividades antrópicas na Baía do Almirantado/ Ilha Rei George** – Antártica. 2011. 167f. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências, Programa de Pós-graduação em Biociências) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011

STULL, R. B. **An Introduction to Boundary Layer Meteorology.** 666 pp. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. 1988

TOSTES E MEDEIROS. **Plano de Desenvolvimento e Zoneamento do Porto do Rio de Janeiro:** Plano de Adequação. Setembro de 2009.

VELOSSO, M. **Avaliação de modelos gaussianos para fins regulatórios – Um estudo para a Bacia Aérea III da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** Dissertação submetida ao corpo docente da coordenação dos Programas de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em ciências em engenharia mecânica. 2007

WHALL, C; COOPER, D.; ARCHER, K.; TWIGGER, L.; THURSTON, N.; OCKWELL, D.; MCLNTYRE, A.; RITCHIE, A. **Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community.** 2002

ANEXO I – Inventário de Emissões

Dia analisado	Nº	utm			Altura da chaminé (m)	Diâmetro da chaminé (m²)	Temperatura de saída (Kelvin)	Velocidade de saída do gás (m/s)	Gross Tonnage	Emissão SO2 (g/s)	Emissão de Nox (g/s)
		Zone	Sul	Oeste							
	1	23K	687850	7470337	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2655	0,135405	0,353115
	2	23K	688151	7471297	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1931	0,098481	0,256823
	3	23K	688561	7471168	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1922	0,098022	0,255626
	4	23K	689865	7471207	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2461	0,125511	0,327313
	5	23K	690012	7471460	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1020	0,05202	0,13566
	6	23K	690226	7471358	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6170	0,31467	0,82061
	7	23K	690557	7471312	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
	8	23K	690851	7471272	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3519	0,179469	0,468027
	9	23K	690766	7471667	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3254	0,165954	0,432782
	10	23K	691162	7471501	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2719	0,138669	0,361627
	11	23K	690526	7471923	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2952	0,150552	0,392616
	12	23K	690360	7472175	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
	13	23K	690821	7472348	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3112	0,158712	0,413896

2/11/13 0:00

14	23K	691264	7472468	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
15	23K	691106	7472764	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2153	0,109803	0,286349
16	23K	691682	7472834	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	7473	0,381123	0,993909
17	23K	691965	7472510	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2668	0,136068	0,354844
18	23K	687787	7470801	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2167	0,110517	0,288211
19	23K	688552	7470426	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4678	0,238578	0,622174
20	23K	689993	7472095	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
21	23K	690495	7472616	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2483	0,126633	0,330239
22	23K	691078	7471904	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
23	23K	690967	7473131	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2990	0,15249	0,39767
24	23K	691314	7472141	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3404	0,173604	0,452732
25	23K	691522	7471518	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2899	0,147849	0,385567
26	23K	692037	7471667	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1517	0,077367	0,201761
27	23K	692074	7472187	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	879	0,044829	0,116907
29	23K	687108	7470699	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3922	0,200022	0,521626

30	23K	688146	7471616	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
31	23K	689759	7471737	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2151	0,109701	0,286083
32	23K	690106	7472389	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4518	0,230418	0,600894
33	23K	690301	7473217	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2573	0,131223	0,342209
34	23K	690755	7472107	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1619	0,082569	0,215327
35	23K	691438	7471121	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2466	0,125766	0,327978
36	23K	691201	7470878	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2668	0,136068	0,354844
37	23K	688143	7470668	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2092	0,106692	0,278236
38	23K	688143	7471638	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
39	23K	691323	7473067	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1937	0,098787	0,257621
40	23K	691471	7471851	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2921	0,148971	0,388493
1	23K	688305	7470828	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999,00	0,152949	0,398867
2	23K	688650	7471170	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2573	0,131223	0,342209
3	23K	688579	7470547	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4770	0,24327	0,63441
4	23K	690371	7471603	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2987	0,152337	0,397271

5	23K	690792	7472616	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	278	0,014178	0,036974
6	23K	690725	7472344	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4418	0,225318	0,587594
7	23K	690761	7471386	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598
8	23K	691171	7473789	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2153	0,109803	0,286349
9	23K	691825	7473527	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
10	23K	691616	7472565	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1619	0,082569	0,215327
11	23K	691439	7471665	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1106	0,056406	0,147098
1	23K	687172	7471067	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2655	0,135405	0,353115
2	23K	688319	7471060	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2686	0,136986	0,357238
3	23K	688619	7471485	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1922	0,098022	0,255626
4	23K	688677	7470898	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3949	0,201399	0,525217
5	23K	691840	7474058	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1978	0,100878	0,263074
6	23K	690696	7473355	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6107	0,311457	0,812231
7	23K	691688	7472214	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
8	23K	691754	7471628	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343

