



ESCOLA NAVAL

ta sante de bi-faire



Yazide Abdul Carimo Sulemane

*Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto
de Lisboa*

Análise de Risco

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares
Navais, na especialidade de Marinha**



Alfeite

2015



Yazide Abdul Carimo Sulemane

***Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de
Lisboa
Análise de Risco***

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha

Orientação de: CFR Santos Teles

Co-orientação de: 1TEN TSN Gonçalves de Deus

O Aluno Mestrando,

O Orientador,

ASPOF Carimo Sulemane

CFR Santos Teles

Alfeite

2015



Epígrafe

“Genius is one percent inspiration and ninety-nine percent perspiration.”

Thomas Alva Edison



Dedicatória

Quero dedicar esta dissertação aos meus pais e às minhas irmãs, pela força e presença reconfortante e incondicional nos momentos mais difíceis e aos meus amigos pela motivação e apoio absoluto.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, a todos os oficiais e civis, que de alguma forma contribuíram para a minha formação e consequentemente para a realização desta dissertação.

Agradeço ao CMG Dionísio Varela, Chefe da Divisão Técnica de Segurança Marítima, da Direção-Geral da Autoridade Marítima, a sua total disponibilidade para o fornecimento de dados relativos ao histórico de acidentes marítimos que ocorreram no Porto de Lisboa.

Agradecer à Direção de Faróis e à Direção de Análise e Gestão da Informação, pelas excelentes condições proporcionadas para o desenvolvimento e consecução desta dissertação, em particular ao Chefe do Gabinete de Estudos da Direção de Faróis, CFR Santos Teles, orientador da mesma, e ao 1 TEN TSN-EIO Rui Pedro Gonçalves de Deus, coorientador, a ambos agradeço pela amizade, pela disponibilidade permanentemente demonstrada, pela motivação e conhecimento transmitido. Pois, sem ambos, esta dissertação não seria possível de se realizar.

Ao longo do meu estágio de embarque, a bordo do N.R.P. “Vasco da Gama”, foram-me proporcionadas todas as condições necessárias à realização deste trabalho, pelo que gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos ao comando do navio.

Agradecer ao Departamento de Ciências do Mar, pelo acompanhamento ao longo destes cinco anos, em particular ao CFR Abrantes Horta e CFR José Isabel, por todos os ensinamentos passados.

Agradecer, sem dúvida, ao meu pai, Abdul Sulemane, reflexo do que sou, e à minha mãe, Fátima Sulemane, pois sem o esforço e apoio deles eu não estaria aqui.

Resumo

Nesta dissertação é desenvolvida uma ferramenta de apoio ao IALA *Waterway Risk Assessment Program* (IWRAP), de forma a facilitar a estimativa da frequência de colisões e encalhes nos portos nacionais. O cálculo e previsão de colisões e encalhes é um tema essencial na temática da Segurança Marítima, em particular, aquela que incide nas zonas portuárias e estuarinas. A aplicação IWRAP é um dos instrumentos que a Direção de Faróis tem ao seu dispor para efetuar estudos de análise de risco relacionados com a segurança marítima e de assinalamento marítimo nestas zonas. Porém, esta ferramenta necessita de *inputs* que quantifiquem o volume de tráfego marítimo de acordo com a sua tipologia (comprimento, tipo de navio, distribuição ao longo do eixo da pernada) e também com as características ambientais da área em estudo (correntes, batimetria). A Marinha Portuguesa tem na sua posse um acervo bastante extenso de dados AIS que permitem quantificar o volume de tráfego marítimo na entrada da barra do Porto de Lisboa. Entre a existência de dados AIS e a produção dos *inputs* necessários para a correta utilização da aplicação IWRAP existe uma lacuna que é transposta com a presente dissertação e que passa pelo desenvolvimento de um protótipo em MATLAB, designado por Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE). Este protótipo permite parametrizar as várias pernadas ao longo do canal navegável e, ao incorporar diversos algoritmos para extração e tratamento de dados, permite produzir os respetivos *inputs* a partir de grandes quantidades de dados AIS. Os resultados probabilísticos do risco de colisão e encalhe obtidos pelo IWRAP foram comparados com o histórico de acidentes que se verificaram no Porto de Lisboa no sentido de validar os resultados obtidos. Foram ainda simulados 5 diferentes cenários que implementam medidas de mitigação do risco de forma a verificar qual destas se afigura a mais adequada.

Dado que só no presente trabalho ficou disponível o protótipo Módulo MACE para garantir a correta parametrização do IWRAP, os resultados obtidos constituem uma novidade e a metodologia seguida constitui uma referência para a realização de futuros estudos semelhantes em outros portos nacionais.

Palavras-chave: Análise de Risco, Colisão e Encalhe, Assinalamento marítimo, Segurança Marítima.

Abstract

This work aims to develop a tool that supports the IALA *Waterway Risk Analysis Program* (IWRAP) in order to estimate the frequency of collisions and groundings on the entry of the Lisbon Harbour. The calculation and forecast of collisions and groundings are a paramount subject within the Maritime Safety theme, in particular, those regarding harbours and estuarine areas. The IWRAP application is one of the analytical tools that the Portuguese Lighthouse Directorate has to make risk analysis studies related with maritime safety and maritime signalling in this areas. However, this tool needs inputs to quantify the volume of maritime traffic in accordance with its own typology (length, ship type, distribution at the leg's axis) and also with environmental characteristics of the target area (drift, bathymetry). The Portuguese Navy has in its possession a fairly extensive collection of AIS data which can be used to quantify the volume of maritime traffic on the entry of the Lisbon Harbour. Between the existence of AIS data and the required inputs production for the correct use of the application IWRAP there is a gap that is overcome with the present thesis and it sums up to the development of a prototype in MATLAB, designated by Analysis Module of Collisions and Groundings (MACE). This prototype allows the user to parameterize the different legs along the waterway and, by incorporating several algorithms, extract and process large amounts of data. The final probabilistic results from IWRAP regarding collisions and groundings were compared with the historical accidents that have occurred in the same target area of the Lisbon Harbour in order to validate the IWRAP results. We also simulated five different scenarios that implement risk mitigation measures in order to verify which of these would seem more appropriate. Since the MACE prototype was only finished within the present thesis, the final results constitute a novelty and the methodology used constitutes a reference to conduct future studies in other national harbours.

Key-words: Risk Analysis, Collision, Groundings, Maritime Signalling, Maritime Safety.

Índice

Epígrafe	v
Dedicatória.....	vii
Agradecimentos	ix
Resumo	xi
Abstract.....	xiii
Índice	xv
Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Fórmulas	xxiii
Lista de Siglas e Acrónimos	xxv
1 Capítulo 1 – Introdução.....	29
1.1 Enquadramento	31
1.2 Justificação do Tema	38
1.3 Objetivos.....	39
1.4 Questões de Investigação	40
1.5 Metodologia de Investigação	40
2 Capítulo 2 – Revisão da Literatura.....	45
2.1 Conceito de Risco	45
2.2 Acidentes Marítimos.....	51
2.3 Enquadramento Legal e Assinalamento Marítimo	57
2.4 Ferramenta IWRAP	60
2.4.1 Aplicação.....	61
2.4.2 Modelos Matemáticos	62
2.5 Ferramenta AISINTEL e trabalho precedente	65
2.5.1 Módulo de Trajetórias Simultâneas.....	67
2.5.2 Módulo Análise de Incidentes	69
3 Capítulo 3 – Modelo de Análise.....	73
3.1 Módulo de Análise de Colisões e Encalhes – MACE	73
3.1.1 Inputs para IWRAP	75
3.1.2 Estruturas de Dados	78



3.1.3	Rotinas de Extração, Transformação e Carregamento	83
3.1.4	Interface gráfico para obtenção de dados	86
3.2	Cenário de Estudo: Porto de Lisboa	89
3.2.1	Caracterização do canal do Porto de Lisboa.....	89
3.2.2	Parametrização da configuração do cenário de análise	92
3.2.3	Outputs do IWRAP	104
4	Capítulo 4 – Discussão de Resultados.....	109
4.1	Resultados da análise do Porto de Lisboa.....	109
4.2	Análise do CPA	113
4.3	Comparação dos resultados com histórico de acidentes	121
4.4	Identificação de medidas de mitigação do risco	125
5	Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações	139
5.1	Análise sumária do trabalho realizado	139
5.2	Identificação de oportunidades de melhoria da ferramenta desenvolvida	140
5.3	Recomendações e trabalho futuro	141
	Bibliografia.....	145
	Apêndice A – Tabelas de <i>input</i> do IWRAP.....	153
	Apêndice B – Código do Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE).....	155
	Apêndice C – Histórico de acidentes marítimos na entrada do Porto de Lisboa.....	189

Lista de Figuras

Figura 1 - Funções e tarefas da Marinha	35
Figura 2 - Número de acidentes ocorridos em 2013 e no primeiro quadrimestre de 2014	52
Figura 3 - Distribuição mensal dos acidentes marítimos em 2013 e 2014 (janeiro a abril)	52
Figura 4 - Comparação entre média anual da UE e resultados nacionais.....	53
Figura 5 - Evolução do protótipo AISINTEL.....	66
Figura 6 - Interface inicial do AISINTEL a 7 de agosto de 2015	67
Figura 7 - Módulo de Trajetórias Simultâneas - Colisão do tipo Overtaking	68
Figura 8 - Navio YM Uranus após colisão com Hanjin Rizhao.....	68
Figura 9 - Módulo de Análise de Incidentes - Encalhe do navio Merle em 19 de janeiro de 2013	69
Figura 10 - Imagem do navio “Merle” após o encalhe na praia da Torreira.	70
Figura 11 - Exemplo de uma fdp associada à distribuição de entradas e saídas ao longo do eixo transversal de uma pernada.....	77
Figura 12 - Exemplo de Histograma (frequências relativas) para o total de entradas e saídas (todos os tipos de navio e comprimento) ao longo de um ano.	77
Figura 13 - Campos da estrutura t no ambiente de desenvolvimento MATLAB (workspace)	78
Figura 14 - Conteúdo da struct s.....	79
Figura 15 - Divisão do retângulo que contém a pernada de análise em polígonos A e B e nas respetivas "tiras"	80
Figura 16 - Conteúdo do campo dados.a2014	81
Figura 17 - Histograma dos valores absolutos das entradas e saídas ao longo do eixo transversal de uma pernada.....	82
Figura 18 - Fluxograma do algoritmo para cálculo do "esparguete"	84
Figura 19 - Interface principal do Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE)	86
Figura 20 - Interface do MACE com descrição das principais componentes gráficas...	87
Figura 21 - Botão que inicia o algoritmo para coligir inputs do IWRAP e CPA	87



Figura 22 - Seleção do ano para iniciar a produção de inputs do IWRAP	88
Figura 23 - Output da função que colige passagens e CPA	88
Figura 24 - Configuração do cenário no IWRAP	94
Figura 25 - Definição de batimétricas dos 5 e 10 metros.	95
Figura 26 - Configuração do cenário de análise no IWRAP	96
Figura 27 - Configuração da pernada 1 no IWRAP	96
Figura 28 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 1	97
Figura 29 - Configuração da pernada 2 no IWRAP	97
Figura 30 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 2	98
Figura 31 - Configuração da pernada 3 no IWRAP	98
Figura 32 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 3	99
Figura 33 - Configuração da pernada 4 no IWRAP	99
Figura 34 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 4	100
Figura 35 - Introdução do nº de passagens em cada pernada para entradas e saídas ...	101
Figura 36 - Área tipificada com embarcações de pesca	101
Figura 37 - Correntes predominantes na pernada 1	102
Figura 38 - Correntes predominantes na pernada 2	103
Figura 39 - Correntes predominantes na pernada 3	103
Figura 40 - Correntes predominantes na pernada 4	104
Figura 41 - Mapa de gradiente de cores que codifica o risco de colisão/encalhe.....	105
Figura 42 - Tabela dos resultados probabilísticos “Ship-ship”	106
Figura 43 - Probabilidades de ocorrer uma colisão do tipo overtaking/pernada	106
Figura 44 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe atual referente ao Porto de Lisboa	109
Figura 45 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe atuais	110
Figura 46 - Distribuição de CPA na 1ª pernada. A cor amarela representa casos com embarcações do tipo “Support-Ship”	114
Figura 47 - Lista de navios e respetivo CPA	115
Figura 48 - Operação das dragas Freja R e Thor R em 7 de agosto de 2014	116
Figura 49 - Entrada do Slidur no Porto de Lisboa que rasa a draga Thrud R.....	116
Figura 50 - Entrada na barra sul do Porto de Lisboa do “Amber” e do “Tian Hua Feng”.	117



Figura 51 - Distribuição de CPA na 2ª pernada. A amarelo tem-se casos com embarcações do tipo “Support-Ship”	118
Figura 52 - Distribuição de CPA na 3ª pernada. A amarelo tem-se casos com embarcações do tipo “Support-Ship”	118
Figura 53 - Distribuição de CPA na 4ª pernada. A amarelo tem-se casos com embarcações do tipo “Support-Ship”	119
Figura 54 - Apoio de pilotos à saída do tanker Queen Isabella do Porto de Lisboa.....	120
Figura 55 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 1.....	126
Figura 56 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 2.....	128
Figura 57 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 3.....	130
Figura 58 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 4.....	132
Figura 59 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 5.....	134

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Perdas de navios por tipo/ano.....	34
Tabela 2 - Fatores indicativos de risco	50
Tabela 3 - Ligação entre fatores de risco e as causas do 1º acidente.....	55
Tabela 4 - Ligação entre fatores de risco e as causas do 2º acidente.....	56
Tabela 5 - Exemplo de output da aplicação MACE que constitui input para o IWRAP	76
Tabela 6 - Cálculo probabilístico de cada incidente (anos entre incidentes).....	105
Tabela 7 - Comparação entre valores do histórico de acidentes marítimos no Porto de Lisboa e resultados obtidos no IWRAP.....	121
Tabela 8 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 1	126
Tabela 9 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 2.....	128
Tabela 10 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 3.....	130
Tabela 11 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 4.....	132
Tabela 12 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 5.....	134
Tabela 13 - Tabela com total de passagens na pernada 1.....	153
Tabela 14 - Tabela com total de passagens na pernada 2.....	153
Tabela 15 - Tabela com total de passagens na pernada 3.....	154
Tabela 16 - Tabela com total de passagens na pernada 4.....	154



Lista de Fórmulas

(1) Estimativa da Estatística de teste de welch.....	124
(2) Desvio-padrão amostral.....	124
(3) Probabilidade de rejeitar a hipótese nula.....	124



Lista de Siglas e Acrónimos

1TEN	Primeiro-tenente
AIS	<i>Automatic Identification System</i>
AIMS	<i>Association Internationale de Signalisation Maritime</i>
AMN	Autoridade Marítima Nacional
ASPOF	Aspirante a oficial
CFR	Capitão-de-fragata
CGPM	Comando-Geral da Polícia Marítima
CPA	<i>Closest Point of Approach</i>
DAGI	Direção de Análise e Gestão da Informação
DAI	Divisão de Análise da Informação
DF	Direção de Faróis
DGAM	Direção Geral da Autoridade Marítima
EIO	Estatística e Investigação Operacional
EMSA	<i>European Maritime Safety Agency</i>
FDP	Função Densidade de Probabilidade
GDH	Grupo Data Hora
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
IALA	<i>International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities</i>
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IWRAP	<i>IALA Waterway Risk Assessment Programme</i>
LOMAR	Lei Orgânica da Marinha
MACE	Módulo de Análise de Colisões e Encalhes
MATLAB	<i>MATrix LABoratory</i>
METOC	Meteo-oceanográficas
MMSI	<i>Maritime Mobile Service Identity</i>
MONICAP	Monitorização Contínua das Atividades da Pesca
MP	Marinha Portuguesa
MSC	<i>Maritime Safety Committee</i>
MSSIS	<i>Maritime Safety and Security Information System</i>



NRP	Navio da República Portuguesa
PAWSA	<i>Port and Waterway Safety Assessment tool</i>
PJ	Polícia Judiciária
QREN	Quadro de Referência de Estratégia Nacional
SAR	<i>Search and Rescue</i>
SEF	Serviço de Estrangeiros e Fronteiras
SOLAS	<i>Safety Of Life At Sea</i>
SRA	<i>Society of Risk Analysis</i>
STI	Superintendência das Tecnologias da Informação
TSN	Técnico Superior Naval
VHF	<i>Very High Frequency</i>
ZEE	Zona Económica Exclusiva



Capítulo 1

Introdução

- 1.1 Enquadramento
- 1.2 Justificação do tema
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Questões de investigação
- 1.5 Metodologia de investigação

1 Capítulo 1 – Introdução

A presente dissertação de metrado pretende criar uma ferramenta de apoio ao IALA *Waterway Risk Analysis Program* (IWRAP)¹, de forma a facilitar a estimativa da frequência de colisões e encalhes nos portos nacionais. Para aferição da ferramenta a desenvolver, foi testado o cenário da entrada da Barra Sul do porto de Lisboa. Este cálculo terá em consideração o volume de tráfego e características ambientais do canal navegável que constituem o cenário atual para a entrada da barra do Porto de Lisboa. Os valores das frequências de colisão e encalhe, assim como o tempo médio entre a ocorrência destas, constituem uma referência para o risco de segurança marítima de um porto relativamente às atuais circunstâncias ou cenário atual. A partir do cenário atual é depois possível considerar e avaliar, de forma quantitativa, diferentes medidas de mitigação do risco de colisão e encalhe de forma a verificar qual destas se afigura como a mais adequada. A utilização desta ferramenta pressupõe a existência de dados sobre o volume de tráfego marítimo e a sua tipologia ao longo dos canais de navegação do rio. O estudo do risco de colisão e encalhe nas zonas estuarinas nacionais está a cargo do gabinete de estudos e planeamento da Direção de Faróis (DF)², que é o órgão da Direção-Geral da Autoridade Marítima (DGAM)³ com competências de direção técnica de todo o assinalamento marítimo nacional. Uma das dificuldades para a correta estimativa das frequências de colisões e encalhes está na existência e disponibilidade de dados, na quantidade, formato e qualidade adequadas, que permitam caracterizar o volume de tráfego marítimo na entrada dos portos, e nas respetivas rotas. Em particular, a ferramenta IWRAP requer como *inputs* o número total de entradas e saídas caracterizadas por tipo de navio, comprimento e por cada pernada definida no canal de navegação do porto, assim como a respetiva função densidade de probabilidade de acordo com a distância ao eixo

¹ IWRAP é uma ferramenta de modelação desenvolvida pela IALA, com excelentes potencialidades na avaliação quantitativa do risco marítimo em áreas geográficas, que será abordado no subcapítulo 2.4.

² A Direção de Faróis é um dos membros fundadores da IALA (*International Association of Lighthouse Authorities*).

³ A DGAM é um serviço público, integrado no Ministério da Defesa Nacional, dotado de autonomia administrativa, estando-lhe legalmente cometidas a direção, coordenação e controlo das atividades exercidas pelos seus órgãos e serviços.



longitudinal da pernada. Dados provenientes do sistema AIS⁴ podem ser usados para estimar o volume de tráfego na entrada da barra de Lisboa, desde que, para cada navio, o número de mensagens AIS disponível seja adequado⁵ para efetuar o cálculo de “entradas” e “saídas” ao longo dos eixos das diferentes pernadas definidas no canal navegável. Em 2013 foi iniciado o registo ininterrupto de mensagens AIS tendo como fonte a rede de antenas VHF ao longo da costa do continente. Esta rede colige mensagens AIS que distam entre si (para cada navio), em média, entre 4 a 5 segundos. Este volume de informação permite, não só, calcular o número de “entradas” e “saídas”, mas também a sua dispersão ao centro do eixo longitudinal das pernadas e desta forma caracterizar as entradas e saídas através de um histograma ou função densidade de probabilidade.

Para obter os valores de risco de colisão e encalhe é necessário efetuar o tratamento de um volume relativamente extenso de dados AIS de forma a obter os *inputs* necessários para a correta parametrização da entrada da barra do Porto de Lisboa com a ferramenta IWRAP. Para efetuar este tratamento de dados foi desenvolvido um protótipo em MATLAB que permite definir e parametrizar as pernadas ao longo do canal navegável em estudo e coligir todo um vasto leque de informações, entre as quais, os *inputs* do IWRAP. O desenvolvimento deste protótipo constitui um passo fundamental para estimar as frequências de colisão e encalhe tendo por base uma fotografia mais coerente da real dinâmica da área em estudo.

A realização desta dissertação é o resultado de um esforço conjunto entre a Direção de Faróis, através do Comandante Santos Teles, da Direção de Análise e Gestão da Informação, através do Tenente Gonçalves de Deus e a Escola Naval. Os produtos obtidos advêm de um trabalho interdisciplinar entre áreas tão distintas como a Navegação, a Programação Informática, a Estatística e a Análise de Risco.

⁴ *Automatic Identification System*, corresponde a um *tranceiver* instalado a bordo de um navio ou embarcação, que transmite de forma contínua e automática um sinal VHF contendo informação do navio com o seu MMSI, indicativo de chamada, posição, rumo, velocidade e outras informações, para todos os navios mais próximos e estações em terra. O recetor AIS, montado noutra embarcação ou estação terrestre, depois de receber o sinal VHF de um determinado navio, descodifica esse mesmo sinal. O resultado final deste fluxo de informação é apresentado ao utilizador, fornecendo a indicação de todos os navios equipados com este sistema que se encontram dentro do alcance VHF.

⁵ A adequabilidade dos dados AIS de um navio depende do número de mensagens que o equipamento emite e que é detetado pela rede de antenas e coligido pelo sistema de registo contínuo operado pela DAGI. Caso se utilizasse a fonte de dados AIS proveniente do sistema MSSIS onde as posições dos navios para a área estuarina do Tejo distam em média entre 5 a 10 minutos, então já não seria possível quantificar as passagens ao longo do eixo transversal de uma pernada cujo comprimento varia entre as 400 e as 800 jardas.

Neste Capítulo é feito um enquadramento do tema em estudo, onde é referida a importância para Portugal em garantir linhas de navegação seguras tanto em águas abertas como em águas interiores, é feito um resumo dos principais acidentes marítimos que ocorreram em todo o mundo e, finalmente, é feito um resumo da estrutura da presente dissertação de mestrado. Ainda neste Capítulo, são definidos os objetivos a atingir, as questões de investigação, a justificação do tema que motivou o autor a encetar o atual trabalho e a metodologia de investigação seguida.

1.1 Enquadramento

Portugal, país soberano unitário localizado no Sudoeste da Europa, sendo que o seu território se situa na zona ocidental da Península Ibérica e em arquipélagos no Atlântico Norte. A fronteira Atlântica de Portugal Continental e os seus Arquipélagos dotaram o país de espaços marítimos de significativa dimensão sob a sua jurisdição e soberania. Uma das mais-valias do nosso país é o mar. Portugal é um país com tradição marítima, dispõe de uma área de jurisdição marítima de 5.792.740 km², composta por águas interiores, mar territorial e Zona Económica Exclusiva (ZEE). Para além dos espaços marítimos sob jurisdição e soberania, Portugal assumiu a responsabilidade internacional de busca e salvamento marítimo em determinada região do oceano Atlântico, denominada área SAR, *Search and Rescue*⁶, cuja dimensão é 63 vezes superior ao território nacional.

A Marinha Portuguesa (MP) tem como missão garantir que Portugal pode usar o mar no seu próprio interesse. Todavia, a MP tem uma doutrina de duplo uso, uma vez que possui capacidade e competências legais para atuar em duas vertentes: militar e não-militar. A atuação militar, refere-se à função de defesa militar e apoio à política externa e a vertente não militar, respeita às funções de segurança e autoridade do Estado, e de apoio ao desenvolvimento económico, científico e cultural.

A presente dissertação ao estar inserida na temática da segurança marítima encontra-se subordinada à vertente não-militar, em que a função de segurança e

⁶ *Search and Rescue*, traduzido para português, Busca e Salvamento. A Marinha, garante em permanência, um serviço público de Busca e Salvamento Marítimo, desempenhado por unidades detalhadas para salvar pessoas em perigo, ocasionado por acidentes com embarcações no mar ou aeronaves em terra ou no mar, contando com a colaboração da Autoridade Nacional de Proteção Civil e da Força Aérea Portuguesa.



autoridade do Estado engloba as tarefas de segurança marítima e mais especificamente a componente do assinalamento marítimo.

Portugal, à luz do seu posicionamento geoestratégico, projeta-se de forma intercontinental, criando uma ponte entre Europa, África e América. Tal como afirmou Tiago de Pitta e Cunha (2004): “Com um território continental exíguo e desprovido de relevantes recursos naturais, com dois arquipélagos e com uma imensa área marítima a ligar as suas diferentes unidades territoriais, Portugal pode configurar-se como um Estado quase arquipelágico. A área marítima sob jurisdição nacional é dezoito vezes a área do nosso território terrestre, e corresponde a mais de metade do conjunto de toda a área das Zonas Económicas Exclusivas dos Estados membros da União Europeia”⁷.

O oceano é indubitavelmente o mais importante recurso natural de Portugal. Neste âmbito, a atividade económica do mar é um enorme desafio para o país, se encarado como um dos sectores estratégicos, com as autoridades a definirem mesmo como “um desígnio nacional para o futuro”. É pelo oceano, através das infraestruturas portuárias, que nos chega a grande maioria da energia que importamos e consumimos, e que nos chegam importantes mercadorias. O tráfego marítimo assume-se como a principal via de comércio mundial, por isso mais do que nunca, o mar assume um papel fundamental, não só na economia portuguesa como mundial. Os oceanos têm vindo a ganhar uma importância sem precedentes aos olhos de todos os países, e em particular dos países costeiros. O crescente papel dos oceanos nas sociedades do futuro é absolutamente crítico para um país como Portugal. Devido ao posicionamento geoestratégico do nosso país, permite-nos pensar no desenvolvimento de vantagens económicas, as quais, por sua vez, poderão assumir contornos de vantagens geoestratégicas e através delas obter-se maior relevância política para Portugal. É exemplo disto, o caso dos transportes marítimos e dos portos. As atividades ligadas aos portos e transportes marítimos têm tido, a nível mundial, um crescimento exponencial, desde a década de 1960. Esta tendência deve-se a dois motivos principais: o seu baixo custo comparativo e o incremento do comércio internacional, devido ao processo de globalização. A globalização é o fenómeno de maior influência na Humanidade neste princípio de século XXI. Dela decorre a permanente multiplicação das relações internacionais, que originam um sistema político, económico, social e militar

⁷ Pitta e Cunha, Tiago (2004). A Importância Estratégica do Mar para Portugal. *Revista Nação & Defesa*, pp. 41-52.

interdependente, determinado pela troca crescente de bens e informações. É característica determinante deste sistema, o fato da economia mundial assentar no livre tráfego, particularmente no efetuado por via marítima, que é responsável por cerca de 90% do comércio mundial. A mais-valia da posição estratégica ocupada por Portugal, traduz-se, entre outros aspetos, no fato de 53% do comércio externo da União Europeia passar em águas jurisdicionais portuguesas.

Devido ao fato de algumas das principais rotas do tráfego marítimo mundial passar pelas nossas águas, irá haver um aumento dos transportes marítimos, desta forma um consequente aumento da densidade do tráfego, surgindo desta forma novos problemas referentes à segurança da navegação, havendo necessidade de garantir a segurança do transporte marítimo. No que toca à Segurança Marítima, a nível europeu, tem-se a *European Maritime Safety Agency (EMSA)*⁸, que surgiu na sequência do afundamento do petroleiro Erika, na costa francesa em 1999 e que desempenha um papel muito relevante na promoção da segurança marítima a nível mundial. A União Europeia adotou várias diretivas com o objetivo de prevenir futuros acidentes e combater a poluição marítima. A EMSA consiste numa agência que proporciona apoio técnico e científico à Comissão Europeia na área da segurança marítima e da prevenção da poluição dos navios, desenvolvendo e atualizando legislação, bem como monitorizando a sua implementação e avaliação da eficácia das medidas adotadas, com o objetivo principal de prevenir futuros problemas e acidentes. Anualmente, a EMSA publica o artigo *Maritime Accident Review*. Pelo que optou-se pelo artigo publicado pela *Allianz Global Corporate & Specialty*, visto esta ter publicado o artigo *Shipping Review* há menos tempo. Este artigo agrega um conjunto de estatísticas relativas à segurança marítima. De acordo com dados do último artigo, *Shipping Review 2015*, a segurança marítima, tem sido reforçada e atingiu no ano de 2014 um número recorde de apenas 75 perdas registadas em todo o mundo, o menor número nos últimos 10 anos. Face ao ano de 2013, em que se registaram 110 perdas, verificou-se uma redução de 32%. Pode-se observar, na tabela seguinte, relativa ao período compreendido entre os anos de 2005 a 2014, as perdas de navios (tipo de navio/ano):

⁸ De acordo com o estipulado pela Diretiva 2002/59/EC, surge em 2004, o SafeSeaNet (SSN) que só viria a ficar totalmente operacional em 2009.

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



Tabela 1 - Perdas de navios por tipo/ano⁹

Period	Barge	Bulk	Cargo	Chemical / Product	Container	Dredger	Fishery	LPG/LNG	Other	Passenger	Ro-ro	Supply / Offshore	Tanker	Tug	Unknown	
2005	5	6	61	6	2	4	34	1	3	12	7	3		5		149
2006	6	8	61	11	4	3	23		3	12	10	3	2	7	1	154
2007	6	12	70	6	3	2	33		7	8	5	5	1	11	1	170
2008	3	8	58	7	2	5	36	1	5	4	8	1	3	7	1	149
2009		10	51	8	4		29		5	5	6	3	2	5		128
2010	1	11	60	5	5	2	21		3	3	1	2	3	7		124
2011		13	36	2	3	2	14	1	5	7	3	1	2	2		91
2012		8	61	8	5	2	12	1	3	6	5	3	1	6		121
2013	3	15	40	10	4		13		6	8	2	2		7		110
2014	1	3	25	2	4	1	14		3	7	5	2	1	7		75
Total	25	94	523	65	36	21	229	4	43	72	52	25	15	64	3	1,271

Para além da EMSA, existe o Comité de Segurança Marítima (MSC) da *Internacional Maritime Organization* (IMO)¹⁰ que tem como responsabilidade primordial, a segurança. A IMO é uma agência especializada das Nações Unidas cujo propósito principal está no desenvolvimento e manutenção de um corpo regulador de carácter legislativo para a navegação, que envolve a salvaguarda da vida humana no mar, poluição ambiental, aspetos legais, cooperação técnica entre países membros, segurança marítima e eficiência da navegação.

Cabe à Marinha garantir a segurança e autoridade do Estado do mar, como se observa na Lei Orgânica da Marinha (LOMAR) (Decreto-Lei nº185/2014 artº2 nº3 alínea a) e b)).

⁹ Allianz Global Corporate & Specialty. *Safety and Shipping Review* 2015, pp.8. Tabela de dados fornecidos pela Lloyd's List Intelligence Casualty Statistics.

¹⁰ A IMO, *International Maritime Organization*, foi criada em 1958, em Genebra, com o nome de Organização Marítima Intergovernamental, e em 1982 mudou para o seu nome atual, Organização Marítima Internacional.



Figura 1 - Funções e tarefas da Marinha¹¹

Os oceanos são uma enorme fonte de alimentos e recursos minerais, obrigando a um importante esforço de fiscalização, por forma a impedir a sua exploração ilegal. Com esse objetivo, a Marinha mantém permanentemente no mar diversas unidades navais. A Marinha assegura, também, uma intervenção significativa no combate a ilícitos marítimos, como o narcotráfico, a imigração clandestina, o terrorismo, a proliferação de armas e a pirataria. Nos espaços marítimos sob soberania ou jurisdição nacional adquirem maior relevância o narcotráfico e a imigração legal, em cuja repressão a Marinha colabora, respetivamente, com a Polícia Judiciária (PJ) e com o Serviço de Estrangeiros e Fronteiras (SEF). No que respeita à luta ao narcotráfico, todos os anos ocorrem várias ações em que a Marinha participa, que resultam na apreensão de várias toneladas de estupefacientes. A Marinha está preparada para empenhar os seus meios se for declarado algum dos estados de exceção. Estados de exceção foram definidos em 1986 (estado de sítio e de emergência) e foram fixadas normas gerais vigentes nessas situações em que a Constituição e a lei preveem o emprego das Forças Armadas no interior do território nacional, sem ser em estado de guerra. No âmbito da proteção civil e da satisfação das necessidades básicas das populações, enquadram-se, entre outras: as ações relacionadas com a proteção da propriedade e do meio ambiente, na sequência de cheias de rios ou

¹¹ MARINHA (2011). *Diretiva de Política Naval 2011* [imagem]. Lisboa, Marinha.



grandes inundações. Além dessas intervenções mais comuns, a Marinha tem desempenhado um papel de enorme relevância no apoio às populações em acidentes de grandes proporções.

Esta dissertação, como já foi referido atrás, insere-se na temática da Segurança Marítima, mais especificamente na componente do assinalamento marítimo, e tem como objetivo ajudar a criar uma ferramenta que facilite a análise de risco das vias navegáveis.

É, pois, de vital importância garantir a sinalização imprescindível à segurança da navegação. O assinalamento marítimo¹² é uma competência da Autoridade Marítima Nacional (AMN)¹³, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 44/2002, de 2 de março, art. 13.º, na LOMAR, art.2º, n.º3 al. a) e art.38.º, e Decreto-Lei n.º235/2000, de 26 de setembro, art. 21.º. É importante referir que a Direção-Geral da Autoridade Marítima dispõe, na sua estrutura, da Direção de Faróis, com competências no assinalamento marítimo, de acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º594/73, de 7 de novembro, art. 1.º, n.º1.

Internacionalmente, a regulamentação do assinalamento marítimo incumbe à AISM-IALA¹⁴, a qual é uma organização não-governamental, sem fins lucrativos dedicada à harmonização das ajudas à navegação. Segundo a alínea 1), regra 13¹⁵ da Convenção SOLAS¹⁶, que serviu de base para, a AISM-IALA juntamente com a Guarda Costeira Canadiana, com a Universidade Técnica da Dinamarca, com a Universidade

¹² Será mais aprofundado o conceito de assinalamento marítimo e feito o seu enquadramento legal no subcapítulo 2.3.

¹³ Autoridade Marítima Nacional, cabe a esta coordenar as atividades a executar pela Marinha, pela Direção-Geral da Autoridade Marítima e pelo Comando-Geral da Polícia Marítima (CGPM), em âmbito nacional, nos espaços dominiais públicos e marítimos sob soberania e jurisdição nacional, atentos os regimes jurídico-funcionais próprios reguladores dos respetivos quadros orgânicos.

¹⁴ *Association Internationale de Signalisation Maritime- International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities*, foi criada em 1957, como uma associação técnica para fornecer um quadro de ajudas para as autoridades da navegação, fabricantes e consultores de todas as partes do mundo, com um esforço comum para estabelecer os padrões dos sistemas de ajudas à navegação, para facilitar a circulação segura e eficiente do transporte e reforçar a proteção do ambiente marítimo.

¹⁵ ” Todos os Governos Contratantes comprometem-se a prover, na medida em que considerarem possível e necessário, seja individualmente ou em cooperação com outros Governos Contratantes, estes auxílios à navegação, à medida que o volume do tráfego o justifique e o grau de risco o exija.” *in Convenção SOLAS, Capítulo V, Regra 13, alínea 1.*

¹⁶ *Safety of Life at Sea (SOLAS)* traduzido para português, Salvaguarda da vida humana no mar. Em 1914, foi realizada a 1ª edição da convenção SOLAS, no âmbito da União Internacional das Comunicações (ITU), após o acidente do RMS Titanic, onde resultaram cerca de 1500 vítimas mortais.



Técnica de Wismar, na Alemanha e a Gatehouse¹⁷, elaborarem em 2009 o IWRAP, IALA *Waterway Risk Assessment Programme*, ferramenta de modelação que se tem revelado útil para a avaliação quantitativa do risco marítimo.

A presente dissertação vai de encontro aos esforços da Autoridade Marítima Nacional, mais especificamente da Direção de Faróis, através do desenvolvimento de uma ferramenta que permite ultrapassar a lacuna existente entre a existência de grandes quantidades de dados AIS e a produção dos *inputs* necessários à correta utilização da ferramenta IWRAP. Esta ferramenta, designada por Módulo de Análise de Colisões e Encalhes permitirá parametrizar as pernadas ao longo do canal navegável, produzir as tabelas de dados que alimentam o IWRAP e obter a distribuição das entradas e saídas ao longo do eixo transversal de cada pernada sob a forma de função densidade de probabilidade.

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo será feito o enquadramento da temática/problema em estudo, abordando também a importância de se efetuar um estudo do atual nível de risco de colisão e encalhe utilizando a ferramenta IWRAP para a entrada da Barra Sul do Porto de Lisboa. Será também referido, neste capítulo a justificação do tema, os objetivos que se propõem atingir, as questões de investigação emanadas e uma descrição da metodologia de investigação utilizada. No segundo capítulo, é feita uma revisão de literatura, abordando o conceito de risco, uma breve análise dos acidentes marítimos que ocorreram no Porto de Lisboa, um enquadramento da legislação em vigor relativamente ao assinalamento marítimo e uma explicação da ferramenta IWRAP e dos modelos matemáticos que lhe servem de base. E por fim, a importância que o AISINTEL tem para este estudo, na medida em que muitas funções e algoritmos para extração e tratamento de dados já se encontram implementados neste sistema, pelo que a ferramenta MACE constituirá um futuro módulo do AISINTEL. No capítulo seguinte, é descrito como foi especificado e implementado o Módulo de Análise de Colisões e Encalhe (MACE), as respetivas estruturas de dados implícitas e as rotinas que foram criadas. É ainda feita uma caracterização com detalhe do cenário de

¹⁷ GateHouse é uma empresa especializada em soluções *software* para otimizações, flexibilidade e operações de monitorização e comunicação via satélite. Uma empresa de 20 anos, voltada para o setor de transportes, indústria marítima e comunicação via satélite. Além disso, a empresa GateHouse oferece consultoria dentro das mesmas áreas.



estudo. No quarto capítulo, são apresentados os resultados do IWRAP e é feita uma confrontação com o histórico de acidentes, de forma a validar as rotinas produzidas. São também discutidos os resultados obtidos e analisadas eventuais medidas para mitigar os valores do risco apresentados pelo programa. No quinto e último capítulo, são retiradas algumas ilações sobre o estudo realizado e são feitas recomendações para trabalhos futuros.

1.2 Justificação do Tema

Tal como já foi referido anteriormente, a Autoridade Marítima tem a competência, através de órgãos e serviços, na matéria de assinalamento marítimo. O assinalamento marítimo, como vertente fundamental da segurança da navegação, representa um dos elementos preponderantes do serviço público prestado pelo Estado, através do Sistema de Autoridade Marítima, a embarcações nacionais e estrangeiras, nas áreas de jurisdição marítima nacional. A Direção-Geral da Autoridade Marítima detém um conjunto de direções técnicas centrais que constituem vetores essenciais da sua atividade, em especial nas áreas do assinalamento marítimo, através da Direção de Faróis. Para assegurar que as tarefas acima enunciadas são cumpridas, é imperativo que a Direção de Faróis, fazendo uso dos recursos que tem, analise quais os riscos existentes na via navegável e qual a sua probabilidade de ocorrência, de forma a permitir a implementação de medidas com vista a mitigar o risco existente.

A presente dissertação de mestrado está alinhada com a necessidade de criar uma aplicação informática, designada por Módulo MACE, que produza a tabela de dados que o IWRAP necessita e as respetivas curvas de distribuição da densidade de tráfego marítimo para cada pernada em análise. Esta necessidade já tinha sido identificada pela Direção de Faróis em conjunto com a Direção de Análise e Gestão da Informação (DAGI) através da Divisão de Análise da Informação (DAI) que tem à sua responsabilidade a manutenção da ferramenta AISINTEL e o registo contínuo de dados AIS. A produção dos *inputs* do IWRAP a partir de dados AIS foi discutida primeiramente entre o CFR Santos Teles (Direção de Faróis) e o 1TEN Gonçalves Deus (DAGI) em 2013. Logo se verificou que os dados AIS que estavam a ser coligidos através do sistema MSSIS¹⁸ não eram

¹⁸ MSSIS- *Maritime Safety and Security Information System*.



adequados às necessidades, uma vez que estes dados não possuíam a frequência necessária para o cálculo das entradas e saídas e respetiva distribuição ao longo do eixo transversal de cada pernada. Por conseguinte, a DAGI iniciou o registo dos dados AIS provenientes da rede de antenas AIS (em paralelo com o registo de dados AIS provenientes do sistema MSSIS) por ter a frequência de dados adequada¹⁹. Assim, em abril de 2013 foi iniciado o registo de dados AIS desta nova fonte, cujo propósito seria produzir os *inputs* necessários ao IWRAP. Todavia, ainda faltava uma ferramenta ou aplicação que, efetivamente, produzisse os ditos *inputs*. Foi acordado entre o CFR Santos Teles e o 1TEN Gonçalves Deus que a elaboração de tal ferramenta deveria decorrer no âmbito de uma dissertação de mestrado, de forma a envolver a Escola Naval e, em particular, os futuros oficiais da Marinha, na construção de soluções para problemas reais da Marinha. A escolha da área de estudo, a entrada da Barra Sul do Porto de Lisboa, foi sugestão do orientador.

No final do 3º ano do curso de Ciências Militares Navais, em 2013, o signatário desta dissertação abordou o 1TEN Gonçalves Deus, que na altura lecionou a disciplina de Análise Operacional, para averiguar se estaria disponível para orientar o signatário aquando do 5ºano do mesmo curso. O problema do desenvolvimento da ferramenta referida e o respetivo estudo de análise de risco para um porto nacional foi sugerido ao signatário. Desta forma, ficou acordado entre os oficiais referidos que a orientação ficaria a cargo do CFR Santos Teles e a coorientação a cargo do Tenente Deus.

1.3 Objetivos

Esta dissertação de mestrado tem como principal objetivo desenvolver uma aplicação informática, em MATLAB, utilizando dados AIS, de forma a produzir tabelas de dados que serão utilizadas como *inputs* do IWRAP. Neste contexto, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

¹⁹ As mensagens AIS provenientes do sistema MSSIS distam em média entre 5 a 10 minutos entre mensagens para o mesmo navio. As mensagens provenientes da rede de antenas costeira distam uma média entre 4 a 10 segundos. Esta curta “distância” entre mensagens permite caracterizar perfeitamente a distribuição das “entradas” e saídas” ao longo do eixo transversal de cada pernada ao longo do canal navegável.

1. Utilização de históricos de dados AIS com a finalidade de analisar padrões de tráfego dos navios que circulam na Barra Sul do Porto de Lisboa e desta forma determinar qual a distribuição real do tráfego ao longo do perfil do canal;
2. Elaboração de um protótipo em MATLAB que permita a agregação e tratamento dos dados AIS e parametrizar as pernadas ao longo do canal navegável;
3. Implementação de rotinas para construção de tabelas de dados e distribuição de entradas e saídas ao longo do eixo transversal de uma pernada, que constituem os *inputs* necessários do IWRAP;
4. Validação do cenário obtido e das rotinas desenvolvidas para fornecer os dados que o IWRAP precisa.

1.4 Questões de Investigação

Nesta dissertação pretende-se abordar as seguintes questões, as quais serão detalhadas ao longo deste trabalho:

1. Como obter os dados necessários à análise probabilística de ocorrência de colisões e de encalhes na Barra Sul do Porto de Lisboa?
2. Qual a relação entre os *outputs* do IWRAP e o histórico de acidentes no Porto de Lisboa? Os resultados obtidos aderem ao histórico de acidentes? Como medir esta aderência?

1.5 Metodologia de Investigação

A presente dissertação procura resolver dois problemas distintos que estão relacionados entre si e cuja solução permite responder às questões de investigação enunciadas. Por um lado, pretende-se desenvolver uma aplicação informática que permita produzir um conjunto de dados que constituem os *inputs* do IWRAP. Por outro lado, numa vertente mais da Análise de Dados, pretende-se averiguar se os resultados, em termos de frequências de colisão e encalhe, refletem o real risco ou perigo daqueles tipos de acidente para a zona da entrada da Barra Sul do Porto de Lisboa.

O primeiro problema seria bastante moroso e complexo de resolver se não existisse todo um trabalho precedente que se encontra agregado no protótipo AISINTEL da Marinha. Este protótipo tem sido incrementado com diversas funcionalidades que

permitem responder a várias questões relacionadas com os dados provenientes do sistema AIS. A descodificação e pré-processamento dos dados AIS já se encontra ultrapassada e bastante amadurecida para ser reutilizada em futuros requisitos operacionais deste sistema. Assim, a primeira etapa de investigação para resolver o problema da produção dos *inputs* do IWRAP começa com o desenho de uma estrutura de dados que agregue toda a informação relativa a uma pernada e que disponibilize os referidos *inputs*. Não é suficiente que esta estrutura se resuma exclusivamente à tabela de dados que é referida nos requisitos do IWRAP nem nos respetivos histogramas de saídas e entradas relativas aos eixos longitudinais das pernadas. Esta estrutura terá de conter outros dados que permitam validar os referidos *inputs* do IWRAP. Por exemplo, para cada pernada é vantajoso saber, para cada dia do ano em causa, quais os navios que cruzaram um determinado eixo transversal e a distância ao centro deste, ou seja, a distância ao eixo longitudinal da pernada, caso seja necessário validar o número de saídas ou entradas nesse dia. Desta forma, a produção dos referidos *inputs* terá de ser acompanhado por outros elementos que permitam a sua validação e correção. Todos estes elementos informacionais, que estão organizados em tabelas numéricas (*array*) ou em outro tipo de estruturas mais complexas (*cell array* ou *struct*), têm de ser produzidos a partir dos dados AIS previamente descodificados. Para tal é necessário implementar vários algoritmos que efetuem o processamento dos dados AIS e garantam a obtenção de todos esses elementos. A implementação destes algoritmos constitui a segunda etapa de investigação para o primeiro problema. A terceira etapa passa por implementar um protótipo que permita parametrizar cada pernada ao longo do canal navegável e coligir os dados na referida estrutura. Este protótipo deverá permitir a criação e visualização de pernadas previamente criadas e exportar, para um ficheiro de formato adequado, os *inputs* do IWRAP.

O segundo problema inicia após a resolução do primeiro e depois de obtidos os resultados finais das frequências de colisão e encalhe pelo IWRAP. Entre o primeiro e o segundo problema existe uma etapa intermédia que consiste na parametrização do IWRAP para a entrada da Barra Sul do Porto de Lisboa, que implica a caracterização ambiental e a caracterização do tráfego marítimo em quatro pernadas consideradas. A primeira etapa para responder à segunda questão de investigação passa por coligir os dados históricos de acidentes na área do porto de Lisboa que foram cedidos pelo chefe da Divisão Técnica de Segurança Marítima da DGAM. Estes dados foram posteriormente

filtrados para obter um conjunto de acidentes que tenham ocorrido de facto no interior da área abrangida pelo estudo. De seguida, foram calculadas as respetivas frequências de colisão e encalhe e comparadas com os resultados obtidos no IWRAP. A partir das diferenças observadas são tecidas considerações acerca da aderência dos resultados à realidade e é proposto um método para averiguar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os resultados do IWRAP e os dados históricos disponíveis para portos nacionais.

O trabalho desenvolvido associado ao primeiro problema foi desenvolvido essencialmente entre dezembro de 2014 e março de 2015. O signatário permaneceu na DAGI e DF alternadamente durante o mês de março. A ferramenta MATLAB foi utilizada para o desenvolvimento do Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE) através da licença detida pela DAGI. Após o desenvolvimento do protótipo e de serem efetuados diversos testes para garantir que os seus *outputs* (*inputs* do IWRAP) estão de acordo com o esperado e considerados adequados e válidos para o fim a que se destinam, procedeu-se à parametrização do IWRAP para o cenário da entrada da Barra Sul do Porto de Lisboa. Esta tarefa decorreu na Direção de Faróis e contou com o apoio do Comandante Santos Teles.

Após serem coligidos os primeiros resultados para o cenário em estudo foi solicitado pelo Tenente Gonçalves Deus a apresentação dos mesmos ao Almirante Superintendente da STI e em particular ao Almirante Gouveia e Melo, em virtude da sua experiência na análise do risco na entrada de portos nacionais enquanto Diretor da DF. A apresentação ocorreu em 27 de março de 2015 e teve como objetivo validar o percurso seguido nesta dissertação e alinhar, não só o trabalho realizado, mas principalmente, o trabalho futuro com as reais necessidades da Marinha. Até ao momento desta apresentação ainda não tinham sido coligidos os dados históricos para a área em análise de forma a validar os *outputs* do IWRAP, constituindo este facto um dos principais reparos feitos.



Capítulo 2

Revisão da Literatura

2.1 Conceito de Risco

2.2 Acidentes Marítimos

2.3 Enquadramento Legal e Assinalamento Marítimo

2.4 Ferramenta IWRAP

2.5 Ferramenta AISINTEL e trabalho precedente

2 Capítulo 2 – Revisão da Literatura

Neste capítulo pretende-se apresentar o conceito de risco e caracterizá-lo no contexto específico dos acidentes marítimos referindo as entidades que desenvolvem esforços, a nível internacional e nacional, para minimizá-los e também as ferramentas ou metodologias mais atuais para a sua estimação. Nas seções 2.1 e 2.2 refere-se a metodologia para avaliação de risco proposta pela “IALA *Guideline 1018*”²⁰ e apresentam-se dois acidentes com navios da Marinha Portuguesa que estão descritos na publicação PGFLOT 200 (C)²¹. Aqui é ainda efetuada uma breve análise aos dados estatísticos do Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos. Na seção 2.3 é feita uma breve resenha histórica do assinalamento marítimo tendo como referência os principais eventos associados à evolução organizacional da IALA. Nas seções 2.4 e 2.5 são apresentadas as aplicações IWRAP e AISINTEL, respetivamente, onde esta última precede e enquadra o desenvolvimento do protótipo Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE), que constitui o objetivo principal desta dissertação.

