ESCOLA NAVAL

talante bien faire

André Medeiros Rocha

Modelação Geoespacial e Análise do Risco de Pirataria no Golfo da Guiné

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

Alfeite

2022

André Medeiros Rocha

Modelação Geoespacial e Análise do Risco de Pirataria no Golfo da Guiné

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

Orientação de: PROF AUX Ricardo Pinto Moura
Co-orientação de: CFR AN Nuno Duarte Ramos

O Aluno Mestrando,

André Medeiros Rocha
Assinado de forma digital por André Medeiros Rocha
Dados: 2022.09.24 12:34:49 +01'00'

ASPOF M Medeiros Rocha

O Orientador,

PROF AUX Ricardo Moura

Alfeite
2022

"Learn as if you will live forever, live like you will die tomorrow."

Mahatma Gandhi

Dedico o presente trabalho a toda a minha família, em especial aos meus pais Luís e Teresa, por todo o apoio que me deram ao longo destes cinco anos e que se revelou fundamental para que completasse este ciclo da minha vida com sucesso. À minha namorada, Carmen por ter estado sempre ao meu lado e por todo o apoio e paciência demonstrados.

Agradecimentos

Um trabalho desta magnitude envolveu, para além de esforço, empenho e resiliência, um conjunto de contributos de pessoas que se tornaram bastante importantes para que este trabalho chegasse a bom porto e, como tal, deixo um agradecimento a todos os que me ajudaram na elaboração desta dissertação, em especial:

Ao melhor orientador que podia ter escolhido, Professor Doutor Ricardo Moura, que apesar do seu elevado empenhamento profissional, esteve sempre pronto para me ajudar e aconselhar em todas as questões, orientando-me da melhor forma na elaboração da dissertação.

Ao meu coorientador, o Comandante Duarte Ramos, pela pronta disponibilidade em abraçar este tema e por toda a experiência transmitida na área.

À minha família e aos meus amigos, em especial aos meus pais, por sempre me apoiarem em todos os momentos ao longo destes cinco anos e me incentivarem a fazer sempre melhor. À minha namorada, Carmen por ter estado sempre ao meu lado e pela paciência e apoio que se revelaram importantes para a conclusão desta fase da minha vida.

Resumo

O Golfo da Guiné é uma região de significativa relevância internacional pelo elevado potencial geoestratégico que apresenta. Dispõe de grandes reservas de petróleo e gás natural, de uma privilegiada localização e acessibilidade marítima, bem como de um grande leque de recursos naturais.

A região caracteriza-se por um clima de instabilidade política, social e económica, condições ideais para o surgimento e proliferação de ameaças à segurança marítima, destacando-se a Pirataria Marítima pela crescente relevância e impacto nos últimos anos. Desde 2018, esta região destaca-se por ter o maior número de ataques no mundo, resultando no aumento da insegurança e instabilidade numa das principais rotas do comércio marítimo mundial.

O presente trabalho tem como objetivo principal a identificação de padrões, tendências e situações de maior risco de ocorrência de um ataque de Pirataria Marítima. Para esse efeito, recorreu-se aos dados disponibilizados pela *International Maritime Organization* e pela *International Maritime Bureau*, relativos ao período entre 2010 e 2021 e foi desenvolvido um modelo geoespacial dos diferentes indicadores de risco para a ocorrência de um ataque, que dispõe de diferentes camadas e permite uma análise espácio-temporal dos diferentes indicadores, apurando em que medida é que os esforços internacionais e regionais têm tido um impacto positivo no combate a este fenómeno.

Para complementar este estudo, foi realizada uma análise estatística dos dados e construído um modelo de Redes Bayesianas com o objetivo de prever o nível de ameaça dadas as condições e contexto no momento do ataque. A análise realizada permitiu a identificação de padrões entre os diferentes ataques e a previsão efetuada através do modelo de classificação de Redes Bayesianas pode ser utilizada não só para prever o nível de ameaça, bem como para identificar registos históricos classificados com um nível inferior ao potencial que este representava.

Palavras-chave: Pirataria Marítima, Golfo da Guiné, Análise de Padrões, Rede Bayesiana, Análise Geoespacial

Abstract

The Gulf of Guinea is a region of significant international relevance due to its high geostrategic potential. It has large reserves of oil and natural gas, a privileged location and maritime accessibility, as well as a wide range of natural resources.

The region is characterized by a climate of political, social and economic instability, ideal conditions for the emergence and proliferation of threats to maritime security, highlighting Maritime Piracy for its growing relevance and impact in recent years. Since 2018, this region has stood out for having the highest number of attacks in the world, resulting in increased insecurity and instability on one of the main routes of world maritime trade.