6/12/13 0:00

9	23K	690985	7472076	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2719	0,138669	0,361627
10	23K	691226	7471716	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1326	0,067626	0,176358
11	23K	690985	7471680	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2461	0,125511	0,327313
12	23K	690362	7472140	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
13	23K	690176	7471708	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1166	0,059466	0,155078
1	23K	687551	7471041	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
2	23K	687650	7470597	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1517	0,077367	0,201761
3	23K	688019	7470700	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2598	0,132498	0,345534
4	23K	692295	7473043	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	564	0,028764	0,075012
5	23K	692026	7472457	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	879	0,044829	0,116907
6	23K	691709	7471879	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
7	23K	691450	7472306	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3404	0,173604	0,452732
8	23K	691315	7472007	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2899	0,147849	0,385567
9	23K	691129	7472247	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	459	0,023409	0,061047
10	23K	691085	7472994	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2285	0,116535	0,303905

	11	23K	689991	7472111	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3061	0,156111	0,407113
	12	23K	690218	7473121	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	782	0,039882	0,104006
	13	23K	690459	7472541	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1420	0,07242	0,18886
	14	23K	690421	7473756	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3485	0,177735	0,463505
	15	23K	690152	7473736	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1417	0,072267	0,188461
	1	23K	686803	7470935	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2429	0,123879	0,323057
	2	23K	692330	7474594	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1200	0,0612	0,1596
	3	23K	687293	7470517	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2987	0,152337	0,397271
	4	23K	690721	7474292	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	14740	0,75174	1,96042
	1	23K	691729	7472433	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2153	0,109803	0,286349
	2	23K	691489	7471465	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1942	0,099042	0,258286
	4	23K	690740	7471421	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2401	0,122451	0,319333
	5	23K	689888	7471635	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1955	0,099705	0,260015
	6	23K	687061	7471056	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2961	0,151011	0,393813
	7	23K	691289	7471558	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1106	0,056406	0,147098

30/12/13 0:00

8	23K	690239	7472511	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3806	0,194106	0,506198
10	23K	690789	7472579	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	278	0,014178	0,036974
11	23K	690482	7471507	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
12	23K	690184	7471829	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2401	0,122451	0,319333
13	23K	690780	7472351	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2927	0,149277	0,389291
1	23K	689913	7472360	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
5	23K	688792	7471265	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3949	0,201399	0,525217
6	23K	690220	7472240	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2573	0,131223	0,342209
7	23K	688783	7470442	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
8	23K	687067	7470399	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4106	0,209406	0,546098
10	23K	686838	7471303	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1922	0,098022	0,255626
11	23K	688582	7471517	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1684	0,085884	0,223972
1	23K	691712	7472056	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
2	23K	690970	7473031	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6107	0,311457	0,812231
3	23K	688088	7470366	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3806	0,194106	0,506198

4	23K	690569	7473208	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4678	0,238578	0,622174
5	23K	690238	7473041	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	782	0,039882	0,104006
7	23K	688396	7470448	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3154	0,160854	0,419482
8	23K	688338	7470926	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2686	0,136986	0,357238
9	23K	690520	7472240	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3061	0,156111	0,407113
10	23K	691365	7473099	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1420	0,07242	0,18886
11	23K	687881	7470520	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2167	0,110517	0,288211
12	23K	686398	7470363	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2429	0,123879	0,323057
13	23K	690815	7471946	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4820	0,24582	0,64106
15	23K	689454	7470122	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2917	0,148767	0,387961
16	23K	688442	7471305	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1684	0,085884	0,223972
2	23K	690947	7471305	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598
4	23K	690492	7471890	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2149	0,109599	0,285817
5	23K	692021	7473393	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1200	0,0612	0,1596
6	23K	687432	7470571	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2987	0,152337	0,397271