2.1 Conceito de Risco

O conceito de risco adquiriu uma visibilidade a nível social bastante relevante nos últimos anos, visto que o seu estudo e a sua análise passaram a ser indispensáveis numa sociedade tecnologicamente bastante desenvolvida. No dia-a-dia, qualquer pessoa avalia o risco em que incorre quando realiza uma determinada tarefa e age por forma a mitigá-lo. O conceito de risco tem normalmente uma conotação de perigo. Desta forma, o risco

²⁰ “IALA *Guideline 1018 on Risk Management*”, foi elaborada a 3ª edição em Maio de 2013. Destina-se a orientar uma descrição geral sobre a metodologia de gestão do risco para as ajudas à navegação, incluindo serviços de tráfego marítimo (VTS), através da análise de todos os perigos numa via navegável, para que todos os riscos sejam geridos de forma eficaz pelas autoridades responsáveis pelas ajudas à navegação.

²¹ Publicação “PGFLOT 200 (C), ACIDENTES MARÍTIMOS – LIÇÕES APRENDIDAS”, em que é feita análise dos acidentes ocorridos desde 1992 até aos dias de hoje, contribuindo de forma decisiva para a redução de acidentes no mar. O método aplicado na elaboração da presente publicação baseia-se numa descrição e na apresentação das lições aprendidas, esperando-se contribuir para uma melhor compreensão das causas subjacentes à ocorrência dos acidentes.

assume-se como a relação entre a probabilidade de uma ocorrência de um evento desfavorável ²² e as suas consequências.

A *Society for Risk Analysis*²³ (SRA) define uma situação de risco, como uma situação de incerteza, causadora de efeitos negativos com consequências várias para a vida humana, a saúde, a propriedade ou o ambiente.

A de gestão do risco segue uma orientação bem definida. De acordo com Luís Miguel Nunes²⁴ (2013), tem-se:

$$\text{RISCO} = \text{AMEAÇA} \times \text{CONSEQUÊNCIA}$$

Onde AMEAÇA é descrita quantitativamente através da sua frequência de ocorrência e intensidades, para diferentes ramos, tendo por base dados históricos e científicos.

O conceito de CONSEQUÊNCIA é descrito como um efeito negativo de um fenómeno e que pode ser quantificado. Define-se, também, como o produto entre a Exposição e a Vulnerabilidade.

Em que a Exposição é considerada como a quantificação dos recetores que podem ser influenciados pela ameaça.

A Vulnerabilidade é descrita como o produto entre a Sensibilidade e o Valor. Tem-se, que a Sensibilidade é considerada como a sua suscetibilidade, ou seja, descreve a tendência de um recetor para sofrer danos. Quanto ao Valor, este pode ser expresso quantitativamente por categoria ou de forma descritiva.

Existem diversas definições de risco, mas há uma transversalidade entre todas elas, o facto de risco estar associado a um evento ou acontecimento que envolve incertezas e poderá originar perdas ou danos.

²² Risco in Léxico. Porto: 7Graus, 2009-2015, <http://www.lexico.pt/risco/>, consultado em 9 de janeiro de 2015.

²³ A *Society for Risk Analysis*, fundada em 1980, é uma sociedade internacional que tem como objetivo a análise do risco e para tal, é possível anualmente participar num fórum referente ao risco, onde são debatidos assuntos alusivos à gestão e avaliação do risco.

²⁴ Luís Miguel de Amorim Ferreira Fernandes Nunes, Professor Auxiliar na Universidade do Algarve, Licenciado em Engenharia do ambiente pela FCT-UNL, Lisboa. Mestre em Georrecursos pelo IST-UTL, Lisboa. Doutoramento em Ciências de Engenharia, pelo IST-UTL, Lisboa.

Mas tal como Renn (1990), afirmou: “Outro aspeto associado à incerteza relaciona-se com a dificuldade de determinar que características são necessárias para rotular uma consequência como adversa, em vez de desejável ou tolerável”. É um facto que se desconhece a dimensão ou realidade do risco que uma situação pode comportar.

Como defendem Flynn e Slovic (2000) “muito embora os riscos possam ser reais, não existe um risco “real” ou “objetivo”. Esta afirmação remete-nos para a multidimensionalidade, subjetividade e carácter valorativo da perceção social dos riscos.

Tal como Klinke e Renn (2002) abordaram: “quando falamos de riscos enfrentamos o perigo imediato de toda a gente falar de coisas diferentes”. De facto, não existe uma definição que gere um consenso e que se torne uma assunção. Porém, como referem os autores mencionados, as mais variadas conceções de risco têm um elemento comum, a distinção entre realidade e possibilidade.

Assim, como referem ainda Klinke e Renn: “se o futuro estivesse pré-determinado ou fosse independente das atividades humanas do presente, a noção de risco não faria qualquer sentido”. Contudo, tal situação não se verifica, logo é indispensável e preponderante que seja feita uma análise do risco para que possa influenciar a tomada de decisão no sentido de solucionar um problema.

A análise quantitativa do risco segundo Kaplan e Garrick (1981), firma-se nas respostas às seguintes questões:

1. O que pode acontecer de errado?

Pressupõe a criação de diagramas de análise de árvore de falhas e estruturas matemáticas semelhantes por forma a definir um conjunto extenso de cenários de falhas.

2. Qual a probabilidade de ocorrer algo de errado?

É importante que se faça um estudo na área das probabilidades, para obter a probabilidade de ocorrência de cada um dos cenários definidos anteriormente.

3. Quais as consequências se algo de errado ocorrer?

Por último, deve-se tentar prever as consequências de uma possível falha.

No contexto da segurança marítima, existe uma metodologia de gestão do risco, que se encontra presente na “*IALA Guideline 1018*” elaborada pela AISM-IALA e que assenta em cinco etapas:

1. Identificar os perigos.
2. Avaliar os riscos.
3. Especificar as opções de controlo de risco.
4. Tomar uma decisão.
5. Aplicar medidas.

Paralelamente a esta metodologia de gestão do risco, decorre do início ao fim do procedimento a consulta e a elaboração de relatórios. Decorre também, em simultâneo, o monitoramento e a avaliação do processo, que são vitais para verificar a garantia das decisões. Ambas importantes para aferir se as condições iniciais mudaram e para constantemente monitorar se as medidas de controlo estão a ser implementadas de forma eficaz. A metodologia é seguidamente enunciada, de forma sucinta:

1. Identificar os perigos:

O propósito deste passo serve para identificar e elaborar uma lista dos perigos específica para o canal navegável em estudo. Isto é conseguido através da utilização de técnicas padrão para identificar os perigos e questões que podem contribuir para a ocorrência de incidentes. É importante nesta fase, estabelecer também os limites do problema. Para evitar equívocos, os perigos devem ser especificamente definidos, documentados e abordados individualmente.

2. Avaliar os riscos:

A avaliação do risco assumida insere-se em dois campos, o campo da estimativa do risco e da referida avaliação do risco. Relativamente à estimativa do risco, são estimadas as frequências associadas a cada cenário de risco e as consequências que podem advir do

mesmo. O propósito de analisar a frequência serve para determinar o número de vezes que um determinado cenário poderá ocorrer ao longo de determinado período de tempo.

Quanto à análise das consequências, envolve estimar o impacto dos vários cenários. O impacto das consequências nas necessidades, problemas e preocupações das partes interessadas é uma questão a considerar, visto que as consequências podem ser tanto negativas como positivas.

3. Especificar as opções de controlo de risco:

Na terceira fase, o objetivo será propor opções de controlo de risco eficazes e práticas, compreendendo as três seguintes fases principais:

- Especial foco em áreas de risco que necessitam de controlo;
- Identificação de medidas de controlo do risco potencial e os seus custos associados.
- Agrupamento de medidas de controlo de risco em opções regulatórias práticas.

4. Tomar uma decisão:

O propósito desta fase reside em definir, depois de uma consulta às partes interessadas, as recomendações que devem ser consideradas. Devem ser baseadas numa comparação e classificação do risco e nas causas subjacentes.

5. Aplicar medidas:

Na quinta e última fase, será implementada a opção de controlo de risco escolhida, é avaliada a eficácia do processo de decisão e é estabelecido um programa de monitoramento e avaliação para acompanhar a execução do processo e consequente resultado.

De acordo com a “IALA *Guideline 1018*”, a análise do risco efetuada numa via navegável deve considerar um conjunto de fatores que contribuem para a globalidade da gestão do risco. A seguinte tabela fornece informação dos elementos (fatores indicativos de risco) que devem ser considerados aquando da identificação dos perigos:

Tabela 2 - Fatores indicativos de risco

CONSIDERAÇÕES COM O TRÁFEGO	VOLUME DE TRÁFEGO	CONDIÇÕES DE NAVEGAÇÃO	CONFIGURAÇÃO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO	CONSEQUÊNCIAS A CURTO PRAZO	CONSEQUÊNCIAS A LONGO PRAZO
Qualidade dos navios	Grande calado	Navegação diurna/noturna	Profundidade	Danos pessoais	Impactos ao nível da segurança e saúde
Competência da tripulação	Pequeno calado	Estado do mar	Largura do canal de navegação	Derrames de combustível	Impacto no estilo de vida
Tipo de tráfego	Embarcações marítimo-turísticas e de pesca	Condições de vento	Obstruções à visibilidade	Derrame de substâncias perigosos	Impacto na vida marinha
Densidade de tráfego	Embarcações de recreio	Correntes	Complexidade do canal de navegação	Dano na propriedade	Espécies em vias de extinção
Natureza da carga	Embarcações de alta velocidade	Restrições à visibilidade	Tipo de fundo	Obstrução do canal de navegação	Danos na linha de costa
		Gelo	Estabilidade do fundo		Danos em recifes
		Destroços			Impacto económico

Segundo Van Scoy (1992): “O risco, em si, não é mau; o risco é essencial ao progresso e o insucesso constitui, muitas vezes, uma componente fundamental da aprendizagem. No entanto, devemos aprender a equilibrar as possíveis consequências negativas do risco, com os benefícios potenciais da respetiva oportunidade associada”.

Em suma, o conceito de risco está relacionado com a ocorrência de um acontecimento futuro. Portanto, para prevenir e tomar a decisão correta, é crucial suportar

a decisão em informação fidedigna, envolvida na avaliação das estratégias e políticas de mitigação dos riscos por forma a gerir o impacto das decisões em opções futuras.

2.2 Acidentes Marítimos

É um facto que os acidentes no mar acontecem, logo a génese, as causas e consequências devem ser escrupulosamente analisadas. A nível nacional, é nesta área que se insere o Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos (GPIAM)²⁵, que tem por missão investigar os acidentes e incidentes marítimos, com o objetivo de identificar as causas dos acidentes e criar mecanismos futuros de prevenção e de redução da sinistralidade marítima.

A necessidade de investigar as causas dos acidentes, especialmente dos mais graves, é óbvia e intuitiva. Tal como a *Allianz Global Corporate & Specialty*, anualmente elabora o *Shipping Review*, esta foi uma questão que desde logo despertou interesses a todos os intervenientes no *Shipping*, pois afigura-se como uma ferramenta fundamental para encontrar falhas técnicas que possam ser evitadas contribuindo desta forma para um decréscimo do risco de novos acidentes, se sucederem. Neste contexto, os instrumentos e procedimentos para prosseguir esta tarefa foram evoluindo estando hoje disponíveis para os técnicos que detêm estas responsabilidades. A Convenção SOLAS e o Código de Investigação de Acidentes²⁶ são dois instrumentos publicados pela IMO neste contexto que servem de base a este assunto.

Quanto ao trabalho de investigação mais recente, levado a cabo, por parte do GPIAM, materializa-se em dados estatísticos, em que se sumarizam os acidentes e incidentes marítimos ocorridos na totalidade do território nacional, e, por fora desta área,

²⁵ GPIAM, serviço central da administração direta do Estado, dotado de autonomia administrativa e sob a dependência do membro do Governo responsável pelo mar. Elabora e divulga relatórios, formula recomendações em matéria de segurança marítima que visem reduzir a sinistralidade marítima e assegurar a participação em comissões, organismos ou atividades, nacionais ou estrangeiras.

²⁶ Anexo à Resolução A.849 (20) da Assembleia da OMI, de 27 de novembro de 1997 (posteriormente designado como “Código de Investigação de Acidentes e Incidentes Marítimos da OMI”), que prevê a aplicação de uma metodologia comum para a investigação dos acidentes e incidentes marítimos e a cooperação entre os Estados na identificação dos fatores que para eles contribuem. O Código exige que seja feita uma investigação de segurança a ser realizada em cada acidente classificado como muito grave, definido como um acidente deste tipo o que envolver a perda total do navio, ou perda de vidas humanas ou danos para o meio ambiente. O Código recomenda também, uma investigação dos acidentes marítimos graves e menos graves, se for considerado que a sua investigação sobre as causas possa contribuir de forma positiva para futura prevenção de acidentes.

os que ocorrem em navios e embarcações portuguesas ou em que intervieram entidades nacionais. Foi possível aceder ao conjunto de dados estatísticos mais recentes, compilados pelo GPIAM, no tocante ao período desde o início de 2013 até ao final do quadrimestre de 2014.

Os dados²⁷ revelam que desde o início de 2013 e até ao final do primeiro quadrimestre de 2014, registaram-se 226 acidentes marítimos, dos quais 184 correspondem a 2013 e 42 aos primeiros quatro meses de 2014.

Do total de 184 acidentes marítimos registados neste período temporal, tem-se de acordo com a classificação definida pela Lei n.º 18/2012²⁸, de 7 de maio, três tipos de acidentes:

	Portugal (2013)	Portugal (2014 Janeiro-Abril)
Muito grave	24	11
Grave	96	14
Pouco grave	63	17
Total	183	42

Figura 2 - Número de acidentes ocorridos em 2013 e no primeiro quadrimestre de 2014

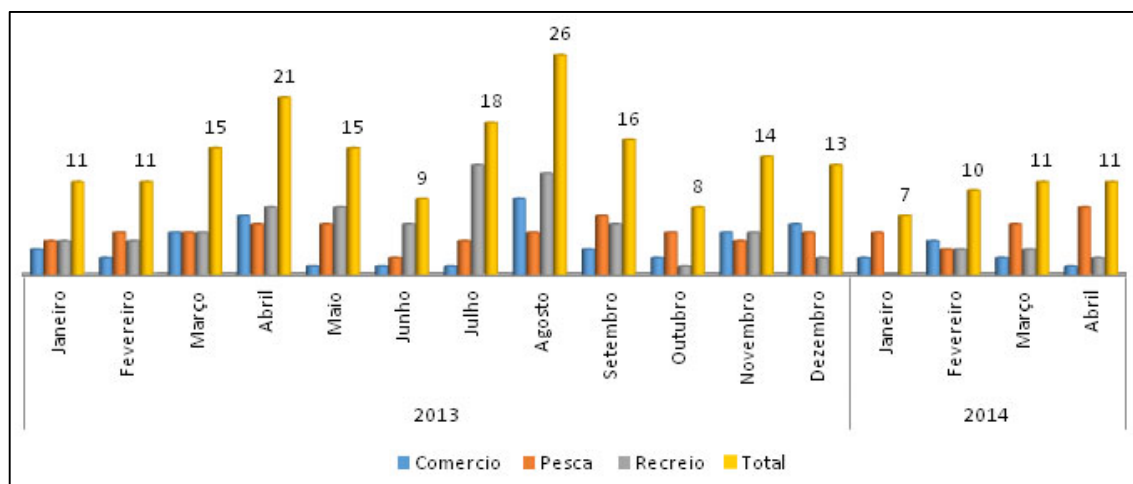


Figura 3 - Distribuição mensal dos acidentes marítimos em 2013 e 2014 (janeiro a abril)

²⁷ Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos, Dados Estatísticos. Retirado de: <http://www.gpiam.mamaot.gov.pt/index.php/estatisticas/dados-estatisticos>, consultado em 13 de fevereiro de 2015.

²⁸ Transpõe a Diretiva n.º 2009/18/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril, que estabelece os princípios fundamentais que regem a investigação técnica de acidentes no setor do transporte marítimo.

A distribuição mensal dos acidentes marítimos ao longo do ano de 2013, apresenta um auge em agosto, sendo junho e outubro os meses com menor número de acidentes.

Nos primeiros quatro meses de 2014, registou-se maior número de acidentes nos meses de março e abril. A média mensal de acidentes marítimos no ano de 2013, foi de 15,3 e no primeiro quadrimestre de 2014, foi de 10,5.

Os acidentes marítimos registados localizaram-se particularmente junto à costa, cerca de 83% ocorreram no mar territorial, destes, 71% nas águas do continente, 10% nas águas dos Açores e 2% nas águas da Madeira. Apenas 17% ocorreram em águas internacionais, todos no Atlântico Norte.

Comparando a média anual dos acidentes marítimos registados ao nível da Comissão Europeia pela EMSA, com os dados nacionais aqui representados mas apenas considerando acidentes marítimos no âmbito da diretiva 2009/18/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril, há a assinalar o seguinte:

	UE	Portugal (2013)	Portugal (2014 Janeiro-Abril)
Total de acidentes marítimos	1950	33	11
Total de acidentes mortais marítimos do tipo "muito grave"	70	6	6
Total de vítimas mortais	75	6	15
Total de investigações concluídas	140	3	3

Figura 4 - Comparação entre média anual da UE e resultados nacionais

Desta comparação resulta que Portugal, no ano de 2013, registou:

- 1,69% do total de acidentes marítimos ocorridos na UE,
- 8,57% dos acidentes marítimos do tipo “muito grave,
- 8,00% das vítimas mortais, e
- 2,14% das investigações técnicas concluídas.

São apresentadas ainda pelo GPIAM, uma compilação de recomendações de segurança, representadas em 9 relatórios de acidentes marítimos, tais como:

- Acidente com “Fábio Edgar”;
- Acidente com embarcação de recreio “Cochicho”;
- Acidente com “MSC Irene”;
- Acidente com embarcação “Gracilária”;
- Acidente com Arrastão “Deneb”;
- Acidente com “Karina G”;
- Acidente com arrastão “Neptuno”;
- Acidente com veleiro “Meri Tuuli”;
- Encalhe do navio “Merle”.

Recomendações estas, que foram elaboradas na sequência das investigações realizadas. Pretende-se demonstrar e divulgar as diversas lições aprendidas a toda comunidade marítima. Auxiliando no futuro os intervenientes, minimizando assim o risco durante o exercício da sua atividade.

Ao nível da Marinha, existem duas entidades que têm averiguado e analisado os acidentes marítimos, a Comissão de Inquérito e Grupo Permanente de Análise de Acidentes Marítimos, para apurar as suas causas e deles extrair ensinamentos úteis.

Tendo em consideração o historial de acidentes no Porto de Lisboa, salientam-se dois, que serão abordados em seguida, escrutinando as causas²⁹ prováveis dos dois acidentes com navios da Marinha Portuguesa, é feita aqui uma adaptação, de acordo com a seguinte tabela, de fatores de risco, aprovada pela IALA.

Anteriormente, foi abordada uma metodologia de gestão do risco, que se encontra presente na “IALA *Guideline* 1018”, em que o primeiro passo a ser tomado nesta metodologia, é a identificação dos perigos. Desta forma, ao identificar perigos temos de ter em consideração, os inframencionados fatores de risco definidos pela IALA.

²⁹ Causas prováveis dos acidentes, presentes no PGFLOT 200 (C), publicação dos acidentes marítimos-lições aprendidas.

- 1º Acidente: Colisão entre uma corveta e um contratorpedeiro estrangeiro na barra do porto de Lisboa, em condições de visibilidade reduzida.

Tabela 3 - Ligação entre fatores de risco e as causas do 1º acidente.

CONSIDERAÇÕES COM O TRÁFEGO	VOLUME DE TRÁFEGO	CONDIÇÕES DE NAVEGAÇÃO	CONFIGURAÇÃO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO	CONSEQUÊNCIAS A CURTO PRAZO	CONSEQUÊNCIAS A LONGO PRAZO
Qualidade dos navios	Grande calado	Navegação diurna/noturna	Profundidade	Danos pessoais	Impactos ao nível da segurança e saúde
Competência da tripulação	Pequeno calado	Estado do mar	Largura do canal de navegação	Dano na propriedade	Impacto no estilo de vida
Tipo de tráfego	Embarcações marítimo-turísticas e de pesca	Condições de vento	Obstruções à visibilidade	Obstrução do canal de navegação	Impacto na vida marinha
Densidade de tráfego	Embarcações de recreio	Correntes	Complexidade do canal de navegação	Dano na propriedade	Espécies em vias de extinção
Natureza da carga	Embarcações de alta velocidade	Restrições à visibilidade	Tipo de fundo		Danos na linha de costa
		Gelo	Estabilidade do fundo		Danos em recifes
		Destroços			Impacto económico

Após analisar as causas prováveis do acidente presentes na publicação PGFLOT 200 (C) e tendo a anterior tabela com os fatores indicativos de risco definidos na “IALA Guideline 1018”, assinalou-se a cor amarela, os fatores de risco que foram ao encontro das causas de cada acidente e, que contribuíram para a ocorrência da proximidade excessiva entre os navios e consequente colisão.

Assinalou-se a cor verde, as consequências do acidente definidas na tabela acima, tanto a curto como a longo prazo, que estão em concordância com as consequências presentes na descrição do acidente no PGFLOT 200 (C).

- 2º Acidente: Colisão de uma corveta com um navio mercante no rio Tejo em condições de visibilidade reduzida.

Tabela 4 - Ligação entre fatores de risco e as causas do 2º acidente.

CONSIDERAÇÕES COM O TRÁFEGO	VOLUME DE TRÁFEGO	CONDIÇÕES DE NAVEGAÇÃO	CONFIGURAÇÃO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO	CONSEQUÊNCIAS A CURTO PRAZO	CONSEQUÊNCIAS A LONGO PRAZO
Qualidade dos navios	Grande calado	Navegação diurna/noturna	Profundidade	Danos pessoais	Impactos ao nível da segurança e saúde
Competência da tripulação	Pequeno calado	Estado do mar	Largura do canal de navegação	Derrames de combustível	Impacto no estilo de vida
Tipo de tráfego	Embarcações marítimo-turísticas e de pesca	Condições de vento	Obstruções à visibilidade	Derrame de substâncias perigosos	Impacto na vida marinha
Densidade de tráfego	Embarcações de recreio	Correntes	Complexidade do canal de navegação	Dano na propriedade	Espécies em vias de extinção
Natureza da carga	Embarcações de alta velocidade	Restrições à visibilidade	Tipo de fundo	Obstrução do canal de navegação	Danos na linha de costa
		Gelo	Estabilidade do fundo		Danos em recifes
		Destroços			Impacto económico

Após analisar as causas prováveis do acidente presentes na publicação PGFLOT 200 (C) e tendo a anterior tabela com os fatores indicativos de risco definidos na “IALA Guideline 1018”, assinalou-se a cor amarela, os fatores de risco que foram ao encontro

das causas de cada acidente e, que contribuíram para a ocorrência da proximidade excessiva entre os navios e consequente colisão.

Assinalou-se a cor verde, as consequências do acidente definidas na tabela acima, tanto a curto como a longo prazo, que estão em concordância com as consequências presentes na descrição do acidente no PGFLOT 200 (C).

2.3 Enquadramento Legal e Assinalamento Marítimo

A segurança da navegação é um conceito que deve envolver a utilização integrada de todas as ferramentas para análise do tráfego marítimo, por forma a assegurar um alto nível de segurança e a consequente prevenção de acidentes.

Existem inúmeros exemplos de colisões e encalhes que poderiam ter sido evitados se tivesse havido um estudo do risco na área para se poder optar pela melhor decisão.

Em 1957, a então designada Associação Internacional de Sinalização Marítima foi criada com o propósito de apoiar os objetivos das conferências técnicas sobre faróis. Esta situação, não deixou de preocupar a Associação Internacional de Sinalização Marítima que, em 1965, instituiu uma comissão Internacional para examinar o problema e apresentar soluções.

Em 1971 na área do estreito de Dover, foi dado novo impulso à atividade do Comité Técnico da IALA com a necessidade de prover o assinalamento marítimo dos naufrágios, localizados num dos corredores dum esquema de separação de tráfego, os quais constituíam um sério desafio às autoridades, para que conseguissem apresentar uma solução perceptível para todos os navegantes.

No sentido de estabelecer um padrão, foi decidido estabelecer dois conjuntos de regras. Primeiramente, umas prevendo a utilização da cor vermelha para sinalizar o lado de bombordo dos canais e prescrevendo o emprego de marcas laterais e cardeais; Outras, prevendo a utilização da cor vermelha para sinalizar o lado de estibordo dos canais e prescrevendo o emprego apenas de marcas laterais. Os dois conjuntos de regras foram designados por:

- Sistema A: Sistema Combinado Cardeal e Lateral (vermelho a bombordo).
- Sistema B: Sistema Lateral (vermelho a estibordo).

Em Portugal e em toda a Europa é utilizado o Sistema A.

Em dezembro de 2010, o Comité de Segurança Marítima (MSC) da IMO, com vista a melhorar a segurança da navegação a nível mundial, aprovou a divulgação das ferramentas de análise de risco desenvolvidas pela IALA, com o objetivo de conferir aos Estados-membros da IMO a capacidade para avaliarem o risco de colisão e encalhe ao longo das suas costas. E posteriormente identificar possíveis medidas para mitigar esse mesmo risco no tráfego marítimo costeiro.

A IMO, através da Resolução A.1053 (27) - *The code for the implementation of mandatory IMO instruments*, em 2011, definiu um quadro de inspeções às atividades inerentes ao Estado costeiro, nas quais se engloba a capacidade do Estado cumprir com as obrigações definidas no Capítulo V da Convenção SOLAS, *Safety of Life at Sea*. É definido neste capítulo, regra 13, que:

- Todos os Governos Contratantes comprometeram-se a prover, na medida em que considerarem possível e necessário, seja individualmente ou em cooperação com outros Governos Contratantes, estas ajudas à navegação, à medida que o volume do tráfego o justifique e o grau de risco o exija.
- Para obter maior uniformidade possível em termos de ajudas à navegação, os Governos Contratantes comprometem-se a ter em consideração as recomendações e as guias internacionais emanadas pela IALA, aquando da implementação destas ajudas.
- Os Governos Contratantes comprometem-se a tomar as ações necessárias para que as informações relativas às ajudas à navegação sejam disponibilizadas para todos os interessados. As alterações ocorridas nas transmissões dos sistemas de posicionamento que possam afetar de maneira adversa o desempenho dos recetores instalado nos navios deverão ser evitadas se possível, e só devem ser realizadas após ter sido divulgado, de maneira oportuna e adequada, um aviso sobre estas alterações.

No que toca à legislação nacional, a Autoridade Marítima Nacional é “a entidade responsável pela coordenação das atividades, de âmbito nacional, a executar pela Marinha, pela Direção-Geral da Autoridade Marítima e pelo Comando-Geral da Polícia Marítima (CGPM), nos espaços de jurisdição e no quadro de atribuições definidas no



Sistema de Autoridade Marítima, com observância das orientações definidas pelo Ministro da Defesa Nacional, que aprova o orçamento destinado à AMN”³⁰.

A Autoridade Marítima Nacional é vista como “estrutura superior de administração e coordenação dos órgãos e serviços que, integrados na Marinha, possuem competências ou desenvolvem ações enquadradas no âmbito do Sistema de Autoridade Marítima”³¹. Por sua vez, o Sistema de Autoridade Marítima trata-se de “um quadro institucional formado pelas entidades, órgãos ou serviços de nível central, regional ou local que, com funções de coordenação, executivas, consultivas, ou policiais, exercem poderes de autoridade marítima”³².

O Sistema de Autoridade Marítima tem por fim “garantir o cumprimento da lei nos espaços marítimos sob jurisdição nacional, no âmbito dos parâmetros de atuação permitidos pelo direito internacional e demais legislação em vigor”³³. Entre as várias atribuições do Sistema de Autoridade Marítima, salientam-se duas de acordo com a pertinência desta dissertação de mestrado:

- Segurança e controlo da navegação;
- Assinalamento marítimo, ajudas e avisos à navegação.

Em matéria de assinalamento marítimo, a regulamentação internacional é emanada da IALA, organização a quem a IMO delega esta incumbência. Esta regulamentação define não só os parâmetros e características técnicas a que as marcas devem obedecer, mas também os procedimentos e serviços que o estado costeiro deve providenciar ao navegante.

³⁰ Número 1 do Artigo 2º, do Decreto-Lei nº44-2002 de 2 de março, diploma que define, no âmbito do sistema da autoridade marítima (SAM), a estrutura, organização, funcionamento e competências da autoridade marítima nacional, dos seus órgãos e serviços.

³¹ Número 2 do Artigo 1º, do Decreto-Lei nº43-2002 de 2 de março, diploma que cria o Sistema de Autoridade Marítima, estabelece o seu âmbito, as suas atribuições e define a sua estrutura de coordenação.

³² Artigo 2º, do Decreto-Lei nº43-2002 de 2 de março, diploma que cria o Sistema de Autoridade Marítima, estabelece o seu âmbito, as suas atribuições e define a sua estrutura de coordenação.

³³ Número 1 do Artigo 6º, do Decreto-Lei nº43-2002 de 2 de Março, diploma que cria o Sistema de Autoridade Marítima, estabelece o seu âmbito, as suas atribuições e define a sua estrutura de coordenação.



A nível interno, existe um órgão, a Direção de Faróis, integrado na estrutura da Direção-Geral de Autoridade Marítima³⁴, que tem como competência todos os assuntos relativos à sinalização marítima do continente e ilhas adjacentes.

A direção de Faróis é a direção técnica do assinalamento e posicionamento marítimo nacional³⁵ e é membro-fundador da IALA.

Tendo por base a regra 13, do Capítulo V da Convenção SOLAS, *Safety of Life at Sea*, no que toca à disponibilização de ajudas à navegação em quantidade e adequadas ao volume de tráfego e grau de risco da via navegável, a Direção de Faróis tem a competência para “instalar, operar e manter as ajudas à navegação, nos espaços atribuídos pela legislação em vigor”³⁶, “propor superiormente a criação, supressão ou modificação das ajudas à navegação nos espaços atribuídos pela legislação em vigor, ouvidos os órgãos locais da DGAM.”³⁷.

Neste âmbito, com a utilização da ferramenta desenvolvida nesta tese, será facilitada a análise de risco de colisão e encalhe, sendo no caso presente apresentado um exemplo relativo à Barra Sul do Porto de Lisboa, relativamente à qual serão identificadas medidas a tomar relativas ao assinalamento marítimo e ajudas à navegação por forma a mitigar o risco existente.

2.4 Ferramenta IWRAP

Em 1990, a IALA em conjunto com Guarda Costeira Canadiana, as Universidades Técnicas da Finlândia, da Dinamarca e de Wismar na Alemanha criaram uma aplicação denominada IWRAP, IALA Waterway Risk Assessment Programme. Foi aprimorada em 2009, em estreita cooperação com a GateHouse e VTT Technical Research Centre of Finland³⁸. A IALA aprovou duas ferramentas de análise do risco, *Port and Waterway*

³⁴ Número 4 do Artigo 8º, do Decreto-Lei nº44-2002 de 2 de março, diploma que define, no âmbito do sistema da autoridade marítima (SAM), a estrutura, organização, funcionamento e competências da autoridade marítima nacional, dos seus órgãos e serviços.

³⁵ Artigo 1º do Regulamento Interno da Direção de Faróis.

³⁶ Alínea d) do Artigo 2º, do Regulamento Interno da Direção de Faróis de 23 de janeiro de 2013.

³⁷ Alínea c) do Artigo 2º, do Regulamento Interno da Direção de Faróis de 23 de janeiro de 2013.

³⁸ VTT Technical Research Centre of Finland, é a maior organização de pesquisa multidisciplinar no Norte da Europa. VTT cria e aplica tecnologias para atender às necessidades práticas da comunidade empresarial. VTT fornece soluções de tecnologia de ponta e serviços de inovação. Trata-se de uma organização que

Safety Assessment tool (PAWSA) e o IWRAP. Apesar de ambas as ferramentas de análise fornecerem às autoridades responsáveis pelas ajudas à navegação, informação sobre os riscos do canal navegável, existem diferenças entre a aproximação e a aplicação. Cada uma das ferramentas, tem vantagens e desvantagens.

Quanto ao PAWSA, é uma ferramenta que avalia o risco de forma qualitativa. Promove a aceitação por parte dos participantes dos resultados (implementação de medidas de mitigação). Permite priorizar os riscos identificados e não depende da existência de dados históricos. A avaliação qualitativa pode capturar um espectro de perigos e problemas mais amplo mas não destaca a devida importância de cada um deles.

A ferramenta IWRAP analisa o histórico de navegação com base em dados AIS. As suas bases assentam em modelos matemáticos. Calcula probabilidades de ocorrência de eventos de encalhes e colisões. Permite ainda ao utilizador, simular alterações da configuração da via navegável e da gestão do tráfego. Muitas vezes, uma combinação do PAWSA e do IWRAP resulta em bons resultados.

Ambas as ferramentas permitem identificar e quantificar os riscos. Tornam possível simular efeitos das medidas de mitigação e permitem uma ajuda à decisão.

2.4.1 Aplicação

A aplicação IWRAP mk2 é uma ferramenta de modelação matemática que permite efetuar uma avaliação quantitativa do risco da via navegável em áreas geográficas específicas. Esta aplicação permite de uma forma eficiente avaliar e estimar o risco. Ao utilizar o IWRAP mk2 é possível calcular a frequência de colisões e encalhes em determinada via navegável, baseada em informação sobre o volume/composição do tráfego e da geometria do percurso.

Para aumentar a utilidade do IWRAP, a GateHouse desenvolveu o AIS Import Add-On, ferramenta que permite uma fácil e rápida importação dos dados AIS.



Primeiramente, é feita a importação dos dados com a aplicação AIS Import Add-On e o utilizador pode começar a trabalhar com a aplicação. A aplicação pode ainda utilizar os dados da Lloyds Data Import³⁹, os quais permitem aumentar a exatidão dos resultados.

Existem duas versões do IWRAP Mk2, a versão-base disponível para membros da IALA, a qual será utilizada para desenvolvimento da presente dissertação de mestrado e a versão mais aprimorada, cujo nome é AIS Import Add-On for IWRAP Mk2 AIS Import, porém com um custo elevado.

Uma das potencialidades desta aplicação é a criação de gráficos de densidade do tráfego que auxilia o utilizador na análise do percurso de navegação, ou seja, nas pernadas entre cada *waypoint*. Outra potencialidade da aplicação reside no fato de quando o utilizador especificar o *waypoint*/pernada, a importação dos dados AIS irá originar histogramas laterais da distribuição do tráfego, estes são normalmente utilizados para mostrar como os navios se movimentam ao longo de um canal de navegação. Quando o utilizador está satisfeito com o *layout* das pernadas, o modelo é finalizado com a extração automática das distribuições do volume do tráfego provenientes de dados AIS.

Uma das vantagens desta aplicação é que permite simular os efeitos de eventuais alterações aos padrões operacionais da via navegável. É assim possível modificar o cenário (sinalização marítima) e simular diferentes configurações do canal navegável, por forma a aferir se o risco de colisão e encalhe é diminuído. É importante realçar que, o IWRAP apenas fornece os valores das frequências de colisões e encalhes consoante o cenário, não nos indica qualquer análise às consequências que poderão advir da ocorrência do evento.

2.4.2 Modelos Matemáticos

A aplicação IWRAP Mk 2, tem por base para o seu algoritmo, alguns modelos matemáticos, os quais tornam a aplicação fiável.

³⁹ Existe um serviço cujo nome é *Lloyd's List Intelligence*, especialista em informação para as empresas dedicadas à comunidade marítima mundial. Fornece um serviço *online* interativo que oferece movimentos dos navios detalhados, informação detalhada sobre os mesmos, posicionamento AIS em tempo real. Este tipo de informação é procurada a partir de uma multiplicidade de fontes e incorpora alguns dos recursos mais abrangentes disponíveis, incluindo a maior rede do mundo AIS, *Automatic Identification System*.



Em 1974, Fujii e Macduff, iniciaram estudos na temática da análise do risco de colisões em canais de navegação. Macduff estudou acidentes que ocorreram no Estreito de Dover⁴⁰. Com base nesses estudos, Macduff calculou a probabilidade teórica de ocorrer simultaneamente um encalhe e uma colisão. Esta probabilidade foi calculada assumindo que todos os navios foram distribuídos ao acaso no canal de navegação. Macduff denotou assim que a probabilidade obtida era a probabilidade geométrica. A partir de então, a probabilidade foi inteiramente baseada numa distribuição geométrica dos navios que estavam a navegar em condições “*blind*”, ou seja, que não poderiam alterar o seu rumo e velocidade. Após comparação do número observado de encalhes e de colisões, chegou-se à conclusão que a probabilidade geométrica previa diversos eventos e o fator de correção foi introduzido para explicar a diferença. O fator de correção foi denotado como a probabilidade de causalidade e é modelado de acordo com a capacidade de reação do oficial para executar manobras evasivas no caso de uma potencial situação crítica.

Denota-se uma transversalidade comum entre os dois estudos, é assumido que os navios são distribuídos aleatoriamente na via navegável considerada. É neste contexto muito importante verificar que a probabilidade de causalidade obtida em ambos os estudos está dependente desta suposição. Assim, num caso em que é assumida uma distribuição mais realista do tráfego de navios ao longo de uma via navegável, a probabilidade de causalidade irá mudar de acordo.

A vantagem da aproximação sugerida por Fujii *et al* (1971). e por Macduff (1974) é a sua simplicidade e robustez. Este acaba por ser, também um inconveniente, visto que a partir do momento em que as probabilidades de causalidade são definidas não podem ser diretamente usadas, se modelos mais detalhados forem aplicados para a distribuição geométrica dos navios. No entanto, ambos os estudos providenciam uma estrutura adequada para o modelo de análise do risco, quantificando as frequências de encalhes e colisões e providenciam orientações credíveis para a ordem de grandeza da probabilidade de causalidade.

Nos dias de hoje, a maioria dos modelos matemáticos para estimar as frequências de encalhes e colisões têm por base as ideias de Fujii *et al* (1971) e Macduff (1974). Desta

⁴⁰ Estreito situado no Canal da Mancha, ponto em que a Grã-Bretanha se encontra mais próxima de Calais, França.

forma, o número de potenciais encalhes ou colisões entre navios é, primeiramente determinado se nenhuma manobra evasiva for tomada. Este número de potenciais de acidentes com navios baseia-se:

- Numa distribuição geométrica assumida ou pré-definida do tráfego marítimo ao longo da via marítima;
- No pressuposto de que os navios estão a navegar na via marítima considerada, em condições “*blind*”, ou seja, que não poderiam alterar o seu rumo e velocidade.

Uma abordagem analítica alternativa do risco, abordagem sintética (Gluver e Olsen, 1998), que baseia o risco de encalhe ou colisão num conjunto de cenários onde situações de erros pontuais são assumidas que acontecem a bordo de um navio antes ou durante a situação considerada. Esta aproximação, no entanto, requer que todos os cenários de acidentes sejam analisados. Consequentemente, isto implica que a probabilidade de causalidade deva ser definida subordinada ao cenário de acidente considerado. Por conseguinte, a vantagem de introduzir uma abordagem sintética é que, os aspetos de mitigação do risco podem ser mais facilmente identificados e quantificados.

As colisões podem ser de grosso modo divididas em dois tipos:

- Colisões ao longo do segmento de rota, ou seja, ultrapassagens ou colisões roda-a-roda.
- Colisões quando duas rotas se cruzam, quando há uma aproximação excessiva ou quando as duas rotas se intersectam durante uma guinada.

O procedimento para o cálculo do número geométrico de candidatos a colisões, para os dois tipos acima referidos é diferente, pois o número geométrico de candidatos a colisões para o primeiro tipo, torna-se dependente da amplitude do tráfego lateral ao percurso ao passo que o segundo tipo é independente desta amplitude do tráfego.

Segue-se os tipos de colisões classificados pelo IWRAP:

- Colisão entre navios que se aproximam roda-a-roda (*Head-on Collision*);
- Colisão durante uma ultrapassagem (*Overtaking Collision*);
- Colisão por aproximação excessiva (*Merging Collision*);
- Colisão num cruzamento (*Crossing Collision*);
- Colisão num cruzamento durante uma guinada (*Crossing in a Bend*);

Seguem-se os tipos de encalhes classificados pelo IWRAP:

- Encalhe sem propulsão (à deriva) (*Drifting Grounding*);
- Encalhe com propulsão (*Powered Grounding*);

2.5 Ferramenta AISINTEL e trabalho precedente

O protótipo AISINTEL é uma ferramenta desenvolvida em MATLAB, pela Direção de Análise e Gestão da Informação (DAGI), que teve a sua origem em dissertações de mestrado de alunos da Escola Naval (Filipe J.; Melo L., 2010), orientadas pelo 1 TEN Gonçalves de Deus. A ferramenta AISINTEL, apresenta um conjunto de funcionalidades com vista à análise e visualização de dados AIS e MONICAP.

Ao longo dos últimos anos, desde o seu aparecimento, a ferramenta tem sido melhorada, incrementando cada vez mais funcionalidades de *Intelligence*⁴¹, muitas delas resultantes de pedidos e necessidades da comunidade operacional da Marinha, assim como outras entidades externas a esta, ligadas às atividades marítimas.

Visto que a grande utilidade desta ferramenta diz respeito à disponibilização e visualização de indicadores de conhecimento situacional marítimo, cuja sua contribuição tem sido bastante proveitosa para a organização.

Com o intuito de construir os indicadores referidos anteriormente, desenvolveu-se um conjunto de rotinas que possibilitam o registo e descodificação dos dados AIS coligidos pela Marinha Portuguesa, de forma contínua (24 horas/dia e 365 dias/ano). As rotinas têm sido executadas de forma ininterrupta desde janeiro de 2010.

Segundo Fernandes, P.⁴² (2014):

“Os dados AIS, provenientes de países que contribuem com o seu panorama AIS para o MSSIS, são recolhidos pelo CCMAR Northwood (antes eram coligidos pelo CCMAR Nápoles), e disponibilizados posteriormente, através da internet, sendo gravados no servidor AIS da DITIC, donde são retirados pela DAGI para o subsequente processamento”.

⁴¹ Intelligence- Trata-se do resultado (produto) em que culmina um longo caminho, de processamento, integração, análise, avaliação e interpretação das informações disponíveis sobre outras nações.

⁴² FERNANDES, Pedro Miguel Carço de (2014). *Módulo de alertas com base em dados AIS para apoio à vigilância marítima*, Dissertação de mestrado em Ciências Militares Navais – Ramo Marinha na Escola Naval: Marinha Portuguesa, pp.68.

Atualmente a ferramenta possui 10 módulos, onde cada um possui um conjunto de funcionalidades que visam o aproveitamento dos dados AIS. Segundo Fernandes, P. (2014), o desenvolvimento destes módulos podem ser agrupados, por ano da seguinte forma:

Ano	Módulo	Dissertações de mestrado
2010	Pesquisa em área	Melo L., 2010 e Filipe J., 2010
	Pares de navios	Melo L., 2010 -
	Análise de trajetória	Melo L., 2010 -
	Trajetoárias Simultâneas	-
2011	Análise de Padrões	Melo H., 2011
	Base de dados de navios	-
2012	Planeamento de patrulha	Gomes C., 2012
	AIS SAR	-
2013	Análise de Incidentes	-
2014	Alarmística	Fernandes P., 2014

Figura 5 - Evolução do protótipo AISINTEL⁴³

O protótipo AISINTEL permite uma análise e visualização de dados AIS e MONICAP através de um conjunto de módulos. Esta ferramenta contempla dez módulos: plano de patrulha, operações SAR, pesquisa em área, análise de padrões, pares de navios, análise de trajetória, trajetórias simultâneas, análise de incidentes, base de dados de navios e alarmística, sendo que este não está contemplado no seguinte interface:

⁴³ Retirada de: FERNANDES, Pedro Miguel Carço de (2014). *Módulo de alertas com base em dados AIS para apoio à vigilância marítima*, Dissertação de mestrado em Ciência Militares Navais – Ramo Marinha na Escola Naval: Marinha Portuguesa.



Figura 6 - Interface inicial do AISINTEL a 7 de agosto de 2015

Tendo em conta a temática desta dissertação de mestrado, de segurança marítima, existem dois módulos que permitem analisar com algum detalhe os dois tipos de acidente. Estes módulos são o Módulo de Trajetórias Simultâneas e o Módulo de Análise de Incidentes.

2.5.1 Módulo de Trajetórias Simultâneas

O Módulo de Trajetórias Simultâneas permite visualizar a trajetória de um máximo de 4 navios em simultâneo. O incidente que esteve na origem do desenvolvimento deste módulo ocorreu no dia 8 de outubro de 2010 onde dois navios colidem no Canal da Mancha numa situação de colisão de tipo ultrapassagem. O acidente ocorreu pelas 5:30 da madrugada quando o navio YM Uranus navegava ao largo da costa francesa quando foi atingido pelo través de bombordo pelo “bulk carrier” *Hanjin Rizhao*. Após a colisão, a cerca de 30 milhas náuticas da costa francesa, o YM Uranus começou a alagar e adornou para bombordo. O *Hanjin Rizhao* permaneceu no local prestando auxílio. Ambos os navios tinham o sistema AIS ligado e a funcionar corretamente.

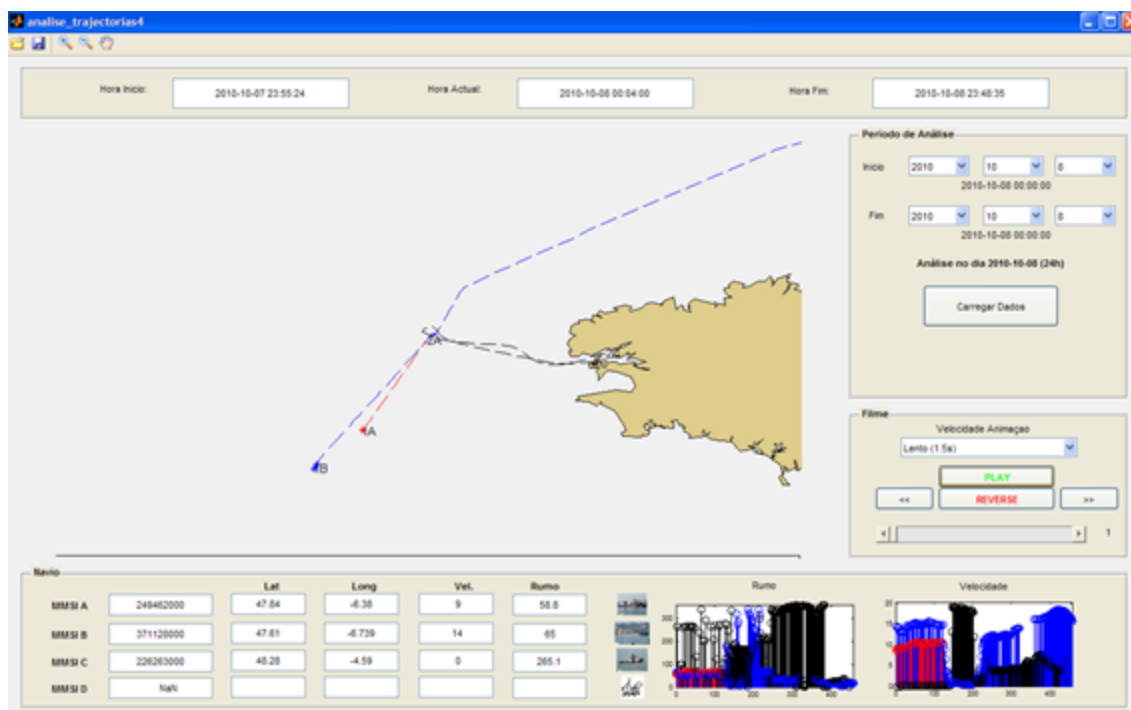


Figura 7 - Módulo de Trajetórias Simultâneas - Colisão do tipo *Overtaking*

Na figura acima é possível visualizar o desenrolar da situação que origina o acidente entre o YM Uranus e o *Hanjin Rizhao*. É também possível visualizar o movimento do rebocador que irá prestar auxílio ao YM Uranus.



Figura 8 - Navio YM Uranus após colisão com Hanjin Rizhao

2.5.2 Módulo Análise de Incidentes

O Módulo de Análise de Incidentes surgiu na sequência do encalhe do navio Merle em janeiro de 2013. O Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos contactou a DAGI para reconstruir a trajetória do navio até ao momento do encalhe. Este navio encalhou em 19 de janeiro de 2013 na praia da Torreira, perto de Aveiro, fruto de condições meteorológicas muito adversas. Foi registado pela boia ondógrafo de Leixões ondas de 16 metros no período que antecedeu o encalhe do navio.