The present work has as main objective the identification of patterns, trends and situations of greater risk of occurrence of a Maritime Piracy attack. For this purpose, it was used data provided by the *International Maritime Organization* and the *International Maritime Bureau*, for the period between 2010 and 2021, and was developed a geospatial model of the different risk indicators for the occurrence of an attack, which has different layers and allows a spatio-temporal analysis of the different indicators, ascertaining the extent to which international and regional efforts have had a positive impact on combating this phenomenon.

To complement this study, a statistical analysis of the data and a model of Bayesian Networks was built in order to predict the level of threat given the conditions and context at the time of the attack. The analysis carried out, allowed the identification of patterns between the different attacks and the prediction made through the Bayesian Networks classification model can be used not only to predict the level of threat but also to identify historical records classified with a level lower than the potential that this represented.

Keywords: Maritime Piracy, Gulf of Guinea, Pattern Analysis, Bayesian Network, Geospatial Analysis

Índice

1 Introdução **1**

2 Revisão de Literatura e Enquadramento Teórico **5**

2.1 Caracterização do Golfo da Guiné 5

2.1.1 Definição do Espaço 5

2.1.2 Importância Geoestratégica 7

2.1.3 Estabelecimento de acordos de cooperação regionais e internacionais 9

2.2 O fenómeno da Pirataria Marítima 13

2.2.1 Definição e Enquadramento Legal 14

2.2.2 Fatores conducentes à ocorrência de Pirataria Marítima . . . 15

2.2.3 Evolução da Pirataria Marítima no Golfo da Guiné 18

3 Tratamento e Análise dos Dados **23**

3.1 Obtenção dos Dados 23

3.2 Seleção de Variáveis 24

3.3 Desenvolvimento da Base de Dados 31

3.3.1 Valores Omissos 33

3.4 Teste à Independência das Variáveis 34

3.4.1 Manipulação de Variáveis para a realização do Teste à Independência 36

3.5 Análise Estatística de Dados 37

4 Desenvolvimento do Estudo **57**

4.1 Redes Bayesianas 57

4.1.1 Introdução às Redes Bayesianas 57

4.1.2 Aplicação das Redes Bayesianas à prevenção da Pirataria Marítima 59

4.1.3 Métodos de Inferência e Aprendizagem 61

4.1.4 Eliminação de Variáveis 63

4.1.5 Implementação das Redes Bayesianas em Python 64
4.2 Modelação Geoespacial 67

5 Apresentação e Validação dos Resultados 73
5.1 Análise Geoespacial 73
5.1.1 Análise Anual da Densidade de Ataques 73
5.1.2 Análise do *Nível Médio de Ataque* consoante a zona geográfica 81
5.1.3 Análise do *Nível Médio de Perigosidade* consoante a zona geográfica 88
5.2 Análise dos Resultados do Modelo de Redes Bayesianas 92
5.2.1 Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 1 94
5.2.2 Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 2 96
5.2.3 Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 3 97
5.2.4 Análise das Previsões do *Nível de Ataque* para o ano de 2021 98
5.3 Mapas de calor corrigidos através das Redes Bayesianas 99

6 Conclusão 101

Bibliografia 107

Apêndices 115

A Ameaças à Segurança Marítima 115

B Classificação de Estados Frágeis 119
Dimensão Política 119
Dimensão Económica 120
Dimensão Social 120
Coesão 121

C Análise Global da Pirataria Marítima 123

D Ficheiros NetCDF utilizados 127

E Método alternativo para a conceção de Redes Bayesianas em *Python* 129

F Tabela com o erro associado a cada variável 131

Anexos **133**

I Gráficos com a variação Espácio-Temporal da Altura Significativa da Onda e da Velocidade do Vento **133**

Lista de Figuras

2.1 Localização Geográfica do Golfo da Guiné 7
2.2 Fluxo de tráfego marítimo no GdG 8
2.3 Estados Membros da CEDEAO, CEEAC E CGG 11
2.4 Posicionamento Mundial dos países do GdG 17
2.5 Posicionamento Mundial dos países do GdG 21