	7	23K	687710	7470245	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2927	0,149277	0,389291
	1	23K	691815	7471955	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2153	0,109803	0,286349
	2	23K	691408	7471165	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1942	0,099042	0,258286
	4	23K	690297	7472483	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
	6	23K	690882	7472527	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3806	0,194106	0,506198
	7	23K	690354	7471302	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
	8	23K	690458	7473206	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2429	0,123879	0,323057
	11	23K	690720	7471486	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4281	0,218331	0,569373
	12	23K	691292	7471862	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2401	0,122451	0,319333
	13	23K	683416	7466932	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2927	0,149277	0,389291
	3	23K	690309	7470796	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3922	0,200022	0,521626
	4	23K	691943	7471468	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343
	5	23K	691602	7471891	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2150	0,10965	0,28595
	6	23K	690137	7472849	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1020	0,05202	0,13566
	7	23K	690705	7472658	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3254	0,165954	0,432782

17/1/13 0:00	8	23K	690377	7472791	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6798	0,346698	0,904134
	10	23K	691205	7472696	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2153	0,109803	0,286349
	11	23K	691139	7473552	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2588	0,131988	0,344204
	4	23K	691417	7471495	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2180	0,11118	0,28994
	6	23K	691297	7473787	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4454	0,227154	0,592382
	7	23K	688419	7471079	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
	8	23K	691369	7473341	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1103	0,056253	0,146699
	10	23K	690243	7471502	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	782	0,039882	0,104006
	11	23K	691846	7472308	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1420	0,07242	0,18886
	12	23K	687590	7470641	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2900	0,1479	0,3857
	13	23K	687040	7471262	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1931	0,098481	0,256823
	2	23K	690291	7471827	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598
	3	23K	690468	7472080	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
	5	23K	691943	7471751	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2994	0,152694	0,398202
	7	23K	692141	7473340	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1200	0,0612	0,1596

	1	23K	691356	7471727	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2153	0,109803	0,286349
	2	23K	691617	7471754	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1004	0,051204	0,133532
	3	23K	691617	7471754	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1047	0,053397	0,139251
	4	23K	691617	7471754	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	994	0,050694	0,132202
	5	23K	690262	7473443	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	8643	0,440793	1,149519
	6	23K	691604	7472101	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1219	0,062169	0,162127
	7	23K	691650	7471248	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343
	8	23K	691656	7471249	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343
	9	23K	688051	7470609	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	5914	0,301614	0,786562
	10	23K	690299	7472808	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2285	0,116535	0,303905
	11	23K	691307	7472635	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
	12	23K	689790	7472024	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1924	0,098124	0,255892
	13	23K	691691	7472671	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	564	0,028764	0,075012
	14	23K	691107	7473678	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1200	0,0612	0,1596
	15	23K	691383	7472151	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2278	0,116178	0,302974

28/05/2014

16	23K	691192	7471861	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3154	0,160854	0,419482
17	23K	691066	7472984	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	11472	0,585072	1,525776
18	23K	690471	7472155	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6641	0,338691	0,883253
19	23K	690754	7473754	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3938	0,200838	0,523754
20	23K	688591	7470694	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2952	0,150552	0,392616
21	23K	688284	7470900	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
22	23K	688422	7471187	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2952	0,150552	0,392616
23	23K	690824	7472036	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
24	23K	688652	7471051	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
25	23K	691519	7471752	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
26	23K	691747	7472465	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1459	0,074409	0,194047
27	23K	688647	7471460	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	7473	0,381123	0,993909
28	23K	690640	7472941	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	7099	0,362049	0,944167
29	23K	688352	7470584	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3665	0,186915	0,487445
30	23K	690079	7471771	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2927	0,149277	0,389291

	31	23K	689758	7471568	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3740	0,19074	0,49742
	32	23K	688514	7471772	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4049	0,206499	0,538517
	33	23K	691904	7473640	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4172	0,212772	0,554876
	34	23K	687329	7470660	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
	35	23K	691845	7471734	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	492	0,025092	0,065436
	36	23K	690184	7472139	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	7473	0,381123	0,993909
	1	23K	691672	7471598	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1004	0,051204	0,133532
	2	23K	692431	7472879	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	994	0,050694	0,132202
	3	23K	690452	7473620	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4049	0,206499	0,538517
	4	23K	691396	7471520	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343
	5	23K	688692	7471316	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	5914	0,301614	0,786562
	6	23K	690294	7472471	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
	7	23K	691715	7472384	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	564	0,028764	0,075012
	8	23K	692265	7473775	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1200	0,0612	0,1596
	9	23K	691374	7472386	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1969	0,100419	0,261877