Na sequência do contacto efetuado à DAGI pelo Comandante Velho Gouveia, este solicitou que se fizesse o cruzamento das posições do navio com a informação áudio e meteorológica disponível. O produto que iria responder ao desafio colocado consistiu numa versão melhorada do Módulo de Análise de Trajetórias onde será possível integrar diferentes fontes de informação (AIS, METOC, áudio, texto) num único interface. O Módulo resultante foi designado por Módulo de Análise de incidentes:

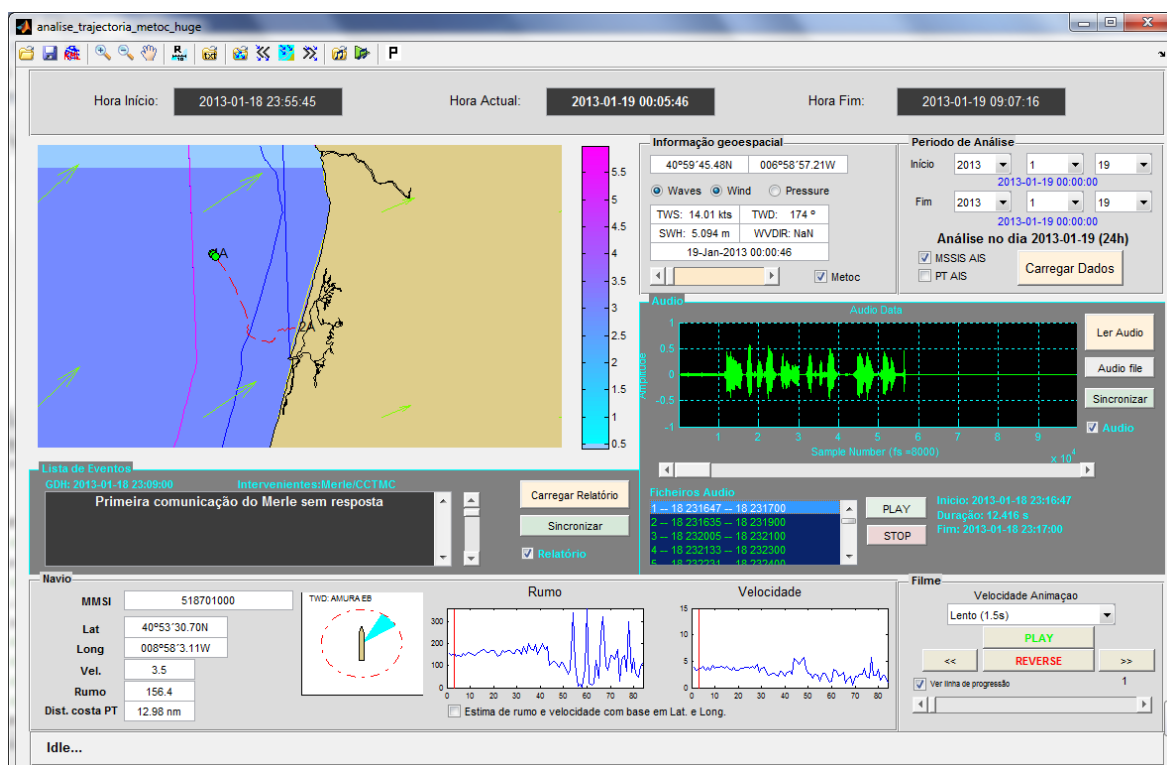


Figura 9 - Módulo de Análise de Incidentes - Encalhe do navio Merle em 19 de janeiro de 2013

No site do GPIAM está disponível um resumo do Relatório N°1/2013 “Encalhe do navio Merle”⁴⁴. Neste resumo é possível observar um conjunto de recomendações de segurança dirigidas às entidades com responsabilidades na gestão do tráfego marítimo.



Figura 10 - Imagem do navio “Merle” após o encalhe na praia da Torreira.

Ambos os módulos estão descritos com maior detalhe na dissertação de Fernandes (2014).

⁴⁴ Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos, Recomendações de Segurança, Ver:<http://www.gpiam.mamaot.gov.pt/index.php/recomendacoes-de-seguranca/41-recomendacoes/105-relat1-2013-merle>, consultado em 13 de fevereiro de 2015.



Capítulo 3

Modelo de Análise

3.1 Módulo de Análise de Colisões e Encalhes

3.2 Cenário de Estudo: Porto de Lisboa

3 Capítulo 3 – Modelo de Análise

Neste capítulo descreve-se as principais etapas do desenvolvimento do Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE) que constitui o principal objetivo desta dissertação e permite apoiar a correta utilização da ferramenta IWRAP. Estas etapas passam pela perfeita definição dos *inputs* do IWRAP, pela caracterização da estrutura de dados proposta para agregar todos os elementos de informação que, não só constituem os *inputs* requeridos, mas permitem a sua validação. São também descritos os algoritmos implementados para a obtenção dos diversos tipos de dados. É, feita, também uma caracterização pormenorizada do cenário de estudo. E, finalmente, é descrita a parametrização efetuada no IWRAP com os *inputs* do protótipo MACE.

3.1 Módulo de Análise de Colisões e Encalhes – MACE

Da necessidade identificada em 2013, entre a DF e a DAGI, em dispor de uma aplicação que permita obter os *inputs* do IWRAP, cedo se verificou que o *software* MATLAB e o protótipo AISINTEL seriam os instrumentos mais adequados para a construção de uma “solução”. A parametrização das pernadas que o IWRAP possibilita teria de ser replicada num protótipo “solução”. Isto implica que o protótipo tenha de ter funcionalidades de um GIS, o que já estava garantido em anteriores módulos do AISINTEL. Portanto, o protótipo “solução”, designado por MACE, teria de ter um mapa e possibilitar a interação com objetos georreferenciados. Este é uma das razões por ter sido escolhido o *software* MATLAB e o protótipo AISINTEL como ponto de partida para este novo módulo. Uma outra razão está nas rotinas desenvolvidas para o pré-processamento de dados AIS. As razões para a escolha do *software* MATLAB não se esgotam nestas duas, pois a obtenção das funções densidade de probabilidade associadas à distribuição das entradas e saídas ao longo do eixo transversal de cada pernada é obtida através de uma função própria da *toolbox* de estatística designada por *ksdensity* que facilita em muito a obtenção deste *input*. Caso contrário, a metodologia de estimação de densidades por funções Kernel teria de ser implementada propositadamente para este fim.

O desenvolvimento do protótipo MACE foi orientado de forma a satisfazer **três requisitos funcionais**.

O primeiro requisito consiste na **obtenção dos inputs** principais associados a cada pernada do cenário em análise na ferramenta IWRAP. O segundo requisito está na facilidade em **gerir de forma flexível toda a informação de uma pernada** do canal navegável. Este requisito resume-se às seguintes funcionalidades de HMI⁴⁵:

1. Apresentar um mapa-mundo com uma projeção cilíndrica⁴⁶ com possibilidade de obter as coordenadas de qualquer ponto entre os limites máximo e mínimo de latitude e longitude.
2. Definir o centro da pernada (centro do retângulo) através de coordenadas de latitude e longitude. As coordenadas devem ser definidas de duas formas: i) introdução manual das coordenadas no formato grau e minuto decimal; ii) através do cursor do rato, onde o utilizador seleciona um ponto no mapa.
3. Definir a orientação da pernada em graus.
4. Definir o comprimento e a largura da pernada em jardas.
5. Definir o número de bandas ou “tiras” ao longo do eixo transversal da pernada que poderá ser função do espaçamento individual de cada banda ou tira.
6. Visualizar a pernada no mapa com indicação visual de cor distinta dos polígonos separados pelo eixo transversal da pernada de forma a evidenciar o sentido de “entrada” e “saída” do canal navegável.
7. Visualizar a tabela de dados que resume o número de entradas e saídas por tipo de navio e comprimento.
8. Visualizar a função densidade de probabilidade associada às entradas e saídas ao longo do eixo transversal da pernada.
9. Selecionar o ano para o qual se pretende coligir os *inputs* do IWRAP.
10. Reunir num botão ou outro objeto de “*interface gráfica*” todas as funcionalidades para coligir os *inputs* do IWRAP, para que o utilizador apenas tenha de acionar este objeto para obter os *inputs* requeridos.
11. Guardar em ficheiro toda a informação associada a uma pernada.
12. Carregar toda a informação associada a uma pernada a partir de um ficheiro.

⁴⁵ HMI – Human Machine Interface.

⁴⁶ O protótipo MACE utiliza a projeção cilíndrica que tem a abreviatura de “EQDCYLIN”. Mais informação sobre esta projeção pode ser encontrada em: <http://www.mathworks.com/help/map/equidistantcylindricalprojection.html>, consultado a 3 de agosto de 2015.

O terceiro requisito funcional definido está no **cálculo e visualização dos CPA's**⁴⁷ **entre pares de navios**. Este requisito funcional requer também um conjunto de funcionalidades de HMI:

13. Selecionar a distância lateral máxima para detetar eventos onde o CPA seja inferior a este valor. A distância deverá ser definida em jardas.
14. Selecionar a malha geográfica para a visualização de CPA através de um gráfico de densidades no mapa. Esta malha deverá ser definida em jardas.
15. Visualizar CPA ao longo da pernada de duas formas: i) gráfico de dispersão (mostra a localização através de um ponto no mapa); ii) gráfico de densidades com *colormap* associado ao número de eventos em cada quadrícula definida pela “malha geográfica”.
16. Visualizar os eventos de CPA distinguindo-os pelo tipo de aproximação entre navios (ex: CPA de roda-a-roda, CPA por ultrapassagem).

Dos três requisitos funcionais definidos, a prioridade para o seu desenvolvimento incidiu nos dois primeiros, em virtude de constituírem condições necessárias para a utilização da ferramenta IWRAP.

3.1.1 *Inputs* para IWRAP

A ferramenta IWRAP requer vários *inputs* para que o cenário em estudo seja corretamente parametrizado e os respetivos resultados espelhem a realidade. Destes *inputs* destacam-se dois, cujo cálculo pode ser obtido a partir de dados AIS e a sua produção constitui o principal objetivo da aplicação MACE:

- 1. Tabela com o número total de entradas e saídas ao longo de uma pernada por tipo e comprimento de navio.**

Para o presente estudo considerou-se oito tipos de navios, a saber:

- i. *Fast Ferry*
- ii. *Fishing Ship*
- iii. *Support Ship*

⁴⁷ CPA – Closest Point of Approach – distância lateral mínima entre dois navios que realizam trajetórias retilíneas.

- iv. *Pleasure Ship*
- v. *Other Ship*
- vi. *Passenger Ship*
- vii. *General Cargo Ship*
- viii. *Oil Tanker*

Os valores de comprimento foram definidos em intervalos de 25 metros até um máximo de 425 metros. A partir de deste valor tem-se um intervalo aberto para navios de comprimento superior. Como exemplo, tem-se a seguinte tabela produzida pela aplicação MACE:

Tabela 5 - Exemplo de output da aplicação MACE que constitui *input* para o IWRAP

	Fast Ferry	Fishing Ship	Support Ship	Pleasure Ship	Other Ship	Passenger Ship	General Cargo Ship	Oil Tanker
[0 - 25]	0	0	185	38	26	42	160	20
[25 - 50]	0	0	57	7	7	0	0	0
[50 - 75]	0	4	0	14	6	2	16	0
[75 - 100]	3	0	4	9	10	12	786	347
[100 - 125]	3	0	0	7	7	16	693	263
[125 - 150]	0	0	0	0	0	23	1140	75
[150 - 175]	0	0	0	0	2	64	203	63
[175 - 200]	0	0	0	0	0	81	332	23
[200 - 225]	0	0	0	0	5	54	262	0
[225 - 250]	0	0	0	0	0	43	81	1
[250 - 275]	0	0	0	0	0	144	65	3
[275 - 300]	0	0	0	0	0	113	55	0
[300 - 325]	0	0	0	0	0	17	0	0
[325 - 350]	0	0	0	0	0	23	2	0
[350 - 375]	0	0	0	0	0	0	0	0
[375 - 400]	0	0	0	0	0	0	0	0
[400 - 425]	0	0	0	0	0	0	0	0
[>425]	0	0	0	0	0	0	0	0

A tabela acima pode ser exportada para um ficheiro Excel de forma a facilitar a introdução de dados no IWRAP.

O segundo *input* consiste em obter a:

2. Função densidade de probabilidade das entradas e saídas ao longo de uma pernada.

A função densidade de probabilidade (*fdp*) associada à distribuição das entradas e saídas de navios na área da pernada é calculada com recurso ao método de estimação de densidades Kernel. As “entradas” e “saídas” estão relacionadas com o cruzamento do eixo transversal da pernada e a respetiva orientação relativamente ao azimute definido para a pernada. Este requisito pretende apenas fornecer ao analista uma informação visual da

fdp para que este possa escolher as funções distribuição que o IWRAP disponibiliza e assim obter uma “mistura” de funções que caracterize a real distribuição do tráfego ao longo do eixo transversal de uma pernada. Considere-se o seguinte exemplo fornecido pela aplicação MACE:

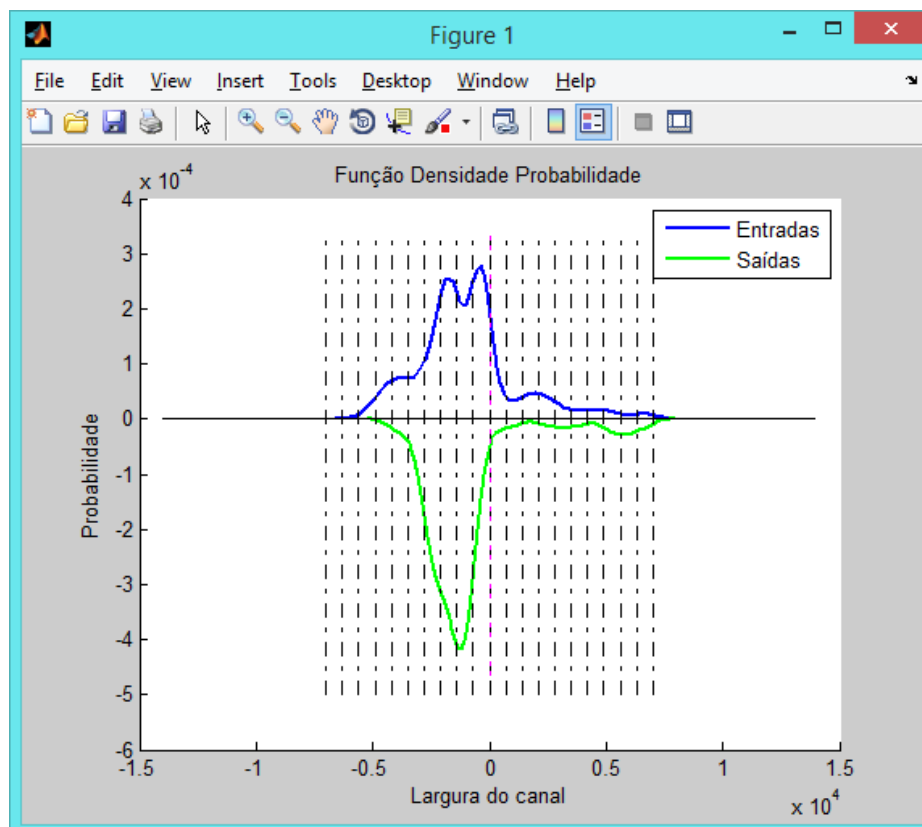


Figura 11 - Exemplo de uma *fdp* associada à distribuição de entradas e saídas ao longo do eixo transversal de uma pernada.

A aplicação MACE disponibiliza também o histograma das entradas e saídas para um período anual:

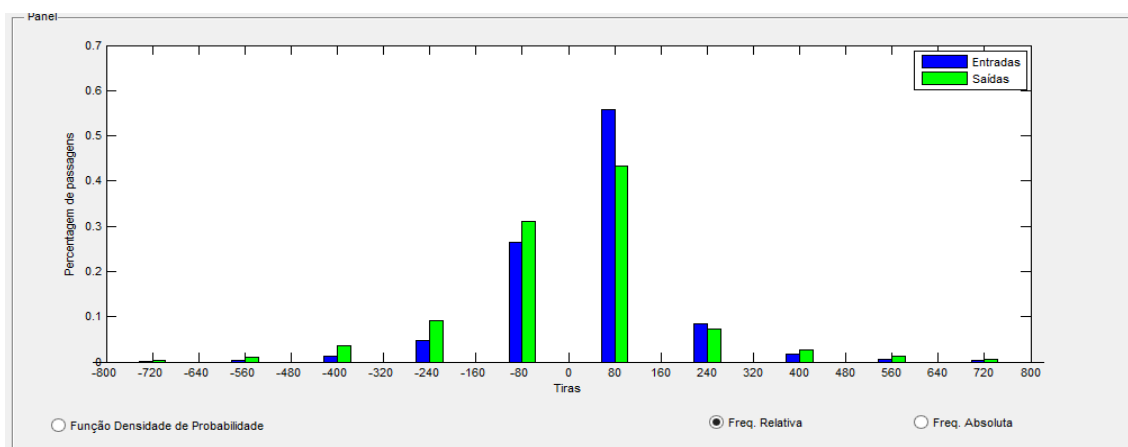


Figura 12 - Exemplo de Histograma (frequências relativas) para o total de entradas e saídas (todos os tipos de navio e comprimento) ao longo de um ano.

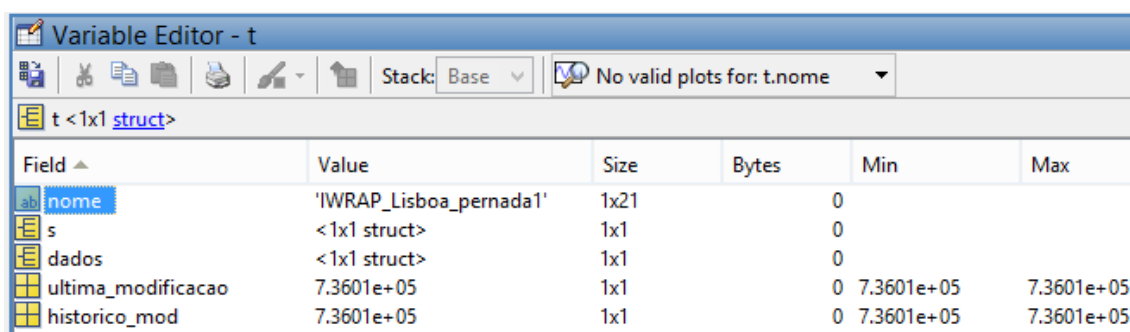
A aplicação MACE permite visualizar, não só as frequências relativas, mas também as frequências absolutas do total de entradas e saídas ao longo do eixo transversal da pernada.

3.1.2 Estruturas de Dados

Para guardar os *inputs* do IWRAP e demais elementos considerados relevantes e que caracterizam o tráfego marítimo de uma pernada foi necessário conceber uma forma de organizar todos esses elementos numa única estrutura de dados. Para este efeito optou-se por guardar toda a informação acerca da pernada numa estrutura padrão que o MATLAB disponibiliza e que se denomina por *struct*. Uma *struct* é um tipo de dado que agrupa dados relacionados entre si através de campos, designados por *fields*.

Para garantir um padrão para a organização de todos os dados de uma pernada e facilitar o carregamento em memória através da aplicação MACE, decidiu-se que o nome da *struct* seria o mesmo qualquer que fosse a pernada. Ou seja, quando se carrega um ficheiro *mat* relativo a uma pernada, o nome da estrutura que fica em memória é o mesmo e tem a letra “*t*”. O facto de esta estrutura ter apenas uma letra facilita a implementação nos ficheiros de código. Naturalmente que os dados nos campos da estrutura *t* variam e dependem da pernada.

Por exemplo, ao carregar em memória um ficheiro com informação de uma pernada é possível visualizar 5 campos da estrutura *t*:



Field	Value	Size	Bytes	Min	Max
nome	'IWRAP_Lisboa_pernada1'	1x21	0		
s	<1x1 struct>	1x1	0		
dados	<1x1 struct>	1x1	0		
ultima_modificacao	7.3601e+05	1x1	0	7.3601e+05	7.3601e+05
historico_mod	7.3601e+05	1x1	0	7.3601e+05	7.3601e+05

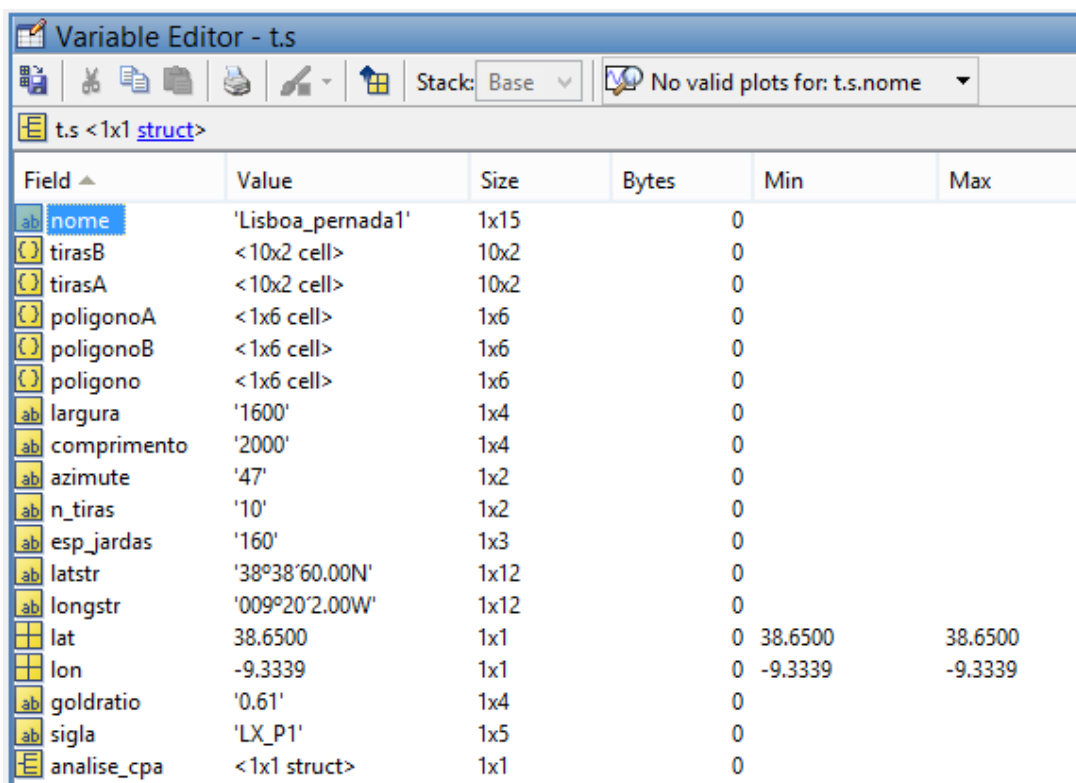
Figura 13 - Campos da estrutura *t* no ambiente de desenvolvimento MATLAB (*workspace*)

A estrutura *t* possui cinco campos (*fields*) primários:

- **Field nome:** contém o nome do ficheiro que contém a estrutura *t*. Na figura, o nome do ficheiro é “IWRAP_Lisboa_pernada1”.

- *Field* **s**: consiste numa *struct* com informação relacionada com a geometria do retângulo associado à pernada.
- *Field* **dados**: consiste numa *struct* que contém outras *struct* que, por sua vez, agrupam os dados do tráfego marítimo por ano.
- *Field* **ultima_modificacao**: contém a data da última compilação de dados.
- *Field* **histórico_mod**: contém uma tabela com o registo de todas as datas associadas a compilações de dados.

A *field* **s** é uma *struct* que contém informação que possibilita o desenho do retângulo que contém a pernada e visualização dos histogramas associados às entradas e saídas. Este campo também contém dados que serão preenchidos na interface da aplicação MACE. Na figura abaixo tem-se os campos da *struct* **s**:



Field	Value	Size	Bytes	Min	Max
nome	'Lisboa_pernada1'	1x15	0		
tirasB	<10x2 cell>	10x2	0		
tirasA	<10x2 cell>	10x2	0		
poligonoA	<1x6 cell>	1x6	0		
poligonoB	<1x6 cell>	1x6	0		
poligono	<1x6 cell>	1x6	0		
largura	'1600'	1x4	0		
comprimento	'2000'	1x4	0		
azimute	'47'	1x2	0		
n_tiras	'10'	1x2	0		
esp_jardas	'160'	1x3	0		
latstr	'38°38'60.00N'	1x12	0		
longstr	'009°20'2.00W'	1x12	0		
lat	38.6500	1x1	0	38.6500	38.6500
lon	-9.3339	1x1	0	-9.3339	-9.3339
goldratio	'0.61'	1x4	0		
sigla	'LX_P1'	1x5	0		
analise_cpa	<1x1 struct>	1x1	0		

Figura 14 - Conteúdo da *struct* **s**

Na figura acima os *cell array* “tirasB” e “tirasA” contêm as coordenadas geográficas dos cantos dos retângulos correspondentes às tiras em cada um dos polígonos (A e B) que dividem o retângulo que contém a pernada. A figura seguinte ilustra estes retângulos e tiras:

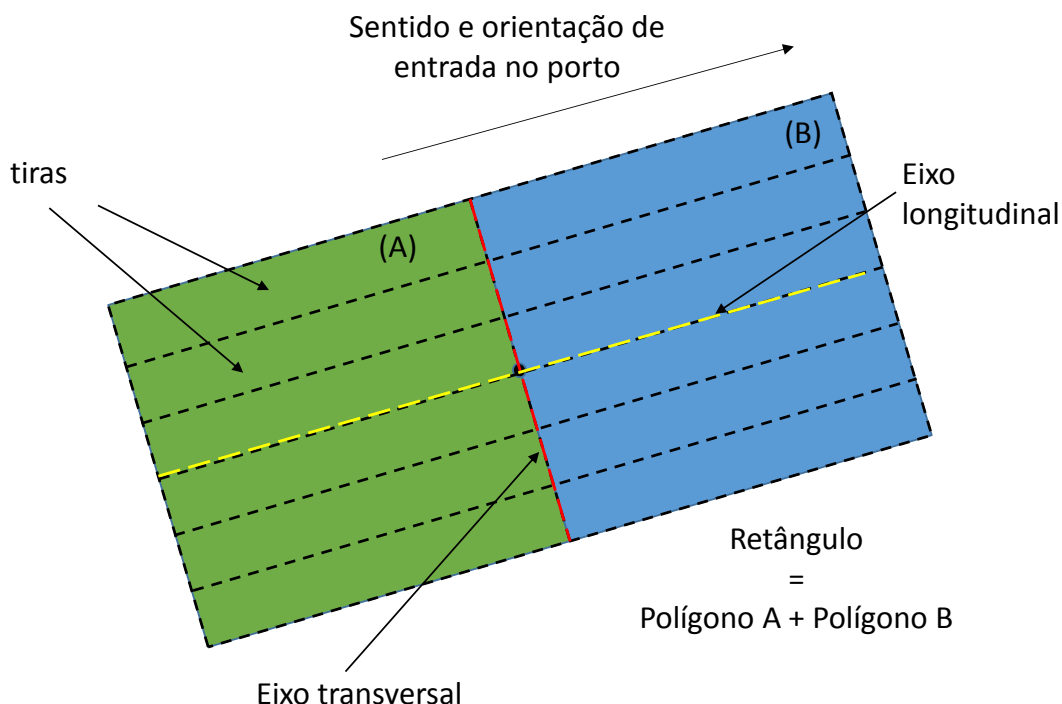
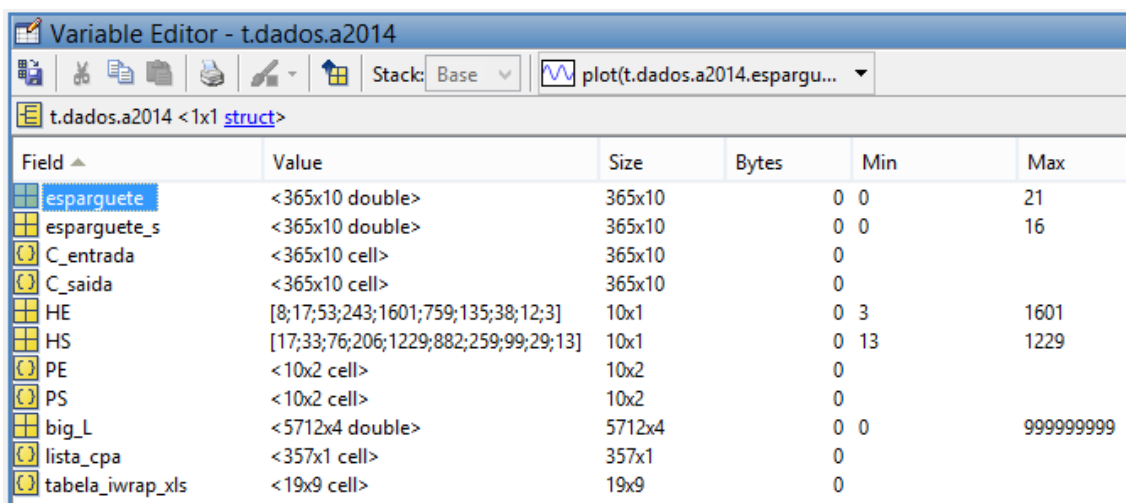


Figura 15 - Divisão do retângulo que contém a pernada de análise em polígonos A e B e nas respetivas "tiras".

Na figura acima, o polígono A corresponde ao retângulo verde e o polígono B corresponde ao retângulo azul. Cada retângulo de menor dimensão no interior de cada um dos polígonos corresponde a uma tira. A razão de se ter considerado esta divisão do retângulo que contém a pernada prende-se com o cálculo das entradas ao longo do eixo transversal que passa por detetar passagens do polígono A para cada uma das tiras do polígono B e vice-versa para as saídas. Os restantes campos contêm informação sobre a largura da pernada, comprimento, número de tiras, espaçamento entre tiras e outros dados que serão visualizados no interface do MACE.

O *field* que contém a informação relativa ao tráfego marítimo na pernada é o campo **dados**. Este campo contém a *struct* **a2014** que agrega para o ano de 2014. Caso se efetuasse a compilação de dados para o ano de 2015 então a *struct* **dados** passaria a ter duas *struct*, **a2014** e **a2015**, referentes aos anos de 2014 e 2015, respetivamente. Os campos da *struct* **a2014** estão representados na figura seguinte:



Field	Value	Size	Bytes	Min	Max
esparguete	<365x10 double>	365x10		0 0	21
esparguete_s	<365x10 double>	365x10		0 0	16
C_entrada	<365x10 cell>	365x10		0	
C_saida	<365x10 cell>	365x10		0	
HE	[8;17;53;243;1601;759;135;38;12;3]	10x1		0 3	1601
HS	[17;33;76;206;1229;882;259;99;29;13]	10x1		0 13	1229
PE	<10x2 cell>	10x2		0	
PS	<10x2 cell>	10x2		0	
big_L	<5712x4 double>	5712x4		0 0	999999999
lista_cpa	<357x1 cell>	357x1		0	
tabela_iwrap_xls	<19x9 cell>	19x9		0	

Figura 16 - Conteúdo do campo dados.a2014

As tabelas “esparguete” e “esparguete_s” contêm, para cada dia do ano (neste caso 2014) o número de passagens pelo eixo transversal do retângulo no sentido do polígono A para o polígono B (entradas) e o número de passagens pelo eixo transversal no sentido de B para A (saídas), respetivamente. A escolha do nome “esparguete” está relacionada com o aspeto visual das trajetórias AIS ao longo do retângulo que, aglomeradas, se assemelham a fios de esparguete. O sufixo “_s” na designação “esparguete_s” serve para identificar as saídas.

Os *cell array* “C_entrada” e “C_saida” contêm os MMSI⁴⁸ dos navios que cruzaram o eixo transversal do retângulo em ambos os sentidos (entradas e saídas) em cada dia do ano. A vantagem de registar esta informação permite validar e confirmar se de facto num determinado dia ocorreu efetivamente um determinado número de passagens e quais os navios que as efetuaram. Esta análise tem particular interesse para despistar situações conspícuas ou casos “fronteira” que podem ocorrer. Por exemplo, a passagem de cacilheiros pode não interessar que sejam contabilizadas. Por este motivo foi colocada uma restrição na contabilização das passagens pelo eixo transversal do retângulo, de forma a eliminar trajetórias que façam um ângulo inferior a 30° com o eixo transversal (o valor é parametrizável pelo utilizador).

As tabelas HE e HS correspondem aos valores absolutos das entradas e saídas de cada uma das tiras do polígono B e do polígono A, respetivamente. Os *cell array* PE e PS contêm as coordenadas geográficas dos retângulos azuis e verdes correspondentes às

⁴⁸ MMSI - Maritime Mobile Service Identity.

entradas e saídas respetivamente. Como exemplo, a figura abaixo ilustra o histograma que representa as entradas e saídas no mapa:

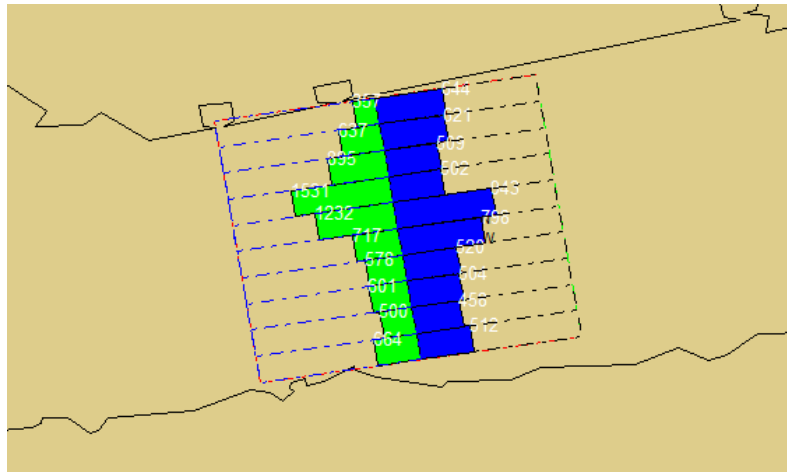


Figura 17 - Histograma dos valores absolutos das entradas e saídas ao longo do eixo transversal de uma pernada.

O valor “*goldratio*” permite ao utilizador escolher o aspeto estético do histograma através da relação entre o valor máximo observado entre as passagens para cada tira relativamente a metade do comprimento. Se *goldratio* = 1 (100%) então a tira que apresentar o valor máximo de passagens (entradas e saídas) terá a respetiva barra do histograma (barra azul para as entradas e verde para as saídas) uma altura que coincidirá com o limite do comprimento do retângulo. No caso ilustrado na figura, tem-se *goldratio* = 0,61 (61%), pelo que a altura da barra associada à tira com o valor máximo de passagens corresponderá a 61% de metade do comprimento do retângulo.

A tabela “big_L” contém a lista de todos os navios que passaram ao longo do eixo transversal (entradas e saídas). Esta lista relaciona MMSI com o tipo de navio e comprimento.

O *cell array* “lista_cpa” contém, para cada dia do ano, uma matriz com os pares de navios que possuem uma distância lateral inferior aquela definida pelo utilizador aquando da compilação de dados. A partir desta lista é possível identificar os CPA e os respetivos navios.

O *cell array* “tabela_iwrap_xls” constitui o principal *input* do IWRAP para a pernada em questão contém o total de passagens (entradas e saídas) num período anual por tipo de navio e comprimento.

3.1.3 Rotinas de Extração, Transformação e Carregamento

O registo e a decodificação das mensagens AIS são processos que já se encontram implementados e não serão descritos neste trabalho. Na dissertação de Fernandes, P. (2014) é feita uma descrição destes processos em maior detalhe.

O Módulo de Análise de Colisões e Encalhes permite ao utilizador parametrizar uma pernada (de cada vez) ao longo do canal navegável e produzir a estrutura t com toda a informação necessária para a correta parametrização no IWRAP. A produção desta estrutura é feita acionando um único botão e seleccionando o ano para o qual os dados dizem respeito. Este botão agrega uma sequência de instruções onde, para cada dia do ano, são executados dois algoritmos distintos:

- Algoritmo 1: Cálculo do Esparguete (contagens de passagens pelo eixo transversal)
- Algoritmo 2: Cálculo de CPA no retângulo da pernada.

3.1.3.1 Algoritmo 1: Cálculo do Esparguete

O algoritmo que permite a construção da tabela de dados referida na Tabela 5 constituiu o principal desafio em termos de implementação do presente trabalho. Este desafio prende-se com o problema de contabilizar passagens ao longo de um eixo transversal a partir de uma sequência finita de posições de um navio aquando da entrada ou saída do porto. Note-se que esta contagem tem de ser garantida através de um conjunto de instruções lógicas e não por observação direta das trajetórias dos navios, como o Módulo de Análise de Trajetórias do AISINTEL permite. Esta contagem foi feita analisando as sequências de posições para cada navio, em cada dia do ano, e detetando se nestas sequências existe um par de posições ordenadas no tempo (por ordem crescente) onde a primeira posição do par está no polígono A e a posição seguinte está numa tira do polígono B, caso estejamos interessados em contabilizar entradas. O racional é semelhante para as saídas. Para verificar se uma posição AIS de um determinado navio está no interior de um polígono é utilizada a função *inpolygon* disponibilizada pelo MATLAB. Estas contagens são guardadas na tabela “esparguete” e “esparguete_s”.

A figura seguinte ilustra o algoritmo que calcula o total de passagens:

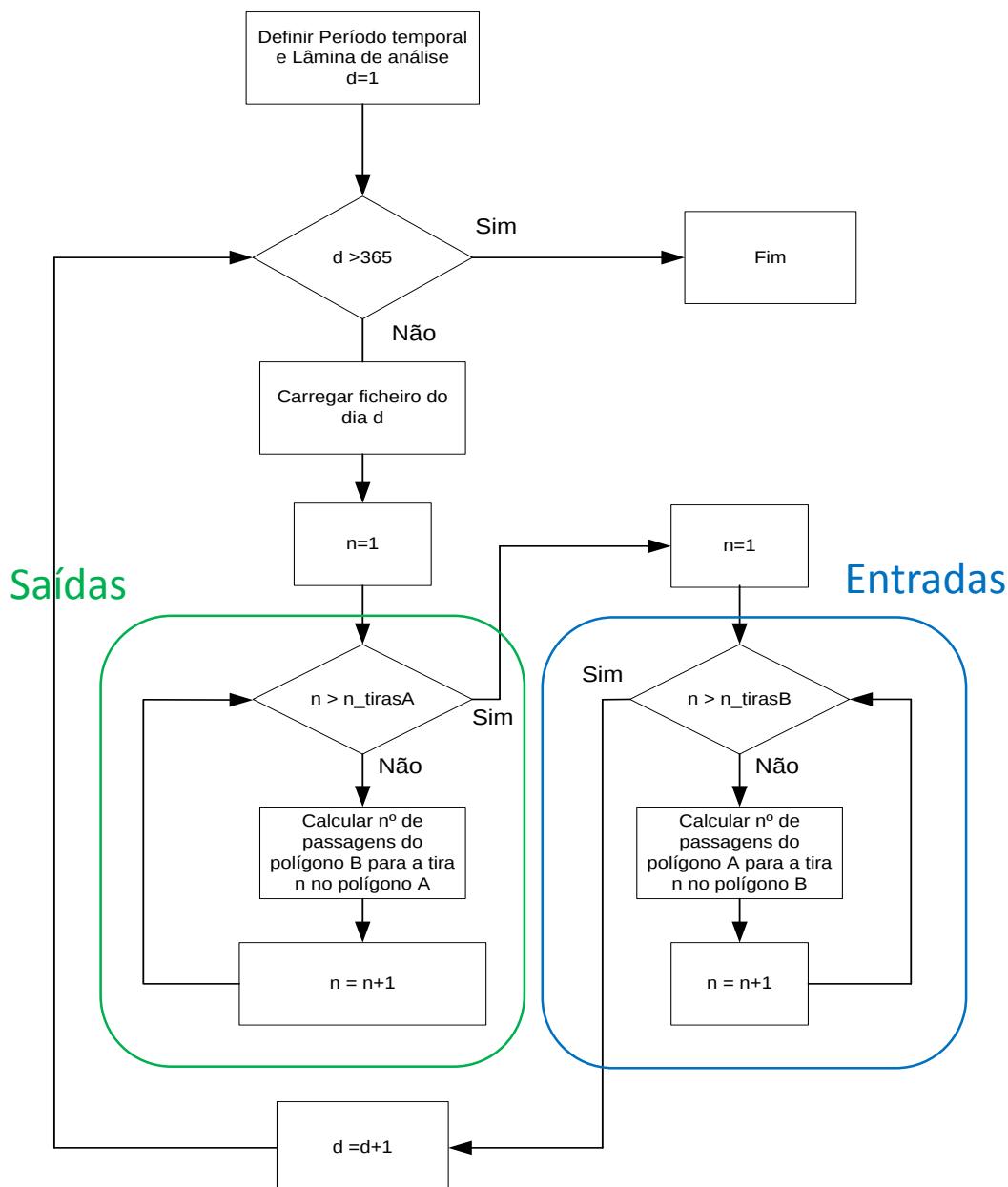


Figura 18 - Fluxograma do algoritmo para cálculo do "esparguete"

No código não é usado o valor 365 para o número de dias num ano, mas sim uma função que calcula o número de dias de um ano tendo em consideração um almanaque que está incorporado no MATLAB, designado por *yeardays*. No final, é obtida a estrutura *t* e esta é guardada num ficheiro com o nome escolhido pelo utilizador. As instruções lógicas que traduzem racional do fluxograma na figura acima estão na função *uitoggletool4_ClickedCallback* em Apêndice B.

3.1.3.2 Algoritmo 2: Cálculo de CPA no retângulo da pernada.

O algoritmo para o cálculo de CPA consiste em analisar uma sequência ordenada de vetores *linha* que contém informação AIS acerca de um navio. Esta informação consiste essencialmente no MMSI, GDH, latitude e longitude. Estes vetores *linha* são agrupados numa tabela de forma a relacionar várias posições de navios. Esta tabela pode ser reordenada pelo GDH dos vetores *linha*.

A partir da tabela ordenada pelo GDH é possível analisar conjuntos de linhas em bloco (por exemplo sequência de 50 linhas) e selecionar as linhas onde a distância temporal seja reduzida (por exemplo inferior a 1 minuto). Filtrar as linhas cuja distância temporal seja inferior a 1 minuto é o primeiro passo que precede a obtenção dos CPA. O segundo passo consiste em averiguar a distância em milhas náuticas entre linhas correspondentes a navios diferentes. Se após este segundo filtro existirem linhas cuja distância geodésica é inferior a um determinado limite então estas linhas são emparelhadas e relacionadas com a distância entre as posições de ambos os navios. A tabela resultante, designada por lista emparelhada, que contém pares de navios emparelhados, permite localizar no espaço e no tempo eventos onde dois navios estiveram próximos um do outro. Mas esta informação ainda não fornece os CPA desejados. Para tal, é necessário identificar linhas que possuem os mesmos pares de navios e verificar a menor distância entre eles. A linha correspondente à menor distância fornece a localização espaço-tempo do CPA entre o par de navios.

A aplicação do algoritmo de cálculo de CPA foi incluída no fluxograma referido na figura anterior, pelo que ambos os algoritmos são executados para uma lista de posições no interior do retângulo da pernada para cada dia do ano. O código que produz corresponde à função *dinamicos_CPA.m*, que é invocada na função *uitoggletool4_ClickedCallback* descrita em Apêndice B.

3.1.4 Interface gráfico para obtenção de dados

O desenvolvimento do Módulo de Análise de Colisões e Encalhe (MACE) constitui o principal objetivo da presente dissertação e à semelhança de outros módulos que integram o AISINTEL, considera-se que este módulo é um instrumento em permanente evolução que deve acompanhar as necessidades e requisitos que venham a ser identificados por quem deve elaborar estudos de análise de risco na área da segurança marítima. Uma das características do projeto AISINTEL reside na sua flexibilidade e possibilidade de reutilizar o código em novos algoritmos para procurar soluções de novos problemas e desafios. Esta característica está também presente na aplicação MACE, pois esta aplicação poderá e deverá evoluir de forma a integrar novas funcionalidades para analisar o risco de colisão e encalhe.

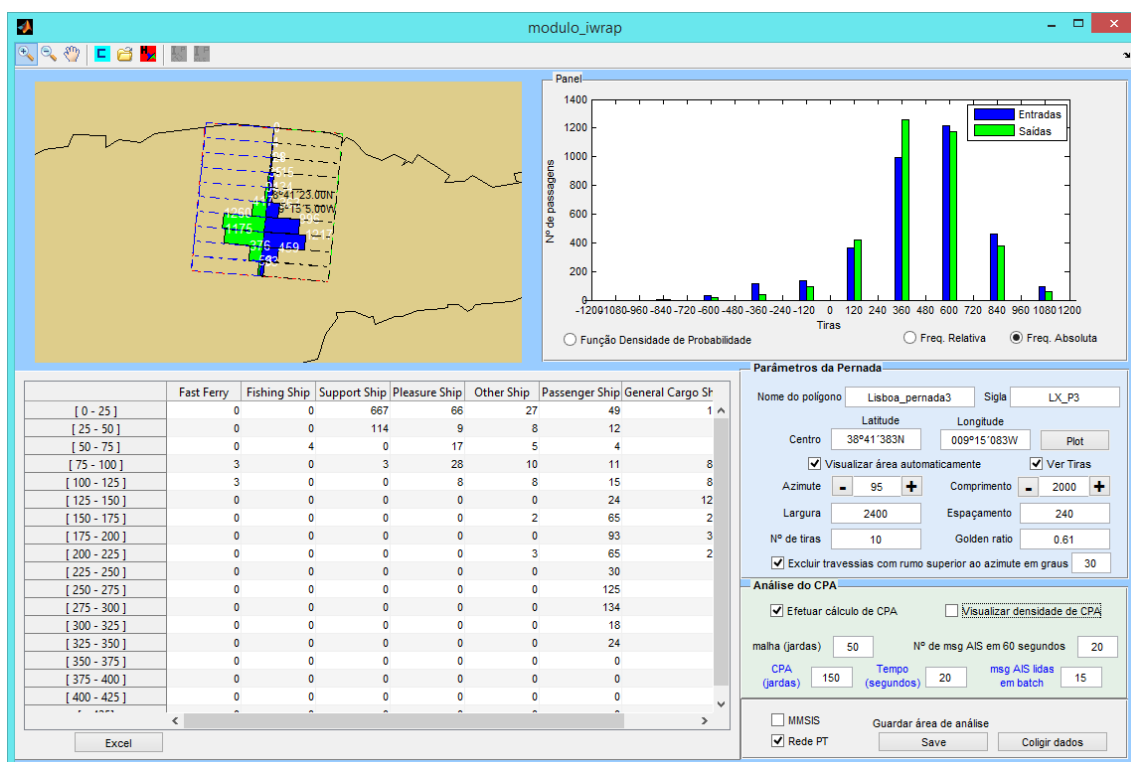


Figura 19 - Interface principal do Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE)

O interface principal da aplicação MACE possui 5 áreas distintas, a saber:

- Barra de ferramentas no topo da tela;
- Mapa-mundo, com possibilidade de colocar objetos georreferenciados (retângulos, histogramas, etc) (canto superior esquerdo da tela);

- Gráfico para visualizar os histogramas de entradas e saídas, relativos a frequências absolutas ou relativas (canto superior direito da tela);
- Tabela com o número total de passagens pelo eixo transversal do retângulo por tipo de navio e comprimento (canto inferior esquerdo da tela);
- Painel de parametrização da pernada (canto inferior direito) constituído por três telas distintas.

A figura abaixo exemplifica de forma mais clara as diferentes componentes do interface MACE:

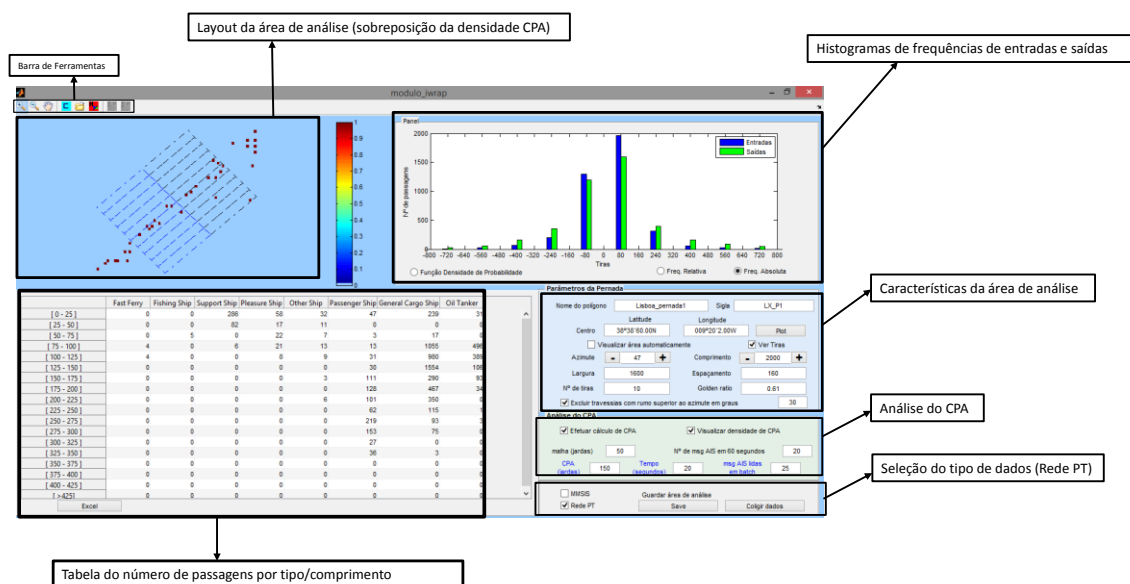


Figura 20 - Interface do MACE com descrição das principais componentes gráficas

A construção do interface MACE pretende facilitar o desenho de uma pernada e a respetiva compilação de dados. Desta forma, para criar um retângulo, existem duas formas. Por um lado, o utilizador precisa apenas de inserir as coordenadas de latitude e longitude do centro do retângulo. Por outro, necessita apenas de clicar no mapa para que seja criado automaticamente um retângulo de acordo com as características definidas. A posição respeitante ao clique será o centro do retângulo. O desenho no retângulo no mapa é automático. A alteração das características do retângulo (comprimento, largura, centro, azimuth) são visualizadas automaticamente com a alteração destes parâmetros.

Para coligir os dados necessários do IWRAP, o utilizador precisa apenas de acionar o botão vermelho na barra de ferramentas:



Figura 21 - Botão que inicia o algoritmo para coligir *inputs* do IWRAP e CPA

Ao acionar este botão, a aplicação pergunta o ano para o qual pretende coligir os dados:

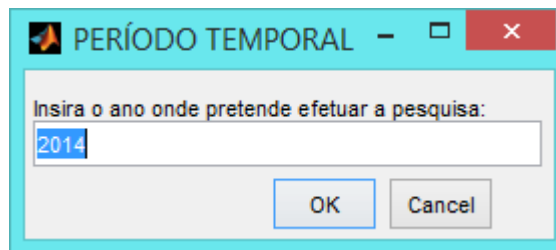


Figura 22 - Seleção do ano para iniciar a produção de *inputs* do IWRAP

Ao acionar o botão de “OK”, a aplicação inicia a pesquisa por ficheiros com informação AIS e começa a calcular o número de passagens e CPA para cada dia do ano. O resultado de carregamento de ficheiros é enviado para a janela de comando do MATLAB:

```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT01Jan2014.mat
Elapsed time is 0.172892 seconds.

str =

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT02Jan2014.mat
Elapsed time is 0.216923 seconds.

str =

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT03Jan2014.mat
Elapsed time is 0.185364 seconds.

str =

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT04Jan2014.mat
Elapsed time is 0.119276 seconds.

str =

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT05Jan2014.mat
Elapsed time is 0.141700 seconds.

str =

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT06Jan2014.mat
Elapsed time is 0.083786 seconds.

str =

C:\dados\dados\2014\1\F_PT\F_PT07Jan2014.mat
```

Figura 23 - Output da função que colige passagens e CPA

O tempo de processamento de uma pernada depende de vários fatores. A velocidade do processador do computador é um deles, mas nos testes efetuados, verificou-se que o número de tiras têm uma grande influência no tempo que demora a coligir os dados de uma pernada. Para a produção das quatro pernadas, o tempo médio por pernada demorou cerca de 30 minutos.

No final do algoritmo é criado um ficheiro que contém a estrutura t e cujo nome corresponde ao conteúdo do campo “Nome do polígono” no painel de parametrização da pernada.

Para facilitar a exportação da tabela com o total de passagens foi criado um botão com a etiqueta “excel” que permite criar um ficheiro XLS com os valores e estrutura da referida tabela. Os resultados produzidos por este módulo para as 4 pernadas do canal navegável da entrada da barra do Porto de Lisboa estão descritos em Apêndice A.

3.2 Cenário de Estudo: Porto de Lisboa

O Porto de Lisboa continua a ser um determinante e poderoso fator de desenvolvimento da economia do país, com um papel de crescente importância na tendência europeia e mundial de incremento do transporte marítimo de mercadorias e passageiros.

3.2.1 Caracterização do canal do Porto de Lisboa

O Porto de Lisboa situa-se no estuário do Rio Tejo, junto à sua Foz, estando a sua barra localizada na costa oeste de Portugal, entre o Cabo Raso, cerca de 8 milhas a NW e o Cabo Espichel, 15 milhas a SW. Para efeitos de aplicação da legislação em águas interiores não marítimas do Rio Tejo e no interior do Porto de Lisboa, considera-se área de jurisdição da Capitania do Porto de Lisboa desde a ponte rodoviária Marechal Carmona, em Vila Franca de Xira, até à linha que une o farol de S. Julião ao farol do Bugio, e este último ao esporão da Ponta da Calha na Cova do Vapor.

A área molhada do estuário abrange uma superfície aproximada de 325 km², com um comprimento de cerca de 25 km e uma largura variável entre 2 e 14 km, englobando além da área portuária principal, que é genericamente designada por Porto de Lisboa, os canais de acesso ao porto situados a W da Linha de Entre-Torres e ainda os rios, calas e canais e seus afluentes, situados para montante da área principal. O acesso ao Porto de Lisboa pode ser feito através de dois canais: a Barra Sul ou Grande e a Barra Norte ou Pequena. Sobre a Linha de Entre-Torres, a Barra Norte cruza a Barra Sul e passa a desenvolver-se segundo a direção desta.

3.2.1.1 Largura e Batimetria do Canal

A área molhada do estuário abrange uma superfície aproximada de 325 km², com um comprimento de cerca de 25 km e uma largura variável entre 2 e 14 km, englobando além da área portuária principal, que é genericamente designada por Porto de Lisboa, os canais de acesso ao porto situados a W da Linha de Entre - Torres e ainda os rios, calas e canais e seus afluentes, situados para montante da área principal. O acesso ao Porto de Lisboa pode ser feito através de dois canais: a Barra Sul ou Grande e a Barra Norte ou Pequena. Sobre a Linha de Entre - Torres, a Barra Norte cruza a Barra Sul e passa a desenvolver-se segundo a direção desta.

O canal navegável do Rio Tejo tem uma largura variável entre estreitos limites, apresentando mínimos de 0.9 milhas nas proximidades de Belém (009°13'W) e Cacilhas (009°09'W), no que toca a profundidades, são de um modo geral, a meio do rio, entre os 30 e os 40 metros.

- Nas aproximações às Barras de Lisboa

Na área compreendida entre o Cabo da Roca e o Cabo Espichel, pode-se considerar a costa como sendo dividida em duas partes, que apresentam características claramente distintas. A primeira parte desenvolve-se desde o Cabo da Roca até à Fortaleza de São Julião da Barra ou Ponta da Laje, nela se inserindo a Baía de Cascais, esta parte abrange igualmente os bancos de areia da barra do Rio Tejo. A segunda parte estende-se desde a zona da Cova do Vapor, nas imediações da povoação da Trafaria, até ao Cabo Espichel.

Os bancos da Barra do Rio Tejo são essencialmente constituídos por dois baixos; O Cachopo do Norte que se desenvolve sensivelmente para SW a partir da ponta da Laje (Forte de S. Julião da Barra), encurvando para S no seu troço final, constituindo a denominada Cabeça do Pato, a mais de 3.5 milhas daquela ponta, e o Cachopo do Sul, onde emerge o ilhéu do Bugio, com o seu farol, e que se estende para S aproximadamente até à latitude da Cabeça do Pato. Entre o Cachopo Norte e terra, a Norte, localiza-se a Barra Norte do Porto de Lisboa e entre o Cachopo Norte e o Cachopo Sul, a Barra Sul ou Barra Grande.

Quanto à Batimetria, a isobatimétrica dos 100 metros, que a NW do cabo da Roca passa a cerca de 5.5 milhas de terra, afasta-se subitamente para W, chegando a 18 milhas de costa, para depois vir a Sul e voltar a aproximar, passando 4 milhas a SW do Cabo

Raso, criando assim uma zona extensa muito espreitada; contorna depois os bancos da barra e segue para Sul mais ou menos paralela à costa e a cerca de 3 milhas desta, para, finalmente, ao dobrar o Cabo Espichel se aproximar até 1 milha. A isobatimétrica dos 20 metros segue a costa a distâncias inferiores a 1 milha até à Ponta do Salmodo ou de Santa Marta, descrevendo de seguida uma curva envolvente dos bancos da barra, passando a cerca de 1 milha por dentro da Linha de Entre-Torres e dirigindo-se para Este até cerca de 2 milhas de costa.

- Nas Barras de Lisboa e Estuário do Rio Tejo

O Cachopo do Norte estende-se desde perto de S. Julião para SW numa extensão de 3.4 milhas e uma largura máxima de 0,8 milhas, considerada a isobatimétrica dos 10 metros. A natureza do fundo é de areia fina, exceto na Cabeça do Cachopo

Quanto ao baixo do Sul (Cachopo do Sul) envolve o Bugio e alonga-se para SW, cerca de 2.2 milhas, até à batimétrica dos 10 metros, tendo uma largura máxima de cerca de 2.5 milhas a Norte da Linha de Entre-Torres. Os fundos são de areia fina, a qual na zona das Goladas é muito movediça. Esta zona, situada para E e NE do Bugio sofre grande influência das correntes de maré do Rio Tejo. Numa aproximação ou aterragem ao Porto de Lisboa, não existem grandes perigos em termos batimétricos, com a isobatimétrica dos 20 metros a desenvolver-se a menos de 1 milha de terra, salvo na zona da baía de Cascais e na zona das barras, em que os baixos aí existentes se estendem até cerca de 4 milhas de costa. A partir da baía de Cascais, ao longo da costa, a isobatimétrica dos 10 metros só se aproxima do enfiamento Farol Guia-Farol Santa Marta, a SW do Farol São Julião, ao mesmo tempo que o canal de navegação se vai estreitando até à mínima largura dos 200 metros.

No que diz respeito à Barra Sul, pois é o foco desta dissertação de mestrado, a Barra Sul situa-se aproximadamente a meio da reentrância natural formada entre o Cabo Raso e o Cabo Espichel, consistindo num longo canal de cerca de 7 milhas de extensão desde o seu extremo SW, junto à boia n.º2 até ao seu extremo NE, junto à boia n.º7 que assinala o limite Norte dos extensos baixios conhecidos por Goladas. A largura do canal navegável varia entre cerca de 1.1 milhas junto à boia n.º2 e 0.4 milhas junto à boia n.º7, sendo os limites deste canal assinalados pelos enfiamentos respetivamente da Marca de Caxias-Farolim da Mama para o limite NW e Marca da Boa viagem e Farolim da Mama para o limite SE. O canal navegável apresenta sondas reduzidas superiores a 10 metros, exceto

na zona do baixio Cabeça do Pato, situada cerca de 1 milha a NE da entrada, onde podem ser encontradas sondas ordem dos 8 metros dentro dos limites do canal e da ordem dos 3 metros no cachopo de que este baixio é parte integrante.

3.2.1.2 Aterragem ao Porto de Lisboa

O Porto de Lisboa pode ser acedido através de duas barras distintas. Entende-se por aterragem ao Porto de Lisboa a aproximação até uma posição a Sul da baía de Cascais, para os navios que pretendam demandar Lisboa pela Barra Norte ou a uma posição de coordenadas 38°37.2'N-009°23.2'W, onde se encontra fundeada uma boia lateral de bombordo, a boia n.º 2, para os navios que demandam Lisboa pela Barra Sul.

Designa-se por Barra Norte, Corredor ou Canal do Norte o percurso de cerca de 1.5 milhas entre a ponta da Rana e a Linha de Entre-Torres (S. Julião-Bugio) sendo o seu eixo o enfiamento Farol Guia-Farol Santa Marta ($Zv^{49}=284.7^\circ$).

Por Barra Sul, Barra Grande ou Canal Sul entende-se o percurso de 4.5 milhas sobre o enfiamento marca da Mama - Farol Esteiro – Farol Gibalta ($Zv=047.1^\circ$) desde o enfiamento Peninha – Cidadela ($Zv=336^\circ$) e a Linha de Entre - Torres e tendo como resguardo Norte o enfiamento Marca da Mama-Marca de Caxias ($Zv=050.3^\circ$) e como resguardo Sul o enfiamento Marca da Mama – Marca da Boa Viagem ($Zv=044.2^\circ$).

3.2.2 Parametrização da configuração do cenário de análise

Inicialmente, foi definido o cenário no qual se vai debruçar a análise desta dissertação de mestrado. O cenário de análise, contemplará três retângulos de análise dos padrões de tráfego marítimo desde a aproximação à Barra Sul do Porto de Lisboa até ao interior do Estuário do Tejo. Foi também adicionado um retângulo de análise, que representa os padrões de tráfego da Barra Norte do Porto de Lisboa, pois é relevante estudar a influência no estudo do risco de colisão e encalhe, que tem o tráfego proveniente da Barra Norte.

⁴⁹ Zv , Azimute relativamente ao Norte verdadeiro.

3.2.2.1 Descrição do Procedimento utilizado

Segue-se uma descrição do procedimento utilizado por forma a parametrizar a configuração do cenário de análise.

Em primeiro lugar, surgiu a necessidade de definir geometricamente as pernas de análise, por forma a poder introduzir essas definições no MACE. Tem-se como características dos retângulos em análise:

- 1º Retângulo (Barra Sul exterior):
 - ✓ Posição central: Latitude-38°38.67'N e Longitude-009°20.50'W
 - ✓ Orientação: 47°
 - ✓ Comprimento do retângulo: 4800 jardas (2.4 milhas)
 - ✓ Largura do retângulo: 1600 jardas (0.8 milhas)
 - ✓ Número de tiras: 35
 - ✓ Espaçamento de tiras: 45.7143 jardas
 - ✓ Posição inicial: Latitude-38°37.27'N e Longitude-009°22.39'W
 - ✓ Posição final: Latitude- 38°40.07'N e Longitude-009°18.55'W
- 2º Retângulo (Barra Sul interior):
 - ✓ Posição central: Latitude-38°40.70'N e Longitude-009°17.68'W
 - ✓ Orientação: 47°
 - ✓ Comprimento do retângulo: 3760 jardas (1.88 milhas)
 - ✓ Largura do retângulo: 1600 jardas (0.8 milhas)
 - ✓ Número de tiras: 35
 - ✓ Espaçamento de tiras: 45.7143 jardas
 - ✓ Posição inicial: Latitude- 38°40.07'N e Longitude-009°18.55'W
 - ✓ Posição final: Latitude- 38°41.33'N e Longitude-009°16.85'W
- 3º Retângulo (Estuário)
 - ✓ Posição central: Latitude-38°41.23'N e Longitude-009°15.50'W
 - ✓ Orientação: 95°
 - ✓ Comprimento do retângulo: 7800 jardas (3.9 milhas)
 - ✓ Largura do retângulo: 2400 jardas (1,2 milhas)
 - ✓ Número de tiras: 50
 - ✓ Espaçamento de tiras: 48 jardas
 - ✓ Posição inicial: Latitude-38°41.33'N e Longitude-009°16.85'W

- ✓ Posição final: Latitude- 38°41.14'N e Longitude-009°14.17'W
- 4º Retângulo (Barra Norte):
 - ✓ Posição central: Latitude-38°40.28'N e Longitude-009°19.66'W
 - ✓ Orientação: 105°
 - ✓ Comprimento do retângulo: 3480 jardas (1,74 milhas)
 - ✓ Largura do retângulo: 600 jardas (0,3 milhas)
 - ✓ Número de tiras: 15
 - ✓ Espaçamento de tiras: 40 jj
 - ✓ Posição inicial: Latitude-38°40.53'N e Longitude-009°20.70'W
 - ✓ Posição final: Latitude- 38°40.07'N e Longitude-009°18.55'W

Posteriormente, as pernadas anteriormente definidas no MACE serão introduzidas e configuradas no IWRAP.



Figura 24 - Configuração do cenário no IWRAP

Em primeiro lugar, foi introduzida uma digitalização da carta do Porto de Lisboa com limites geográficos definidos, pelas coordenadas:

- Latitude: 38°42.50'N e Longitude: 009°21.6'W;
- Latitude: 38°37.20'N e Longitude: 009°21.6'W;
- Latitude: 38°42.50'N e Longitude: 009°12.6'W e
- Latitude: 38°37.20'N e Longitude: 009°12.6'W.

Introduzindo a digitalização da carta de navegação como um ficheiro de imagem, serviu de “*Raster Map*”. Depois de introduzir o ficheiro de imagem, foram calibrados os limites da carta de navegação, para que estes coincidam geograficamente com o interface gráfico do IWRAP.

Um dos parâmetros com relevância na análise do risco de encalhe, é a batimetria. Para tal foram definidas com base no “*Raster Map*”, fazendo uso da opção “*Bathymetry/Area tool*”, as batimétricas dos cinco e dez metros de profundidade, a Norte e a Sul do Tejo, como se pode observar na seguinte figura:



Figura 25 - Definição de batimétricas dos 5 e 10 metros.

Após isto, procedeu-se à definição das quatro pernas de análise, de acordo com as informações de cada perna anteriormente definidas no MACE, tais como: posição central, orientação, comprimento da perna, a sua posição inicial e posição final, definidas no MACE.

Posteriormente, extraíram-se as funções densidade de probabilidade do MACE, para cada perna, como mostra a seguinte figura.

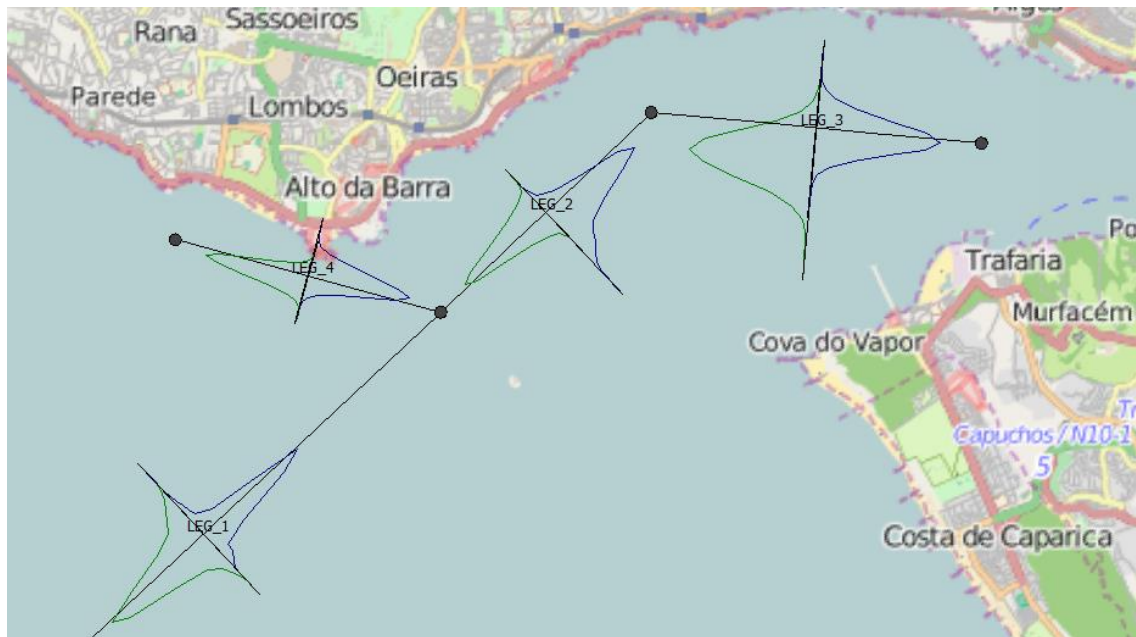


Figura 26 - Configuração do cenário de análise no IWRAP

As funções densidade de probabilidade obtidas no MACE têm uma distribuição que não é possível definir analiticamente, ou seja, defini-la com uma função matemática. Então, com base nestas funções, realizaram-se operações de agregação de distribuições do tipo “normal”, com o intuito de definir as curvas de distribuição da densidade do tráfego no IWRAP.

Então para a perna 1 (LEG_1), foram agregadas três distribuições normais, com diferentes valores para as variáveis: *Weight* (peso), *Mean* (centro) e *Standard Deviation* (desvio-padrão), com o objetivo de definir uma função da distribuição do tráfego:

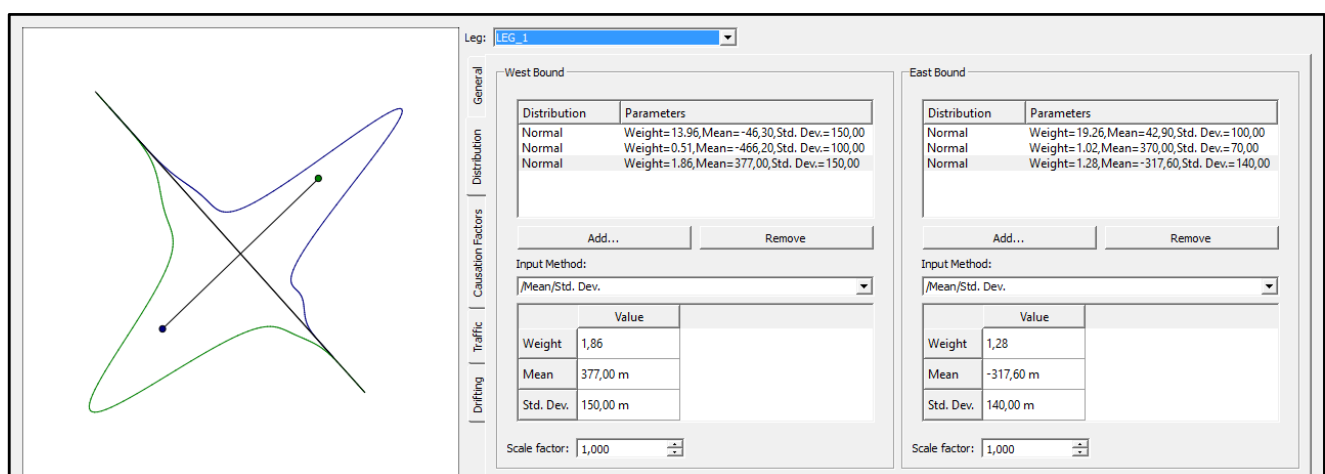


Figura 27 - Configuração da perna 1 no IWRAP

A elaboração do gráfico anteriormente exposto, da distribuição da densidade do tráfego relativa à pernada 1 (LEG_1), foi baseada na seguinte função densidade de probabilidade, extraída do MACE:

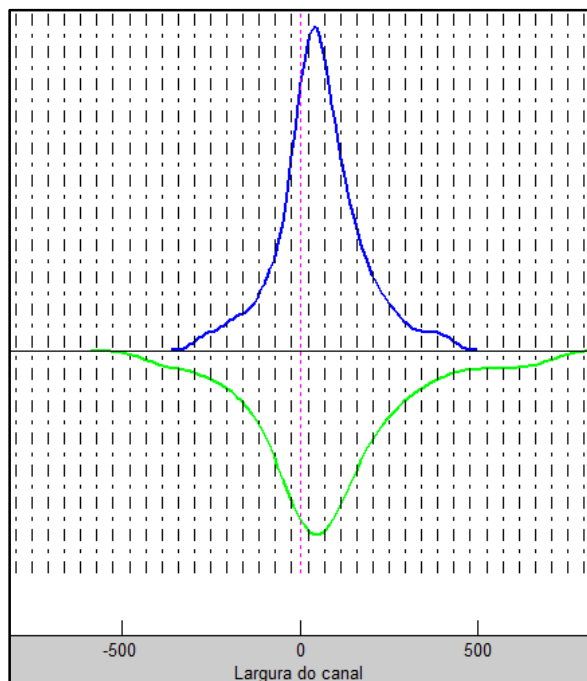


Figura 28 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 1

Quanto à pernada 2 (LEG_2), foi definida uma distribuição normal, com valores para as variáveis: *Weight* (peso), *Mean* (centro) e *Standard Deviation* (desvio-padrão), com o objetivo de aproximá-la da distribuição real do tráfego:

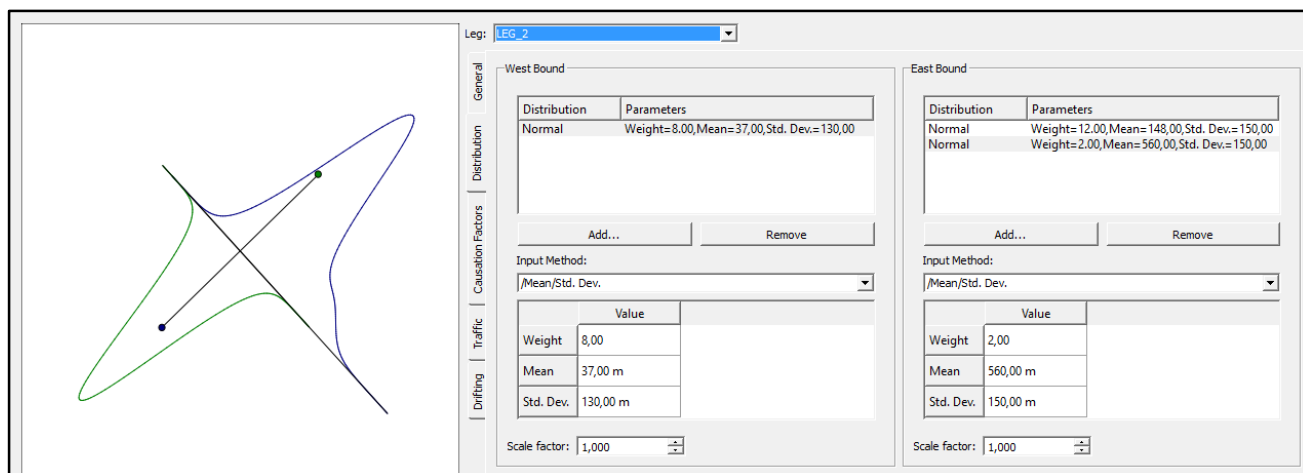


Figura 29 - Configuração da pernada 2 no IWRAP

A elaboração do gráfico anteriormente exposto, da distribuição da densidade do tráfego relativa à pernada 2 (LEG_2), foi baseada na seguinte função densidade de probabilidade, extraída do MACE.



Figura 30 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 2

Quanto à pernada 3 (LEG_3), foi definida uma distribuição normal, com valores para as variáveis: *Weight* (peso), *Mean* (centro) e *Standard Deviation* (desvio-padrão), com o objetivo de aproximá-la da distribuição real do tráfego:

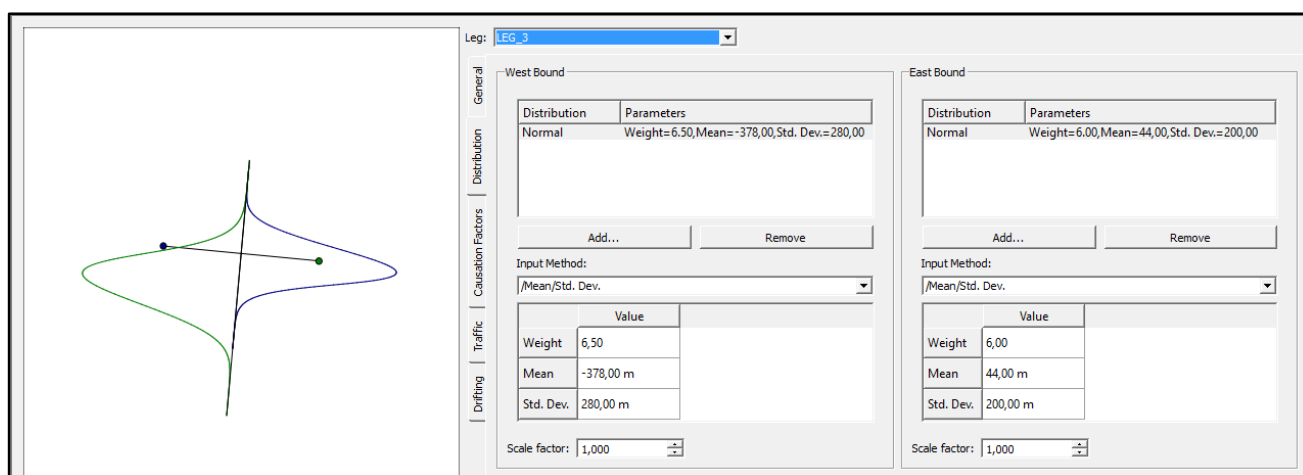


Figura 31 - Configuração da pernada 3 no IWRAP

A elaboração do gráfico anteriormente exposto, da distribuição da densidade do tráfego relativa à pernada 3 (LEG_3), foi baseada na seguinte função densidade de probabilidade, extraída do MACE:

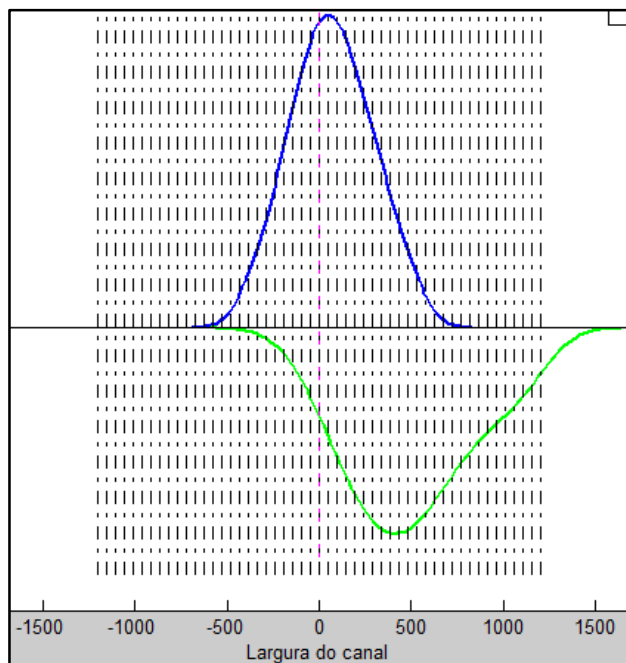


Figura 32 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 3

Por fim, para a pernada 4 (LEG_4), foi definida uma distribuição normal, com valores para as variáveis: *Weight* (peso), *Mean* (centro) e *Standard Deviation* (desvio-padrão), com o objetivo de aproximá-la da distribuição real do tráfego:

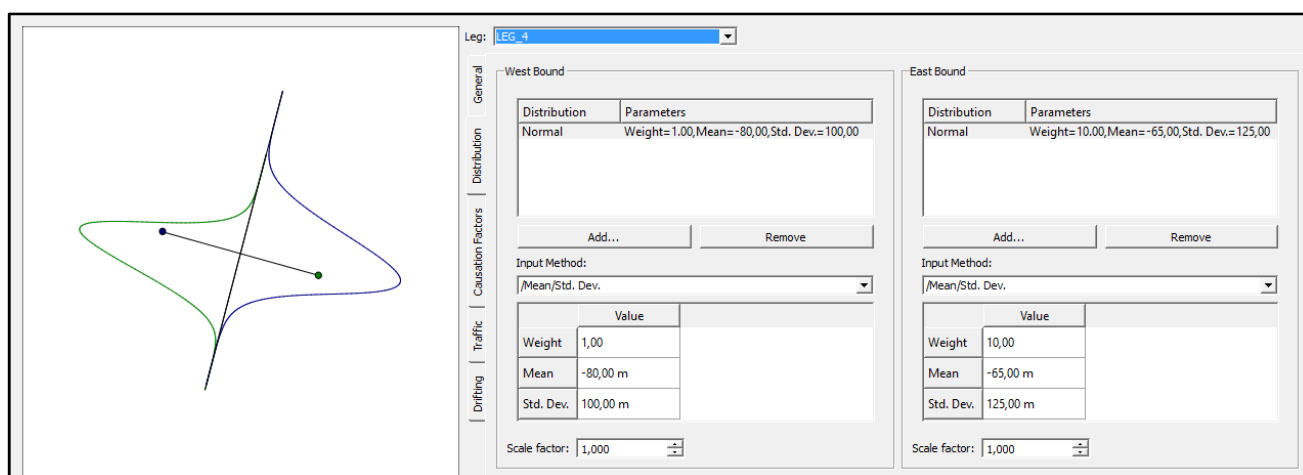


Figura 33 - Configuração da pernada 4 no IWRAP

A elaboração do gráfico anteriormente exposto, da distribuição da densidade do tráfego relativa à pernada 4 (LEG_4), foi baseada na seguinte função densidade de probabilidade, extraída do MACE:

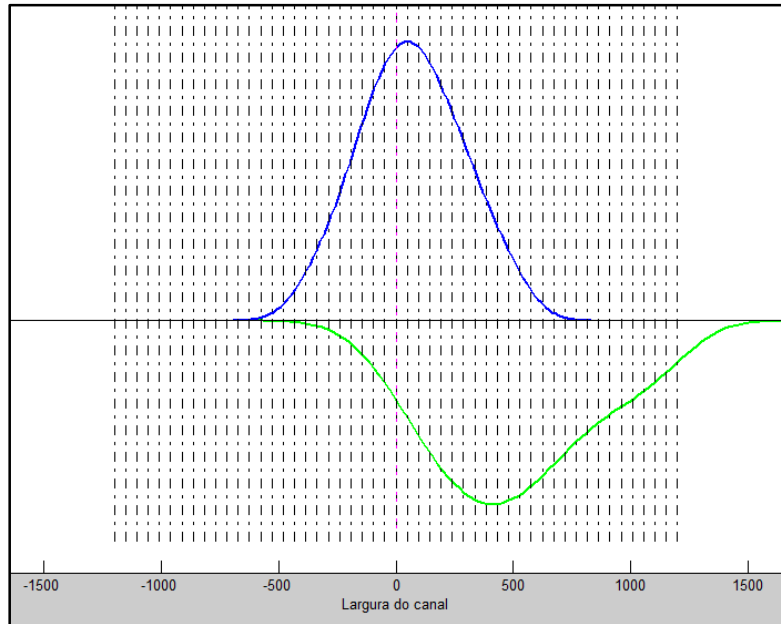


Figura 34 - Função densidade probabilidade relativa à pernada 4

O IWRAP requiere que sejam introduzidos dados sobre o número total de passagens (entradas e saídas), por tipo e comprimento de navio, ao longo do ano de 2014, ano sobre o qual se debruça a análise.

Para cada pernada, foi utilizada a aplicação MACE para extrair o volume do tráfego, ou seja, o número total de passagens sob a seção transversal, em ambos os sentidos. Desta forma, considerou-se que o número total de passagens para as entradas seria igual ao número total de passagens para as saídas, o que significa que todos os navios que entraram, também saíram.

Logo, ao introduzir no IWRAP para cada pernada, considerou-se, para as entradas, aproximadamente metade do valor do número total de passagens e igualmente para as saídas. Para cada pernada, introduziu-se na opção "*Traffic*", as frequências absolutas respeitantes ao volume de tráfego (número de passagens) para a distribuição das entradas (a azul) e das saídas (a verde), mediante tipo/comprimento de navio, informação esta proveniente da aplicação desenvolvida em MATLAB, MACE.

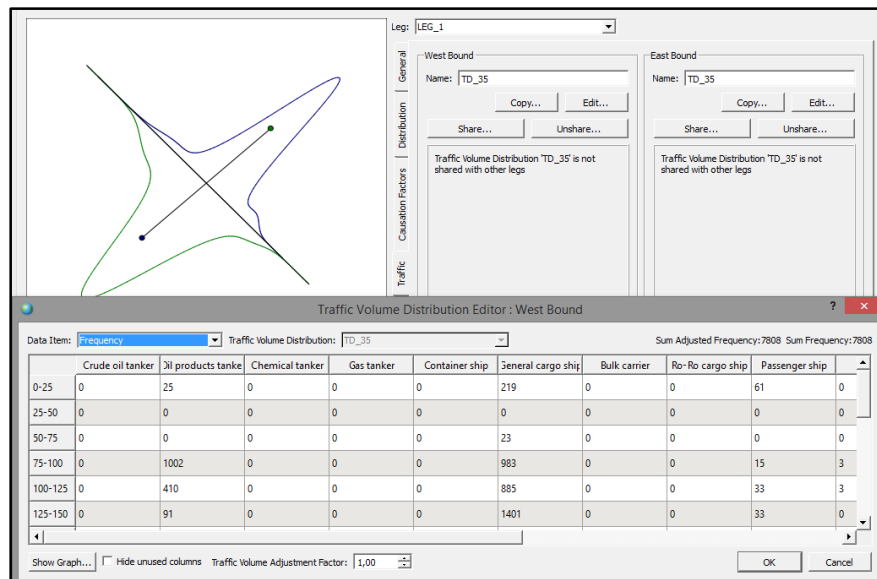


Figura 35 - Introdução do nº de passagens em cada pernada para entradas e saídas

Posteriormente, após configurar o cenário das quatro pernadas, o IWRAP permite introduzir mais informações para que o cálculo do risco de colisão e encalhe seja o mais realista e credível. Então é possível no IWRAP, tipificar uma área, como sendo a área de atuação mais comum por parte de embarcações de pesca, através da opção “*Traffic Area Element*”.

A área de pesca que foi introduzida representa os movimentos das embarcações de pesca que estatisticamente atuam naquela área e os dados não AIS que foram incorporados (entradas e saídas de embarcações de pesca e embarcações de recreio) foram retirados de informação estatística fornecida pela Capitania do Porto de Lisboa.

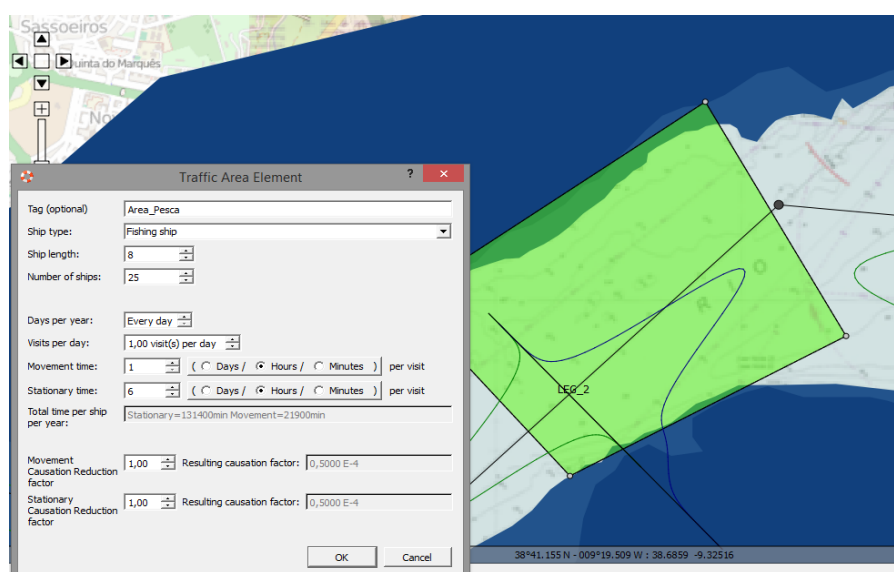


Figura 36 - Área tipificada com embarcações de pesca

Esta área tem como limites as seguintes coordenadas:

- 38°41.02'N-009°18.37'W;
- 38°41.68'N-009°17.15'W;
- 38°40.90'N-009°16.57'W;
- 38°40.43'N-009°17.70'W.

A área acima exposta, foi tipificada, considerando as seguintes informações:

- Tipo de navios: Embarcações de pesca;
- Comprimento dos navios: 8 metros;
- Número de navios: 25;
- Visitas: 1/dia, todos os dias do ano;
- Tempo despendido em trânsito: 1 hora por visita;
- Tempo despendido em posição estacionária: 6 horas por visita.

Esta informação sobre a área de pesca, é relevante, assim como se deve considerar a predominância das correntes que se fazem sentir em cada pernada. No IWRAP, é possível contemplar este efeito. Atendendo ao fato de o Porto de Lisboa se encontrar praticamente na foz de um dos maiores rios de Portugal, usualmente com um caudal bastante assinalável, e sendo a sua barra bastante franca relativamente à ação do Oceano Atlântico, o conhecimento das correntes e das correntes de maré que se fazem sentir na área do porto de Lisboa é um fator importante porquanto elas têm características muito marcantes e diversas, influenciando bastante a manobra dos navios.

Então, utilizando a opção “Drifting”, tem-se para a pernada 1 (LEG_1):

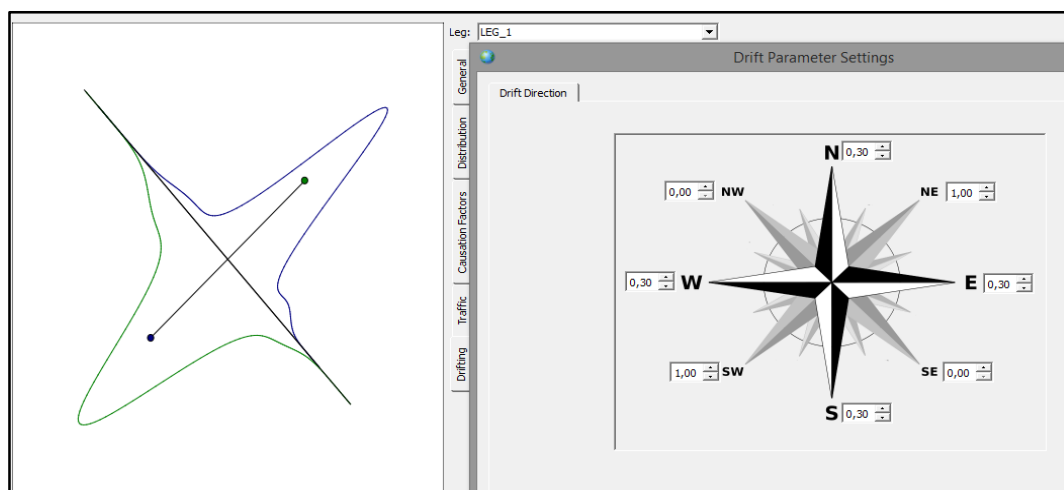


Figura 37 - Correntes predominantes na pernada 1

Para a pernada 2 (LEG_2):

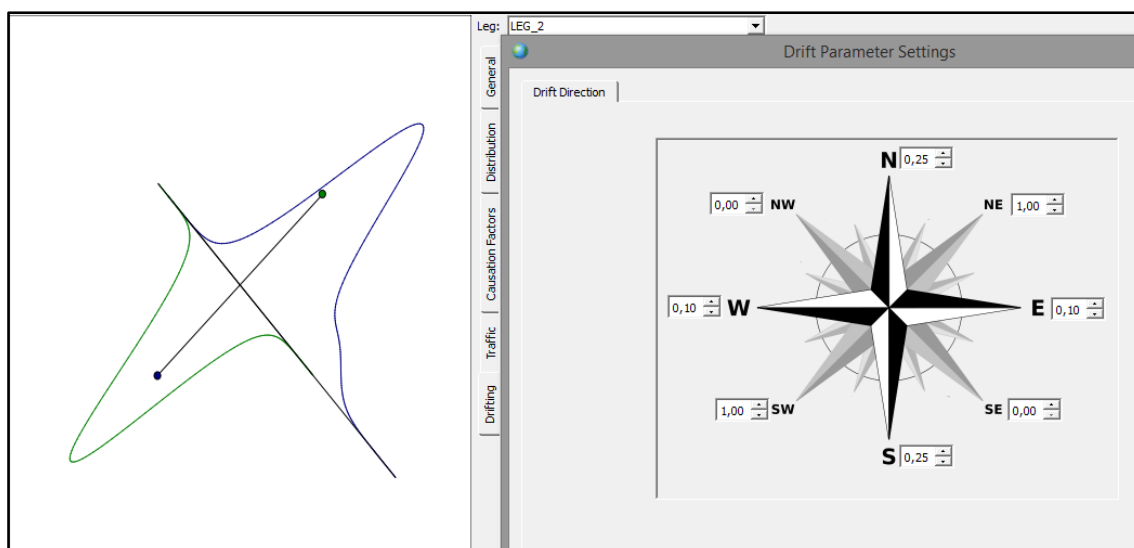


Figura 38 - Correntes predominantes na pernada 2

Na Barra Sul, pernadas 1 e 2 de análise, a enchente corre sensivelmente na direção do seu enfiamento, segundo uma orientação NE. Na vazante, a corrente segue o percurso inverso, segundo uma orientação de SW. Em marés vivas, a enchente tem cerca de 2 nós, se bem que, coincidindo com ventos fortes de W possa atingir 4 nós entre o Cachopo e São Julião. Refletiram-se estes “valores de corrente” através dos coeficientes em cada ponto cardeal.

Para a pernada 3 (LEG_3):

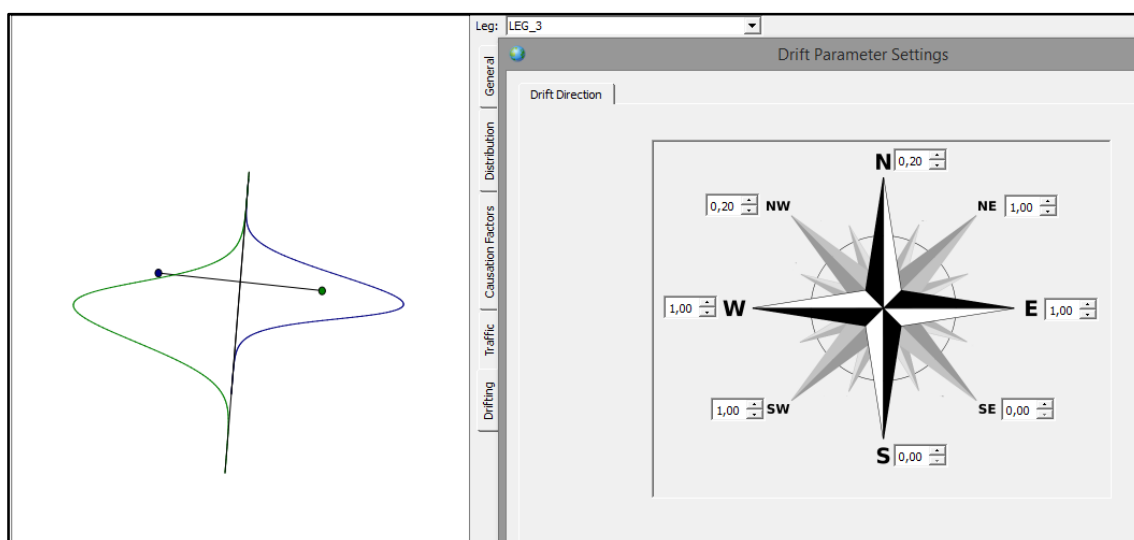


Figura 39 - Correntes predominantes na pernada 3

Na pernada 3, estuário do rio Tejo, na enchente, proveniente da Barra Sul, inflete próximo de Caxias para E, seguindo paralelamente às margens do rio Tejo. Na vazante, a corrente segue uma orientação W.

Para a pernada 4 (LEG_4):

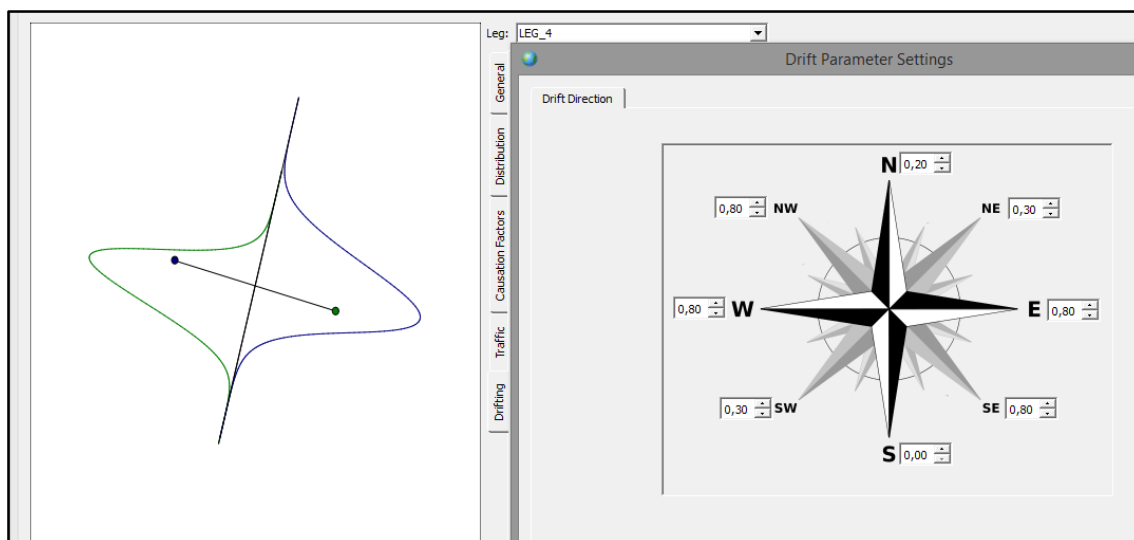


Figura 40 - Correntes predominantes na pernada 4

Verifica-se na pernada 4 (Barra Norte) que na enchente as correntes correm segundo uma orientação para ESE. Na vazante, sobre o Cachopo do Norte, um ramo dessa corrente inflete para NW na direção da Baía de Cascais, atingindo a respetiva área de fundeadoiro e terra, mudando depois de direção para ESE, isto é, tomando o mesmo caminho que a enchente e passando a atuar para montante como se fosse uma contra-corrente.

3.2.3 Outputs do IWRAP

Configurado o cenário de análise do IWRAP, é possível visualizar os dados de três formas diferentes: “*Show Results View*”, “*Ship-Ship Results*” e “*Result Diagrams*”.

Selecionando a opção “*Show Results View*”, surge o seguinte mapa com um conjunto de três gradientes de cores, um para as pernadas, um para os *waypoints* e outro para a batimetria, que codifica o nível do risco de colisão/encalhe na área geográfica em análise:

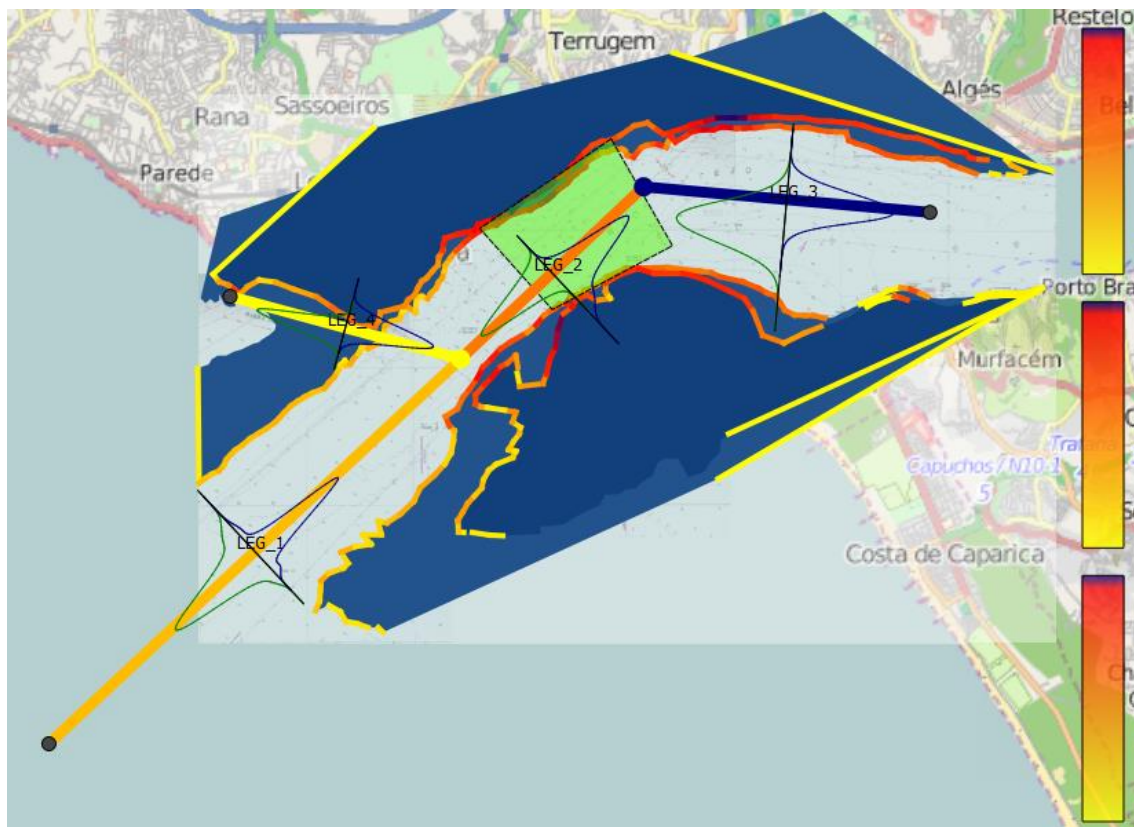


Figura 41 - Mapa de gradiente de cores que codifica o risco de colisão/encalhe

O IWRAP ao disponibilizar o mapa acima indicado, fornece-nos também valores (que se apresentam na seguinte tabela), que são um cálculo probabilístico de cada tipo de incidente.