21/06/2014

10	23K	687297	7470512	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2952	0,150552	0,392616
11	23K	687640	7470527	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2952	0,150552	0,392616
12	23K	690815	7472035	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
13	23K	688320	7470975	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
14	23K	690205	7472068	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
15	23K	690457	7471926	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1459	0,074409	0,194047
16	23K	690900	7471050	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2927	0,149277	0,389291
17	23K	692131	7471781	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	414	0,021114	0,055062
18	23K	691118	7472212	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598
19	23K	690583	7472976	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598
20	23K	688589	7470990	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3057	0,155907	0,406581
21	23K	688331	7471507	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1020	0,05202	0,13566
22	23K	691713	7472099	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1103	0,056253	0,146699
23	23K	689970	7472742	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4376	0,223176	0,582008
24	23K	690881	7472756	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2887	0,147237	0,383971

25	23K	689842	7471904	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2998	0,152898	0,398734
26	23K	690724	7471692	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
27	23K	688388	7470492	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1943	0,099093	0,258419
28	23K	691044	7471650	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
29	23K	688036	7470511	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	7473	0,381123	0,993909
30	23K	690113	7473349	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	7334	0,374034	0,975422
31	23K	688008	7470809	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3404	0,173604	0,452732
32	23K	690547	7471475	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2927	0,149277	0,389291
1	23K	691281	7472245	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2921	0,148971	0,388493
2	23K	688346	7470795	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3740	0,19074	0,49742
3	23K	686338	7470941	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2554	0,130254	0,339682
4	23K	691340	7471606	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1047	0,053397	0,139251
5	23K	691353	7471601	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	994	0,050694	0,132202
6	23K	690357	7472380	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598
7	23K	691173	7472057	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3606	0,183906	0,479598

21/07/2014

8	23K	691636	7474420	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3200	0,1632	0,4256
9	23K	690096	7471411	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
10	23K	691203	7471666	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4172	0,212772	0,554876
11	23K	690388	7471516	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4063	0,207213	0,540379
12	23K	691833	7471869	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343
13	23K	691838	7471861	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	371	0,018921	0,049343
14	23K	688367	7471138	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261
15	23K	686724	7470530	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2429	0,123879	0,323057
16	23K	691758	7471694	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2177	0,111027	0,289541
17	23K	687828	7470590	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	5914	0,301614	0,786562
18	23K	690741	7472566	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2554	0,130254	0,339682
19	23K	690328	7473316	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6107	0,311457	0,812231
20	23K	689688	7472081	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1997	0,101847	0,265601
21	23K	690846	7473888	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1020	0,05202	0,13566
22	23K	688684	7471026	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	6536	0,333336	0,869288

23	23K	688533	7470591	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2573	0,131223	0,342209
24	23K	691217	7472630	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4678	0,238578	0,622174
25	23K	691903	7472257	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	1106	0,056406	0,147098
26	23K	691623	7472013	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2998	0,152898	0,398734
27	23K	690073	7472931	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4477	0,228327	0,595441
28	23K	691497	7473073	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
29	23K	691207	7471427	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2999	0,152949	0,398867
30	23K	692177	7472920	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2429	0,123879	0,323057
31	23K	690594	7471791	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2952	0,150552	0,392616
32	23K	690801	7472020	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
33	23K	688611	7471765	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2556	0,130356	0,339948
34	23K	691312	7471167	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
35	23K	691329	7471181	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2160	0,11016	0,28728
36	23K	688206	7470627	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	4370	0,22287	0,58121
37	23K	690876	7471364	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3665	0,186915	0,487445

	38	23K	687636	7470663	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	2987	0,152337	0,397271
	39	23K	690387	7472998	11,00000	0,50000	618,00000	16,00000	3017	0,153867	0,401261



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 1 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

1 - IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

Nome do produto: ÓLEO DIESEL MARÍTIMO

Código interno de identificação: BR0106

Principais usos recomendados para a substância ou mistura: Uso em transporte Marinho

Nome da empresa: PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.

Endereço: Rua Correa Vasques 250
20211-140 - Cidade Nova - Rio de Janeiro (RJ).