Tabela 6 - Cálculo probabilístico de cada incidente (anos entre incidentes)

	TESTE_2	Unit
Powered Grounding	0,4975	Years between incidents
Drifting Grounding	2,306	Years between incidents
Total Groundings	0,4092	Years between incidents
Overtaking	63,9	Years between incidents
HeadOn	17,33	Years between incidents
Crossing	103,8	Years between incidents
Merqing	2 205	Years between incidents
Bend	14,33	Years between incidents
Area	1,625	Years between incidents
Total Collisions	1,301	Years between incidents

Ao selecionar a opção “*Ship-Ship Results*”, obtêm-se tabelas, como se demonstra na figura seguinte, que indicam a probabilidade de ocorrer incidentes entre navios do mesmo tipo e entre navios de diferentes tipos. É codificada também segundo um conjunto de cores, sendo amarelo a cor que representa a menor probabilidade e vermelho a que representa a maior probabilidade de ocorrer um incidente.

É possível ainda especificar por tipo de colisão: *Head-on*, *Overtaking*, *Merging*, *Crossing* e *Crossing in a Bend*. E também se pode observar a probabilidade geral, ou seja, de todos os tipos de colisões.

Esta opção de disponibilização de resultados, permite ao utilizador analisar as probabilidades “*Ship-ship*” em cada pernada ou no cenário em geral.

Item	HeadOn	Striking Struck		Filter: -No filter-							
	Container ship	General cargo ship	Bulk carrier	Ro-Ro cargo ship	Passenger ship	Fast ferry	Support ship	Fishing ship	Pleasure boat	Other ship	Sum
Crude oil tanker											
Oil products tanker		0,00657393			0,000280056	1,67381e-06	0,000671602	5,35301e-06	0,000151726	5,73511e-05	0,00931142
Chemical tanker											
Gas tanker											
Container ship											
General cargo ship		0,0290416			0,00119901	7,52339e-06	0,00319068	2,42947e-05	0,000667728	0,000247198	0,040952
Bulk carrier											
Ro-Ro cargo ship											
Passenger ship		0,00119901			4,56941e-05	2,76532e-07	0,000143757	1,05546e-06	2,84013e-05	1,05716e-05	0,00170883
Fast ferry		7,52339e-06			2,76532e-07	1,65316e-09	8,9579e-07	6,69753e-09	1,63991e-07	5,97821e-08	1,06016e-05
Support ship		0,00319068			0,000143757	8,9579e-07	0,000293095	2,3774e-06	6,94873e-05	2,31222e-05	0,00439501
Fishing ship		2,42947e-05			1,05546e-06	6,69753e-09	2,3774e-06	1,93836e-08	5,16484e-07	1,90877e-07	3,3814e-05
Pleasure boat		0,000667728			2,84013e-05	1,63991e-07	6,94873e-05	5,16484e-07	1,87523e-05	5,23349e-06	0,000942009
Other ship		0,000247198			1,05716e-05	5,97821e-08	2,31222e-05	1,90877e-07	5,23349e-06	1,92069e-06	0,000345648
Sum		0,040952			0,00170883	1,06016e-05	0,00439501	3,3814e-05	0,000942009	0,000345648	0,0576993

Figura 42 - Tabela dos resultados probabilísticos “Ship-ship”

Ao seleccionar a opção no IWRAP, *Show Result Diagram*, é possível criar gráficos de barras com as probabilidades de cada acidente (colisão/encalhe) por pernada/waypoint, por exemplo, seleccionando visualizar a colisão do tipo *Overtaking* por pernada, é possível visualizar o seguinte diagrama:

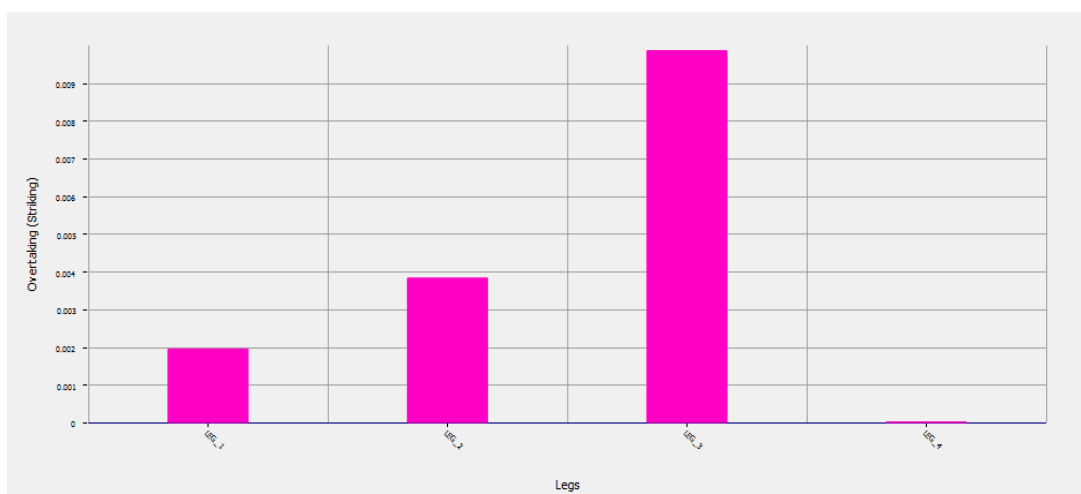


Figura 43 - Probabilidades de ocorrer uma colisão do tipo overtaking/pernada



Capítulo 4

Discussão de Resultados

4.1 Resultados da análise do Porto de Lisboa

4.2 Análise do CPA

4.3. Comparação dos resultados com histórico de
acidentes

4.4 Identificação de medidas de mitigação do risco

4 Capítulo 4 – Discussão de Resultados

Neste capítulo, pretende-se expor os resultados obtidos da análise do risco efetuada no cenário em estudo. Pretende-se sugerir alterações à configuração da via navegável atual, através de implementação de cinco possíveis medidas de mitigação do risco de colisão e encalhe, sendo possível verificar no IWRAP a tendência de variação dos valores obtidos relativamente ao cenário atual. Pretende-se assim aferir se as alterações propostas vão no sentido de diminuir as ocorrências, ou de as aumentar. Irá, também ser feita uma análise do CPA em cada pernada. Será, também feita uma comparação entre os resultados obtidos pela ferramenta IWRAP e o histórico de acidentes marítimos no Porto de Lisboa.

4.1 Resultados da análise do Porto de Lisboa

Um longo caminho foi percorrido até serem atingidos os resultados esperados. Desde a implementação de um protótipo em MATLAB e rotinas para cálculo de *inputs* para o IWRAP, passando pela parametrização de retângulos e definição de pernadas de análise na aplicação MACE para se proceder depois à configuração e introdução das pernadas de análise e distribuições de densidade de tráfego no IWRAP, até se chegar à obtenção dos valores probabilísticos de risco de colisão e encalhe atuais (cenário: "TESTE_2").

Após várias etapas ultrapassadas, os seguintes resultados probabilísticos constituem os valores de referência para o cenário atual:

Incidente	Cenário atual
Powered Grounding	0,4975 anos entre incidentes
Drifting Groundings	2,3060 anos entre incidentes
Total Groundings	0,4092 anos entre incidentes
Overtaking Collision	63,9000 anos entre incidentes
Head-on Collision	17,3300 anos entre incidentes
Crossing Collision	103,8000 anos entre incidentes
Merging Collision	2205 anos entre incidentes
Crossing in a Bend	14,3300 anos entre incidentes
Area	1,6250 anos entre incidentes
Total Collisions	1,3010 anos entre incidentes

Figura 44 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe atual referente ao Porto de Lisboa

Como já foi referido, o IWRAP é uma ferramenta que possibilitou estimar a frequência de colisões e encalhes, atualmente, na via navegável do Porto de Lisboa com base nos dados AIS referentes a todo o ano de 2014. A ferramenta fornece-nos uma probabilidade da ocorrência de um encalhe a cada 0,4092 anos, ou seja, a cada 4,9 meses prevê-se, em média, um encalhe de qualquer tipo. E diz-nos ainda que a probabilidade da ocorrência de uma colisão é de 1,301 anos, ou seja, a cada ano e 3,6 meses prevê-se uma colisão de qualquer tipo.

É importante, referir que, estes valores são um cálculo probabilístico e servem, como uma linha de referência.

Segue-se o mapa do gradiente de cores que é possível observar, depois de todo o cenário estar parametrizado e configurado no IWRAP:

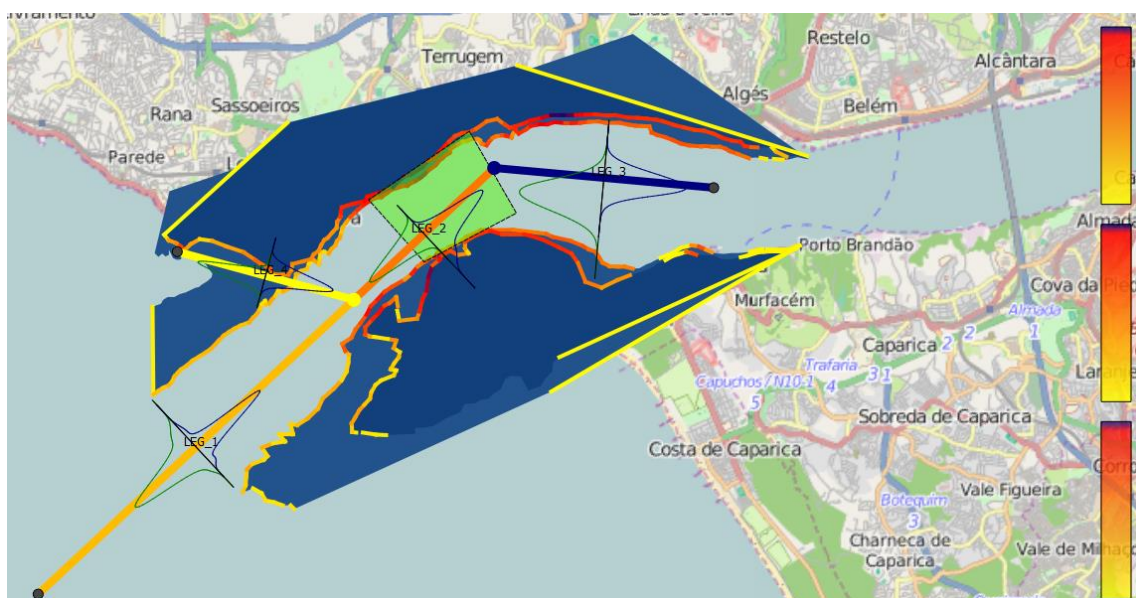


Figura 45 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe atuais

Analisando o mapa de gradiente de cores, anteriormente exposto, pode-se observar que:

- O nível do risco de colisão aumenta da pernada 1 (âmbar) para a pernada 2 (cor-de-laranja) e atinge o seu valor máximo na pernada 3 (azul). Na pernada 4 (amarelo), o risco de colisão é o menor das quatro pernadas.
- O nível do risco de encalhe, analisado por cada pernada:
 - ✓ Ao longo da pernada 1, o risco de encalhe apresenta tons de cor amarela e âmbar, nas zonas do Cachopo Norte e Cachopo Sul. Junto à boia nº1, o nível de risco sofre um aumento, apresentando uma cor alaranjada. À medida que se aproxima do *Waypoint* 2 (intersecção

entre as pernadas 1,2 e 4), o nível de risco toma a cor vermelha, próximo da boias nº3.

- ✓ Ao longo da pernada 2, o nível de risco de encalhe apresenta-se em tons de laranja, perto das boias nº 5 e nº 7. Junto à Doca de Paço de Arcos, encontra-se com níveis de risco de vermelho e azul.
- ✓ Ao longo da pernada 3, o nível de risco apresenta-se predominantemente a cor-de-laranja. Porém, em determinadas zonas, por exemplo, junto à boia Barcarena, sobe para vermelho. Aumentando ainda para azul, junto ao Cais dos Arcos.
- ✓ Na pernada 4, que representa a Barra Norte, tem-se um nível de risco em tons de âmbar desde a Ponta de Rana até à Ponta de Lage (ao longo de praticamente toda a pernada). Apresenta tons de cor-de-laranja junto à Ponta de Lage.

Ao utilizar, a opção no IWRAP, “*Show Result Diagram*”, foi possível visualizar diagramas que representavam as relações: tipo de colisão/pernada, tipo de colisão/tipo de navio, tipo de colisão/*waypoint*, e desta forma, obter os seguintes resultados:

- Colisão entre navios que se aproximam roda-a-roda (*Head-on Collision*) atinge a sua probabilidade de ocorrência máxima na pernada 3.
- Colisão durante uma ultrapassagem (*Overtaking Collision*) atinge a sua probabilidade de ocorrência máxima na pernada 3.
- Colisão por aproximação excessiva (*Merging Collision*) atinge a sua probabilidade de ocorrência máxima no *waypoint* 2 (interseção entre as pernadas 1,2 e 4).
- Colisão num cruzamento (*Crossing Collision*) atinge a sua probabilidade de ocorrência máxima no *waypoint* 2 (interseção entre as pernadas 1,2 e 4).
- Colisão num cruzamento durante uma guinada (*Crossing in a Bend*) atinge a sua probabilidade de ocorrência máxima no *waypoint* 6 (interseção entre as pernadas 2 e 3).

Utilizando a opção “*Ship-Ship Results*”, foi possível analisar o risco de colisão entre os diferentes pares de tipo de navios. Isto é, analisou-se os pares de navios por pernada/incidente. E apresentam-se os seguintes resultados, que dizem respeito ao cenário atual:

- 1^a, 2^a e 3^a Pernadas :
 - ✓ Na 1^a pernada, o par de navios com a maior probabilidade de existir uma colisão de qualquer tipo, é o par de navios do tipo *General Cargo Ship*;
 - ✓ Na 2^a e 3^a pernada, o par de navios com a maior probabilidade de existir uma colisão, é *General Cargo Ship-Fishing Ship*.
 - ✓ Nestas pernadas, o par de navios, com a maior probabilidade de se suceder uma colisão dos tipos *Head-on* e *Overtaking*, é do tipo *General Cargo Ship*;
 - ✓ Nestas pernadas, incidindo na área que foi tipificada no subcapítulo 3.2., o par de navios com a maior probabilidade de entre estes se suceder uma colisão é *General Cargo Ship-Fishing Ship*.
- 4^a Pernada:
 - ✓ O par de navios com a maior probabilidade de existir uma colisão, é *Pleasure Boat-Support Ship*.;
 - ✓ O par de navios, com a maior probabilidade de se suceder uma colisão do tipo *Head-on*, é do tipo *Pleasure Boat*;
 - ✓ O par de navios, com a maior probabilidade de se suceder uma colisão do tipo *Overtaking*, é *Pleasure Boat-Support Ship*;
 - ✓ Incidindo na área que foi tipificada no subcapítulo 3.2., o par de navios com a maior probabilidade de entre estes se suceder uma colisão é *Fishing Ship-Pleasure Boat*.
- Waypoint 2 (convergência das pernadas 1, 2 e 4):
 - ✓ Quanto ao tipo de colisão *Crossing*, o par de navios com a maior probabilidade de se suceder uma colisão é do tipo *General Cargo Ship*.
 - ✓ Quanto ao tipo de colisão *Merging*, o par de navios com a maior probabilidade de entre estes se suceder uma colisão é *General Cargo Ship-Pleasure Boat*.
 - ✓ Quanto ao tipo de colisão *Crossing in a Bend*, o par de navios com a maior probabilidade de entre estes se suceder uma colisão é *General Cargo Ship-Pleasure Boat*.

- Waypoint 6 (interseção das pernadas 2 e 3):
 - ✓ Quanto ao tipo de colisão *Crossing in a Bend*, o par de navios com a maior probabilidade de se suceder uma colisão é do tipo *General Cargo Ship*.

4.2 Análise do CPA

Um dos desafios lançados pela Direção de Faróis consiste na identificação de situações de proximidade extrema entre pares de navios aquando do seu trânsito pelo canal da área em estudo.

A identificação deste tipo de situação é feita através do cálculo do ponto de aproximação máxima (CPA) durante as trajetórias de dois navios. Este valor representa a distância mínima atingida entre dois navios quando pelo menos um deles está em movimento. Estimar o CPA é importante pois serve como uma medida do risco de colisão entre dois navios.

O cálculo do CPA foi efetuado conjuntamente com a produção da tabela de dados que quantifica o número total de passagens anual para uma pernada. Os resultados ficam registados numa lista que emparelha dois navios e respetivas características.

Para as quatro pernadas em estudo foi definido um limite de CPA de 100 jardas, ou seja, o algoritmo vai pesquisar situações de proximidade inferior a este valor. Na análise dos primeiros resultados observados, verificou-se que existiam um grande número de situações em que dois navios se aproximam a menos de 100 jardas. Numa análise mais detalhada verificou-se que a grande maioria dos casos envolvia a presença de embarcações de pilotos/rebocadores do Porto de Lisboa. Por esta razão foi feita uma distinção entre os pares de navios onde pelo menos um deles é uma embarcação do tipo “*Support-Ship*” e os restantes casos. Nas figuras que se apresentam, os casos que envolvem embarcações do tipo “*Support-Ship*” estão representados a amarelo e os restantes a vermelho. De seguida apresentam-se os resultados para cada pernada da área em estudo.

1ª Pernada

Para o ano de 2014 foram detetadas 87 casos onde dois navios estiveram a menos de 100 jardas e, destes, apenas 3 correspondem a casos que não envolvem embarcações do tipo “Support-Ship”.

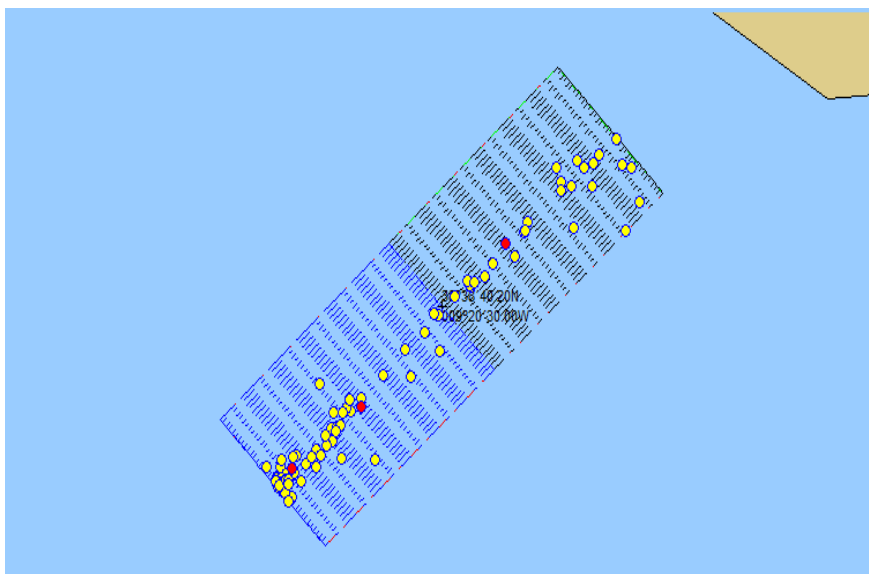


Figura 46 - Distribuição de CPA na 1ª perna. A cor amarela representa casos com embarcações do tipo “Support-Ship”.

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



Foi elaborada uma lista que identifica os pares de navio em causa e suas características:

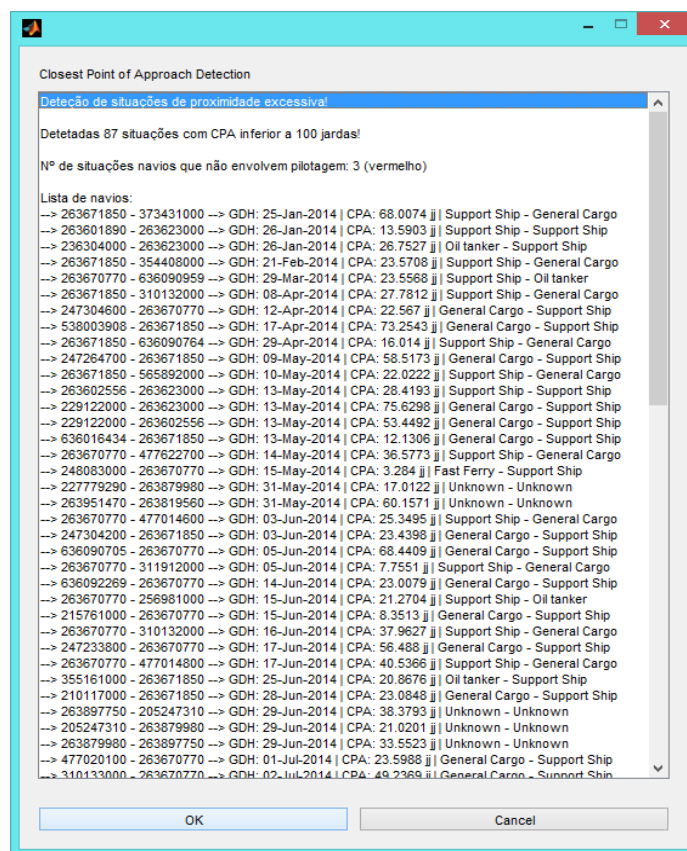


Figura 47 - Lista de navios e respetivo CPA

Para identificar os navios recorreu-se ao site www.marinetraffic.com.

A lista acima permite identificar as situações a “vermelho”⁵⁰, que poderão ser analisadas em maior detalhe no Módulo de Trajetórias Simultâneas do AISINTEL.

⁵⁰ Nos casos que não envolvem navios de suporte o símbolo “→” no início de cada linha é substituído por “*→”.

Das situações identificadas tem-se:

- Operação de duas dragas (“*Freja R*” e o “*Thor R*”) no dia 7 de agosto de 2014.

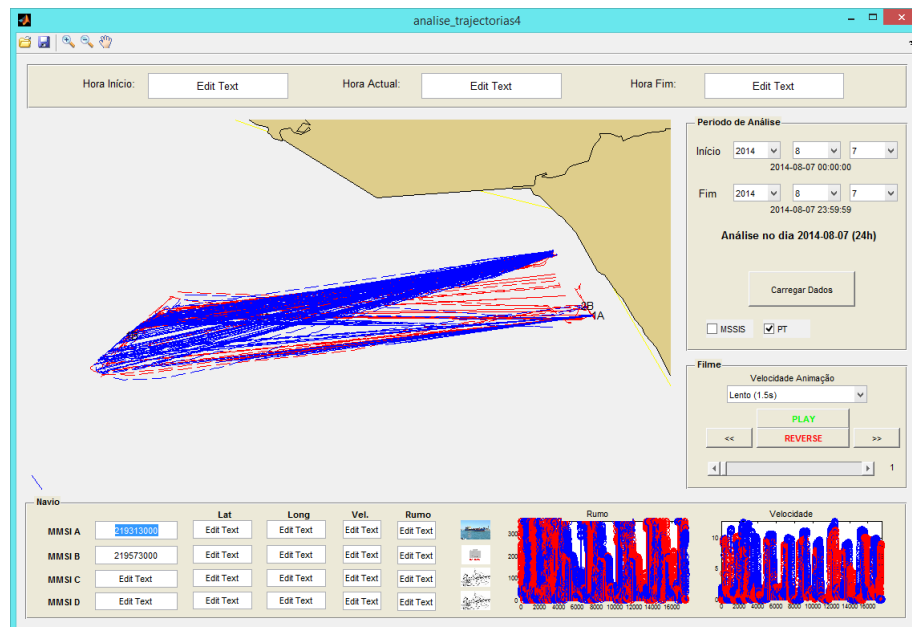


Figura 48 - Operação das dragas *Freja R* e *Thor R* em 7 de agosto de 2014

- Entrada do “*Slidur*” (azul) no porto de Lisboa e passa próximo da draga “*Thrud R*” (vermelho) no dia 7 de agosto:

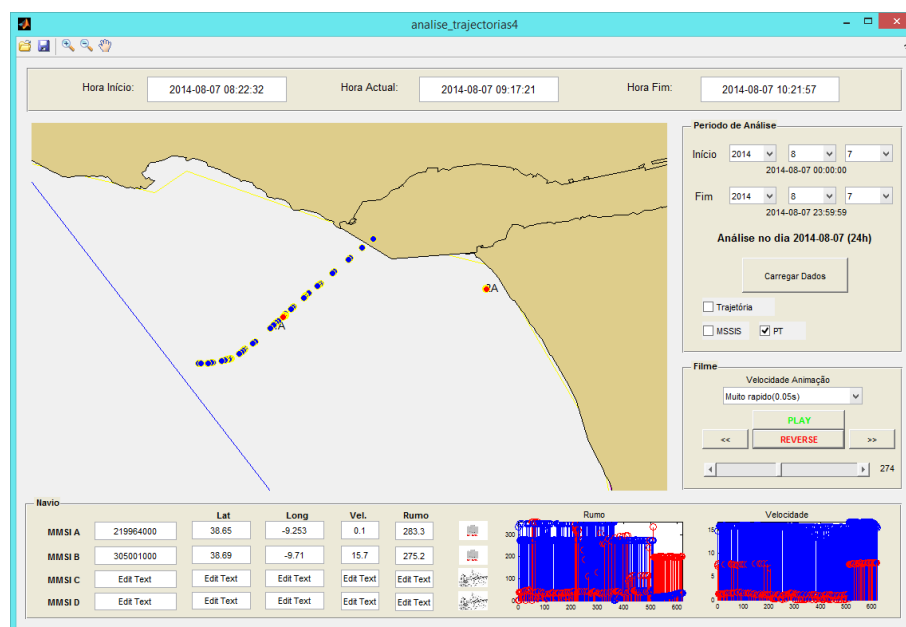


Figura 49 - Entrada do *Slidur* no Porto de Lisboa que rasa a draga *Thrud R*

- Entrada do “*Amber*” (azul) no porto de Lisboa que passa próximo da *bulk carrier* “*Tian Hua Feng*” (vermelho) no dia 13 de setembro:

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco

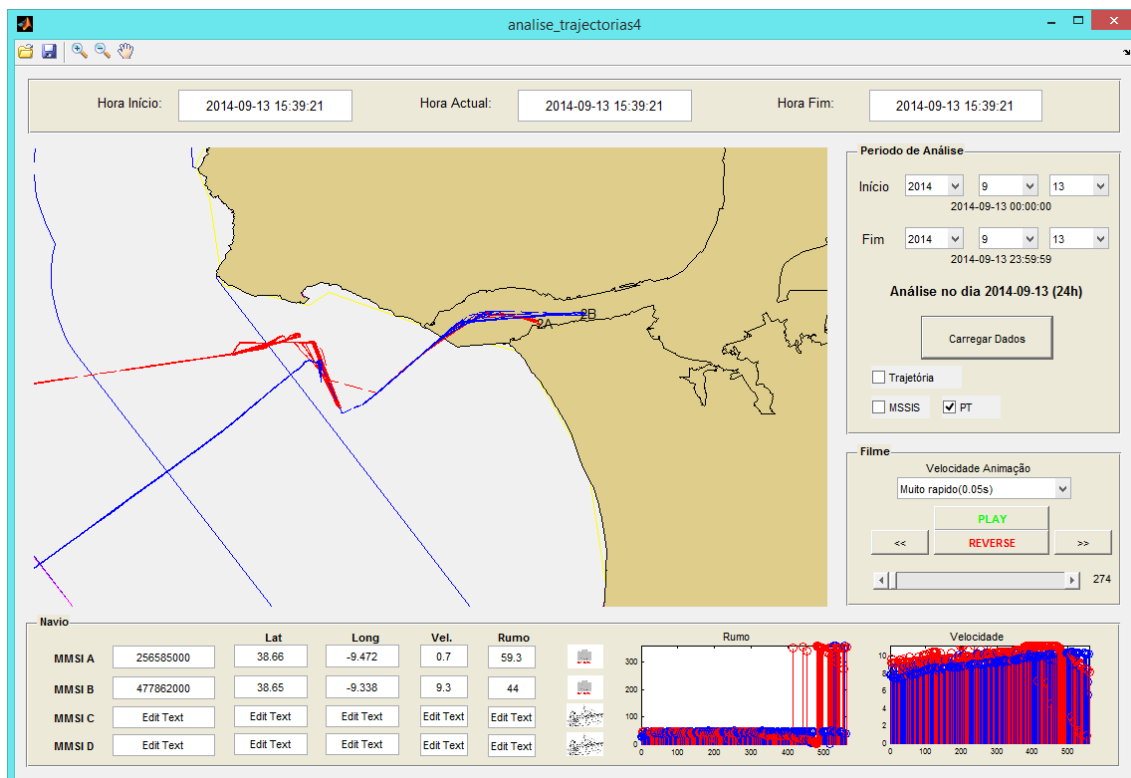


Figura 50 - Entrada na barra sul do Porto de Lisboa do “Amber” e do “Tian Hua Feng”.

As situações que ocorreram com as dragas “Freja R”, “Thor R” e “Thrud R” estão relacionadas com as obras para o enchimento artificial de areias das praias da Costa da Caparica. Os navios em causa pertencem à empresa Rohde Nielsen, A/S com sede na Dinamarca. Esta empresa ganhou a adjudicação da obra promovida pelo Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, com fundos provenientes do programa QREN e fundos da Comissão Europeia.

2ª Pernada

Para o ano de 2014 foram detetadas 129 casos onde dois navios estiveram a menos de 100 jardas, todos eles envolvendo embarcações do tipo “Support-Ship”.

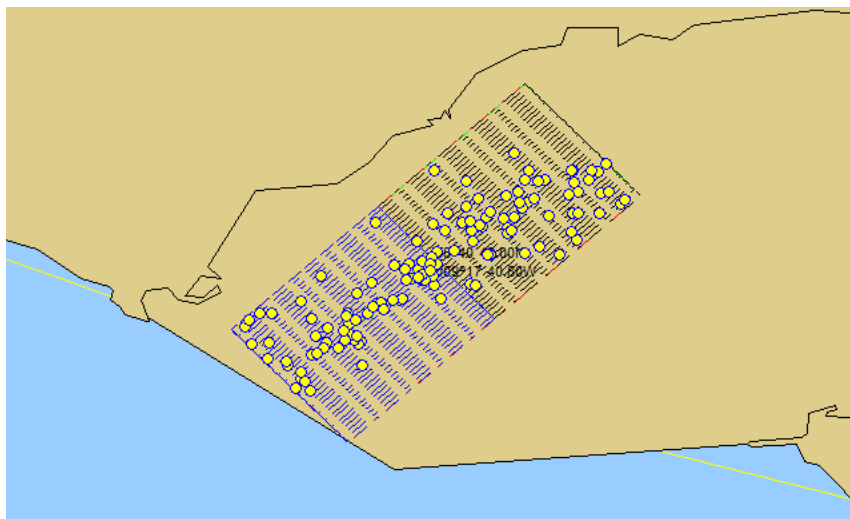


Figura 51 - Distribuição de CPA na 2ª perna. A amarelo tem-se casos com embarcações do tipo “Support-Ship”.

3ª Perna

Esta perna apresenta o maior número de situações de aproximações excessivas. Contudo, grande parte destes casos estão situados em locais de atracação de navios, como é o caso do Terminal Portuária da Trafaria, o Terminal Marítimo de Porto Brandão e a Doca de Pedrouços. Em 2014 registaram-se 3735 casos onde dois navios estiveram a menos de 100 jardas e, destes, apenas 67 correspondem a casos que não envolvem embarcações do tipo “Support-Ship”.

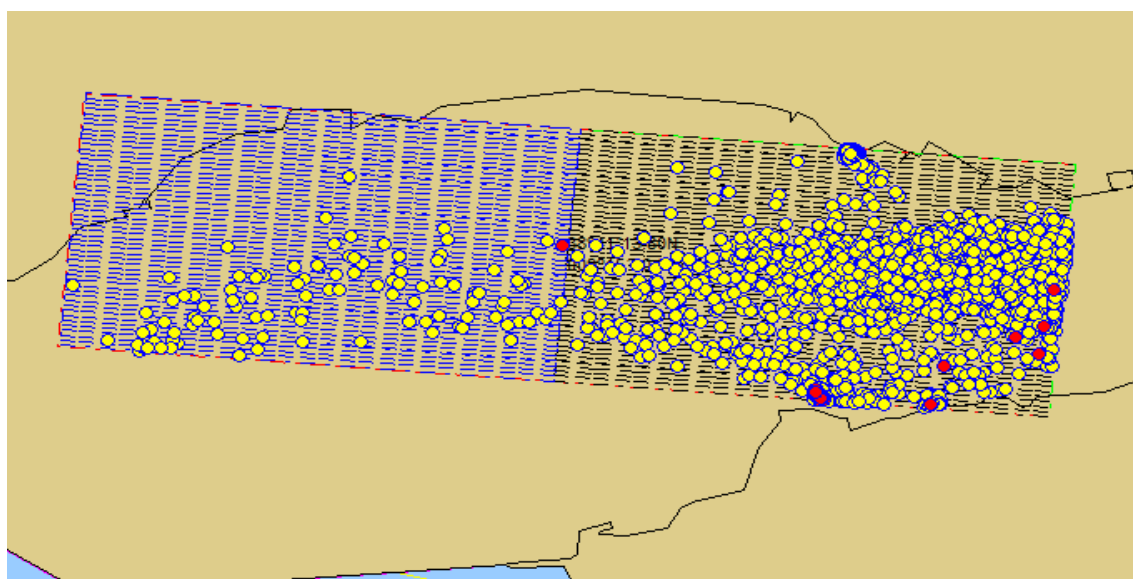


Figura 52 - Distribuição de CPA na 3ª perna. A amarelo tem-se casos com embarcações do tipo “Support-Ship”.

Dos 67 casos “conspícuos”, após efetuar um Zoom sobre as respetivas áreas é possível verificar que 60 casos estão situados no Terminal Portuário da Trafaria, correspondendo a navios atracados. Tem-se 1 caso de dois navios fundeados no cais da POL NATO de Lisboa. Os restantes 5 casos estão situados no canal de navegação correspondente a estas pernadas. Por uma questão de tempo disponível, não foi possível averiguar em tempo útil os 5 casos referidos. Apesar de haver uma lista com todos os casos e onde os casos conspícuos (vermelho) estão assinalados, não é imediata a identificação do caso que é mostrado no mapa com a linha que indica o par de navios na lista. A identificação destes casos requer a aplicação de filtros e implementação de código adicional.

4ª Pernada

Para o ano de 2014 foram detetadas 74 casos onde dois navios estiveram a menos de 100 jardas e, destes, apenas 1 corresponde a um caso que não envolve embarcações do tipo “Support-Ship”:

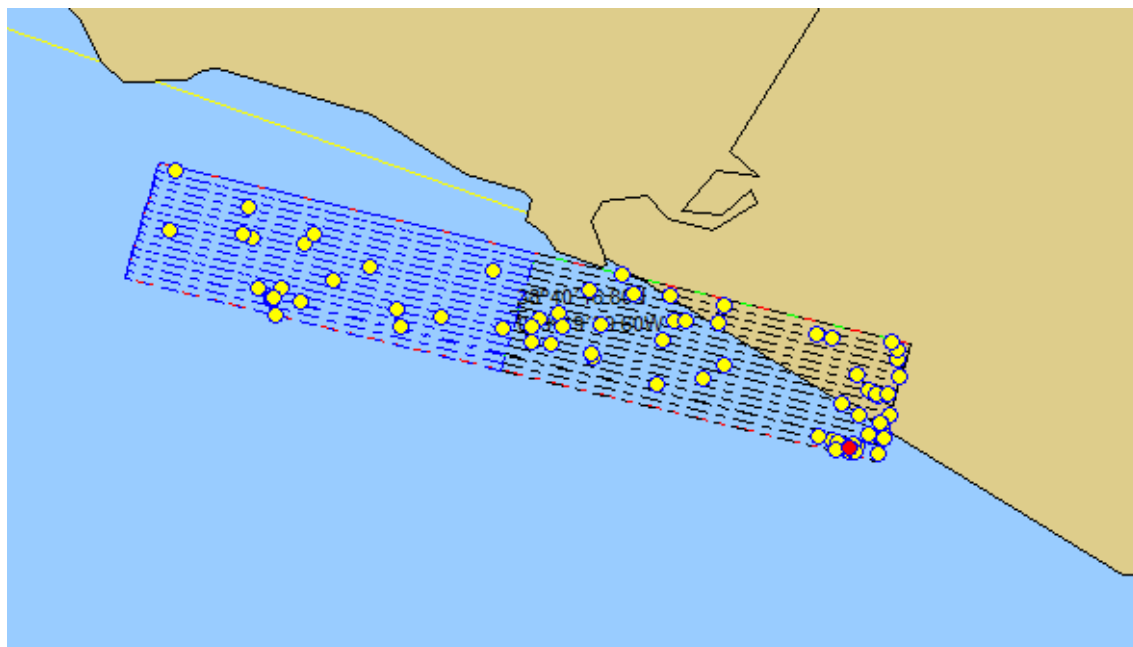


Figura 53 - Distribuição de CPA na 4ª pernada. A amarelo tem-se casos com embarcações do tipo “Support-Ship”

O caso a “vermelho” corresponde à entrada “Amber” (azul) no porto de Lisboa que passa próximo da *bulk carrier* “Tian Hua Feng” (vermelho) no dia 13 de setembro.

Da análise dos CPA obtidos verifica-se que muitas das situações de proximidade envolvem embarcações de pilotos/rebocadores que apoiam a entrada de outros navios no Porto de Lisboa. Este tipo de situação não constitui, à partida, uma situação de risco, pois é suposto haver proximidade entre embarcações de pilotos, rebocadores e os navios aos quais estão a auxiliar na navegação para a entrada no Porto de Lisboa. Face ao número de passagens em cada pernada, o número de situações de proximidade excessiva entre navios que não envolvam do tipo “*Support-Ship*”, é muito reduzida. Por exemplo, na 3ª pernada verifica-se um total anual de 59541 passagens para 6 situações de proximidade excessiva.

A título de exemplo, reconstruiu-se a trajetória de dois navios, dos quais um deles é o navio de pilotos “Baía de Cascais”, no dia 2 de janeiro de 2014. A aproximação máxima registou cerca de 31 jardas aquando da saída do *tanker* “*Queen Isabella*” do porto de Lisboa.

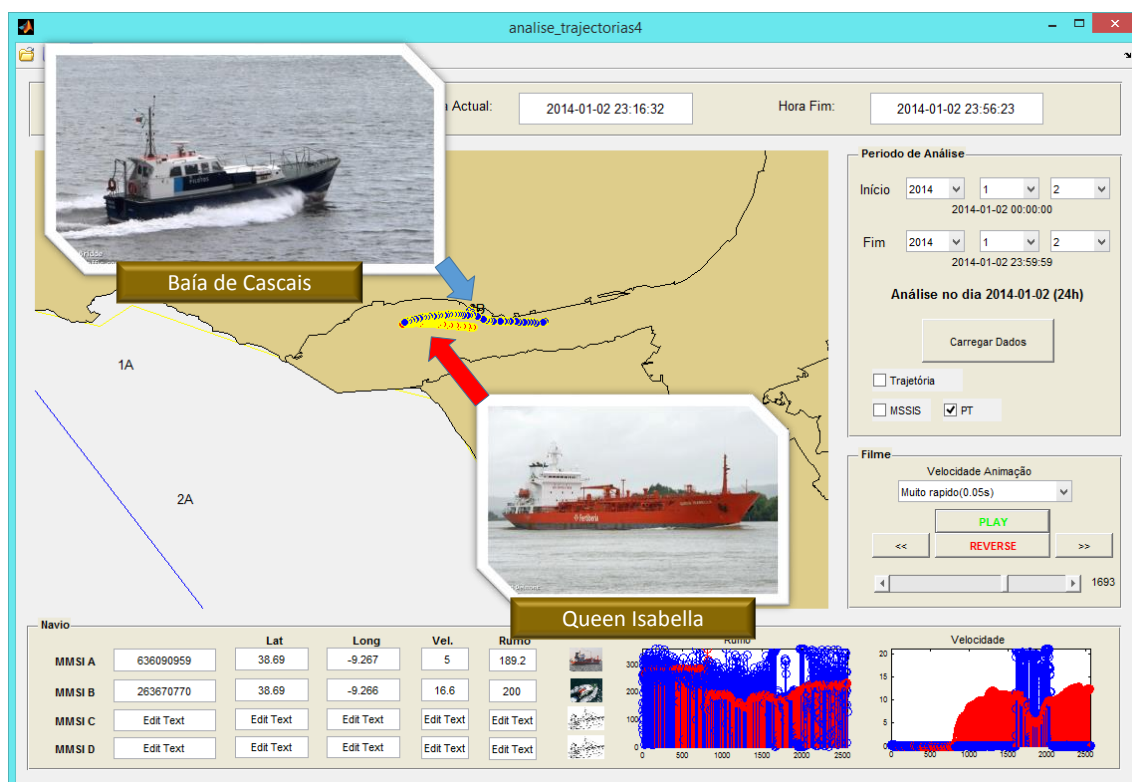


Figura 54 - Apoio de pilotos à saída do tanker Queen Isabella do Porto de Lisboa

A imagem da figura acima foi reconstruída no módulo de trajetórias simultâneas. Foi aplicado um filtro temporal de forma a reduzir o número de posições AIS para um

período de 1h30m com centro no instante onde ocorreu o CPA. Na situação descrita, a aproximação máxima de 32 jardas ocorre às 23h17m do dia 2 de janeiro de 2014.

Não obstante, os dados relativos ao CPA coligidos irão permitir desenvolver futuras funcionalidades que poderão relacionar outras dimensões do problema, como por exemplo, a densidade de eventos de acordo com o período horário, ou mesmo, o tipo de navio e características ambientais como a batimetria ou correntes.

4.3 Comparação dos resultados com histórico de acidentes

Visto que anteriormente percorreu-se um caminho até à obtenção de resultados probabilísticos, surgiu a necessidade de confrontá-los com o histórico de acidentes marítimos. Foram fornecidos para o desenvolvimento deste subcapítulo, pelo CMG Dionísio Varela⁵¹, dados relativos ao histórico de acidentes marítimos no Porto de Lisboa, onde o primeiro destes registos é referente ao ano de 1998 e o último a ser registado em 2012.

Ao consultar o histórico foi possível, visualizar informações relativas a cada acidente, como por exemplo, a data, nome da embarcação, tipo de navio, tipo de acidente (encalhe/colisão), local e causa mais provável. Fazendo uma análise ao local onde se sucederam os acidentes, para serem contabilizados, exclusivamente, os acidentes que se sucederam na área de análise desta investigação, tem-se:

Tabela 7 - Comparação entre valores do histórico de acidentes marítimos no Porto de Lisboa e resultados obtidos no IWRAP

Tipo de incidente	Total de incidentes	Primeiro evento registado	Último evento registado	Período temporal (anos e meses)	Período temporal (anos)	Média do histórico	Média probabilística IWRAP
Colisões	4	02/07/2000	11/04/2006	5 anos e 9 meses	5,75	1,4375 anos entre incidentes	1,301 anos entre incidentes
Encalhes	28	07/12/1998	11/03/2012	13 anos e 4 meses	13,33	0,476 anos entre incidentes	0,4092 anos entre incidentes

Um total de vinte e oito encalhes, em que o primeiro ocorreu a 07/12/1998 e o último ocorreu a 11/03/2012, entre estes passaram 13 anos e 4 meses (13,33 anos) com 28

⁵¹ Capitão-mar-e-guerra, da classe de Marinha, Dionísio Varela, Chefe da Divisão Técnica de Segurança Marítima, da Direção-Geral da Autoridade Marítima.

encalhes, permite aferir que se tem um encalhe a cada 0,476 anos, ou seja, a cada 5,7 meses.

Confrontando esta média de 5,7 meses, com o resultado obtido através do cálculo probabilístico do IWRAP, no qual se tem um encalhe a cada 4,9 meses (0,4092 anos), verifica-se uma proximidade entre estes valores, com um desfasamento de dias.

- Um total de quatro colisões, em que a primeira ocorreu a 02/07/2000 e a última ocorreu a 11/04/2006, entre estas passaram 5 anos e 9 meses (5,75 anos) com 4 colisões, permite aferir que se tem uma colisão a cada 1,4375 anos, ou seja, a cada ano e 5,25 meses.

Em relação às colisões, verifica-se ao confrontar esta média de 1 ano e 5,25 meses, com o resultado obtido através do cálculo probabilístico do IWRAP, no qual se tem uma probabilidade de ocorrer uma colisão a cada ano e 3,6 meses (1,301 anos), constata-se uma proximidade nos resultados.

Da comparação entre os dados do histórico de acidentes marítimos no Porto de Lisboa e os valores que nos são fornecidos pelo IWRAP, verifica-se uma diferença de meses para cada tipo de incidente. O facto de não se registar uma diferença muito grande, por exemplo, na ordem do ano para o tempo médio entre acidentes, leva-nos a considerar estes resultados como encorajadores para considerar que a aplicação informática desenvolvida em MATLAB é bastante válida relativamente ao propósito para a qual foi criada. Pode-se ainda assumir, com base nestes resultados, que não será imperativo efetuar um ajuste nos parâmetros de causalidade do IWRAP em cada pernada, de forma a ajustar o resultado dos modelos probabilísticos com o histórico de acidentes. No entanto, tal estudo deverá ser efetuado para verificar a sensibilidade dos resultados face a alterações destes parâmetros.

Se os resultados não estivessem tão próximos, este trabalho de investigação seguiria um caminho diferente, ao passo que, teriam de ser ajustados os fatores de causalidade no IWRAP, sofrendo uma afinação para cada pernada tendo por base valores do histórico de acidentes a nível nacional. Porém, tal caminho não foi trilhado, visto que os parâmetros que foram tidos em conta aquando da definição dos fatores de causalidade, aferidos a nível internacional, parecem adequar-se ao caso particular desta análise ao porto de Lisboa.

Contudo, as estimativas obtidas pelo IWRAP apresentam um risco maior do que as estimativas obtidas pela análise do histórico de acidentes. Sem efetuar outros estudos, nomeadamente, em outros portos nacionais, não é possível determinar se estamos perante um caso isolado ou um caso recorrente. Observando os dados relativos ao histórico de incidentes verifica-se que estes referem-se a um período muito recente (últimos 15 anos). Os dados de acidentes que foram usados na construção dos modelos probabilísticos do IWRAP correspondem a um período mais longínquo no tempo (eventos anteriores às décadas de 70 e 80). Sucede que nos últimos anos registaram-se vários esforços, por parte de várias entidades (IALA, IMO) no sentido de implementar medidas que aumentem a segurança marítima. A implementação do sistema AIS é um desses exemplos que ocorreu no presente milénio.

Assim, é expectável que nos últimos anos se registem menos acidentes, fruto da implementação de várias medidas de segurança. Este racional poderá sustentar a hipótese ou conjectura de que os dados usados para construir os modelos matemáticos (Fujii, 1971/Macduff, 1974) do IWRAP, relativamente a determinados valores de densidade de tráfego, produzem estimativas de maior risco de colisão e encalhe porque esses dados correspondem a um período de tempo onde não estavam implementadas medidas de segurança tais como aquelas que se observam hoje em dia e nas últimas duas décadas. Naturalmente, esta conjectura necessita de ser demonstrada e constitui uma questão de investigação que poderá ser endereçada num futuro trabalho de investigação.

Apesar das considerações tecidas sobre a confrontação dos resultados, falta ainda responder à questão de como medir a aderência entre os resultados do IWRAP e o histórico de acidentes. A aderência dos resultados ao histórico de acidentes pode ser verificada através de um teste de hipóteses onde se averigua se existe ou não uma diferença estatisticamente significativa entre o tempo médio entre acidentes (colisão e encalhe). Para tal seria necessário aplicar o estudo a diferentes zonas portuárias e coligir o respetivo histórico de acidentes.

Supondo que a presente análise de risco é aplicada a n portos nacionais e que são obtidas as estimativas do número de anos entre acidentes de colisão e encalhes, C_i^{IWRAP} e E_i^{IWRAP} , $i = 1, \dots, n$, respetivamente e ainda as mesmas estimativas a partir do histórico de acidentes, C_i^H e E_i^H , então pode-se testar as seguintes hipóteses:

Colisão:

$$H_0: \overline{C_{IWRAP}} - \overline{C_H} = 0 \quad \text{vs} \quad H_1: \overline{C_{IWRAP}} - \overline{C_H} \neq 0$$

e

Encalhe:

$$H_0: \overline{E_{IWRAP}} - \overline{E_H} = 0 \quad \text{vs} \quad H_1: \overline{E_{IWRAP}} - \overline{E_H} \neq 0$$

Para simplificar a notação, considere-se que $\bar{x}_1 = \overline{E_{IWRAP}}$ e $\bar{x}_2 = \overline{E_H}$. O racional é semelhante para as colisões.

O teste *t-Student* pode ser utilizado para a comparação das médias, para amostras independentes com dimensões diferentes e variâncias diferentes⁵². As dimensões diferentes poderão ocorrer caso não seja possível encontrar o histórico de acidentes para um determinado porto e se pretender usar os resultados do IWRAP no teste.

A estatística de teste *t* é calculada pela seguinte fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \quad (1)$$

onde,

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} \quad (2)$$

Sendo a região de rejeição,

Se $p\text{-value} > 0.05$ então rejeita-se H_0 para um nível de significância de 95%

onde,

$$p\text{-value} = P(t \geq t_{\text{calculado}} | H_0 \text{ verdadeiro}) \quad (3)$$

Este teste é uma proposta para medir a aderência dos resultados obtidos pelo IWRAP com o histórico de acidentes registado. Esta questão poderá ser analisada com maior detalhe e outras propostas poderão ser analisadas em trabalhos futuros.

⁵² Esta aproximação é conhecida como teste de t-student de Welch.