Telefone: 0800 78 9001

Telefone para emergências: 08000 24 44 33

2 - IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- Classificação de perigo do produto: Líquidos inflamáveis – Categoria 3
Corrosivo/irritante à pele – Categoria 2
Carcinogenicidade – Categoria 2
Toxicidade para órgãos-alvo específicos – Exposição única - Categoria 3
Perigo por aspiração – Categoria 2

- Sistema de classificação adotado: Norma ABNT-NBR 14725-2:2009 – versão corrigida 2:2010
Sistema Globalmente Harmonizado para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos, ONU.

Outros perigos que não resultam em uma classificação: Não apresenta outros perigos.

ELEMENTOS APROPRIADOS DA ROTULAGEM

- Pictogramas:



- Palavra de advertência: PERIGO

- Frases de perigo: Líquido combustível.

Provoca irritação à pele.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 2 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Suspeito de provocar câncer.

Pode provocar irritação das vias respiratórias.

Pode provocar sonolência ou vertigem.

Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias.

- Frases de precaução:

Mantenha afastado de calor, faíscas e chama. Não fume.

Não inale fumos ou gases.

Evite o contato com olhos e pele.

Lave as mãos cuidadosamente após o manuseio.

Não coma, beba ou fume durante a utilização deste produto.

Utilize apenas ao ar livre ou em locais bem ventilados.

3 - COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE OS INGREDIENTES

>>>SUBSTÂNCIA DE PETRÓLEO

Nome químico comum ou nome técnico:

Gasóleos

Grupo de substância de petróleo:

Gasóleos e óleos destilados são misturas complexas de petróleo, compostas primariamente de hidrocarbonetos saturados (parafínicos ou naftênicos) ou aromáticos com cadeia carbônica composta de 9 a 30 átomos de carbono e ponto de ebulição entre 150 e 471°C.

Sinônimo:

Combustível diesel; óleo diesel.

Número de registro CAS:

68334-30-5



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 3 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Impurezas que contribuam para o perigo:

Componente	Concentração (%)	CAS
Compostos de enxofre	*	NA
Compostos oxigenados	-	NA
Compostos nitrogenados	-	NA

* Concentração de enxofre total: 1% (p/p)

NA: Não aplicável.

4 - MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

Inalação:

Remova a vítima para local arejado e mantenha-a em repouso. Monitore a função respiratória. Se a vítima estiver respirando com dificuldade, forneça oxigênio. Se necessário aplique respiração artificial. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

Contato com a pele:

Remova as roupas e sapatos contaminados. Lave a pele exposta com grande quantidade de água, por pelo menos 15 minutos. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

Contato com os olhos:

Lave com água corrente por pelo menos 15 minutos, mantendo as pálpebras abertas. Retire lentes de contato quando for o caso. Procure atenção médica imediatamente. Leve esta FISPQ.

Ingestão:

Lave a boca da vítima com água em abundância. NÃO INDUZA O VÔMITO. Procure atenção médica. Leve esta FISPQ.

Sintomas e efeitos mais importantes, agudos ou tardios:

Pode causar irritação das vias aéreas superiores se inalado com tosse, dor de garganta e falta de ar. Pode causar irritação à pele com vermelhidão e dor. Pode causar leve irritação ocular. Pode causar efeitos narcóticos. Pode ser fatal se aspirado.

Notas para médico:

Evite contato com o produto ao socorrer a vítima. Mantenha a vítima em repouso e aquecida. Não forneça nada pela boca a uma pessoa inconsciente. O tratamento sintomático deve compreender, sobretudo, medidas de suporte como correção de distúrbios hidroeletrólitos, metabólicos, além de assistência respiratória.

5 - MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

Meios de extinção:

Apropriados: Compatível com pó químico, espuma para hidrocarbonetos, neblina d'água e dióxido de carbono (CO₂). Não recomendados: Jatos d'água de forma direta. Água diretamente sobre o líquido em chamas.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 4 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Perigos específicos da mistura ou substância:

Produto combustível e muito perigoso quando exposto a calor excessivo ou outras fontes de ignição. Pode acumular carga estática por fluxo ou agitação. Os vapores do líquido aquecido podem incendiar-se por descarga estática. Os vapores são mais densos que o ar e tendem a acumular-se em áreas baixas ou confinadas, como bueiros e porões. Podem deslocar-se por grandes distâncias provocando retrocesso da chama ou novos focos de incêndio tanto em ambientes abertos como confinados. Os contêineres podem explodir se aquecidos. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.

Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:

Equipamento de proteção respiratória do tipo autônomo (SCBA) com pressão positiva e vestuário protetor completo. Contêineres e tanques envolvidos no incêndio devem ser resfriados com jatos d'água.

6 - MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

Precauções pessoais

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:

Isole o vazamento de fontes de ignição. Impeça fagulhas ou chamas. Não fume no local. Não toque nos recipientes danificados ou no material derramado sem o uso de vestimentas adequadas. Evite inalação, contato com os olhos e com a pele. Utilize equipamento de proteção individual conforme descrito na seção 8.

Para o pessoal de serviço de emergência:

Utilizar EPI completo, com luvas de PVC, óculos de proteção com proteção lateral. vestimenta de segurança para proteção de todo o corpo.

Precauções ao meio ambiente:

Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgotos.

Métodos e materiais para contenção e limpeza:

Utilize barreiras naturais ou de contenção de derrame. Colete o produto derramado e coloque em recipientes próprios. Adsorva o produto remanescente, com areia seca, terra, vermiculite, ou qualquer outro material inerte. Coloque o material adsorvido em recipientes apropriados e remova-os para local seguro. Para destinação final, proceder conforme a Seção 13 desta FISPQ.

Diferenças na ação de grandes e pequenos vazamentos:

Não há distinção entre as ações de grandes e pequenos vazamentos para este produto.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 5 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

7 - MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

MEDIDAS TÉCNICAS APROPRIADAS PARA O MANUSEIO

Precauções para manuseio seguro:

Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/exaustão local. Evite formação de vapores ou névoas. Evite exposição ao produto. Evite contato com materiais incompatíveis. Use luvas de proteção contra respingos, roupa de proteção, proteção ocular, proteção facial como indicado na Seção 8.

Medidas de higiene:

Lave as mãos e o rosto cuidadosamente após o manuseio e antes de comer, beber, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização. Remova a roupa e o equipamento de proteção contaminado antes de entrar nas áreas de alimentação.

Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Prevenção de incêndio e explosão:

Mantenha afastado do calor, faísca, chama aberta e superfícies quentes. Não fume. Mantenha o recipiente hermeticamente fechado. Aterre o vaso contendor e o receptor do produto durante transferências. Utilize apenas ferramentas anti-faísca. Evite o acúmulo de cargas eletrostáticas. Utilize equipamento elétrico, de ventilação e de iluminação à prova de explosão.

Condições adequadas:

Mantenha o produto em local fresco, seco e bem ventilado, distante de fontes de calor e ignição. O local de armazenamento deve conter bacia de contenção para reter o produto, em caso de vazamento. Mantenha os recipientes bem fechados e devidamente identificados. O local de armazenamento deve ter piso impermeável, isento de materiais combustíveis e com dique de contenção para reter em caso de vazamento. Não é necessária adição de estabilizantes e antioxidantes para garantir a durabilidade do produto. Este produto pode reagir, de forma perigosa, com alguns materiais incompatíveis conforme destacado na Seção 10.

Materiais para embalagens:

Não especificado.

8 - CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Parâmetros de controle:

Limites de exposição ocupacional:

Ingredientes	TLV – TWA (ACGIH)
Óleo diesel	100 mg/m ³ (FIV)

(FIV): Fração inalável e vapor.

Indicadores biológicos:

Não estabelecidos.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 6 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Medidas de controle de engenharia:

Promova ventilação combinada com exaustão local, especialmente quando ocorrer formação de vapores/névoas do produto. É recomendado tornar disponíveis chuveiros de emergência e lava olhos na área de trabalho.

Medidas de controle de engenharia:

Medidas de proteção pessoal

Proteção dos olhos/face:

Óculos de proteção com proteção lateral.

Proteção da pele e do corpo:

Vestimenta protetora adequada e luvas de proteção de PVC.

Proteção respiratória:

Recomenda-se a utilização de respirador com filtro para vapores orgânicos para exposições médias acima da metade do TLV-TWA. Nos casos em que a exposição exceda 3 vezes o valor TLV-TWA, utilize respirador do tipo autônomo (SCBA) com suprimento de ar, de peça facial inteira, operado em modo de pressão positiva. Siga orientação do Programa de Prevenção Respiratória (PPR), 3ª ed. São Paulo: Fundacentro, 2002.

Perigos térmicos:

Não apresenta perigos térmicos.

9 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Aspecto(estado físico, forma e cor):

Líquido claro (isento de materiais em suspensão).

Odor e limite de odor:

Característico de hidrocarbonetos.

pH:

Não aplicável.