4.4 Identificação de medidas de mitigação do risco

Apresentados os resultados anteriormente expostos, para a atual situação do Porto de Lisboa, surgiu a necessidade de alterar a configuração da via navegável, identificando cinco possíveis medidas de implementação para mitigação do risco existente, são elas:

- Cenário 1: Estreitamento do canal navegável, recolocando as boias nº3, nº5 e nº7;
- Cenário 2: Eliminação de zonas mais perigosas, através de dragagem;
- Cenário 3: Alteração do *Waypoint* 6 (momento de guinada) entre as pernadas 2 e 3;
- Cenário 4: Estreitamento do canal navegável, recolocando as boias nº3, nº5 e nº7 e Alteração do *Waypoint* 6 (momento de guinada) entre as pernadas 2 e 3;
- Cenário 5: Eliminação de zonas mais perigosas, através de dragagem e Alteração do *Waypoint* 6 (momento de guinada) entre as pernadas 2 e 3.

Quanto ao cenário 1, procedeu-se ao estreitamento do canal navegável, recolocando as boias nº3, nº5 e nº7. Esta ação foi possível de representar no IWRAP, através do estreitamento das distribuições de densidade do tráfego respeitantes às pernadas 2 e 3, por forma a estarem fora da batimétrica dos 10 metros de profundidade.

Foram tomadas as seguintes ações relativamente às boias afetas à pernada 2:

- Boia nº3 modificada 100 jardas para Oeste, ficando a uma distância de 290 jardas do eixo do canal navegável, ficando fora da batimétrica dos 10 metros.
- Boia nº5 modificada 170 jardas para Oeste, ficando a uma distância de 310 jardas do eixo do canal navegável, ficando fora da batimétrica dos 10 metros.

Foi tomada a seguinte ação relativamente à boia afeta à pernada 3:

- Boia nº7 modificada 230 jardas para Norte, ficando a uma distância de 0,57 milhas, cerca de 1140 jardas do eixo do canal navegável, ficando fora da batimétrica dos 10 metros.

E os resultados deste cenário, apresentam-se, em seguida:

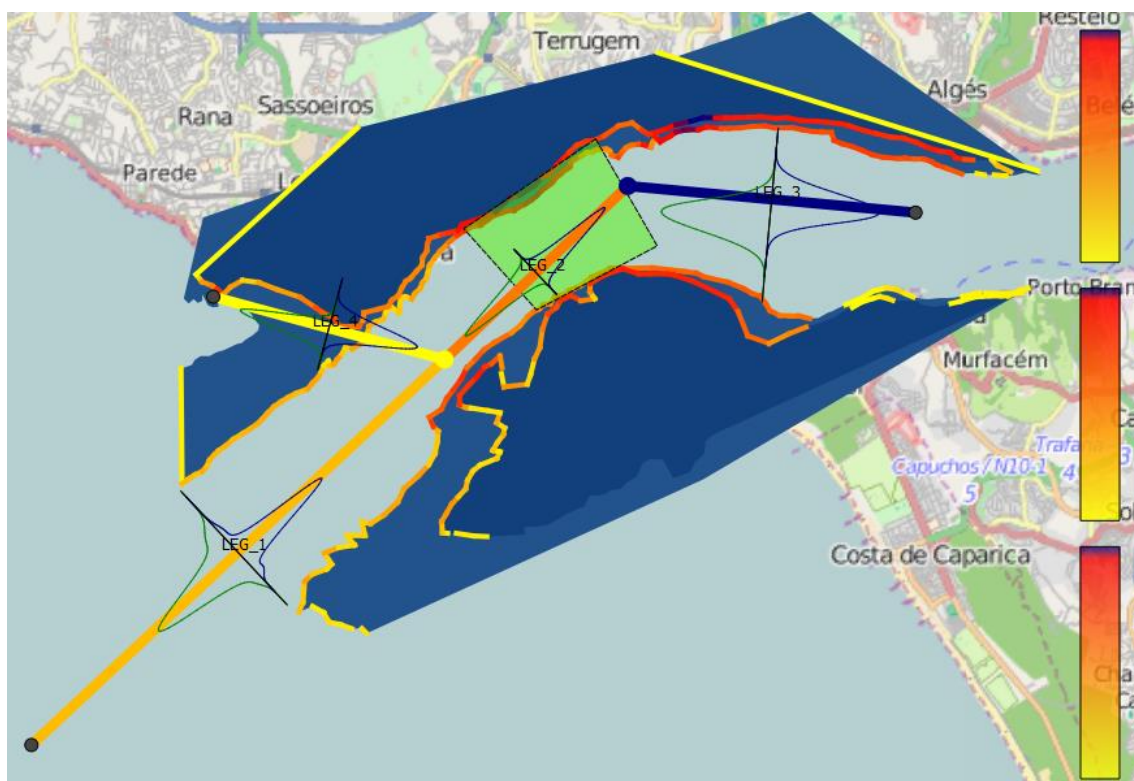


Figura 55 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 1

Tabela 8 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 1

Incidente	Cenário atual (anos entre incidentes)	Cenário 1 (anos entre incidentes)
Powered Grounding	0,4975	(-0,376%) 0,4994
Drifting Groundings	2,3060	(-2,540%) 2,3670
Total Groundings	0,4092	(-0,760%) 0,4124
Overtaking Collision	63,9000	(30,273%) 49,0500
Head-on Collision	17,3300	(61,561%) 10,7300
Crossing Collision	103,8000	(-0,699%) 104,5000
Merging Collision	2205,0000	(-0,076%) 2206
Crossing in a Bend	14,3300	(-0,241%) 14,3700
Area	1,6250	(-5,787%) 1,7240
Total Collisions	1,3010	(0,572%) 1,2930

Como se demonstra acima, relativamente a este cenário, tem-se uma probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo a cada 0,4124 anos, ou seja, a cada 4,95 meses. E diz-nos que a probabilidade da ocorrência de uma colisão é de 1,293 anos, ou seja, a cada ano e 3,5 meses sucede-se uma colisão de qualquer tipo.

Analisando os resultados obtidos neste cenário, utilizando como termo de comparação os resultados do atual cenário, observamos que:

- Estreitando o canal navegável, reduziu-se a probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo em 0,760%, consequência da movimentação das boias para fora da batimétrica dos 10 metros de profundidade;
- Os navios navegam com maior frequência mais próximos do eixo longitudinal da pernada, desta forma, há uma implicação direta nas colisões dos tipos *Overtaking* e *Head-on*, aumentando exponencialmente a probabilidade de ocorrência de ambas, em 30,273% e 61,561%, respetivamente.
- Quanto aos restantes tipos de colisão, sofreram pequenas reduções. Porém, a probabilidade de ocorrência de uma colisão de qualquer tipo aumentou em 0,572%.

Quanto ao cenário 2, procedeu-se à eliminação de zonas perigosas, dragando o canal entre dois pontos fixos, que formam uma linha quase paralela ao enfiamento da Barra Sul do Porto de Lisboa. Não se recorreu à movimentação de boias, logo as distribuições da densidade do tráfego respeitantes ao atual cenário foram igualmente introduzidas no IWRAP.

Foi tomada a seguinte ação:

- Dragagem do canal navegável, entre as posições geográficas:
 - ✓ Latitude-38°39.634'N e Longitude-009°18.621'W
 - ✓ Latitude-38°30.736'N e Longitude-009°16.970'W

Seguindo uma orientação, relativamente ao Norte verdadeiro, desviada cerca de 50° para Este e ao longo de uma distância de 1.70 milhas.

E os resultados deste cenário, apresentam-se, em seguida:

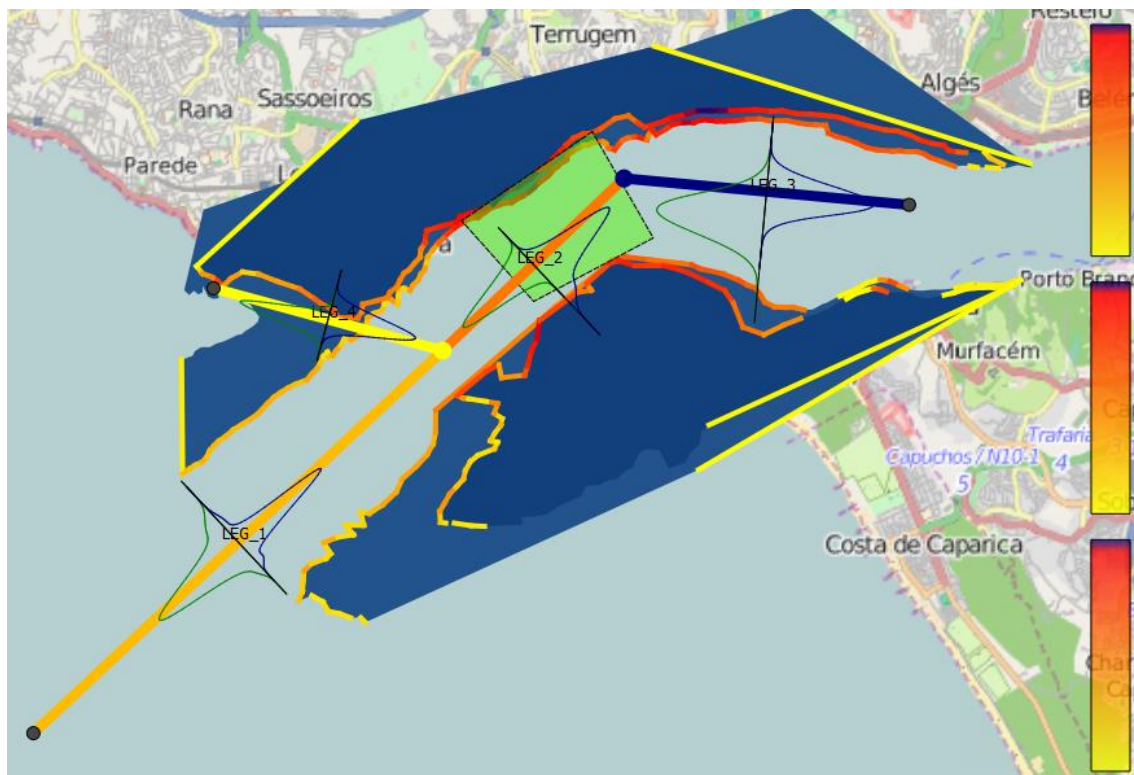


Figura 56 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 2

Tabela 9 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 2

Incidente	Cenário atual (anos entre incidentes)	Cenário 2 (anos entre incidentes)
Powered Grounding	0,4975	(-6,463%) 0,5319
Drifting Groundings	2,3060	(-0,667%) 2,3220
Total Groundings	0,4092	(-5,434%) 0,4327
Overtaking Collision	63,9000	(0,138%) 63,8100
Head-on Collision	17,3300	(0,127%) 17,3100
Crossing Collision	103,8000	(-0,699%) 104,5000
Merging Collision	2205,0000	(-0,077%) 2206
Crossing in a Bend	14,3300	(-0,241%) 14,3700
Area	1,6250	(-0,852%) 1,6380
Total Collisions	1,3010	(-0,701%) 1,3100

Como se demonstra acima, relativamente a este cenário, tem-se uma probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo a cada 0,4327 anos, ou seja, a cada 5,2 meses. E diz-nos que a probabilidade da ocorrência de uma colisão é de 1,31 anos, ou seja, a cada ano e 3,7 meses sucede-se uma colisão de qualquer tipo.

Analisando os resultados obtidos neste cenário, utilizando como termo de comparação os resultados do atual cenário, observamos que:

- Eliminando as zonas mais perigosas, reduziu-se a probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo em 5,434%, visto que o canal navegável passa a ter uma maior profundidade no seu limite Este, mantendo a largura, ou seja, sem alteração do posicionamento de boias. O consequente efeito desta dragagem é a diminuição da probabilidade de encalhe por parte dos navios que naveguem junto aos limites do canal navegável.
- Para os navios que naveguem sobre o eixo longitudinal da pernada, há um ligeiro aumento da probabilidade de ocorrência de colisões dos tipos *Overtaking* e *Head-on* de ambas, em 0,138% e 0,127%, respetivamente.
- Quanto aos restantes tipos de colisão, sofreram pequenas reduções. Quanto à probabilidade de ocorrência de uma colisão de qualquer tipo diminuiu em 0,701%.

Quanto ao cenário 3, procedeu-se à alteração do *Waypoint* 6, a interseção entre as pernadas 2 e 3. Foi tomada a seguinte ação:

- Alteração do *Waypoint* 6 da posição:
 - ✓ Latitude-38°41.301'N e Longitude-009°16.850'W
 - Para uma posição mais a Sul:
 - ✓ Latitude-38°41.200'N e Longitude-009°17.020'W

E os resultados deste cenário, apresentam-se, em seguida:

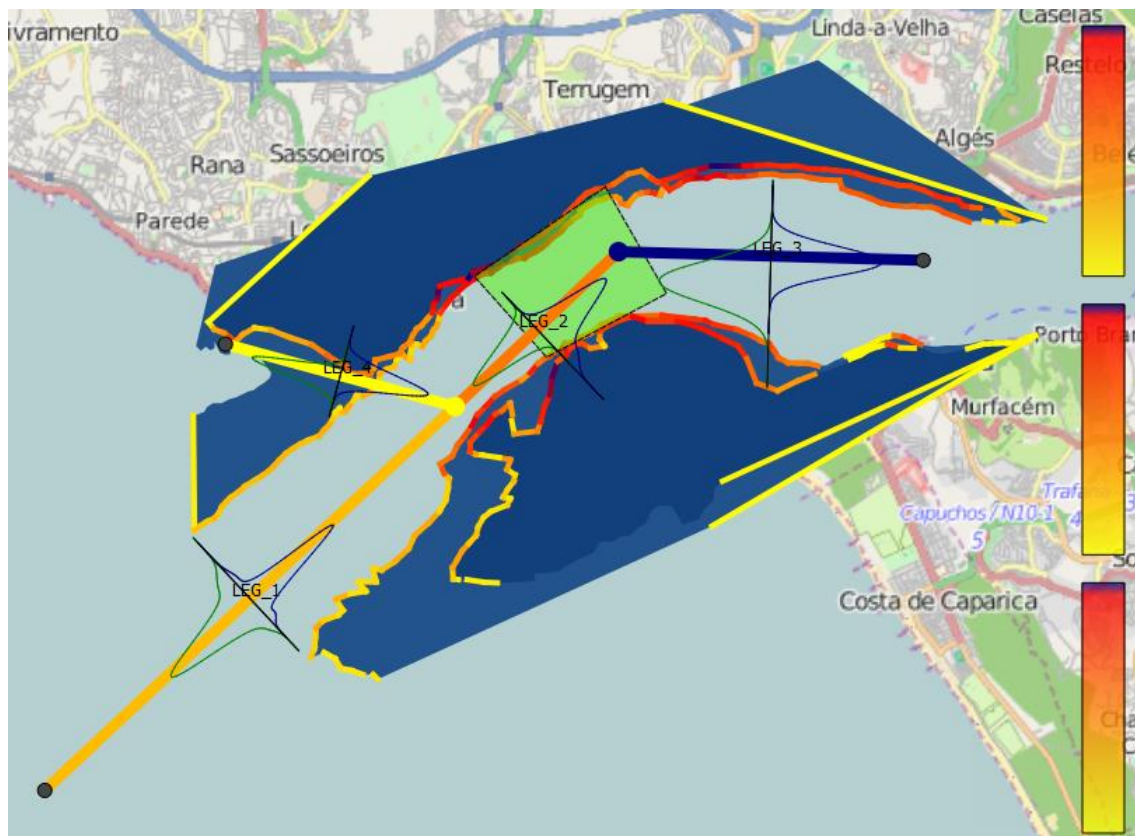


Figura 57 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 3

Tabela 10 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 3

Incidente	Cenário atual (anos entre incidentes)	Cenário 3 (anos entre incidentes)
Powered Grounding	0,4975	(-11,002%) 0,5590
Drifting Groundings	2,3060	(1,482%) 2,2730
Total Groundings	0,4092	(-8,787%) 0,4486
Overtaking Collision	63,9000	(1,497%) 62,9500
Head-on Collision	17,3300	(1,364%) 17,1000
Crossing Collision	103,8000	(16,783%) 88,8800
Merging Collision	2205,0000	(-0,075%) 2206
Crossing in a Bend	14,3300	(2,170%) 14,0300
Area	1,6250	(26,205%) 1,2870
Total Collisions	1,3010	(21,522%) 1,0700

Como se demonstra acima, relativamente a este cenário, tem-se uma probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo a cada 0,4486 anos, ou seja, a cada 5,4 meses. E diz-nos que a probabilidade da ocorrência de uma colisão é de 1,07 anos, ou seja, a cada ano e 1 mês, aproximadamente, sucede-se uma colisão de qualquer tipo.

Analisando os resultados obtidos neste cenário, utilizando como termo de comparação os resultados do atual cenário, observamos que:

- Alterando o *Waypoint* 6 (interseção entre pernadas 2 e 3) mais para Sul, reduziu-se a probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo em 8,787%, visto que esta alteração representa que os navios guinam mais a Sul, não se aproximando das zonas de Paço de Arcos e Caxias, com batimétricas de menor profundidade.
- Existe um aumento da probabilidade de ocorrência de colisões dos tipos *Crossing* e *Area*, de 16,783% e de 26,205%, respetivamente. O aumento simultâneo das probabilidades de ocorrência destes tipos de colisão, deve-se à movimentação do *Waypoint* 6 para dentro de uma área definida como sendo a área de atuação mais provável (maior densidade) das embarcações de pesca.
- À exceção da colisão do tipo *Merging* que sofreu uma ligeira redução, os restantes tipos de colisão sofreram pequenos aumentos. Com destaque para o tipo de colisão *Crossing in a Bend*, que aumentou em 2,170% a sua probabilidade de ocorrência, visto que se trata de uma zona de alteração de rumo (guinadas francas). Logo, este tipo de colisão ganha expressão.
- Quanto à probabilidade de ocorrência de uma colisão de qualquer tipo aumentou, de forma significativa, em 21,522%.

Quanto ao cenário 4, procedeu-se ao estreitamento do canal navegável, recolocando as boias nº3, nº5 e nº7 e à alteração do *Waypoint* 6, a interseção entre as pernadas 2 e 3. Conjugando a elaboração das ações mencionadas no cenário 1 e cenário 3. Os resultados deste cenário apresentam-se em seguida:

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco

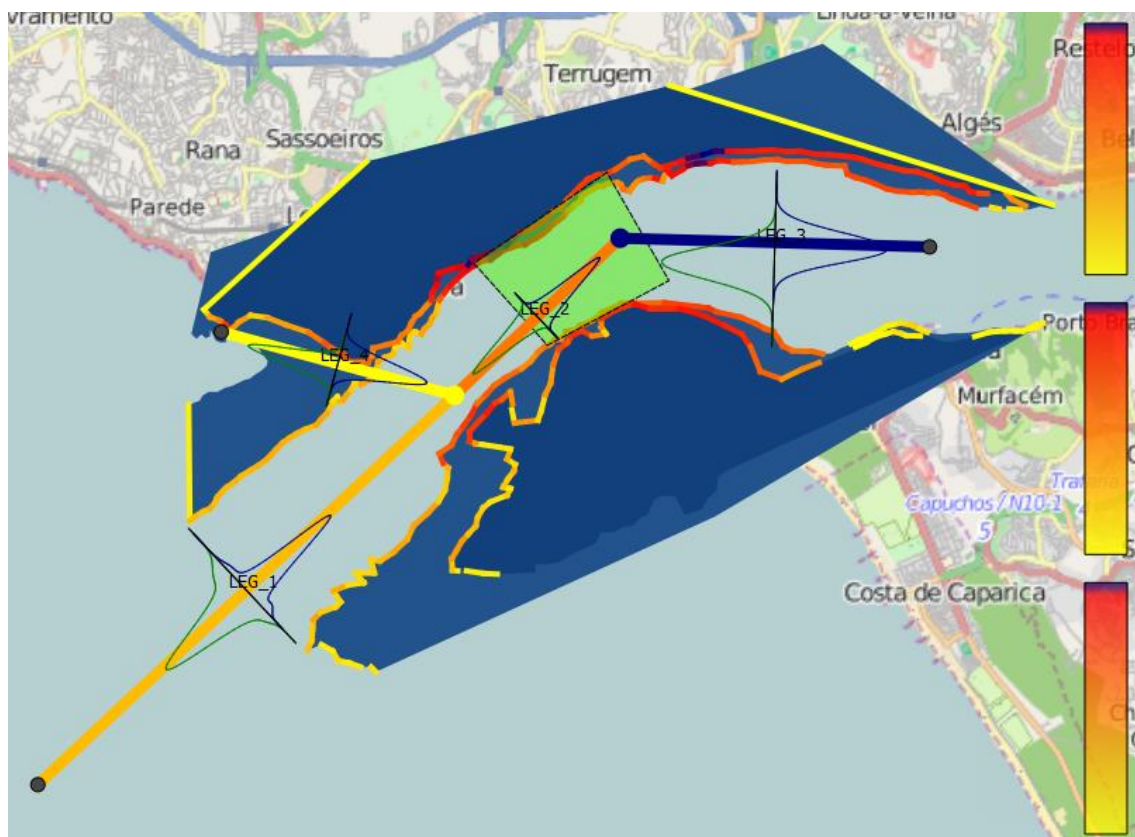


Figura 58 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 4

Tabela 11 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 4

Incidente	Cenário atual (anos entre incidentes)	Cenário 4 (anos entre incidentes)
Powered Grounding	0,4975	(-20,569%) 0,6263
Drifting Groundings	2,3060	(-1,239%) 2,2335
Total Groundings	0,4092	(-17,139%) 0,4939
Overtaking Collision	63,9000	(29,780%) 49,2300
Head-on Collision	17,3300	(59,165%) 10,8900
Crossing Collision	103,8000	(16,783%) 88,8800
Merging Collision	2205,0000	(-0,075%) 2206
Crossing in a Bend	14,3300	(2,170%) 14,0300
Area	1,6250	(30,139%) 1,2480
Total Collisions	1,3010	(29,587%) 1,0040

Como se demonstra anteriormente, relativamente a este cenário, tem-se uma probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo a cada 0,4939 anos, ou seja, a cada 5,9 meses. E diz-nos que a probabilidade da ocorrência de uma colisão é de 1,004 anos, ou seja, a cada ano, aproximadamente, sucede-se uma colisão de qualquer tipo.

Analisando os resultados obtidos neste cenário, utilizando como termo de comparação os resultados do atual cenário, observamos que:

- Estreitando o canal navegável e alterando o *Waypoint* 6 (interseção entre pernas 2 e 3) mais para Sul, reduziu-se a probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo em 17,139%. Consequência da movimentação das boias para fora da batimétrica dos 10 metros de profundidade e visto que considerou-se que os navios guinam mais a Sul, não se aproximando das zonas de Paço de Arcos e Caxias, com batimétricas de menor profundidade.
- Resulta do estreitamento do canal navegável uma maior concentração de navios que navegam com maior frequência junto ao eixo longitudinal da perna, desta forma, há uma implicação direta nas colisões dos tipos *Overtaking* e *Head-on*, aumentando exponencialmente a probabilidade de ocorrência de ambas, em 29,780% e 59,165%, respetivamente.
- Existe um aumento da probabilidade de ocorrência de colisões dos tipos *Crossing* e *Area*, de 16,783% e de 30,139%, respetivamente. O aumento simultâneo das probabilidades de ocorrência destes tipos de colisão, deve-se não só à movimentação do *Waypoint* 6 para dentro de uma área definida como sendo a área de atuação mais provável (maior densidade) das embarcações de pesca, mas também à maior concentração de navios junto ao eixo longitudinal da perna e desta forma, um maior aglomerado de navios a guinar dentro da área, supramencionada.
- A colisão do tipo *Merging* foi a única a registar uma redução. Quanto ao tipo de colisão *Crossing in a Bend*, que aumentou em 2,170% a sua probabilidade de ocorrência, visto que se trata de uma zona de alteração de rumo (guinadas francas). Logo, este tipo de colisão ganha expressão.
- Quanto à probabilidade de ocorrência de uma colisão de qualquer tipo aumentou, de forma significativa, em 29,587%.

Quanto ao cenário 5, procedeu-se à eliminação de zonas mais perigosas, através de dragagem e alteração do *Waypoint* 6 (momento de guinada) entre as pernas 2 e 3. Conjugando a elaboração das ações mencionadas no cenário 1 e cenário 3. E os resultados deste cenário, apresentam-se, em seguida:

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco

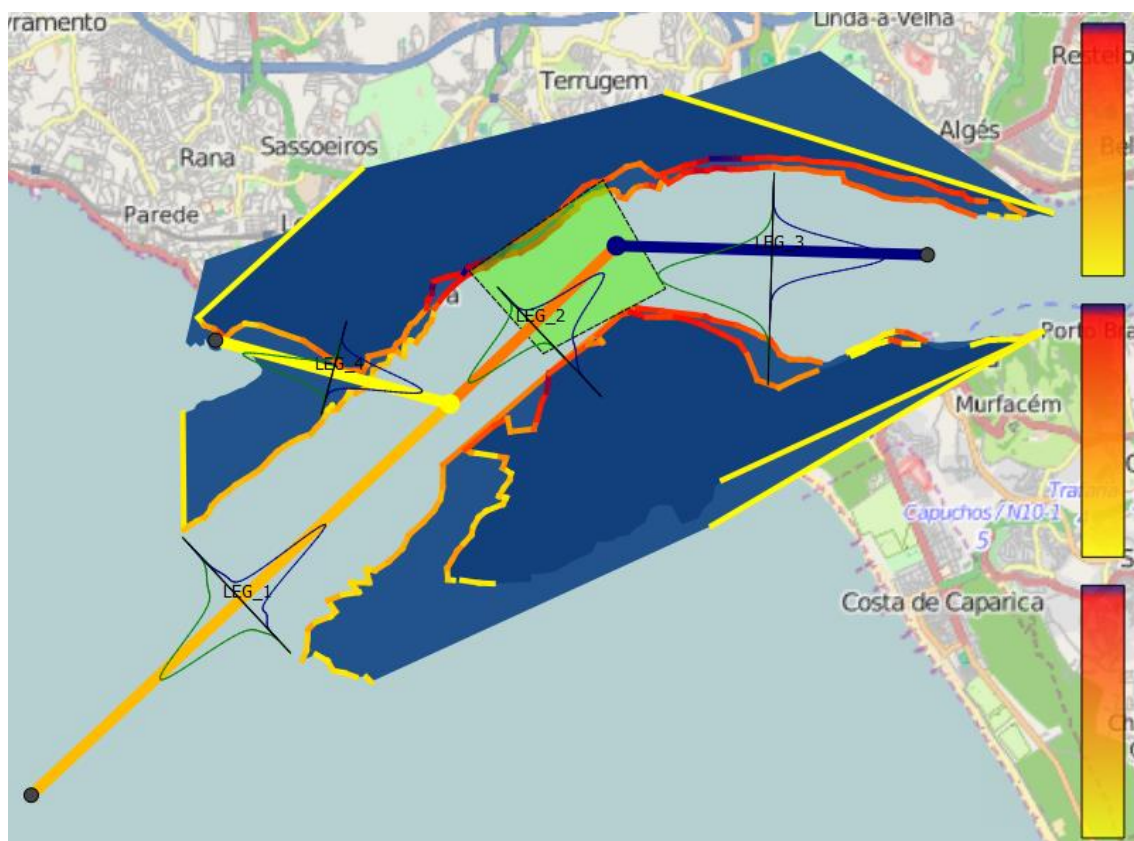


Figura 59 - Mapa de gradiente de cores que codifica o valor probabilístico do risco de colisão/encalhe no cenário 5

Tabela 12 - Cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe no cenário 5

Incidente	Cenário atual (anos entre incidentes)	Cenário 5 (anos entre incidentes)
Powered Grounding	0,4975	(-18,867%) 0,6132
Drifting Groundings	2,3060	(0,975%) 2,2840
Total Groundings	0,4092	(-15,346%) 0,4834
Overtaking Collision	63,9000	(1,514%) 62,9400
Head-on Collision	17,3300	(1,379%) 17,1000
Crossing Collision	103,8000	(16,534%) 89,0700
Merging Collision	2205,0000	(-0,090%) 2207,0000
Crossing in a Bend	14,3300	(2,110%) 14,0400
Area	1,6250	(26,130%) 1,2880
Total Collisions	1,3010	(21,456%) 1,0710

Como se demonstra anteriormente, relativamente a este cenário, tem-se uma probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo a cada 0,4834 anos, ou seja, a cada 5,8 meses. E diz-nos que a probabilidade da ocorrência de uma colisão é de 1,071 anos, ou seja, a cada ano e um mês, aproximadamente, sucede-se uma colisão de qualquer tipo.

Analisando os resultados obtidos neste cenário, utilizando como termo de comparação os resultados do atual cenário, observamos que:

- Eliminando as zonas mais perigosas e alterando o *Waypoint* 6 (intersecção entre pernadas 2 e 3) mais para Sul, reduziu-se a probabilidade de ocorrência de um encalhe de qualquer tipo em 15,346%, devido não só ao fato do canal navegável passar a ter uma maior profundidade no seu limite Este, mantendo a largura, ou seja, sem alteração do posicionamento de boias, mas também, devido aos navios que guinam mais a Sul, não se aproximando das zonas de Paço de Arcos e Caxias, batimétricas de menor profundidade. O consequente efeito desta dragagem é a diminuição da probabilidade de encalhe por parte dos navios que naveguem junto aos limites do canal navegável.
- Existe um aumento da probabilidade de ocorrência de colisões dos tipos *Crossing* e *Area*, de 16,7534% e de 26,130%, respetivamente. O aumento simultâneo das probabilidades de ocorrência destes tipos de colisão, deve-se à movimentação do *Waypoint* 6 para dentro de uma área definida como sendo a área de atuação mais provável (maior densidade) das embarcações de pesca.
- À exceção da colisão do tipo *Merging* que sofreu uma ligeira redução, os restantes tipos de colisão sofreram pequenos aumentos. Com destaque para o tipo de colisão *Crossing in a Bend*, que aumentou em 2,110% a sua probabilidade de ocorrência, visto que se trata de uma zona de alteração de rumo (guinadas francas). Logo, este tipo de colisão ganha expressão.
- Quanto à probabilidade de ocorrência de uma colisão de qualquer tipo aumentou, de forma significativa, em 21,456%.

Expostos os 5 cenários, nos quais se procedeu a alterações à configuração da via navegável atual, através de implementação de medidas para mitigação do risco de colisão e encalhe, foi possível analisar as tendências de cada um deles através dos cálculos probabilísticos obtidos no IWRAP. Desta forma, pode-se inferir que o melhor cenário, é o cenário 2: Eliminação de zonas mais perigosas, através de dragagem.

Para além destas medidas, há que realçar que existem medidas de gestão do tráfego (medidas de índole organizativo), como por exemplo:

- Definição de períodos horários, em que se especifique períodos apenas para entradas e para saídas.
- Definição de zonas de exclusão para embarcações de pesca.



Medidas estas que poderiam alterar (aumentar ou diminuir) o nível de risco dos diversos incidentes (colisão/encalhe), que poderiam ser representadas através da alteração dos parâmetros de causalidade no IWRAP. Porém, não foram testadas estas medidas, pois não se trata do âmbito desta investigação.



Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

- 5.1. Análise sumária do trabalho realizado
- 5.2. Identificação de oportunidades de melhoria da ferramenta desenvolvida
- 5.3. Recomendações e trabalho futuro

5 Capítulo 5 – Conclusões e Recomendações

Neste capítulo pretende-se efetuar uma análise sumária do trabalho desenvolvido, assim como dos resultados obtidos. Importa igualmente, nesta fase, refletir sobre os objetivos alcançados, questões de investigação colocadas e trabalhos futuros que possam resultar do presente trabalho.

5.1 Análise sumária do trabalho realizado

No que diz respeito aos objetivos definidos para esta dissertação, de acordo com o que foi apresentado no capítulo 3, entende-se que foram alcançados os objetivos desta investigação com sucesso.

No que diz respeito às questões de investigação levantadas, a primeira questão, “Como recolher os dados necessários à análise probabilística de ocorrência de colisões e de encalhes na Barra Sul do Porto de Lisboa?”, foi respondida com a elaboração do capítulo 3, dividida em duas grandes etapas:

- Implementação rotinas para extração, transformação e carregamento de dados para o cálculo dos *inputs* que alimentam a ferramenta IWRAP, as tabelas das entradas e saídas (tipo de navios/comprimento) e as funções densidade de probabilidade, com base nas frequências absolutas de entradas e saídas em função do canal
- Elaboração da parametrização e configuração das 4 pernas de análise no MACE, extraindo os *inputs*, que serão introduzidos no IWRAP. Posteriormente, a sua configuração e introdução das pernas de análise e distribuições de densidade do tráfego no IWRAP, por forma a obter os valores do cálculo probabilístico do risco de colisão e encalhe que se verificam atualmente.

A segunda questão de investigação: “Será possível verificar a aderência entre os *outputs* do IWRAP e o histórico de acidentes no Porto de Lisboa?”, foi respondida no subcapítulo 4.3. com a comparação efetuada entre os valores obtidos no IWRAP e o histórico de acidentes no Porto de Lisboa, o que nos leva a considerar estes resultados como encorajadores para considerar que a aplicação informática desenvolvida em

MATLAB é bastante válida relativamente ao propósito para a qual foi criada. Porém, face à proximidade e semelhança entre os resultados obtidos, o leitor pode-se questionar se estamos perante uma coincidência ou não?

A solução seria aplicar a mesma metodologia desta dissertação de mestrado a outros portos nacionais que disponham de dados do histórico de acidentes marítimos. Seria importante verificar se as diferenças entre os tempos dados pelo IWRAP e pelo histórico de acidentes marítimos são estatisticamente significativas de acordo como teste de hipóteses proposto no subapítulo 4.3.

Em suma, o presente trabalho permitiu dotar à Marinha da peça em falta que permite a elaboração efetiva de estudos de análise de risco de índole quantitativo usando a ferramenta IWRAP da IALA. Este é o contributo do presente trabalho!

5.2 Identificação de oportunidades de melhoria da ferramenta desenvolvida

No decorrer do presente trabalho foram várias as ideias que surgiram para implementar novas funcionalidades de análise, em particular, depois da apresentação de 27 de março na DAGI ao Almirante Gouveia e Melo. Muitas destas ideias estão relacionadas com a análise de CPA nos canais de navegação de um porto. Como já foi referido, os dados AIS possibilitam a identificação de situações onde os navios se aproximam a distâncias muito reduzidas podendo constituir situações de risco. A identificação dos navios e dos locais onde este tipo de aproximação excessiva mais ocorre é um aspeto muito relevante para analisar o risco de acidente num canal.

A ferramenta desenvolvida em MATLAB, aplicação MACE, possui diversas potencialidades e foi bastante útil ao desenvolvimento de uma investigação crucial e do interesse da Marinha Portuguesa. Porém, há ainda diversas potencialidades e recursos que devem ser explorados na ferramenta, tais como:

- Visualização total do cenário em análise, em simultâneo de todas as pernas do percurso, juntamente com a sobreposição de CPA's, para que se torne possível efetuar uma análise da área completa;

- Visualização das proas a que os navios cruzam o eixo transversal do retângulo em análise;
- Visualizar num gráfica a distribuição horária das passagens (entradas e saídas) por tipo de navio ao longo de diferentes períodos (dia, semana, mês e ano)
- Visualizar no mapa a dispersão de CPA por tipo de navio e tipo de aproximação (roda-a-roda, ultrapassagem).
- Visualizar num gráfico a variação do número de passagens por uma perna por dia ao longo de um ano. Este gráfico permitirá observar eventuais efeitos sazonais ou picos de tráfego.

Infelizmente, o tempo disponível para esta dissertação não permitiu implementar todas as ideias que surgiram, fruto do trabalho desenvolvido, mas a ferramenta MACE apresenta-se como um laboratório de testes e experimentação, cuja manutenção ficará a cargo da DAGI, e que possibilitará a implementação e teste de novas funcionalidades de análise em futuros estudos e dissertações de mestrado.

5.3 Recomendações e trabalho futuro

Decorrente do presente trabalho, são vários os desafios e questões que ficaram por responder. Alguns destes desafios poderão ser perseguidos usando a ferramenta MACE, enquanto outros poderão ser seguidos de forma independente. Apresentam-se alguns destes:

- Efetuar análise de sensibilidade aos *outputs* do IWRAP fazendo variar os parâmetros de entrada (nº de entradas e saídas por tipo de navio/comprimento), por forma a verificar a variação nos diferentes tipos de risco de colisão/encalhe.
- Prosseguir o desenvolvimento das funcionalidades identificadas na seção 5.2 relacionadas com a análise do CPA
- Investigar um método que permite decompor uma Função Densidade de Probabilidade obtida pelo método de estimação de Kernel através de funções



de densidade de probabilidade elementares, como é o caso das distribuições normal e uniforme que o IWRAP disponibiliza.

- Prosseguir a realização de estudos de análise de risco de colisão e encalhe para outros portos nacionais. Efetuar um estudo estatístico que compare os resultados obtidos com o histórico de acidentes.
- Simular o tráfego marítimo no canal do porto de Lisboa de forma a estimar potenciais riscos resultantes de aproximações excessivas e variações na batimetria do canal.



Bibliografia



Bibliografia

- Abbas, A. E., & Matheson, J. E. (2009). Normative decision making with multiattribute performance targets. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 67-78.
- Allianz Global Corporate & Specialty. (março de 2015). Safety and Shipping Review 2015. *Shipping Review 2015*, pp. 7-12.
- Amdahl, J., Ehlers, S., & Leira, B. J. (2013). *Collision and Grounding of ships and offshore structures*. Trondheim: CRC Press/Balkema.
- Apostolakis, G. E., & Lemon, D. (2005). A screening methodology for the identification and ranking of infrastructure vulnerabilities due to terrorism. *Risk Analysis*, 361-376.
- Association Internationale de Signalisation Maritime & International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities. (Dezembro de 2002). IALA Guidelines on the universal Automatic Identification System. *AISM-IALA Guidelines*, pp. 8-20.
- . (Maio de 2009). IALA Risk Management Tool for Ports and Restricted Waterways. *IALA Recommendation O-134*, pp. 6-10.
- . (Maio de 2013). IALA Guideline 1018 on Risk Management. *AISM-IALA Guidelines*, pp. 5-22.
- Aven, T. (2003). *Foundations of Risk Analysis*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- . (2007). A unified framework for risk and vulnerability analysis covering both safety and security. *Reliability Engineering & System Safety*, 745-754.
- . (2008). *Risk Analysis: Assessing uncertainties beyond expected values and probabilities*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- . (2009). Risk analysis and management. Basic concepts and principles. *Reliability & Risk Analysis*, 57-73.
- . (2010). *Misconceptions of Risk*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Ayyub, B. M. (2001). *Elicitation of Expert Opinions for Uncertainty and Risks*. Flórida: CRC Press LLC.
- Bedford, T., & Cooke, R. (2001). *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*. Cambridge: University Press, Reino Unido.
- Berbash, K. (2010). *A Risk-Based Optimization Framework for Security Systems Upgrades at Airports*. Tese de Doutoramento: Universidade Warteloo, Canadá.



- Brito, V. G. et al. (2012). *A Segurança no Mar - uma visão holística*. Aveiro: Mare Liberum.
- Brown, G. G., & Cox, L. A. (2011). How Probabilistic Risk Assessment Can Mislead Terrorism Risk Analysts. *Risk Analysis*, 196-204.
- Brown, N. (5 de novembro de 2013). IMO – the International Maritime Organization. Obtido em 13 de dezembro de 2014, de <http://www.imo.org/en/Publications/Documents/Attachments/2013%20NB%20presentation%20for%20distributors.pptx>
- Christensen, C., Andersen, L., & Pedersen, P. (s.d.). Ship Collision Risk for an Offshore Wind Farm . Virum, Bredevej, Dinamarca.
- Cox Jr., L. A. (2008). Some limitations of "Risk = Threat x Vulnerability x Consequence" for risk analysis of terrorist attacks. *Risk Analysis*, 1749-1761.
- . (2009). Game Theory and Risk Analysis. *Risk Analysis*, 1062-1068.
- . (2009a). *Risk Analysis of Complex and Uncertain Systems*. Springer: Estados Unidos da América.
- Cunha, T. P. (2004). A Importância Estratégica do Mar para Portugal. *Revista Nação & Defesa*, 41-52.
- Dalhoff, P., & Biehl, F. (s.d.). Ship Collision, Risk analysis - Emergency systems - Collision Dynamics. Hamburgo, Alemanha.
- Eriksson, Ó. F. (Abril de 2011). IWRAP. Copenhaga, Dinamarca.
- Fernandes, P. M. (2014). *Módulo de alertas com base em dados AIS para apoio à vigilância marítima*. Dissertação de Mestrado em Ciências Militares Navais, Classe de Marinha, Escola Naval: Marinha.
- Fujii, Y. (1983). Integrated Study on Marine Traffic Accidents. *IABSE Colloquium Copenhagen*, (pp. 91-98). Copenhaga.
- Fujii, Y., & Yamanouchi, H. (1974). Visual range and the Degree of Risk. *Journal Of Navigation* , 248-252.
- Fujii, Y., Yamanouchi, H., & Matui, T. (1984). Survey on Vessel Traffic Management Systems and Brief Introduction to Marine Traffic Studies. *Electronic Navigation Research Institute Papers*.
- Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos. (2015). *Dados Estatísticos*. Obtido em 13 de fevereiro de 2015, de Gabinete de Prevenção e de Investigação de Acidentes Marítimos: <http://www.gpiam.mamaot.gov.pt/index.php/estatisticas/dados-estatisticos>



- GateHouse. (2015). *Rapid execution of high-quality risk analysis*. Obtido em 22 de fevereiro de 2015, de GateHouse: <http://www.gatehouse.dk/en-US/Fields-of-Expertise/Maritime/Products/IWRAP-Risk-analysis.aspx>
- . (2015a). *Webinar: Short introduction to IWRAP*. Obtido em 22 de fevereiro de 2015, de GateHouse: <http://www.gatehouse.dk/en-US/Fields-of-Expertise/Maritime/Webinar-IWRAP.aspx>
- Gluver, H., & Olsen, G. (1998). *Ship Collision Analysis*. Roterdão: Balkema.
- Greenberg, M. R. (2009). Risk analysis and port security: some contextual observations and considerations. *Annals of Operation Research*, 121-136.
- Haimes, Y. Y. (2009). On the Complex Definition of Risk: A Systems-Based Approach. *Risk Analysis*, 1647-1654.
- Hänninen, M., & Kujala, P. (s.d.). The Effects of Causation Probability on the Ship Collision Statistics in. Helsínquia, Finlândia.
- Haugen, S. (1991). *Probabilistic Evaluation of Frequency of Collision Between Ships and Offshore Platforms*. Universidade de Trondheim, Noruega.
- Hubbard, D., & Evans, D. (2010). Problems with scoring methods and ordinal scales in risk assessment. *IBM Journal of Research and Development*, 2:1-2:10.
- International Maritime Organization. (2003). *International Ship and Port Facility Security Code*. Londres: International Maritime Organization.
- . (2015). *AIS transponders*. Obtido em 24 de janeiro de 2015, de International Maritime Organization: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/AIS.aspx>
- . (2015a). *Formal Safety Assessment*. Obtido em 15 de março de 2015, de International Maritime Organization: <http://www.imo.org/OurWork/Safety/SafetyTopics/Pages/FormalSafetyAssessment.aspx>
- K.D.Wall. (2011, Julho 29). The Kaplan and Garrick Definition of Risk and its Application to Managerial Decision Problems. pp. 2-4.
- Kaplan, S., & Garrick, B. J. (1981). On The Quantitative Definition of Risk. *Risk Analysis*, 11-27.
- Khaled, M. E., & Kawamura, Y. (2014). Application of Bayesian Belief Network to Estimate Causation Probability of Collision at Chittagong Port by Analyzing Accident Database of Bangladesh. *JASNAOE 2014*. Sendai, Japão.
- . (2015). Collision Risk Analysis of Chittagong Port in Bangladesh by Using Collision Frequency Calculation Models with Modified BBN Model. *ISOPE 2015*. Hawai, Estados Unidos da América: Universidade Yokohama, Japão.



- Kim, D.-W., Park, J.-S., & Park, Y.-S. (2011). Comparison Analysis between the IWRAP and the ES Model in Ulsan Waterway. *Journal of Navigation and Port Research International Edition*, 281-287.
- Klinke, A., & Renn, O. (2001). Precautionary principle and discursive strategies: classifying and managing risks. *Journal of Risk Research*, 159-173.
- Larsen, O. D. (1993). *Ship Collision with Bridges*. Zurich: International Association for Bridge and Structural Engineering.
- Macduff, T. (1974). The Probability of Vessel Collisions. *Ocean Industry*, 144-148.
- Marine Traffic. (2014). *Marine Traffic*. Obtido em 27 de julho de 2015, de <https://www.marinetraffic.com/pt/ais/home/?lang=pt>
- . (2014). *Live Map*. Obtido em 27 de julho de 2015, de Marine Traffic: <https://www.marinetraffic.com/pt/ais/home/?lang=pt>
- MARINHA. (s.d.). *Portugal uma nação marítima*. Obtido em 3 de outubro de 2014, de http://www.marinha.pt/pt-pt/historia-estrategia/estrategia/folhetospt/Portugal_uma_nacao_maritima.pdf
- . (2006). *Roteiro da Costa de Portugal: Portugal Continental*. Lisboa: Instituto Hidrográfico.
- . (2010). *PGFLOT 200 (C): Acidentes Marítimos- Lições Aprendidas*. Laranjeiro, Alfeite: Flotilha.
- . (2011). *Diretiva de Política Naval 2011*. Lisboa: Marinha.
- Mazaheri, A., & Ylitalo, J. (2010). Comments on Geometrical Modeling of Ship Grounding. *5th International Conference on Collision and Grounding of Ships* (pp. 23-243). Espoo, Finlândia: Universidade de Aalto.
- Melo, L. C. (2010). *Indicadores de conhecimento situacional do espaço de envolvimento marítimo com recursos a dados AIS*. Dissertação de Mestrado em Ciências Militares Navais, Classe de Marinha, Escola Naval: Marinha.
- Miguel, A. S. (2002). *O Risco e a Gestão do Risco em Projetos de Desenvolvimento de Sistemas de Informação*. Tese de Doutoramento em Tecnologias e Sistemas de Informação, Universidade do Minho.
- Monteiro, N. S. (2011). *A Economia do mar e a Segurança Marítima*. Centro de Investigação Naval, Escola Naval.
- Mun, J. (2004). *Applied Risk Analysis: Moving Beyond Uncertainty in Business*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Palm, W. G. (2013). *Introdução ao MATLAB para engenheiros*. Lisboa: McGraw-Hill.
- Pedersen, P. T. (2010). Review and application of ship collision and grounding analysis procedures. *Marine Structures*, 241-262.



- Raussand, M. (2011). *Risk Assessment: Theory, Methods and Applications*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Reis, E., Melo, P., Andrade, R., & Calapez, T. (2012). *Estatística Aplicada*. Lisboa: Edições Sílabo.
- República Portuguesa, Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 594/73, *Competências da Direção de Faróis*, Série I, nº 260, 7 de novembro de 1973, pp. 2129-2130.
- . Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 235/2000, *Regime das Contra-ordenações*, *Diário da República*, 1ª Série A, nº223, 26 de setembro de 2000, pp. 5134-5137.
- . Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 43/2002, *Sistema de Autoridade Marítima*, *Diário da República*, 1ª Série A, nº52, 2 de março de 2002, pp. 1750-1752.
- . Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 44/2002, *Autoridade Marítima Nacional*, 1ª Série A, nº 52, 2 de março de 2002, pp. 1752-1758.
- . Ministério da Defesa Nacional, Decreto-Lei n.º 185/2014, *Lei Orgânica da Marinha*, 1ª Série, nº 250, 29 de dezembro de 2014, pp. 6397-6406.
- Silva, J. E. (2011). *Elementos Básicos sobre Segurança Marítima*. Lisboa: Escola Náutica Infante D. Henrique.
- Soares, C. G., Teixeira, A. P., & Antão, P. (2005). *Análise e Gestão de Riscos, Segurança e Fiabilidade*. Lisboa: Edições Salamandra, Lda.
- Sousa, L. S. (2012). *Indicadores de risco de incidentes marítimos com base em dados do sistema de monitorização contínua das atividades de pesca*. Dissertação de Mestrado em Ciências Militares Navais, Classe de Marinha, Escola Naval: Marinha.
- Sustainable Knowledge Platform for the European Maritime and Logistics Industry. (15 de Maio de 2011). Review of Collision and grounding risk analysis methods which can utilize the historical AIS data and traffic patterns in seaways. *Seventh Framework programme*, pp. 7-16.
- Valente, S., Figueiredo, E., & Coelho, C. (25-28 de Junho de 2008). Entre os riscos e os benefícios – Análise da percepção social do risco em duas comunidades mineiras. Aveiro, Portugal.
- VOLPE CENTER. (s.d.). *AIS Overview*. Obtido em 18 de novembro de 2014, de MSSIS Maritime Safety and Security Information System: <https://mssis.volpe.dot.gov/Main/ais.php>



APÊNDICES

Apêndice A – Tabelas de *input* do IWRAP

Tabela 13 - Tabela com total de passagens na pernada 1.

Comprimento/ Tipo de Navio	Fast Ferry	Fishing Ship	Support Ship	Pleasure Ship	Other Ship	Passenger Ship	General Cargo Ship	Oil Tanker
[0 - 25]	0	0	699	122	61	121	437	49
[25 - 50]	0	0	216	43	28	0	0	0
[50 - 75]	0	9	0	59	11	0	46	0
[75 - 100]	6	0	13	47	23	29	1966	1002
[100 - 125]	6	0	0	16	17	65	1769	819
[125 - 150]	0	0	0	0	0	65	2802	181
[150 - 175]	0	0	0	0	7	197	489	167
[175 - 200]	0	0	0	0	0	201	776	60
[200 - 225]	0	0	0	0	7	166	582	0
[225 - 250]	0	0	0	0	0	117	165	3
[250 - 275]	0	0	0	0	0	365	136	6
[275 - 300]	0	0	0	0	0	302	100	0
[300 - 325]	0	0	0	0	0	53	0	0
[325 - 350]	0	0	0	0	0	51	5	0
[350 - 375]	0	0	0	0	0	0	0	0
[375 - 400]	0	0	0	0	0	0	0	0
[400 - 425]	0	0	0	0	0	0	0	0
[>425]	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 14 - Tabela com total de passagens na pernada 2.