Ponto de fusão/ponto de congelamento:

-40 – 6°C

Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição:

150 – 471°C

Ponto de fulgor:

60°C (vaso fechado)

Taxa de evaporação:

Não disponível.

Inflamabilidade (sólido; gás):

Não aplicável.

Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade:

Não disponível.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 7 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Pressão de vapor:	0,4 kPa a 40°C
Densidade de vapor:	Não disponível.
Densidade relativa:	Não disponível.
Solubilidade(s):	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos.
Coeficiente de partição – n-octanol/água:	Log kow: 7,22 (dado estimado).
Temperatura de auto-ignição:	≥ 225°C
Temperatura de decomposição:	400°C.
Viscosidade:	1,6 – 6,0 cSt a 40°C (Método: ASTM D-445)
Outras informações:	Densidade: 0,820 – 0,880 Faixa de destilação: 100 – 385°C a 760 mmHg

10 - ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade e reatividade.	Produto estável em condições normais de temperatura e pressão. Não sofre polimerização.
Possibilidade de reações perigosas:	Não são conhecidas reações perigosas com relação ao produto
Condições a serem evitadas:	Temperaturas elevadas. Fontes de ignição. Contato com materiais incompatíveis.
Materiais/substâncias incompatíveis:	Agentes oxidantes fortes como peróxidos, cloratos e ácido crômico.
Produtos perigosos da decomposição:	Hidrocarbonetos leves e pesados e coque. Quando aquecido pode liberar sulfeto de hidrogênio.

11 - INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidade aguda:	Não é esperado que o produto apresente toxicidade aguda.
Corrosão/irritação da pele:	Pode causar irritação à pele com vermelhidão e dor no local atingido.
Lesões oculares graves/ irritação ocular:	Pode causar leve irritação ocular.
Sensibilização respiratória ou da pele:	Não é esperado que o produto provoque sensibilização respiratória ou à pele.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 8 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Mutagenicidade em células germinativas

Não classificado como mutagênico

Carcinogenicidade:

Suspeito carcinógeno humano (Grupo 2B - IARC).

Toxicidade à reprodução:

Não é esperado que o produto apresente toxicidade à reprodução.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única:

Pode provocar irritação das vias respiratórias. Pode provocar sonolência ou vertigem com dor de cabeça e tontura.

Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida:

Pode causar dermatite após contato repetido e prolongado com a pele.

Perigo por aspiração:

Pode ser fatal se ingerido e penetrar nas vias respiratórias.

12 - INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

Ecotoxicidade:

Não é esperado que o produto apresente ecotoxicidade

Persistência e degradabilidade:

É esperada baixa degradação e alta persistência.

Potencial bioacumulativo:

É esperado potencial de bioacumulação em organismos aquáticos.

Mobilidade no solo:

Log kow: 7,22 (dado estimado).

Não determinada

Outros efeitos adversos:

Em caso de grandes derramamentos o produto pode ser perigoso para o meio ambiente devido à possível formação de uma película do produto na superfície da água diminuindo os níveis de oxigênio dissolvido.

13 - CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO

Métodos recomendados para tratamento e disposição aplicados ao:

Produto:

Devem ser eliminados como resíduos perigosos de acordo com a legislação local. O tratamento e a disposição devem ser avaliados especificamente para cada produto. Devem ser consultadas legislações federais, estaduais e municipais, dentre estas: Resolução CONAMA 005/1993, Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Restos de produtos:

Manter restos do produto em suas embalagens originais, fechadas e dentro de tambores metálicos, devidamente fechados, de acordo com a legislação aplicável. O descarte deve ser realizado conforme o estabelecido para o produto, recomendando-se as rotas de processamento em cimenteiras e a incineração.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 9 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Embalagem usada:

Nunca reutilize embalagens vazias, pois elas podem conter restos do produto e devem ser mantidas fechadas e encaminhadas para serem destruídas em local apropriado. Neste caso, recomenda-se envio para rotas de recuperação dos tambores ou incineração.

14 - INFORMAÇÕES SOBRE O TRANSPORTE

Regulamentações nacionais e internacionais

Terrestre:

Resolução nº 420 de 12 de Fevereiro de 2004 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), *Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos e suas modificações.*

Hidroviário:

DPC - Diretoria de Portos e Costas (Transporte em águas brasileiras)

Normas de Autoridade Marítima (NORMAM)

NORMAM 01/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto

NORMAM 02/DPC: Embarcações Empregadas na Navegação Interior

IMO – “International Maritime Organization” (Organização Marítima Internacional)

International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) – Incorporating Amendment 34-08; 2008 Edition.