Comprimento/ Tipo de Navio	Fast Ferry	Fishing Ship	Support Ship	Pleasure Ship	Other Ship	Passenger Ship	General Cargo Ship	Oil Tanker
[0 - 25]	0	0	2210	331	104	188	788	113
[25 - 50]	0	0	336	70	31	42	0	0
[50 - 75]	0	13	0	82	15	15	52	0
[75 - 100]	9	0	21	180	27	48	3737	2115
[100 - 125]	9	0	0	30	18	74	3641	1486
[125 - 150]	0	0	0	0	0	107	6029	413
[150 - 175]	0	0	0	0	12	387	1042	374
[175 - 200]	0	0	0	0	0	437	1810	127
[200 - 225]	0	0	0	0	21	416	1598	0
[225 - 250]	0	0	0	0	0	255	490	14
[250 - 275]	0	0	0	0	0	873	436	14
[275 - 300]	0	0	0	0	0	676	345	0
[300 - 325]	0	0	0	0	0	128	0	0
[325 - 350]	0	0	0	0	0	159	3	0
[350 - 375]	0	0	0	0	0	0	0	0
[375 - 400]	0	0	0	0	0	0	0	0
[400 - 425]	0	0	0	0	0	0	0	0
[>425]	0	0	0	0	0	0	0	0

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



Tabela 15 - Tabela com total de passagens na pernada 3.

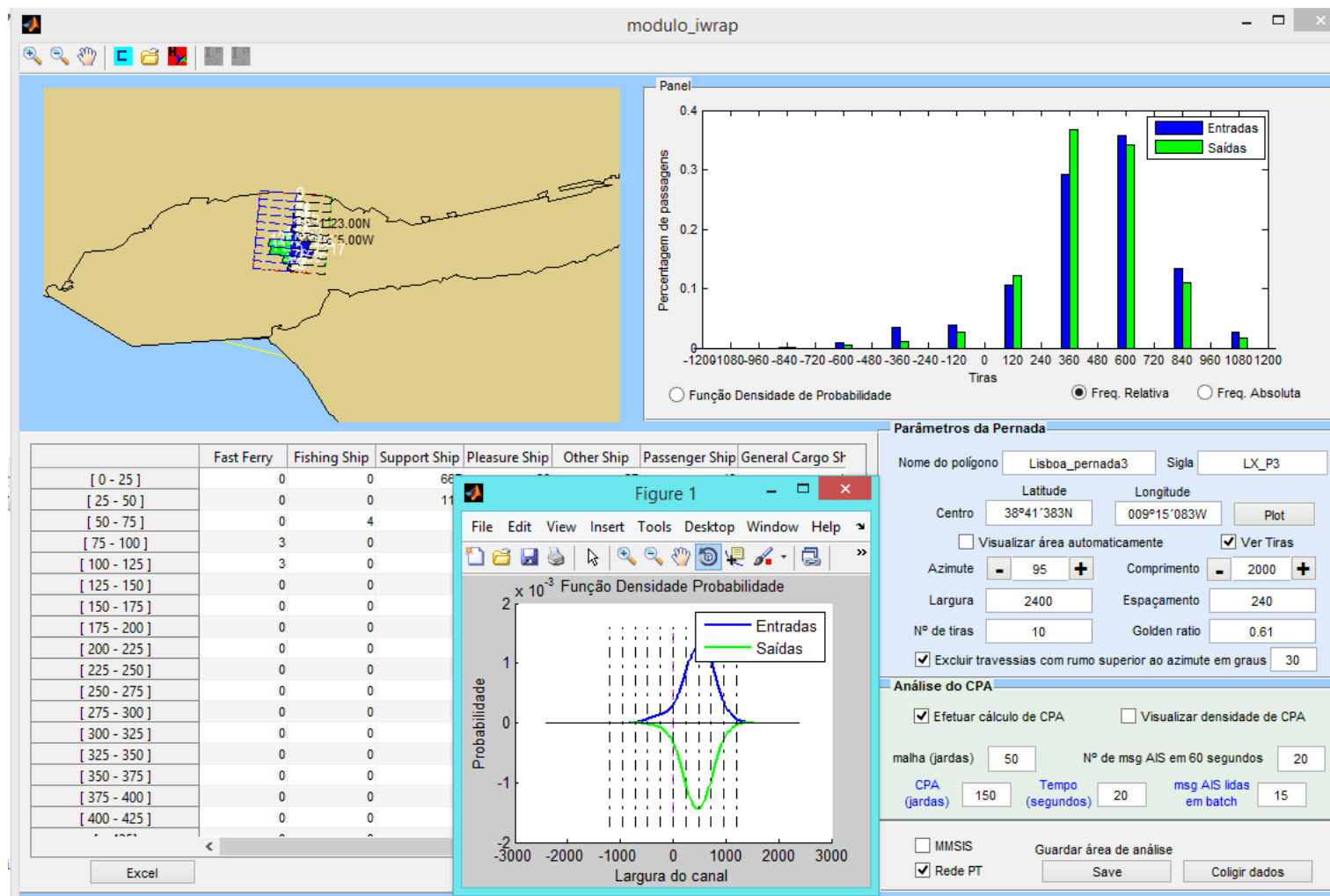
Comprimento/ Tipo de Navio	Fast Ferry	Fishing Ship	Support Ship	Pleasure Ship	Other Ship	Passenger Ship	General Cargo Ship	Oil Tanker
[0 - 25]	0	0	5514	569	174	425	1612	183
[25 - 50]	0	0	814	105	75	77	0	0
[50 - 75]	0	43	0	162	44	20	99	0
[75 - 100]	38	0	30	214	54	87	7306	3373
[100 - 125]	38	0	0	61	41	190	6931	2312
[125 - 150]	0	0	0	0	0	211	11680	725
[150 - 175]	0	0	0	0	24	656	1864	557
[175 - 200]	0	0	0	0	0	750	3047	194
[200 - 225]	0	0	0	0	31	682	2877	0
[225 - 250]	0	0	0	0	0	393	873	5
[250 - 275]	0	0	0	0	0	1440	705	22
[275 - 300]	0	0	0	0	0	1134	608	0
[300 - 325]	0	0	0	0	0	220	0	0
[325 - 350]	0	0	0	0	0	232	20	0
[350 - 375]	0	0	0	0	0	0	0	0
[375 - 400]	0	0	0	0	0	0	0	0
[400 - 425]	0	0	0	0	0	0	0	0
[>425]	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 16 - Tabela com total de passagens na pernada 4.

Comprimento/ Tipo de Navio	Fast Ferry	Fishing Ship	Support Ship	Pleasure Ship	Other Ship	Passenger Ship	General Cargo Ship	Oil Tanker
[0 - 25]	0	0	582	96	0	0	8	0
[25 - 50]	0	0	26	2	0	15	0	0
[50 - 75]	0	0	0	16	0	0	0	0
[75 - 100]	0	0	0	71	0	0	74	84
[100 - 125]	0	0	0	0	0	0	0	33
[125 - 150]	0	0	0	0	0	0	9	0
[150 - 175]	0	0	0	0	0	0	0	0
[175 - 200]	0	0	0	0	0	0	0	0
[200 - 225]	0	0	0	0	0	0	0	0
[225 - 250]	0	0	0	0	0	0	0	0
[250 - 275]	0	0	0	0	0	0	0	0
[275 - 300]	0	0	0	0	0	0	0	0
[300 - 325]	0	0	0	0	0	0	0	0
[325 - 350]	0	0	0	0	0	0	0	0
[350 - 375]	0	0	0	0	0	0	0	0
[375 - 400]	0	0	0	0	0	0	0	0
[400 - 425]	0	0	0	0	0	0	0	0
[>425]	0	0	0	0	0	0	0	0



Apêndice B – Código do Módulo de Análise de Colisões e Encalhes (MACE)





Abaixo tem-se o script file

“modulo_iwrap.m” que contém todo o código MATLAB associado a este módulo:

```
function varargout =
modulo_iwrap(varargin)
% MODULO_IWRAP MATLAB code for
modulo_iwrap.fig
%     MODULO_IWRAP, by itself, creates
a new MODULO_IWRAP or raises the
existing
%     singleton*.
%
%     H = MODULO_IWRAP returns the
handle to a new MODULO_IWRAP or the
handle to
%     the existing singleton*.
%
%
MODULO_IWRAP('CALLBACK',hObject,eventDat
a,handles,...) calls the local
%     function named CALLBACK in
MODULO_IWRAP.M with the given input
arguments.
%
%
MODULO_IWRAP('Property','Value',...)
creates a new MODULO_IWRAP or raises the
%     existing singleton*. Starting
from the left, property value pairs are
%     applied to the GUI before
modulo_iwrap_OpeningFcn gets called. An
%     unrecognized property name or
invalid value makes property application
%     stop. All inputs are passed to
modulo_iwrap_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools
menu. Choose "GUI allows only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the
response to help modulo_iwrap

% Last Modified by GUIDE v2.5 20-Aug-
2015 22:19:40

% Begin initialization code - DO NOT
EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',
mfilename, ...
                'gui_Singleton',
gui_Singleton, ...
                'gui_OpeningFcn',
@modulo_iwrap_OpeningFcn, ...
                'gui_OutputFcn',
@modulo_iwrap_OutputFcn, ...
                'gui_LayoutFcn', []
, ...
                'gui_Callback',
[]);
if nargin && ischar(varargin{1})
```

```
    gui_State.gui_Callback =
str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] =
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before modulo_iwrap
is made visible.
function
modulo_iwrap_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see
OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and
user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to
modulo_iwrap (see VARARGIN)

% Choose default command line output for
modulo_iwrap
handles.output = hObject;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% MAPAS
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%handles.axes1_latlim = [16.5 50];
%handles.axes1_lonlim = [-55 10];
%handles.axes1_latlimp = [16.5 50];
%handles.axes1_lonlimp = [-55 10];

handles.axes1_latlim = [-16.5 60];
handles.axes1_lonlim = [-75 50];
handles.axes1_latlimp = [-16.5 60];
handles.axes1_lonlimp = [-75 50];

%directoria para a pasta de dados
if exist('caminho_dados_ais.mat','file')
    load caminho_dados_ais%carrega
dir_dados

setappdata(handles.pushbutton1,'dir_dado
s',dir_dados);%C:\Documents and
Settings\user\Os meus
documentos\MATLAB\trabalho
else
    dir_dados = uigetdir(pwd,'Directoria
para a pasta de dados (BDAIS)');

setappdata(handles.pushbutton1,'dir_dado
s',dir_dados);
    save caminho_dados_ais dir_dados
end

%directoria para a pasta MONICAP
if
exist('caminho_dados_monicap.mat','file'
)
    load caminho_dados_monicap%carrega
dir_trabalho

setappdata(handles.pushbutton1,'dir_moni
cap',dir_monicap);%C:\Documents and
Settings\user\Os meus
documentos\MATLAB\trabalho
else
```



```

dir_monicap =
uigetdir(pwd, 'Directoria para a pasta de
dados MONICAP');

setappdata(handles.pushbutton1, 'dir_moni
cap', dir_monicap);
save caminho_dados_monicap
dir_monicap
end

%directorica para a pasta FOTOS
if exist('caminho_fotos.mat', 'file')
load caminho_fotos%carrega dir_fotos

setappdata(handles.pushbutton1, 'dir_foto
s', dir_fotos); %'C:\Documents and
Settings\user\Os meus
documentos\MATLAB\trabalho
else
dir_fotos = uigetdir(pwd, 'Directoria
para a pasta de FOTOS');

setappdata(handles.pushbutton1, 'dir_foto
s', dir_fotos);
save caminho_fotos dir_fotos
end

%directorica para a pasta de trabalho
if
exist('caminho_trabalho_ais.mat', 'file')
load caminho_trabalho_ais%carrega
dir_trabalho

setappdata(handles.pushbutton1, 'dir_trab
alho', dir_trabalho); %'C:\Documents and
Settings\user\Os meus
documentos\MATLAB\trabalho
else
dir_trabalho =
uigetdir(pwd, 'Directoria para a pasta de
trabalho');

setappdata(handles.pushbutton1, 'dir_trab
alho', dir_trabalho);
save caminho_trabalho_ais
dir_trabalho
end

%axes(handles.axes1)
set(gcf, 'Renderer', 'painters');
%ax=worldmap(handles.axes1_latlim, handle
s.axes1_lonlim); set(ax, 'tag', 'mapa');
ax=worldmap('world');
setm(ax, 'mapprojection', 'eqdcylin')
%setm(ax, 'FFaceColor', ([0.941 0.941
0.941]), 'Grid', 'on')
setm(ax, 'FFaceColor', ([0.6 0.8
1]), 'Grid', 'on')
load ([dir_trabalho
'\poligonos_reduced_c200']); %
warning off
h=patchesml(latreduced2, lonreduced2, 10, [
222/255 205/255 139/255]);
%load ('C:\Documents and
Settings\user\Os meus
documentos\MATLAB\trabalho\poligono_mapa
');
%h=patchesm(poligono_mapa(:,1), poligono_
mapa(:,2), 10, [222/255 205/255 139/255]);
%load ('C:\Documents and
Settings\user\Os meus
documentos\MATLAB\trabalho\poligono_mapa
s_reduced');
%h=patchesm(lat, lon, 10, [222/255 205/255
139/255]);
set(h, 'Tag', 'coast');

load([dir_trabalho '\tabela_areas.mat'])
load([dir_trabalho '\tabela_mes.mat'])

h2=plotm(tabela_areas{2,3}, tabela_areas{
2,4}, -2);
set(h2, 'color', 'k');
h3=plotm(tabela_areas{1,3}, tabela_areas{
1,4}, -2);
set(h3, 'color', 'b');
h4=plotm(tabela_areas{3,3}, tabela_areas{
3,4}, -2);
set(h4, 'color', 'm');
h5=plotm(tabela_areas{6,3}, tabela_areas{
6,4}, -2);
set(h5, 'color', 'y');
h6=plotm(tabela_areas{7,3}, tabela_areas{
7,4}, -2);
set(h6, 'color', 'y');
h7=plotm(tabela_areas{8,3}, tabela_areas{
8,4}, -2);
set(h7, 'color', 'y');
h8=plotm(tabela_areas{9,3}, tabela_areas{
9,4}, -2);
set(h8, 'color', 'g');
h9=plotm(tabela_areas{10,3}, tabela_areas
{10,4}, -2);
set(h9, 'color', 'g');
%h10=linem([45;-40], [29;-40]);
%set(h10, 'color', 'g');
setm(ax, 'fontsize', 6)
tightmap
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%FIM MAPAS

set(handles.edit2, 'string', '38°40'192N')
set(handles.edit3, 'string', '009°08'404W'
)
set(handles.edit4, 'string', num2str(47)) %
azimute
set(handles.edit5, 'string', num2str(500))
%comprimento
set(handles.edit6, 'string', num2str(400))
%largura
set(handles.edit8, 'string', num2str(40)) %
espaçamento
set(handles.edit9, 'string', num2str(10)) %
número de tiras
set(handles.edit10, 'string', num2str(0.61
)) %golden ratio
set(handles.edit11, 'string', ['área'
datestr(now, 30)])
set(handles.edit7, 'string', ['S'
datestr(now, 30)])
set(handles.edit11, 'string', num2str(30))

%análise CPA
set(handles.edit15, 'string', num2str(20))
%n° de msg AIS em 60 segundos
set(handles.edit12, 'string', num2str(100))
)%CPA em jardas
set(handles.edit13, 'string', num2str(20))
%Tempo em segundos que as msg devem
distar em tempo
set(handles.edit14, 'string', num2str(25))
%n° de msg AIS lidas em batch
set(handles.edit16, 'string', num2str(50))
%malha para o gráfico de densidade de
cpa

setappdata(handles.pushbutton1, 'lat', [])
;
setappdata(handles.pushbutton1, 'lon', [])
;
setappdata(handles.pushbutton1, 't', []);
setappdata(handles.pushbutton1, 'ano', [])
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

```



```
% UIWAIT makes modulo_iwrap wait for
user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are
returned to the command line.
function varargout =
modulo_iwrap_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout cell array for returning
output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from
handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in
pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
function edit1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit1 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit1 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
```

```
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit2 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit2 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit3 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit3 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
```



```
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit4 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit4 as a double
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
end
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit5_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit5 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit5 as a double
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
end
```

```
end
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit6_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit6 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit6 as a double
```

```
l=str2double(get(handles.edit6,'string'))
);
nt=str2double(get(handles.edit9,'string'))
);
ej=l/nt;
set(handles.edit8,'string',num2str(ej))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
end
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% --- Executes on button press in
pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see
GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
idx=findobj('tag','regua');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
```

```
% Loop, picking up the points.
but = 1;
set(gcf,'CurrentAxes',handles.axes1)
```

```
%[xi,yi,but] = inputm(1,handles.axes1);
%[xi, yi] = getpts(handles.axes1)
[xi,yi,but] = ginput(1);
pts=gcpmap;
lat = pts(1,1);lon=pts(1,2);
```



```

idx=findobj('tag','rect');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect1');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rmp');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pos');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect2');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pt');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

setappdata(handles.pushbutton1,'lat',lat);
setappdata(handles.pushbutton1,'lon',lon);
latmean = lat;
lonmean = lon;
h1=plotm(latmean,lonmean,20,'+k');set(h1,'tag','rect');
[ lat_str lon_str ]=str_deg2(latmean,lonmean);
h=textm(latmean,lonmean,20,{lat_str;lon_str},'FontSize',8);set(h,'tag','rect');
set(handles.edit2,'string',lat_str)
set(handles.edit3,'string',lon_str)
l=str2double(get(handles.edit6,'string'))
c=str2double(get(handles.edit5,'string'))
az=str2double(get(handles.edit4,'string'))

[x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+90);
[x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az);
[x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(1/2000),az-90);
[x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/2000),az-180);
[x(5)
y(5)]=reckon(x(4),y(4),nm2deg(1/2000),az+90);
x(6)=x(2); y(6)=y(2);

h1=plotm(x(2:end),y(2:end),20,'-r');set(h1,'tag','rect');
poligono=cell(1,6);
poligono{1,1}=get(handles.edit1,'string');
poligono{1,2}=get(handles.edit7,'string');
poligono{1,3}=x(2:end)';
poligono{1,4}=y(2:end)';

%cálculo do polígono A

[xa(1)
ya(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+90);
[xa(2)
ya(2)]=reckon(xa(1),ya(1),nm2deg(c/4000),az);
[xa(3)
ya(3)]=reckon(xa(2),ya(2),nm2deg(1/2000),az-90);
[xa(4)
ya(4)]=reckon(xa(3),ya(3),nm2deg(c/4000),az-180);
xa(5)=xa(1); ya(5)=ya(1);
poligonoA=cell(1,6);
poligonoA{1,1}=get(handles.edit1,'string');
poligonoA{1,2}=get(handles.edit7,'string');
poligonoA{1,3}=xa;
poligonoA{1,4}=ya;
h1=plotm(xa,ya,20,'-g');set(h1,'tag','rect');
%cálculo do polígono B

[xb(1)
yb(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+90);
[xb(2)
yb(2)]=reckon(xb(1),yb(1),nm2deg(c/4000),az-180);
[xb(3)
yb(3)]=reckon(xb(2),yb(2),nm2deg(1/2000),az-90);
[xb(4)
yb(4)]=reckon(xb(3),yb(3),nm2deg(c/4000),az);
xb(5)=xb(1); yb(5)=yb(1);
poligonoB=cell(1,6);
poligonoB{1,1}=get(handles.edit1,'string');
poligonoB{1,2}=get(handles.edit7,'string');
poligonoB{1,3}=xb;
poligonoB{1,4}=yb;
h1=plotm(xb,yb,20,'-b');set(h1,'tag','rect');

nt=str2double(get(handles.edit9,'string'));
ej=str2double(get(handles.edit8,'string'));
for i=1:nt
    de=(1/4000)-(ej/2000)*(i-1);
    x=zeros(5,1);
    y=zeros(5,1);
    [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);
    [x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az);
    [x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),az-90);
    [x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az-180);
    x(5)=x(1); y(5)=y(1);
    tirasA{i,1}=x;
    tirasA{i,2}=y;
    if get(handles.checkbox1,'value')
        h1=plotm(x,y,20,'-k');set(h1,'tag','rect1');
    end
    x=zeros(5,1);
    y=zeros(5,1);
    [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);

```

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



```
[x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
+180);
[x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
[x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
);
x(5)=x(1); y(5)=y(1);
tirasB{i,1}=x;
tirasB{i,2}=y;
if get(handles.checkbox1,'value')
    hl=plotm(x,y,20,'-
.b');set(hl,'tag','rect1');
end
```

```
end
setappdata(handles.pushbutton1,'t',[]);
setappdata(handles.pushbutton1,'tirasB',
tirasB)
setappdata(handles.pushbutton1,'tirasA',
tirasA)
setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
A',poligonoA)
setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
B',poligonoB)
setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
',poligono)
```

```
function edit7_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit7 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit7 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit8_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit8 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit8 as a double
ej=str2double(get(handles.edit8,'string'
));
l=str2double(get(handles.edit6,'string'
));
nt=round(l/ej);
ej=l/nt;
set(handles.edit8,'string',num2str(ej))
set(handles.edit9,'string',num2str(nt))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
```

```
end
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit9_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit9 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit9 as a double
```

```
l=str2double(get(handles.edit6,'string'
));
nt=round(str2double(get(handles.edit9,'s
tring')));
ej=l/nt;
set(handles.edit9,'string',num2str(nt))
set(handles.edit8,'string',num2str(ej))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
```

```
end
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```



```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
end
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit10_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit10 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit10 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit10_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
end
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% --- Executes on button press in
checkboxx1.
function checkbox1_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject handle to checkbox1 (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox1
if get(handles.checkbox1,'value')
```

```
tirasB=getappdata(handles.pushbutton1,'t
irasB');
```

```
tirasA=getappdata(handles.pushbutton1,'t
irasA');
[nt m]=size(tirasB)
for i=1:nt
x=tirasA{i,1};
y=tirasA{i,2};
```

```
h1=plotm(x,y,20,'-
.k');set(h1,'tag','rect1');
x=tirasB{i,1};
y=tirasB{i,2};
h1=plotm(x,y,20,'-
.b');set(h1,'tag','rect1');
end
else
idx=findobj('tag','rect1');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
end
end
```

```
% --- Executes on button press in
pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton3 (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
s.nome=get(handles.edit1,'string');
s.tirasB=getappdata(handles.pushbutton1,
'tirasB');
s.tirasA=getappdata(handles.pushbutton1,
'tirasA');
s.poligonoA=getappdata(handles.pushbutto
n1,'poligonoA');
s.poligonoB=getappdata(handles.pushbutto
n1,'poligonoB');
s.poligono=getappdata(handles.pushbutton
1,'poligono');
s.largura=get(handles.edit6,'string');
s.comprimento=get(handles.edit5,'string'
);
s.azimute=get(handles.edit4,'string');
s.n_tiras=get(handles.edit9,'string');
s.esp_jardas=get(handles.edit8,'string'
);
s.latstr=get(handles.edit2,'string');
s.longstr=get(handles.edit3,'string');
s.lat=getappdata(handles.pushbutton1,'la
t');
s.lon=getappdata(handles.pushbutton1,'lo
n');
s.goldratio=get(handles.edit10,'string')
;
s.sigla=get(handles.edit7,'string');
setappdata(handles.pushbutton1,'s',s);
dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
on1,'dir_trabalho');
```

```
if isempty(s.poligono)
h=msgbox('Não selecionou a área de
análise','Atenção','Warn')
waitfor(h)
```

```
end
dir1=[dir_trabalho '\IWRAP\areas\'];
if exist(dir1,'dir')
ficheiro=get(handles.edit1,'string')
filename=[dir1 ficheiro];
save(filename,'s')
```

```
else
mkdir(dir1)
ficheiro=get(handles.edit1,'string')
filename=[dir1 ficheiro]
save(filename,'s')
end
```



```

ano=answer{1};
d_ini=datetime('01-Jan-'
ano], 'dd-mmm-yyyy');
d_fim=datetime('31-Dez-'
ano], 'dd-mmm-yyyy');

% --- Executes on button press in
checkbox2.
function checkbox2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox2 (see
GCB0)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox2

% --- Executes on button press in
checkbox3.
function checkbox3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox3 (see
GCB0)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox3

% -----
function
uitoggletool4_ClickedCallback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to uitoggletool4
(see GCB0)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handleif
strcmp(get(handles.uitoggletool10,'state
'),'off')
if
strcmp(get(handles.uitoggletool4,'state'
'),'off')

else

dir_dados=getappdata(handles.pushbutton1
,'dir_dados');
prompt={'Insira o ano onde pretende
efetuar a pesquisa:'};

dlg_title='PERÍODO TEMPORAL';
num_lines=1;
defAns={'2014'};
options.Resize='on';
options.WindowStyle='normal';
options.Interpreter='tex';
answer =
inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,defA
ns,options);

idx=findobj('tag','rect2');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end

if ~isempty(answer)

ano=answer{1};
d_ini=datetime('01-Jan-'
ano], 'dd-mmm-yyyy');
d_fim=datetime('31-Dez-'
ano], 'dd-mmm-yyyy');

s.nome=get(handles.edit1,'string');

s.tirasB=getappdata(handles.pushbutton1,
'tirasB');

s.tirasA=getappdata(handles.pushbutton1,
'tirasA');

s.poligonoA=getappdata(handles.pushbutton1,
'poligonoA');

s.poligonoB=getappdata(handles.pushbutton1,
'poligonoB');

s.poligono=getappdata(handles.pushbutton1,
'poligono');

s.largura=get(handles.edit6,'string');

s.comprimento=get(handles.edit5,'string'
);

s.azimute=get(handles.edit4,'string');

s.n_tiras=get(handles.edit9,'string');

s.esp_jardas=get(handles.edit8,'string'
);

s.latstr=get(handles.edit2,'string');

s.longstr=get(handles.edit3,'string');

s.lat=getappdata(handles.pushbutton1,'la
t');

s.lon=getappdata(handles.pushbutton1,'lo
n');

s.goldratio=get(handles.edit10,'string'
);

s.sigla=get(handles.edit7,'string');

s.analise_cpa.n_msg_ais_60s=str2double(g
et(handles.edit15,'string'));

s.analise_cpa.cpa=str2double(get(handles
.edit12,'string'));

s.analise_cpa.tempo=str2double(get(handl
es.edit13,'string'));

s.analise_cpa.n_msg_ais_lidas=str2double
(get(handles.edit14,'string'));

setappdata(handles.pushbutton1,'s',s);

esparguete=zeros(d_fim-
d_ini+1,str2double(s.n_tiras));
esparguete_s=zeros(d_fim-
d_ini+1,str2double(s.n_tiras));
C_entrada=cell(d_fim-
d_ini+1,str2double(s.n_tiras));
C_saida=cell(d_fim-
d_ini+1,str2double(s.n_tiras));
big_L=[];
load mmsit
kk=0;

```



```

for d=d_ini:1:d_fim
    kk=kk+1;
    dia=day(d);
    if dia<10
        t=[num2str(0)
num2str(dia)];
    else
        t=num2str(dia);
    end
    [mes mes1]=month(d);
    ano=year(d);
    if
        get(handles.checkbox2,'value')
            ficheiro=['F' t mes1
num2str(ano) '.mat'];
            str=[ dir_dados '\ '
num2str(ano) '\ ' num2str(mes) '\F\ '
ficheiro]
        elseif
            get(handles.checkbox3,'value')
                ficheiro=['F_PT' t mes1
num2str(ano) '.mat'];
                str=[ dir_dados '\ '
num2str(ano) '\ ' num2str(mes) '\F_PT\ '
ficheiro]
            else str=[];
        end

%waitbar(k/total,h,sprintf('%s',['A
pesquisar no ficheiro ' ficheiro]))
%-----
-----
        if
            exist(str,'file')%verificar se o
            ficheiro existe
                clear footprint_aom
                footprint_n_aom footprint_n_aom...
                footprint_czmc
                footprint_czmn footprint_czms
                footprint_mtc...
                footprint_srr_lx
                footprint_srr_st footprint_zeea...
                footprint_zeem
                footprint_zeec
                flag=0;
                try
                    pause(0.01)

%waitbar(k/total,h,sprintf('%s',['A
pesquisar no ficheiro ' ficheiro]))
                    load(str)%carrega
                    footprint das areas de interesse
                    flag=1;
                catch
                end

                if ~isempty(s) &&
flag==1

                    %POLIGONO B para
                    construir distribuição tráfego nas tiras
                    %no poligono A

                    lat=s.poligonoB{1,5};

                    lon=s.poligonoB{1,6};
                    if isempty(lat) ||
                    isempty(lon)

                        lat=s.poligonoB{1,3};

                        lon=s.poligonoB{1,4};
                        end

                    pB=footprint_aom(inpolygon(footprint_aom
(:,3),footprint_aom(:,4),lat,lon),:));

                    pB1=footprint_n_aom(inpolygon(footprint_
n_aom(:,3),footprint_n_aom(:,4),lat,lon)
,:));

                    %pB=[pB(:,1:4);pB1(:,1:4)];[n
                    m]=size(pB);pB(:,5)=-1*ones(n,1);
                    pB=[pB;pB1];[n
                    m]=size(pB);pB(:,8)=-1*ones(n,1);

                    LB=unique(pB(:,1));%lista de mmsi
                    distintos no poligono B

                    for
                    k=1:str2double(s.n_tiras)

                        lat=s.tirasA{k,1};

                        lon=s.tirasA{k,2};

                        pt=footprint_aom(inpolygon(footprint_aom
(:,3),footprint_aom(:,4),lat,lon),:));

                        pt1=footprint_n_aom(inpolygon(footprint_
n_aom(:,3),footprint_n_aom(:,4),lat,lon)
,:));

                        %pt=[pt(:,1:4);pt1(:,1:4)];[n
                        m]=size(pt);pt(:,5)=2*ones(n,1);
                        pt=[pt;pt1];[n
                        m]=size(pt);pt(:,8)=2*ones(n,1);
                        %#ok<NASGU>

                        %aplicar filtro

                        do rumo

                            if
                                get(handles.checkbox7,'value')==1
                                    %Retirar
                                    rumo e variação introduzidas pelo
                                    utilizador

                                    rumo=str2double(get(handles.edit4,'strin
g'));

                                    var=str2double(get(handles.edit11,'strin
g'));

                                    %Conversor rumo (geográfico para
                                    trigonométrico)

                                    rumo=450-ru
mo;

                                    if
                                        rumo>=360

                                            rumo=rumo-360;

                                            end
                                            %Início

                                            da filtragem

                                            if rumo-
var<0

                                                filtro_rumo=find((360+rumo-var<=pt(:,7)
& ...

                                                pt(:,7)<=360) | (rumo<=pt(:,7) & ...

                                                pt(:,7)<=rumo+var) | pt(:,7)==0);

                                                else
                                                    rumo+var>360

                                                        filtro_rumo=find((rumo<=pt(:,7) & ...

                                                        pt(:,7)<=360) | (0<=pt(:,7) & ...

```



```

pt(:,7)<=rumo+var-360)|pt(:,7)==0);
    else
filtro_rumo=find(pt(:,7)>=(rumo-var) &
pt(:,7)<=rumo+var);
    end

%Verificação da existência de dados que
verifiquem filtro de rumo. Se não
existirem, matriz de dados mantém-se.
    if
isempty(filtro_rumo)==0
pt=pt(filtro_rumo,:);
    end
    else
    end

Lpt=unique(pt(:,1));%lista de mmsi
distintos na tira i em A

    if ~isempty(Lpt)

L=unique([LB; Lpt]);

    [n1
m]=size(L);

S=zeros(n1,1);

    for i=1:n1
idx1=

    idx2=
pB(:,1)==L(i,1);

pt(:,1)==L(i,1);

P=[pB(idx1,:) ; pt(idx2,:)];

P=sortrows(P,2);

    [n
m]=size(P);v=ones(n-1,1);

    for
j=1:n-1

v(j)=P(j,8)^3+P(j+1,8);%função x^3+y
onde x é o poligono B e y é a tira em A
    end

S(i)=S(i)+numel(find(v==1));

    if
S(i)>0%houve pelos menos uma entrada

m=find(mmsit(:,1)==L(i,1));

    if
~isempty(m)

M=mmsit(m(1),:);

for u=1:S(i)

C_entrada{kk,k}=[C_entrada{kk,k}; M];

big_L=[big_L ; M];

end

    end
    end
    end

esparquete(kk,k)=sum(S);

    else

    end

    end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
OUTRO POLIGONO

    %POLIGONO A para
construir distribuição tráfego nas tiras
    %no poligono B

lat=s.poligonoA{1,5};

lon=s.poligonoA{1,6};

    if isempty(lat) ||
isempty(lon)

lat=s.poligonoA{1,3};

lon=s.poligonoA{1,4};

    end

pA=footprint_aom(inpolygon(footprint_aom
(:,3),footprint_aom(:,4),lat,lon),:);

pA1=footprint_n_aom(inpolygon(footprint_
n_aom(:,3),footprint_n_aom(:,4),lat,lon)
,:);

pA=[pA(:,1:4);pA1(:,1:4)];[n
m]=size(pA);pA(:,5)=-1*ones(n,1);
    pA=[pA;pA1];[n
m]=size(pA);pA(:,8)=-1*ones(n,1);

LA=unique(pA(:,1));%lista de mmsi
distintos no poligono B

    for
k=1:str2double(s.n_tiras)

lat=s.tirasB{k,1};

lon=s.tirasB{k,2};

pt=footprint_aom(inpolygon(footprint_aom
(:,3),footprint_aom(:,4),lat,lon),:);

pt1=footprint_n_aom(inpolygon(footprint_
n_aom(:,3),footprint_n_aom(:,4),lat,lon)
,:);

%pt=[pt(:,1:4);pt1(:,1:4)];[n
m]=size(pt);pt(:,5)=2*ones(n,1);

    pt=[pt;pt1];[n
m]=size(pt);pt(:,8)=2*ones(n,1);
%#ok<NASGU>

    %aplicar filtro
do rumo

    if
get(handles.checkbox7,'value')==1

    %Retirar
rumo e variação introduzidas pelo
utilizador

rumo=str2double(get(handles.edit4,'strin
g'));

var=str2double(get(handles.edit11,'strin
g'));

%Conversor rumo (geográfico para
trigonométrico)

rumo=rumo+180;

rumo=450-rumo;

```

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



```

rumo>=360                                if                                if
rumo=rumo-360;
end
%Inicio
da filtragem
if rumo-
var<0
filtro_rumo=find((360+rumo-var<=pt(:,7)
& ...
pt(:,7)<=360) | (rumo<=pt(:,7) & ...
pt(:,7)<=rumo+var) | pt(:,7)==0);
elseif
rumo+var>360
filtro_rumo=find((rumo<=pt(:,7) & ...
pt(:,7)<=360) | (0<=pt(:,7) & ...
pt(:,7)<=rumo+var-360) | pt(:,7)==0);
else
filtro_rumo=find(pt(:,7)>=(rumo-var) &
pt(:,7)<=rumo+var);
end

%Verificação da existência de dados que
verifiquem filtro de rumo. Se não
existirem, matriz de dados mantém-se.
if
isempty(filtro_rumo)==0
pt=pt(filtro_rumo,:);
end
else
end

Lpt=unique(pt(:,1));%lista de mmsi
distintos na tira i em A
if ~isempty(Lpt)

L=unique([LA; Lpt]);
[n1
m]=size(L);
S=zeros(n1,1);
for i=1:n1
idx1=
idx2=
pA(:,1)==L(i,1);
pt(:,1)==L(i,1);
P=[pA(idx1,:) ; pt(idx2,:)];
P=sortrows(P,2);
[n
m]=size(P);v=ones(n-1,1);
for
j=1:n-1
v(j)=P(j,8)^3+P(j+1,8);%função x^3+y
onde x é o poligono A e y é a tira em B
end

S(i)=S(i)+numel(find(v==1));
if
S(i)>0%houve pelos menos uma saida
m=find(mmsit(:,1)==L(i,1));

```

```

~isempty(m)
M=mmsit(m(1),:);
for u=1:S(i)
C_saida{kk,k}=[C_saida{kk,k}; M];
big_L=[big_L ; M];
end
end
end
esparguete_s(kk,k)=sum(S);
else
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FIM
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% ANÁLISE
DO CPA %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if
get(handles.checkbox8,'value')
lat=s.poligono(1,5);
lon=s.poligono(1,6);
if isempty(lat)
|| isempty(lon)
lat=s.poligono(1,3);
lon=s.poligono(1,4);
end
posicoes=footprint_aom(inpolygon(footpri
nt_aom(:,3),footprint_aom(:,4),lat,lon),
:);
posicoes1=footprint_n_aom(inpolygon(foot
print_n_aom(:,3),footprint_n_aom(:,4),la
t,lon),:);
posicoes=[posicoes;posicoes1];%[n
m]=size(posicoes);
CPA=str2double(get(handles.edit12,'strin
g'))/2000;%CPA em milhas náuticas
pacote=str2double(get(handles.edit14,'st
ring'));
L_cpa{kk,1}=dinamicos_cpa(posicoes,CPA,p
acote);
else
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% FIM CPA
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
else
end
else
end
[n m]=size(C_entrada);
HE=zeros(m,1);
for k=1:m

```



```

        for i=1:n
            if
~isempty(C_entrada{i,k})
                [n1
lixo]=size(C_entrada{i,k});
                HE(k)=HE(k)+n1;
            else
                end
            end
        end

        [n m]=size(C_saida);
        HS=zeros(m,1);
        for k=1:m
            for i=1:n
                if
~isempty(C_saida{i,k})
                    [n1
lixo]=size(C_saida{i,k});
                    HS(k)=HS(k)+n1;
                else
                    end
                end
            end
        end
        [PE
PS]=fcn_iwrap_hist(s,HE,HS,handles);
        save esparguete esparguete
esparguete_s s S C_entrada C_saida HE HS
PE PS big_L
[TT
T]=fcn_calc_tabela_IWRAP_anual2(big_L(:,
[1,2,4]));

dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
on1,'dir_trabalho');
        dir1=[dir_trabalho '\IWRAP\D\'];
        if ~exist(dir1,'dir')
            mkdir(dir1);
        else
            end
        desig_navios{1,1}='Fast Ferry';
        desig_navios{2,1}='Fishing
Ship';
        desig_navios{3,1}='Support
Ship';
        desig_navios{4,1}='Pleasure
Ship';
        desig_navios{5,1}='Other Ship';
        desig_navios{6,1}='Passenger
Ship';
        desig_navios{7,1}='General Cargo
Ship';
        desig_navios{8,1}='Oil Tanker';
        desig_navios{8,1}='Oil Tanker';
        desig_navios{9,1}='Unknown';
        ficheiro=['IWRAP_
get(handles.edit1,'string')];
        dir2=[dir_trabalho '\IWRAP\D\
ficheiro '.mat'];
        if ~exist(dir2,'file')

d.esparguete=esparguete;d.esparguete_s=e
sparguete_s;

d.C_entrada=C_entrada;d.C_saida=C_saida;

d.HE=HE;d.HS=HS;d.PE=PE;d.PS=PS;d.big_L=
big_L;

        d.lista_cpa=L_cpa;

s=getappdata(handles.pushbutton1,'s');
        t.nome=ficheiro;
        t.s=s;
        t.dados.(['a'
num2str(ano)])=d;

```

```

        t.dados.(['a'
num2str(ano)])=d;
        t.ultima_modificacao=now;
        t.historico_mod=now;
        T1=cell(19,9);
        T1{1,1}='Comprimento/Tipo de
Navio';

        T1(1,2:9)=desig_navios(1:8)';
        T1{2,1}='[ 0 - 25 ]';
        for i=3:18
            T1{i,1}=['[ '
num2str(25*(i-2)) ' - ' num2str(25*(i-
1)) ' ]'];
        end
        T1{19,1}='[ >425]';

        T1(2:19,2:9)=num2cell(T(:,1:end-1));
        t.dados.(['a'
num2str(ano)]) .tabela_iwrap_xls=T1;

        save([dir1 ficheiro],'t')
    else
        %try

d.esparguete=esparguete;d.esparguete_s=e
sparguete_s;

d.C_entrada=C_entrada;d.C_saida=C_saida;

d.HE=HE;d.HS=HS;d.PE=PE;d.PS=PS;d.big_L=
big_L;

        d.lista_cpa=L_cpa;
        load([dir1 ficheiro])
        t.nome=ficheiro;
        t.dados.(['a'
num2str(ano)])=d;
        t.dados.(['a'
num2str(ano)])=d;
        t.ultima_modificacao=now;

        t.historico_mod=[t.historico_mod;now];
        T1=cell(19,9);
        T1{1,1}='Comprimento/Tipo de
Navio';

        T1(1,2:9)=desig_navios(1:8)';
        T1{2,1}='[ 0 - 25 ]';
        for i=3:18
            T1{i,1}=['[ '
num2str(25*(i-2)) ' - ' num2str(25*(i-
1)) ' ]'];
        end
        T1{19,1}='[ >425]';

        T1(2:19,2:9)=num2cell(T(:,1:end-1));
        t.dados.(['a'
num2str(ano)]) .tabela_iwrap_xls=T1;
        save([dir1 ficheiro],'t')

        %catch

        %end
    end

    else
    end
end

% -----
function
uitoggletool5_ClickedCallback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to uitoggletool5
(see GCBO)

```



```
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
if
strcmp(get(handles.uitoggetool5,'state')
,'off')

else
    %DESENHAR O POLÍGONO

    dir_dados=getappdata(handles.pushbutton1
    ,'dir_dados');

    dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
    on1,'dir_trabalho');
    cd([dir_trabalho '\poligonos\xls\'])
    filename=[];
    poligono=[];
    try
        [filename pathname]=
    uigetfile({'*.xls'; '*.xlsx'}, 'Directoria
    para a pasta de poligonos em XLS');
    catch
        cd(dir_trabalho)
    end
    cd(dir_trabalho)
    if isnumeric(filename) &&
    filename==0

        else
            flag=0;
            try

[numeric,txt,row]=xlsread([pathname
filename], 'POLIGONO');
            catch
                flag=1;
            end

            if flag==1 %Se não existe a sheet
POLIGONO
                h = msgbox({'O ficheiro não
contém informação válida!'; 'Não existe a
sheet POLIGONO no
ficheiro!'}, 'ATENÇÃO!!!');
            else
                try
                    % Leitura do polígono
que está na sheet "POLIGONO"
                    [n c]=size(row);
                    for i=1:n
                        if
                            strcmp(row{i,1}, 'END')
                                k=i;
                            end
                        end
                    end

                    latitude=cell2mat(row(4:k-1,1));
                    longitude=cell2mat(row(4:k-1,2));
                    %criação do cellarray
                    poligono
                        poligono{1,1}=row{1,2};
                        poligono{1,2}=row{2,2};
                        poligono{1,3}=latitude;
                        poligono{1,4}=longitude;
                        poligono{1,5}=[];
                        poligono{1,6}=[];

setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
','poligono)

                                %DESNEHO DO POLIGONO

                                idx=findobj('tag','rect');
                                if ~isempty(idx)
                                    delete(idx)
                                end
                                idx=findobj('tag','pt');
                                if ~isempty(idx)
                                    delete(idx)
                                end

                                try

                                poligono=getappdata(handles.pushbutton1,
                                'poligono');
                                    if isempty(poligono)

                                        else

                                            lat=poligono{1,5};

                                            lon=poligono{1,6};

                                                if isempty(lat)
                                                    || isempty(lon)

                                                    lat=poligono{1,3};

                                                    lon=poligono{1,4};

                                                        end

                                                    latmean=mean(lat(1:end-
                                                    1)); lonmean=mean(lon(1:end-1));

                                                    h=plotm(lat,lon,35,'r--
                                                    ','Linewidth',1.5); set(h,'tag','rect');

                                                    h1=plotm(latmean,lonmean,'+k'); set(h1,'t
                                                    ag','pt');

                                                        p_xls=[pathname
                                                        filename]; % nome do ficheiro

                                                    setappdata(handles.pushbutton1,'p_xls',p
                                                    _xls)

                                                        end

                                                        catch

                                                        end

                                                        posicoes=[];
                                                    setappdata(handles.pushbutton1,'posicoes
                                                    ','posicoes)

                                                    idx=findobj('tag','rmp');
                                                    if ~isempty(idx)
                                                        delete(idx)
                                                    end

                                                    idx=findobj('tag','pos');
                                                    if ~isempty(idx)
                                                        delete(idx)
                                                    end

                                                    catch
                                                        h = msgbox('O ficheiro
                                                        não contém informação
                                                        válida!','ATENÇÃO!!!');
                                                        waitfor(h)

end
```

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



```

end
end
end

if ~isempty(poligono)
    prompt={'Insira o ano onde
pretende efetuar a pesquisa:'};
    dlg_title='PERÍODO TEMPORAL';
    num_lines=1;
    defAns={'2014'};
    options.Resize='on';
    options.WindowStyle='normal';
    options.Interpreter='tex';
    answer =
inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,defA
ns,options);

    if ~isempty(answer)

        ano=answer(1);

        if
get(handles.checkbox2,'value')
            opcao=1;
        elseif
get(handles.checkbox3,'value')
            opcao=2;
        end

        [LM LT LS LA] =
fcns_ais_mensal(poligono,ano{1},opcao,ha
ndles);

        %[LM LT LS LA] =
fcns_ais_mensal(poligono,ano{1},opcao,han
dles)

        if exist('mmsit.mat','file')
            load mmsit
            for i=1:12
                if ~isempty(LM{i,1})
                    [n
~]=size(LM{i,1});

LM{i,1}(:,2)=zeros(n, 1);
                    for j=1:n

m=LM{i,1}(j,1);
                        idx=
find(mmsit(:,1)==m);
                        if
~isempty(idx)
                            idx;

LM{i,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);
LM{i,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                        else
                            end
                        end
                    end
                end
            end

            for i=1:4
                if ~isempty(LT{i,1})
                    [n
~]=size(LT{i,1});
                    LT{i,1}(:,2)=zeros(n, 1);
                    for j=1:n

m=LT{i,1}(j,1);
                        idx=
find(mmsit(:,1)==m);
                        if
~isempty(idx)
                            idx;

LT{i,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);
LT{i,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                        else
                            end
                        end
                    end
                end
            end

            save teste_LM LM LT LS LA
poligono

dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
on1,'dir_trabalho');
            dir1=[dir_trabalho
'\indicadores\areas\'];
            if ~exist(dir1, 'dir')
                mkdir(dir1);
            else
                end
            end

[IM]=fcns_calc_mensal_indicadores(LM,ano{
1})

[IT]=fcns_calc_trimestral_indicadores(LT,
ano{1})

```

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



```
[IS]=fcn_calc_semestral_indicadores(LS,a
no{1})

[IA]=fcn_calc_anual_indicadores(LA,ano{1
})

    desig_navios{1,1}='Fast
Ferry';
    desig_navios{2,1}='Fishing
Ship';
    desig_navios{3,1}='Support
Ship';
    desig_navios{4,1}='Pleasure
Ship';
    desig_navios{5,1}='Other
Ship';
    desig_navios{6,1}='Passenger
Ship';
    desig_navios{7,1}='General
Cargo Ship';
    desig_navios{8,1}='Oil
Tanker';
    desig_navios{8,1}='Oil
Tanker';
    desig_navios{9,1}='Unknown';

    ficheiro=['FD_'
poligono{1,2}];
    dir2=[dir_trabalho
'\indicadores\areas\' ficheiro '.mat'];
    if ~exist(dir2, 'file')
        [TT
T]=fcn_calc_tabela_IWRAP_anual(LA,ano{1}
);

s.LM=LM;s.LT=LT;s.LS=LS;s.LA=LA;

s.IM=IM;s.IT=IT;s.IS=IS;s.IA=IA;
    t.nome=ficheiro;
    t.poligono=poligono;

t.dados.desig_navios=desig_navios;
    t.dados.(['a'
ano{1}])=s;

t.ultima_modificacao=now;
    t.historico_mod=now;
    t.dados.(['a'
ano{1}]).tabela_iwrap=T;
    T1=cell(19,9);

T1{1,1}='Comprimento/Tipo de Navio';

T1(1,2:9)=t.dados.desig_navios(1:8)';
    T1{2,1}=[' 0 - 25
'];
    for i=3:18
        T1{i,1}=['[ '
num2str(25*(i-2)) ' - ' num2str(25*(i-
1)) ' ]'];
    end
    T1{19,1}=[' >425'];

T1(2:19,2:9)=num2cell(T(:,1:end-1));
    t.dados.(['a'
ano{1}]).tabela_iwrap_xls=T1;
    save([dir1
ficheiro], 'poligono', 'desig_navios', 't')

    %catch

    %end
end

    str =
{'Mensal'; 'Trimestral'; 'Semestral'; 'Anua
l'}

    [s,v] =
listdlg('PromptString', 'Select a
file:', ...

'SelectionMode', 'single', ...
'ListString', str)

    if ~isempty(s)

        if s==1
            str = {'Todos os
meses'; 'Janeiro'; 'Semestral'; 'Anual'}
            [s,v] =
listdlg('PromptString', 'Select a
file:', ...

'SelectionMode', 'single', ...
'ListString', str)

            if s==1
                figure

bar(IM(:,3:11), 'stacked')

legend(desig_navios)

                title(ano{1})
            elseif s==2
                figure
```



```

h=bar (IM(1,3:11))

set(gca,'xticklabel',desig_navios')
    end

        elseif s==2
            figure

bar (IT(:,3:11),'stacked')

legend(desig_navios)

        elseif s==3
            figure

bar (IS(:,3:11),'stacked')
            legend(desig_navios)

        elseif s==3
            figure

bar (IA(:,3:11),'stacked')
            legend(desig_navios)

            else
            end
        else
        end

        else

            end

            end%~isempty(answer)
end%if get(handles.uitoggletool5)

function desenhara_area_analise(handles)

lat=getappdata(handles.pushbutton1,'lat')
);
lon=getappdata(handles.pushbutton1,'lon')
);

if ~isempty(lat)
    idx=findobj('tag','rect');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rect1');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rmp');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','pos');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rect2');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','pt');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
end

latmean = lat;
lonmean = lon;

h1=plotm(latmean,lonmean,20,'+k');set(h1
,'tag','rect');
    [ lat_str lon_str
]=str_deg(latmean,lonmean);

h=textm(latmean,lonmean,20,{lat_str;lon_
str}, 'FontSize',8);set(h,'tag','rect');
    set(handles.edit2,'string',lat_str)
    set(handles.edit3,'string',lon_str)

l=str2double(get(handles.edit6,'string')
)

c=str2double(get(handles.edit5,'string')
)

az=str2double(get(handles.edit4,'string'
))

    [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+9
0);

    [x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
);

    [x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(1/2000),az
-90);

    [x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/2000),az
-180);

    [x(5)
y(5)]=reckon(x(4),y(4),nm2deg(1/2000),az
+90);

    x(6)=x(2); y(6)=y(2);

    h1=plotm(x(2:end),y(2:end),20,'-
.r');set(h1,'tag','rect');
    poligono=cell(1,6);

poligono{1,1}=get(handles.edit1,'string'
);

poligono{1,2}=get(handles.edit7,'string'
);

    poligono{1,3}=x(2:end)';
    poligono{1,4}=y(2:end)';

    %cálculo do polígono A
    [xa(1)
ya(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+
90);

    [xa(2)
ya(2)]=reckon(xa(1),ya(1),nm2deg(c/4000)
,az);

    [xa(3)
ya(3)]=reckon(xa(2),ya(2),nm2deg(1/2000)
,az-90);

    [xa(4)
ya(4)]=reckon(xa(3),ya(3),nm2deg(c/4000)
,az-180);

    xa(5)=xa(1); ya(5)=ya(1);
    poligonoA=cell(1,6);

poligonoA{1,1}=get(handles.edit1,'string'
);

poligonoA{1,2}=get(handles.edit7,'string'
);

    poligonoA{1,3}=xa;
    poligonoA{1,4}=ya;
    h1=plotm(xa,ya,20,'-
.g');set(h1,'tag','rect');
    %cálculo do polígono B

```



```

        [xb(1)
yb(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(l/4000),az+
90);
        [xb(2)
yb(2)]=reckon(xb(1),yb(1),nm2deg(c/4000)
,az-180);
        [xb(3)
yb(3)]=reckon(xb(2),yb(2),nm2deg(l/2000)
,az-90);
        [xb(4)
yb(4)]=reckon(xb(3),yb(3),nm2deg(c/4000)
,az);
        xb(5)=xb(1); yb(5)=yb(1);
        poligonoB=cell(1,6);

poligonoB{1,1}=get(handles.edit1,'string
');

poligonoB{1,2}=get(handles.edit7,'string
');
        poligonoB{1,3}=xb;
        poligonoB{1,4}=yb;
        h1=plotm(xb,yb,20,'-
.b');set(h1,'tag','rect');

nt=str2double(get(handles.edit9,'string'
));

ej=str2double(get(handles.edit8,'string'
));
        for i=1:nt
            de=(l/4000)-(ej/2000)*(i-1);
            x=zeros(5,1);
            y=zeros(5,1);
            [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);
            [x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
);
            [x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
            [x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
-180);
            x(5)=x(1); y(5)=y(1);
            tirasA{i,1}=x;
            tirasA{i,2}=y;
            if
get(handles.checkbox1,'value')
                h1=plotm(x,y,20,'-
.k');set(h1,'tag','rect1');
            end
            x=zeros(5,1);
            y=zeros(5,1);
            [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);
            [x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
+180);
            [x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
            [x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
);
            x(5)=x(1); y(5)=y(1);
            tirasB{i,1}=x;
            tirasB{i,2}=y;
            if
get(handles.checkbox1,'value')
                h1=plotm(x,y,20,'-
.b');set(h1,'tag','rect1');
            end

```

```

        end

setappdata(handles.pushbutton1,'tirasB',
tirasB)

setappdata(handles.pushbutton1,'tirasA',
tirasA)

setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
A',poligonoA)

setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
B',poligonoB)

setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
',poligono)
else
end

% --- Executes on button press in
checkbox4.
function checkbox4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox4 (see
 GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox4

% --- Executes on button press in
pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see
 GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
az=round(str2double(get(handles.edit4,'s
tring')));
az=az+1;
if az>359
    az=0;
else
end
set(handles.edit4,'string',num2str(az))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenhara_area_analise(handles)
else
end

% --- Executes on button press in
pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton5 (see
 GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
az=round(str2double(get(handles.edit4,'s
tring')));
az=az-1;
if az<0
    az=359;
else
end

```

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



```

set(handles.edit4,'string',num2str(az))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
end

% --- Executes on button press in
pushbutton6.
function pushbutton6_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton6 (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
c=round(str2double(get(handles.edit5,'st
ring')));
c=c-10;
if c<0
    c=10;
else
end
set(handles.edit5,'string',num2str(c))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
end

% --- Executes on button press in
pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton7 (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
c=round(str2double(get(handles.edit5,'st
ring')));
c=c+10;
set(handles.edit5,'string',num2str(c))
if get(handles.checkbox4,'value')
    desenharea_analise(handles)
else
end

% -----
function
uitoggletool6_ClickedCallback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to uitoggletool6
(see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
if
strcmp(get(handles.uitoggletool6,'state'
),'off')

else

dir_dados=getappdata(handles.pushbutton1
,'dir_dados');

dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
on1,'dir_trabalho');

idx=findobj('tag','rect');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pt');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

poligono=getappdata(handles.pushbutton1,
'poligono')
posicoes=[];
setappdata(handles.pushbutton1,'posicoes
',posicoes)
idx=findobj('tag','rmp');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

idx=findobj('tag','pos');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

if ~isempty(poligono)
    prompt={'Insira o ano onde
pretende efetuar a pesquisa:'};
    dlg_title='PERÍODO TEMPORAL';
    num_lines=1;
    defAns={'2014'};
    options.Resize='on';
    options.WindowStyle='normal';
    options.Interpreter='tex';
    answer =
inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,defA
ns,options);

    if ~isempty(answer)

        ano=answer(1)
        if
get(handles.checkbox2,'value')
            opcao=1;
        elseif
get(handles.checkbox3,'value')
            opcao=2;
        end
        'ola'
        [LM LT LS LA] =
fcnsais_mensall(poligono,ano{1},opcao,ha
ndles);
        if exist('mmsit.mat','file')
            load mmsit
            for i=1:12
                if ~isempty(LM{i,1})
                    [n
~]=size(LM{i,1});

                    LM{i,1}(:,2)=zeros(n, 1);

                    for j=1:n

                        m=LM{i,1}(j,1);

                        idx=
find(mmsit(:,1)==m);

```

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



```

                                if                                end
~isempty(idx)                                end
                                idx;

LM{i,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);
                                end
                                save teste_LM LM LT LS LA
LM{i,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                                poligono
                                dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
                                on1,'dir_trabalho');
                                dir1=[dir_trabalho
                                '\indicadores\areas\'];
                                if ~exist(dir1, 'dir')
                                    mkdir(dir1);
                                else
                                    end

[IM]=fcn_calc_mensal_indicadores(LM,ano{
1});

[IT]=fcn_calc_trimestral_indicadores(LT,
ano{1});

[IS]=fcn_calc_semestral_indicadores(LS,a
no{1});

[IA]=fcn_calc_anual_indicadores(LA,ano{1
});

                                desig_navios{1,1}='Fast
                                Ferry';
                                desig_navios{2,1}='Fishing
                                Ship';
                                desig_navios{3,1}='Support
                                Ship';
                                desig_navios{4,1}='Pleasure
                                Ship';
                                desig_navios{5,1}='Other
                                Ship';
                                desig_navios{6,1}='Passenger
                                Ship';
                                desig_navios{7,1}='General
                                Cargo Ship';
                                desig_navios{8,1}='Oil
                                Tanker';
                                desig_navios{8,1}='Oil
                                Tanker';
                                desig_navios{9,1}='Unknown';

                                ficheiro=['FD_'
                                poligono{1,2}];
                                dir2=[dir_trabalho
                                '\indicadores\areas\' ficheiro '.mat'];
                                if ~exist(dir2, 'file')
                                    [TT
                                T]=fcn_calc_tabela_IWRAP_anual(LA,ano{1}
                                );

                                s.LM=LM;s.LT=LT;s.LS=LS;s.LA=LA;

                                s.IM=IM;s.IT=IT;s.IS=IS;s.IA=IA;
                                t.nome=ficheiro;
                                t.poligono=poligono;

                                t.dados.desig_navios=desig_navios;
                                t.dados.(['a'
                                ano{1}])=s;

                                t.ultima_modificacao=now;
                                t.historico_mod=now;
                                t.dados.(['a'
                                ano{1}]).tabela_iwrap=T;
                                T1=cell(19,9);

                                T1{1,1}='Comprimento/Tipo de Navio';
                                T1(1,2:9)=t.dados.desig_navios(1:8)';

```

```

                                if
~isempty(idx)
                                idx;

LM{i,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);

LM{i,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                                else
                                end
                                end
                                end
                                end

                                for i=1:4
                                    if ~isempty(LT{i,1})
                                        [n
~]=size(LT{i,1});

LT{i,1}(:,2)=zeros(n, 1);
                                for j=1:n

m=LT{i,1}(j,1);
                                idx=
find(mmsit(:,1)==m);
                                if
~isempty(idx)
                                idx;

LT{i,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);
LT{i,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                                else
                                end
                                end
                                end
                                end

                                for i=1:2
                                    if ~isempty(LS{i,1})
                                        [n
~]=size(LS{i,1});

LS{i,1}(:,2)=zeros(n, 1);
                                for j=1:n

m=LS{i,1}(j,1);
                                idx=
find(mmsit(:,1)==m);
                                if
~isempty(idx)
                                idx;

LS{i,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);
LS{i,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                                else
                                end
                                end
                                end
                                end

                                [n ~]=size(LA{1,1})
                                LA{1,1}(:,2:3)=zeros(n,
2);

                                for j=1:n
                                    m=LA{1,1}(j,1);
                                    idx=
find(mmsit(:,1)==m);
                                    if ~isempty(idx)
                                        idx;

LA{1,1}(j,2)=mmsit(idx(1),2);
LA{1,1}(j,3)=mmsit(idx(1),4);
                                else

```



```

T1{2,1}=[ 0 - 25 ];
for i=3:18
    T1{i,1}=[ '
num2str(25*(i-2)) ' - ' num2str(25*(i-
1)) ' ]'];
end
T1{19,1}=[ ' >425'];

T1(2:19,2:9)=num2cell(T(:,1:end-1));
t.dados.(['a'
ano{1}]).tabela_iwrap_xls=T1;
save([dir1
ficheiro], 'poligono', 'desig_navios', 't')
else
    %try
    [TT
T]=fcn_calc_tabela_IWRAP_anual(LA, ano{1}
);

s.LM=LM; s.LT=LT; s.LS=LS; s.LA=LA;

s.IM=IM; s.IT=IT; s.IS=IS; s.IA=IA;
load([dir1
ficheiro])

t.nome=ficheiro;
t.poligono=poligono;

t.dados.desig_navios=desig_navios;
t.dados.(['a'
ano{1}])=s;

t.ultima_modificacao=now;

t.historico_mod=[t.historico_mod; now];
t.dados.(['a'
ano{1}]).tabela_iwrap=T;
T1=cell(19,9);

T1{1,1}='Comprimento/Tipo de Navio';

T1(1,2:9)=t.dados.desig_navios(1:8);
T1{2,1}=[ 0 - 25
];
for i=3:18
    T1{i,1}=[ '
num2str(25*(i-2)) ' - ' num2str(25*(i-
1)) ' ]'];
end
T1{19,1}=[ ' >425'];

T1(2:19,2:9)=num2cell(T(:,1:end-1));
t.dados.(['a'
ano{1}]).tabela_iwrap_xls=T1;
save([dir1
ficheiro], 'poligono', 'desig_navios', 't')

%catch

%end

end

str =
{'Mensal'; 'Trimestral'; 'Semestral'; 'Anua
l'};
[s,v] =
listdlg('PromptString', 'Select a
file:', ...

'SelectionMode', 'single', ...
'ListString', str);

if ~isempty(s)

```

```

if s==1
    str = {'Todos os
meses'; 'Janeiro'; 'Semestral'; 'Anual'};
[s,v] =
listdlg('PromptString', 'Select a
file:', ...

'SelectionMode', 'single', ...
'ListString', str);
if s==1
    figure

bar(IM(:,3:11), 'stacked')

legend(desig_navios)

title(ano{1})
elseif s==2
    figure

h=bar(IM(1,3:11));

set(gca, 'xticklabel', desig_navios)
end

elseif s==2
    figure

bar(IT(:,3:11), 'stacked')

legend(desig_navios)

elseif s==3
    figure

bar(IS(:,3:11), 'stacked')
legend(desig_navios)

elseif s==3
    figure

bar(IA(:,3:11), 'stacked')
legend(desig_navios)

else
end
else
end
end

end%~isempty(answer)
end%~isempty(poligono)
end%if get(handles.uitoggletool4)

% -----
function
uipushtool2_ClickedCallback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to uipushtool2 (see
GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

dir_trabalho=getappdata(handles.pushbutt
on1, 'dir_trabalho');
if exist([dir_trabalho
'\IWRAP\D\'], 'dir')
cd([dir_trabalho '\IWRAP\D\']);

```



```

else
end
[filename, pathname] =
uigetfile('*.mat', 'Select a MATLAB -
IWRAP data file');
cd(dir_trabalho)
if isequal(filename,0)
    disp('User selected Cancel')
else
    disp(['User selected ',
fullfile(pathname, filename)])
    load([pathname filename])
    t;
    str=[];k=0;
    for
i=2010:1:str2double(datestr(now, 'yyyy'))
        if isfield(t.dados, ['a'
num2str(i)])
            k=k+1;
            str{k,1}=num2str(i);
        end
    end

    [s,v] =
listdlg('PromptString','Select a
file:',...
        'SelectionMode','single',...
        'ListString',str);

    if ~isempty(s)

ano=str(s);setappdata(handles.pushbutton
1,'ano',ano)
    else

    end

setappdata(handles.pushbutton1,'t',t);
idx=findobj('tag','rect');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect1');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rmp');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pos');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect2');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pt');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
set(gcf,'currentaxes',handles.axes1)
desenhar_area_analise2(handles,t)
[PE
PS]=fcn_iwrap_hist(t.s,t.dados.(['a'
ano]).HE,t.dados.(['a'
ano]).HS,handles);
    cnames = t.dados.(['a'
ano]).tabela_iwrap_xls(1,2:end);
    rnames = t.dados.(['a'
ano]).tabela_iwrap_xls(2:end,1);

set(handles.uitable1,'data',t.dados.(['a'
ano]).tabela_iwrap_xls(2:end,2:end),'Col
umnName',cnames,'RowName',rnames)

    y=[t.dados.(['a'
ano]).HE,t.dados.(['a' ano]).HS];
    if
get(handles radiobutton1,'value')==1
        y=[t.dados.(['a'
ano]).HE/sum(t.dados.(['a'
ano]).HE),t.dados.(['a'
ano]).HS/sum(t.dados.(['a' ano]).HS)];
    end
    set(gcf,'currentaxes',handles.axes2)
    e=str2double(t.s.esp_jardas);
    r=str2double(t.s.n_tiras);
    xtcklabel=round(linspace(-
(r*e)/2,(r*e)/2,r*2+1));
    xtck=1:1:numel(xtcklabel);
    y1=zeros(numel(xtcklabel),1);
    for j=1:numel(y(:,1))
        y1(2*(j),1)=y(j,1);
        y1(2*(j),2)=y(j,2);
    end

    y1(:,1)=flipud(y1(:,1));y1(:,2)=flipud(y
1(:,2));

    h=bar(y1,'group');set(h,'parent',handles
.axes2)

    set(handles.axes2,'xtick',xtck,'xtickla
bel',xtcklabel,'fontsize',8)
    xmin=min(xtck);xmax=max(xtck);
    xlim([xmin xmax])
    % [f,xi] = ksdensity(t.dados.(['a'
ano]).HE);
    %h=plot(xi,f,'-k');
    h1=legend({'Entradas','Saídas'});

    set(h(1),'FaceColor','b','barwidth',1)

    set(h(2),'FaceColor','g','barwidth',1)
    xlabel('Tiras');
    if
get(handles radiobutton1,'value')==1
        ylabel('Porcentagem de
passagens')
    else
        ylabel('Nº de passagens')
    end
    set(gcf,'currentaxes',handles.axes1)

    set(handles.edit1,'string',t.s.nome);

    set(handles.edit6,'string',t.s.largura);

    set(handles.edit5,'string',t.s.comprimen
to);

    set(handles.edit4,'string',t.s.azimute);

    set(handles.edit9,'string',t.s.n_tiras);

    set(handles.edit8,'string',t.s.esp_jarda
s);
    [ lat_str lon_str
]=str_deg2(t.s.lat,t.s.lon);
    set(handles.edit2,'string',lat_str );
    set(handles.edit3,'string',lon_str );

    set(handles.edit10,'string',t.s.goldrati
o);

```



```

set(handles.edit7,'string',t.s.sigla);
if isfield(t.s,'analise_cpa')

    if get(handles.checkbox8,'value')

malha_geo=str2double(get(handles.edit16,
'string'))/2000;

lat_max=max(t.s.poligono{1,3});

lat_min=min(t.s.poligono{1,3});

long_max=max(t.s.poligono{1,4});

long_min=min(t.s.poligono{1,4});
[n m]=size(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa);
footprint_dens=[];
%{
for i=1:n
    [n1
m1]=size(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1});
if ~isempty(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1}) && m1==8

footprint_dens=[footprint_dens;t.dados.
(['a' ano]).lista_cpa{i,1}(:,3)
t.dados.(['a' ano]).lista_cpa{i,1}(:,5)
]];

footprint_dens=[footprint_dens;t.dados.
(['a' ano]).lista_cpa{i,1}(:,4)
t.dados.(['a' ano]).lista_cpa{i,1}(:,6)
]];

        else
            end
        end
        %}
        for i=1:n
            [n1
m1]=size(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1});

            if ~isempty(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1}) && m1==8

p=calcular_cpa_2_navios(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1});

footprint_dens=[footprint_dens;p(:,3)
p(:,5) ]];

                else
                    end
                end
            end

plot_N=densidades(handles,footprint_dens
,malha_geo,lat_max,lat_min,long_max,long
_min);

        idx=findobj('tag','dens');
        if ~isempty(idx)
            delete(idx)
        end
        %{
        hold on
        [n m]=size(footprint_dens);
        for i=1:n
            h(i)=plotm(footprint_dens(i,1),footprint
_dens(i,2),110,'ro','tag','dens');
            end
            %}
        else

```

```

end

set(handles.edit15,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.n_msg_ais_60s));

set(handles.edit12,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.cpa));

set(handles.edit13,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.tempo));

set(handles.edit14,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.n_msg_ais_lidas));
else
end

end

% -----
% -----
function
uipushtool1_ClickedCallback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to uipushtool1 (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
idx=findobj('tag','rect');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','plot_N');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect1');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rmp');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pos');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect2');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pt');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

function
desenhar_area_analise2(handles,t)

lat=t.s.lat;
lon=t.s.lon;

if ~isempty(lat)
    idx=findobj('tag','rect');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rect1');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rmp');
    if ~isempty(idx)

```



```

        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','pos');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rect2');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','pt');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end

    latmean = lat;
    lonmean = lon;

h1=plotm(latmean,lonmean,20,'+k');set(h1,
'tag','rect');
    [ lat_str lon_str
]=str_deg(latmean,lonmean);

h=textm(latmean,lonmean,20,{lat_str;lon_
str}, 'FontSize',8);set(h,'tag','rect');
    set(handles.edit2,'string',lat_str)
    set(handles.edit3,'string',lon_str)
    l=str2double(t.s.largura);
    c=str2double(t.s.comprimento);
    az=str2double(t.s.azimute);
    x=t.s.poligono{1,3};
    y=t.s.poligono{1,4};
    h1=plotm(x(2:end),y(2:end),20,'-
.r');set(h1,'tag','rect');

    %cálculo do poligono A
    xa=t.s.poligonoA{1,3};
    ya=t.s.poligonoA{1,4};
    h1=plotm(xa,ya,20,'-
.g');set(h1,'tag','rect');
    %cálculo do poligono B

    xb=t.s.poligonoB{1,3};
    yb=t.s.poligonoB{1,4};
    h1=plotm(xb,yb,20,'-
.b');set(h1,'tag','rect');
    nt=str2double(t.s.n_tiras);
    ej=str2double(t.s.esp_jardas);
    for i=1:nt
        de=(1/4000)-(ej/2000)*(i-1);
        x=zeros(5,1);
        y=zeros(5,1);
        [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);
        [x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
);
        [x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
        [x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
-180);
        x(5)=x(1); y(5)=y(1);
        tirasA{i,1}=x;
        tirasA{i,2}=y;
        if
            get(handles.checkbox1,'value')
                h1=plotm(x,y,31,'-
.k');set(h1,'tag','rect1');
            end
            x=zeros(5,1);
            y=zeros(5,1);
            [x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);

        [x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
+180);
        [x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
        [x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
);
        x(5)=x(1); y(5)=y(1);
        tirasB{i,1}=x;
        tirasB{i,2}=y;
        if
            get(handles.checkbox1,'value')
                h1=plotm(x,y,31,'-
.b');set(h1,'tag','rect1');
            end
        else
            end

% --- Executes on button press in
pushbutton9.
function pushbutton9_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton9 (see
 GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

t=getappdata(handles.pushbutton1,'t');
dir_xls = uigetdir(pwd,'Directoria para
gravar tabela IWRAP em xls!');
try
    if isnumeric(dir_xls) && isempty(t)
        else

M=t.dados.a2014.tabela_iwrap_xls;
        nome_ficheiro=['TABELA_
datestr(now,30)];
        if ~isempty(M)
            xlswrite([dir_xls '\\'
nome_ficheiro '.xls'],M,'IWRAP');
        end
            winopen([dir_xls '\\'
nome_ficheiro '.xls'])
        end

catch
    s=lasterror;
    t1=errordlg(s.message,'Error');
    waitfor(t1)
end

% --- Executes on button press in
checkbox7.
function checkbox7_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox7 (see
 GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox7
if get(handles.checkbox7,'value')==1
    set(handles.edit11,'enable','on')

```



```
else
    set(handles.edit11,'enable','off')
end
```

```
function edit11_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit11 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit11 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit11_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
    get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
end
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
% --- Executes on button press in
checkbox8.
function checkbox8_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox8 (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox8
```

```
function edit12_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit12 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit12 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```

```
function edit12_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
    get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
end
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit13_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit13 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit13 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit13_CreateFcn(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit13 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
    get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
end
```

```
set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function edit14_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit14 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit14 as a double
```

```
% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
```



```
function edit14_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit14 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
)

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit15_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit15 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit15 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit15 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit15_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit15 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
)

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function
plot_N=densidades(handles,footprint_dens
,malha_geo,lat_max,lat_min,long_max,long
_min)

np=malha_geo;

np_lat=floor(60*(lat_max-lat_min)/np);
%numero de quadriculas em latitude
np_long=60*(long_max-
long_min);%*cos(lat(1)*pi/180);
np_long=abs(np_long);
np_long=floor(np_long/np);

edges{1}=linspace(lat_min,lat_max,np_lat
+1);
edges{2}=linspace(long_min,long_max,np_l
ong+1);

N=hist3(footprint_dens(:,1:2),'Edges',ed
ges);
%Plot de malhas geográficas

lat_lim = [lat_min lat_max];
long_lim = [long_min long_max ];

%Correcao devido a diferenca de
latitudes
lats=cell2mat(edges(1));
corr_lat=cos(lats*pi/180);
corr_lat=cos(lats(1)*pi/180)./corr_lat;
corr_lat=sort(corr_lat,'descend');corr_l
at=corr_lat';
[N1 Nc]=size(N);
corr_lat=repmat(corr_lat,1,Nc);
N=N.*corr_lat;
N(:,np_long)=N(:,np_long)+N(:,np_long+1)
;%colocar no ultimo bin a informacao que
se situa exactamente sobre o limite
superior
N(:,np_long+1)=[];
N(np_lat,:)=N(np_lat,:)+N(np_lat+1,:);
N(np_lat+1,:)=[];

indx=findobj('tag','plot_N');
if ~isempty(indx)
delete(indx)
end

N1=reduzir_n(N);
set(gcf,'CurrentAxes',handles.axes1);
plot_N=surfacem(lat_lim,long_lim,N1,19+1
0*get(handles.checkbox9,'value'));
set(plot_N,'Tag','plot_N')

hh=colormap(jet);
%set(hh,'tag','plot_N');
hh(1,:)= [0.6 0.8 1];
colormap(hh)
colorbar('FontSize',8,'tag','plot_N');
set(plot_N,'Tag','plot_N')

function N1=reduzir_n(N)
[nlat,nlong]=size(N);
N1=zeros(nlat,nlong);
for i=1:nlat
for j=1:nlong
if N(i,j)==0
N1(i,j)=0;
elseif N(i,j)>=1 & N(i,j)<=10
N1(i,j)=1;
elseif N(i,j)>10 & N(i,j)<=50
N1(i,j)=2;
elseif N(i,j)>50 & N(i,j)<=100
N1(i,j)=3;
elseif N(i,j)>100 & N(i,j)<=500
N1(i,j)=4;
elseif N(i,j)>500 & N(i,j)<=1000
N1(i,j)=5;
elseif N(i,j)>1000 &
N(i,j)<=5000
N1(i,j)=6;
elseif N(i,j)>5000 &
N(i,j)<=10000
N1(i,j)=7;
elseif N(i,j)>10000 &
N(i,j)<=50000
N1(i,j)=8;
else N(i,j)>50000;
N1(i,j)=9;

end
end
end
```



```
% --- Executes on button press in
checkbox9.
function checkbox9_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to checkbox9 (see
 GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of checkbox9

if get(handles.checkbox9,'value')==1

t=getappdata(handles.pushbutton1,'t');
    if ~isempty(t)
        if isfield(t.s,'analise_cpa')

ano=getappdata(handles.pushbutton1,'ano'
);
        if
get(handles.checkbox8,'value')

malha_geo=str2double(get(handles.edit16,
'string'))/2000;

lat_max=max(t.s.poligono{1,3});

lat_min=min(t.s.poligono{1,3});

long_max=max(t.s.poligono{1,4});

long_min=min(t.s.poligono{1,4});
        [n m]=size(t.dados.(['a'
ano])).lista_cpa);
        footprint_dens=[];
        for i=1:n
            [n1
m1]=size(t.dados.(['a'
ano])).lista_cpa{i,1});

            if
~isempty(t.dados.(['a'
ano])).lista_cpa{i,1}) && m1==8

p=calcular_cpa_2_navios(t.dados.(['a'
ano])).lista_cpa{i,1});

footprint_dens=[footprint_dens;p(:,3)
p(:,5) 1];

                else
            end
        end

plot_N=densidades(handles,footprint_dens
,malha_geo,lat_max,lat_min,long_max,long
_min);

desenhar_area_analise2(handles,t)

        else
    end

set(handles.edit15,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.n_msg_ais_60s));

set(handles.edit12,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.cpa));

set(handles.edit13,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.tempo));
```

```
set(handles.edit14,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.n_msg_ais_lidas));
        else
    end
    else
    end
else
    indx=findobj('tag','plot_N');
    if ~isempty(indx)
        delete(indx)
    end
end

% --- Executes on button press in
radiobutton1.
function radiobutton1_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to radiobutton1 (see
 GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of radiobutton1
if get(handles.radiobutton1,'value')==1
    set(handles.radiobutton2,'value',0)
else
    set(handles.radiobutton2,'value',1)
end
desenhar_grafico1(handles)
% --- Executes on button press in
radiobutton2.
function radiobutton2_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to radiobutton2 (see
 GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of radiobutton2
if get(handles.radiobutton2,'value')==1
    set(handles.radiobutton1,'value',0)
else
    set(handles.radiobutton1,'value',1)
end
desenhar_grafico1(handles)

function edit16_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns
contents of edit16 as text
%
str2double(get(hObject,'String'))
returns contents of edit16 as a double

% --- Executes during object creation,
after setting all properties.
function edit16_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to edit16 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
```



```
% handles empty - handles not created
until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a
white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
)

set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function desenhar_grafico1(handles)
t=getappdata(handles.pushbutton1,'t');
if ~isempty(t)

ano=getappdata(handles.pushbutton1,'ano')
);

    idx=findobj('tag','rect');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rect1');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rmp');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','pos');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','rect2');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    idx=findobj('tag','pt');
    if ~isempty(idx)
        delete(idx)
    end
    set(gcf,'currentaxes',handles.axes1)
    desenhar_area_analise2(handles,t)
    [PE
PS]=fcn_iwrap_hist(t.s,t.dados.(['a'
ano]).HE,t.dados.(['a'
ano]).HS,handles);
    cnames = t.dados.(['a'
ano]).tabela_iwrap_xls(1,2:end);
    rnames = t.dados.(['a'
ano]).tabela_iwrap_xls(2:end,1);

set(handles.uitable1,'data',t.dados.(['a'
ano]).tabela_iwrap_xls(2:end,2:end),'Col
umnName',cnames,'RowName',rnames)

    y=[t.dados.(['a'
ano]).HE,t.dados.(['a' ano]).HS];
    if
get(handles.radiobutton1,'value')==1
        y=[t.dados.(['a'
ano]).HE/sum(t.dados.(['a'
ano]).HE),t.dados.(['a'
ano]).HS/sum(t.dados.(['a' ano]).HS)];
    end
    set(gcf,'currentaxes',handles.axes2)
    e=str2double(t.s.esp_jardas);
    r=str2double(t.s.n_tiras);
    xticklabel=round(linspace(-
(r*e)/2,(r*e)/2,r*2+1));
    xtick=1:1:numel(xticklabel);

    y1=zeros(numel(xticklabel),1);
    for j=1:numel(y(:,1))
        y1(2*(j),1)=y(j,1);
        y1(2*(j),2)=y(j,2);
    end

    y1(:,1)=flipud(y1(:,1));y1(:,2)=flipud(y
1(:,2));

    h=bar(y1,'group');set(h,'parent',handles
.axes2)

    set(handles.axes2,'xtick',xtick,'xtickla
bel',xticklabel,'fontsize',8)
    xmin=min(xtick);xmax=max(xtick);
    xlim([xmin xmax])
    [f,xi] = ksdensity(t.dados.(['a'
ano]).HE);
    %h=plot(xi,f,'-.k');
    h1=legend({'Entradas','Saídas'});

    set(h(1),'FaceColor','b','barwidth',1)

    set(h(2),'FaceColor','g','barwidth',1)
    xlabel('Tiras');
    if
get(handles.radiobutton1,'value')==1
        ylabel('Percentagem de
passagens')
    else
        ylabel('N° de passagens')
    end
    set(gcf,'currentaxes',handles.axes1)
else
end

function fdp_kernel(handles)
t=getappdata(handles.pushbutton1,'t');
if ~isempty(t)
    if get(handles.radiobutton3,'value')

ano=getappdata(handles.pushbutton1,'ano')
);
        %fdp das entradas
        [n m]=size(t.dados.(['a'
ano]).HE)
        t.s
        l=str2double(t.s.largura)
        e=str2double(t.s.esp_jardas)
        lim=zeros(n,2);
        x=[];h1=zeros(n,1);x2=[];
        h2=zeros(n,1);

        vec1=flipud(100*(t.dados.(['a'
ano]).HE)/sum(t.dados.(['a' ano]).HE));
        vec2=flipud(100*(t.dados.(['a'
ano]).HS)/sum(t.dados.(['a' ano]).HS));

        for i=1:n
            lim(i,1)=-l/2+e*(i-
1);lim(i,2)=-l/2+e*i;
            %x=[x ;
lim(i,1)+e*rand(100*(t.dados.(['a'
ano]).HE(i))/sum(t.dados.(['a'
ano]).HE),1)];
            x=[x ;
(lim(i,1)+e/2)*ones(vec1(i),1)];
            x2=[x2 ;
(lim(i,1)+e/2)*ones(vec2(i),1)];
        end

        [f,xi] = ksdensity(x);
        %y=zeros(numel(f),1);
        %y=f*max(h1)/max(f);

        %fdp das saídas
```



```

[fs,xi2] = ksdensity(x2);
%ys=zeros(numel(f),1);
%ys=fs*max(h1)/max(fs);
lim
x

x2
figure
hold on
h=plot(xi,f,'b','linewidth',2);
h1=plot(xi2,-
fs,'g','linewidth',2);

line([-1 1],[0 0],'color','k')
line([0 0],1.2*[min(-fs)
max(f)],'color','m','linestyle',':')
[n m]=size(t.dados.(['a'
ano]).HE)
for i=1:n+1
line([lim(1,1)+e*(i-1)
lim(1,1)+e*(i-1)],1.2*[min(-fs)
max(f)],'color','k','linestyle','-.')
end
xlabel('Largura do canal')
ylabel('Probabilidade')
title('Função Densidade
Probabilidade')
legend({'Entradas';'Saidas'})

else

end

end
set(handles.radiobutton3,'value',0)

% --- Executes on button press in
radiobutton3.
function radiobutton3_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to radiobutton3 (see
GCB0)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns
toggle state of radiobutton3
fdp_kernel(handles)

% --- If Enable == 'on', executes on
mouse press in 5 pixel border.
% --- Otherwise, executes on mouse press
in 5 pixel border or over text2.
function text2_ButtonDownFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject handle to text2 (see GCB0)
% eventdata reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles structure with handles and
user data (see GUIDATA)
idx=findobj('tag','regua');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
% Loop, picking up the points.
but = 1;
set(gcf,'CurrentAxes',handles.axes1)

slat=get(handles.edit2,'string')
slon=get(handles.edit3,'string')

g_lat=str2double(slat(1:2));

```

```

m_lat=str2double(slat(4:5))/60;
s_lat=str2double(slat(7:9))/(1000*60);
lat=g_lat+m_lat+s_lat;
if strcmp(slat(end),'S')
lat=-lat;
end

g_lon=str2double(slon(1:3));
m_lon=str2double(slon(5:6))/60;
s_lon=str2double(slon(8:10))/(1000*60);

lon=g_lon+m_lon+s_lon;
if strcmp(slon(end),'W')
lon=-lon;
end

%{
[xi,yi,but] = ginput(1);
pts=gcpmap;
lat = pts(1,1);lon=pts(1,2);
%}

idx=findobj('tag','rect');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect1');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rmp');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pos');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
idx=findobj('tag','rect2');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pt');
if ~isempty(idx)
delete(idx)
end

setappdata(handles.pushbutton1,'lat',lat);
setappdata(handles.pushbutton1,'lon',lon);
latmean = lat;
lonmean = lon;
h1=plotm(latmean,lonmean,20,'+k');set(h1,
'tag','rect');
[ lat_str lon_str
]=str_deg2(latmean,lonmean);
h=textm(latmean,lonmean,20,{lat_str;lon_str},
'FontSize',8);set(h,'tag','rect');
set(handles.edit2,'string',lat_str)
set(handles.edit3,'string',lon_str)
l=str2double(get(handles.edit6,'string'))
c=str2double(get(handles.edit5,'string'))
az=str2double(get(handles.edit4,'string'))
[x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+90);
[x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az);

```



```
[x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(1/2000),az
-90);
[x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/2000),az
-180);
[x(5)
y(5)]=reckon(x(4),y(4),nm2deg(1/2000),az
+90);
x(6)=x(2); y(6)=y(2);

h1=plotm(x(2:end),y(2:end),20,'-
.r');set(h1,'tag','rect');
poligono=cell(1,6);
poligono{1,1}=get(handles.edit1,'string'
);
poligono{1,2}=get(handles.edit7,'string'
);
poligono{1,3}=x(2:end)';
poligono{1,4}=y(2:end)';

%cálculo do polígono A
[xa(1)
ya(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+
90);
[xa(2)
ya(2)]=reckon(xa(1),ya(1),nm2deg(c/4000)
,az);
[xa(3)
ya(3)]=reckon(xa(2),ya(2),nm2deg(1/2000)
,az-90);
[xa(4)
ya(4)]=reckon(xa(3),ya(3),nm2deg(c/4000)
,az-180);
xa(5)=xa(1); ya(5)=ya(1);
poligonoA=cell(1,6);
poligonoA{1,1}=get(handles.edit1,'string
');
poligonoA{1,2}=get(handles.edit7,'string
');
poligonoA{1,3}=xa;
poligonoA{1,4}=ya;
h1=plotm(xa,ya,20,'-
.g');set(h1,'tag','rect');
%cálculo do polígono B
[xb(1)
yb(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(1/4000),az+
90);
[xb(2)
yb(2)]=reckon(xb(1),yb(1),nm2deg(c/4000)
,az-180);
[xb(3)
yb(3)]=reckon(xb(2),yb(2),nm2deg(1/2000)
,az-90);
[xb(4)
yb(4)]=reckon(xb(3),yb(3),nm2deg(c/4000)
,az);
xb(5)=xb(1); yb(5)=yb(1);
poligonoB=cell(1,6);
poligonoB{1,1}=get(handles.edit1,'string
');
poligonoB{1,2}=get(handles.edit7,'string
');
poligonoB{1,3}=xb;
poligonoB{1,4}=yb;
h1=plotm(xb,yb,20,'-
.b');set(h1,'tag','rect');

nt=str2double(get(handles.edit9,'string'
));
ej=str2double(get(handles.edit8,'string'
));
for i=1:nt
    de=(1/4000)-(ej/2000)*(i-1);
    x=zeros(5,1);
    y=zeros(5,1);
```

```
[x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);
[x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
);
[x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
[x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
-180);
x(5)=x(1); y(5)=y(1);
tirasA{i,1}=x;
tirasA{i,2}=y;
if get(handles.checkbox1,'value')
    h1=plotm(x,y,20,'-
.k');set(h1,'tag','rect1');
end
x=zeros(5,1);
y=zeros(5,1);
[x(1)
y(1)]=reckon(lat,lon,nm2deg(de),az+90);
[x(2)
y(2)]=reckon(x(1),y(1),nm2deg(c/4000),az
+180);
[x(3)
y(3)]=reckon(x(2),y(2),nm2deg(ej/2000),a
z-90);
[x(4)
y(4)]=reckon(x(3),y(3),nm2deg(c/4000),az
);
x(5)=x(1); y(5)=y(1);
tirasB{i,1}=x;
tirasB{i,2}=y;
if get(handles.checkbox1,'value')
    h1=plotm(x,y,20,'-
.b');set(h1,'tag','rect1');
end

end
setappdata(handles.pushbutton1,'t',[]);
setappdata(handles.pushbutton1,'tirasB',
tirasB)
setappdata(handles.pushbutton1,'tirasA',
tirasA)
setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
A',poligonoA)
setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
B',poligonoB)
setappdata(handles.pushbutton1,'poligono
',poligono)
%}

% -----
function
uipushtool3_ClickedCallback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to uipushtool3 (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in
a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
if 1

t=getappdata(handles.pushbutton1,'t');
if ~isempty(t)
    if isfield(t.s,'analise_cpa')

ano=getappdata(handles.pushbutton1,'ano'
);
if
get(handles.checkbox8,'value')
```



```

malha_geo=str2double(get(handles.edit16,
'string'))/2000;

lat_max=max(t.s.poligono{1,3});

lat_min=min(t.s.poligono{1,3});

long_max=max(t.s.poligono{1,4});

long_min=min(t.s.poligono{1,4});
[n m]=size(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa);
footprint_dens=[];P=[];
for i=1:n
    [n1
m1]=size(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1});

    if
~isempty(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1}) && m1==8

p=calcular_cpa_2_navios(t.dados.(['a'
ano]).lista_cpa{i,1});

footprint_dens=[footprint_dens;p(:,3)
p(:,5)]];

        P=[P;p];
    else
    end
end

[n m]=size(P)

idx=findobj('tag','rect');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

idx=findobj('tag','rect1');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

idx=findobj('tag','rmp');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

idx=findobj('tag','pos');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

idx=findobj('tag','rect2');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end
idx=findobj('tag','pt');
if ~isempty(idx)
    delete(idx)
end

indx=findobj('tag','plot_N');
if ~isempty(indx)
    delete(indx)
end
a{1,1}='Detecção de
situações de proximidade excessiva!';
a{2,1}='';
a{3,1}=['Detetadas '
num2str(n) ' situações com CPA inferior
a ' get(handles.edit12,'string') '
jardas!'];
a{4,1}='';

a{5,1}='Nº de situações
navios que não envolvem pilotagem: ';
a{6,1}='';
a{7,1}='Lista de
navios: ';

k=7;
load mmsit
P(:,11:12)=zeros(n,2);
k1=0;
for i=1:n

    idx=find(mmsit(:,1)==P(i,1));
    if ~isempty(idx)

P(i,11)=mmsit(idx,2);
end

    idx=find(mmsit(:,1)==P(i,2));
    if ~isempty(idx)

P(i,12)=mmsit(idx,2);
end

        if (P(i,11)==31 ||
P(i,11)==32 || P(i,11)==50 ||
P(i,11)==52 || P(i,11)==53 ||
P(i,11)==54) || (P(i,12)==31 ||
P(i,12)==32 || P(i,12)==50 ||
P(i,12)==52 || P(i,12)==53 ||
P(i,12)==54) || P(i,11)==0 || P(i,12)==0

h=plotm(P(i,3),P(i,5),35,'o','markerface
color','y','markeredgecolor','b','tag','
plot_N');

a{k+1,1}=['--> '
num2str(P(i,1)) ' - ' num2str(P(i,2)) '
--> GDH: ' datestr(P(i,7)) ' | CPA: '
num2str(P(i,9)) ' jj | '
fcn_tn(P(i,11)) ' - ' fcn_tn(P(i,12))];
else

h=plotm(P(i,3),P(i,5),45,'o','markerface
color','r','markeredgecolor','b','tag','
plot_N');

k1=k1+1;
a{k+1,1}=['*--> '
num2str(P(i,1)) ' - ' num2str(P(i,2)) '
--> GDH: ' datestr(P(i,7)) ' | CPA: '
num2str(P(i,9)) ' jj | '
fcn_tn(P(i,11)) ' - ' fcn_tn(P(i,12))];
end
k=k1;
end
a{5,1}=['Nº de situações
navios que não envolvem pilotagem: '
num2str(k1) ' (vermelho)'];

%plot_N=densidades(handles,footprint_den
s,malha_geo,lat_max,lat_min,long_max,lon
g_min);

desenhar_area_analise2(handles,t)
[s,v]=
listdlg('PromptString','Closest Point of
Approach Detection',...

'SelectionMode','single',...

'ListString',a,'ListSize',[550 600]);
else
end

set(handles.edit15,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.n_msg_ais_60s));

```



```
set(handles.edit12,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.cpa));

set(handles.edit13,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.tempo));

set(handles.edit14,'string',num2str(t.s.
analise_cpa.n_msg_ais_lidas));
    else
    end
    else
    end
else
    indx=findobj('tag','plot_N');
    if ~isempty(indx)
        delete(indx)
    end
end

function [s]=fcn_tn(L)
s=[];
if (L>=20 & L<=29) || (L>=40 &
L<=49);%FASTT FERRY
    s='Fast Ferry';
end

if L==30
    s='Fishing Vessel';

end

if (L==31 || L==32 || L==50 || L==52 ||
L==53 || L==54)
    s='Support Ship';
end

if (L==36 || L==37)
    s='Pleasure Boat';
end

if (L==38 || L==39 || (L>=90 && L<=99))
    s='Other Ships';
end

if L>=60 && L<=69
    s='Passenger';
end

if L>=70 && L<=79
    s='General Cargo';
end

if L>=80 && L<=89
    s='Oil tanker';
end

if L==0 | isempty(s)
    s='Unknown';
end
```




Apêndice C – Histórico de acidentes marítimos na entrada do Porto de Lisboa

Nº.	Data	Nome da Embarcação	Tipo	Tipo de Sinistro	Local	Capitania	Causa Provável	Obs:
1	07/12/1998	Elizabeth WE	CARGA GERAL	ENCALHE	Areal do Bugio - Barra do Porto de Lisboa	LISBOA	Carta não actualizada	Desencalhou às 16:35H. do dia 07/DEZ98 c/auxílio do rebocador "Montevil."
2	02/11/1998	Laga	IATE	ENCALHE	Rio Tejo - Junto ao Farol do Bugio	LISBOA	Erro de navegação	
3	07/02/1999	Dora	RECREIO	ENCALHE	Areal do Farol do Bugio	LISBOA	Erro de navegação	A embarcação desencalhou pelos próprios meios e atracou no interior da Doca de Alcântara.
4	16/06/1999	Lucia	IATE MISTO	ENCALHE	Areal do Bugio - Defronfe do Farol da Gibalta	LISBOA	Avaria no motor	Város danos. Iate rebocado para a doca de Alcântara.
5	15/07/1999	Brutimar	ARRASTÃO	ENCALHE	Porto de Lisboa - Areal do Bugio	LISBOA	Anomalia da máquina principal	A embarcação desencalhou pelos próprios meios.
6	21/11/1999	S. Rafael	YATE	ENCALHE	Areal do Bugio	LISBOA	Erro humano	Embarcação sem danos aparentemente.
7	18/12/1999	Ormuz	VELEIRO	ENCALHE	Areal do Bugio, a 0,1Milha da boia nº 7	LISBOA	Erro de navegação	Embarcação desencalhada e rebocada para a doca de Alcântara. Danos no patilhão de extensão desconhecida.
8	16/05/2000	Caixiense	RECREIO	ENCALHE	Areal do Bugio	LISBOA	Erro de navegação	A embarcação desencalhou pelas 06:10H. e seguiu pelos próprios meios para a marina da Expo.
9	02/07/2000	Tretas e Santa Liberdade	RECREIO	COLISÃO	38° 40.96N - 009° 16.9W	LISBOA	Distracção do Timoneiro da embar. "Sta Liberdade"	Danos no painel de popa e motor da embarcação.
10	07/02/2001	Portinho da Costa	BATELÃO	ENCALHE	Praia de Algés	LISBOA	Mau tempo - Partiu a amarração	A embarcação sinistrada estava fundeada junto das obras de Algés tendo partido a amarração devido à intempérie.
11	18/07/2001	Overord	IATE	ENCALHE	Areal do Bugio	LISBOA	Negligência pelo responsável do governo	A embarcação veio a desencalhar pelos próprios meios pela, subida da maré.

Ferramentas para a Análise dos Padrões de Tráfego da Barra Sul do Porto de Lisboa: Análise de Risco



12	31/12/2001	Lagos	OUTROS	ENCALHE	AREAL DO BUGIO	LISBOA	FALHA LEME	
13	15/08/2004	XINOCA	LANCHA	ENCALHE	38° 38.79N - 009° 18.20W	LISBOA	AVARIA NO MOTOR	
14	21/03/2005	Anaisy	RECREIO	ENCALHE	Porto Abrigo Paço Arcos	LISBOA	Ondulação Forte	Embarcação estava fundeada.
15	18/05/2005	Joselito	PESCA COSTEIRA	ENCALHE	Docapesca de Pedrouços	LISBOA	Desvio do piloto automatico	
16	22/05/2005	Sumatra	Recreio	ENCALHE	Rio tejo - Praia Alges	LISBOA	erro navegação	
17	11/07/2005	Astra Sea	OUTROS	ENCALHE	ESTUÁRIO DO RIO TEJO	LISBOA	erro navegação	
18	23/08/2005	Corvina	Recreio	COLISÃO	Forte S. Julião da Barra	LISBOA	Erro do timoneiro da embarcação joselito	
19	18/09/2005	Senhor do Resgate - Baía de Cascais	OUTROS	COLISÃO	Frente Torre VTS Algés	LISBOA	NIL	
20	02/10/2005	Castro Junior	Varino-Embarcação Típica	ENCALHE	300 mts boia nº 3 da cala das barcas	LISBOA	não soube explicar	
21	08/12/2005	Mais Felicidade	Marítimo-Turística	ENCALHE	boia Nº 3	LISBOA	Desconhecido	a PM só teve conhecimento pelas 09:10 via APL
22	13/10/2005	Guepard	Navio Carga	ENCALHE	3840N 00916W Areal do Bugio	LISBOA	erro navegação	
23	18/02/2006	Golf	Recreio	ENCALHE	fundeadoiro dafundo - Alges	LISBOA	Mau tempo	
24	11/04/2006	West Lynda	Tanque	COLISÃO	38° 38.79N - 009°18.20W	LISBOA	Desconhecida	Abalroado pelo navio Hannes de bandeira Panamiana - Abertos processos ambito Sinistralidade Maritima e Contra-ordenacional.
25	20/10/2006	Lotos II	Recreio	ENCALHE	38° 40.00N 009°17.69W	LISBOA	---	
26	20/01/2007	São Julião	Tráfego Local	ENCALHE	38.39.18N - 09.05.94W	LISBOA	Encalhe	embarcação desencilhou próprios meios
27	26/03/2007	GALP SADO	Tanque	ENCALHE	Rio Tejo - cala das barcas	LISBOA	Erro de Navegação	Dado não conseguir desencilhar com a maré cheia, mestre solicitou transfega para o GALP RIO
28	17/05/2007	PEDHOULAS MERCHANT	Mercante graneleiro	ENCALHE	Entrada/Saida Porto de Lisboa	LISBOA		Encalhe do Navio com Piloto da Barra Embarcado
29	11/03/2012			ENCALHE	RIO TEJO - AREAL DO BUGIO			
30	13/09/2011			ENCALHE	Areal da praia da COVA DO VAPOR - TRAFARIA			
31	12/02/2002			ENCALHE	Areal junto ao farol do Bugio- entrada Porto de Lisboa			
32	23/10/2011			ENCALHE	Junto à Estação de Paço de Arcos			