Aérea:

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil – Resolução nº 129 de 8 de dezembro de 2009.

RBAC Nº 175 – (REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL) - TRANSPORTE DE ARTIGOS PERIGOSOS EM AERONAVES CIVIS.

IS Nº 175-001 – INSTRUÇÃO SUPLEMENTAR - IS

ICAO – “International Civil Aviation Organization” (Organização da Aviação Civil Internacional) – Doc 9284-NA/905

IATA - “International Air Transport Association” (Associação Internacional de Transporte Aéreo)

Dangerous Goods Regulation (DGR).

Nº ONU:

1202

15 - REGULAMENTAÇÕES



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: **ÓLEO DIESEL MARÍTIMO**

Página 10 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

Regulamentações:

Decreto Federal nº 2.657, de 3 de julho de 1998

Norma ABNT-NBR 14725-4:2012

Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

Portaria nº 229, de 24 de maio de 2011 – Altera a Norma Regulamentadora nº 26.

16 - OUTRAS INFORMAÇÕES

Esta FISPQ foi elaborada baseada nos conhecimentos atuais do produto químico e fornece informações quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente.

Adverte-se que o manuseio de qualquer substância química requer o conhecimento prévio de seus perigos pelo usuário. Cabe à empresa usuária do produto promover o treinamento de seus empregados e contratados quanto aos possíveis riscos advindos do produto.

Siglas:

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists

CAS - Chemical Abstracts Service

DL₅₀ - Dose letal 50%

IARC – International Agency for Research on Cancer

STEL – Short Term Exposure Limit

TLV - Threshold Limit Value

TWA - Time Weighted Average

NA – Não Aplicável

Bibliografia:

[ACGIH] AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. Disponível em: <http://www.acgih.org/TLV/>. Acesso em: dezembro de 2010.

[ECB] EUROPEAN CHEMICALS BUREAU. Diretiva 67/548/EEC (substâncias) e Diretiva 1999/45/EC (preparações). Disponível em: <http://ecb.jrc.it/>. Acesso em: dezembro de 2010.

[EPI-USEPA] ESTIMATION PROGRAMS INTERFACE Suite - United States Environmental Protection Agency. Software.

[HSDB] HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK. Disponível em: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>. Acesso em: dezembro de 2010.

[IARC] INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>. Acesso em: dezembro de 2010.



Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico - FISPQ

PRODUTO: ÓLEO DIESEL MARÍTIMO

Página 11 de 11

Data: 15/10/2014

Nº FISPQ: BR0106

Versão: 3

Anula e substitui versão: Todas as anteriores

[IPCS] INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – INCHEM. Disponível em: <http://www.inchem.org/>. Acesso em: dezembro de 2010.

[IPIECA] INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION. Guidance on the application of Globally Harmonized System (GHS) criteria to petroleum substances. Version 1. June 17th, 2010. Disponível em: http://www.ipieca.org/system/files/publications/ghs_guidance_17_june_2010.pdf. Acesso em: dezembro de 2010.

[NIOSH] NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL AND SAFETY. International Chemical Safety Cards. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/>. Acesso em: dezembro de 2010.

[NITE-GHS JAPAN] NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY AND EVALUATION. Disponível em: http://www.safe.nite.go.jp/english/ghs_index.html. Acesso em: dezembro de 2010.

[PETROLEUM HPV] PETROLEUM HIGH PRODUCTION VOLUME. Disponível em: <http://www.petroleumhvp.org/pages/petroleumsubstances.html>. Acesso em: dezembro, 2010

[REACH] REGISTRATION, EVALUATION, AUTHORIZATION AND RESTRICTION OF CHEMICALS. Commission Regulation (EC) No 1272/2008 of 16 December 2008 amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals.

[SIRETOX/INTERTOX] SISTEMA DE INFORMAÇÕES SOBRE RISCOS DE EXPOSIÇÃO QUÍMICA. Disponível em: <http://www.intertox.com.br>. Acesso em: dezembro de 2010.

[TOXNET] TOXICOLOGY DATA NETWORKING. ChemIDplus Lite. Disponível em: <http://chem.sis.nlm.nih.gov/>. Acesso em: dezembro de 2010.