3.1 Variáveis utilizadas para o presente estudo 25
3.2 Caixa representativa dos limites geográficos utilizados para a extração dos Dados 32
3.3 Obtenção do Ponto de Costa mais próximo da ocorrência do ataque 33
3.4 Representação das diferentes Zonas Costeiras consideradas 37
3.5 Número de Casos por *Período* 38
3.6 Percentagem de navios que obtiveram auxílio das Autoridades consoante o *Período* 38
3.7 Número de casos por *Data* 39
3.8 Número de casos por mês no período de 2010 a 2021 39
3.9 Proporção de ataques com sucesso 40
3.10 Taxa de Sucesso dos Ataques no *Período* Noturno 40
3.11 Taxa de Sucesso dos Ataques no *Período* Diurno 40
3.12 Tipos de Navio mais afetados 41
3.13 Relação entre o *Nível de Proteção* e o *Tipo de Navio* 41
3.14 Relação entre a *Classificação de Ataque* e o *Tipo de Navio* 42
3.15 Nº de Casos por *Proximidade à Costa* 43
3.16 Número de casos consoante a *Área de Navegação* e o *Período* 43
3.17 Número de casos consoante o *Estado do Navio* e o *Período* 44
3.18 Relação entre o Sucesso de um ataque e o *Estado do Navio* 45
3.19 Relação entre a *Área de Navegação* e o *Estado do Navio* 46
3.20 Frequências relativas empilhadas da *Classificação de Ataque* ao longo do tempo 47
3.21 Relação entre a *Classificação do Ataque* e o *Número de Criminosos* 47
3.22 Relação entre a *Classificação de Ataque* e o *Tipo de Armamento* . . 48

3.23 Estados Costeiros mais afetados 49
3.24 Evolução temporal dos ataques por *Área de Navegação* 49
3.25 Estados de Bandeira mais afetados 50
3.26 Relação entre o *Nível de Proteção* e o Sucesso de Ataque 51
3.27 Evolução temporal da Ajuda das Autoridades 51
3.28 Percentagem de ataques por *Estado do Mar* 52
3.29 Diagrama de Extremos e Quartis para a Altura Significativa da Onda 53
3.30 Percentagem de ataques por *Estado do Vento* 53
3.31 Diagrama de Extremos e Quartis para a Velocidade do Vento 54
3.32 Percentagem de ataques por *Nível de Precipitação* 55
3.33 Relação entre a *Meteorologia* e o Sucesso de Ataque 55

4.1 Grafo Acíclico Direcionado 58
4.2 Grafo orientado de X para Y 58
4.3 Estrutura da Rede Bayesiana utilizada 65
4.4 Representação das localizações geográficas dos ataques de pirataria entre 2019 e 2021 69
4.5 Agrupamentos dos marcadores das localizações dos ataques 69
4.6 Coeficientes atribuídos a cada retângulo para a definição da média ponderada 71
4.7 Informação presente em cada quadrado da grelha 71

5.1 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2010 74
5.2 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2011 75
5.3 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2012 76
5.4 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2013 76
5.5 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2014 77
5.6 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2015 78
5.7 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2016 78
5.8 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2017 78
5.9 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2018 79
5.10 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2019 79
5.11 Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2020 80
5.12 Dispersão dos ataques de pirataria no GdG em 2021 80
5.13 *Nível Médio de Ataque* de pirataria no GdG entre 2010 e 2015 . . . 82
5.14 *Classificação de Ataque* de pirataria no GdG entre 2010 e 2015 . . . 83
5.15 *Nível Médio de Ataque* de pirataria no GdG entre 2016 e 2020 . . . 84
5.16 *Classificação de Ataque* de pirataria no GdG entre 2016 e 2020 . . . 85

5.17 *Classificação de Ataque* de pirataria no GdG em 2021 86
5.18 *"Coastal and Low-reach pirates"* nas regiões da Guiné e do Gana . . 87
5.19 *"Riverine Criminals"* no Rio do Congo 88
5.20 *Nível Médio de Perigosidade* entre os anos de 2010 a 2015 89
5.21 *Nível Médio de Perigosidade* entre os anos de 2016 a 2021 90
5.22 Número Médio de Criminosos 91
5.23 Número Médio de Criminosos 91
5.24 Diagrama de Extremos e Quartis - Nº de Criminosos 91
5.25 Previsões do *Nível de Ataque* 93
5.26 *Nível Médio de Ataque* entre 2015 e 2020 100
5.27 *Nível Médio de Ataque* corrigido entre 2015 e 2020 100

B.1 Índice de Estados Frágeis no ano de 2021 119

C.1 Total de Casos de Pirataria no Mundo por ano 123

F.1 Escala de cores representativa do erro associado a cada variável . . 131

I.1 Variação Espácio-Temporal da Altura Significativa da Onda para o período entre 1980 e 2016 133
I.2 Variação Espácio-Temporal da Velocidade do Vento para o período entre 1980 e 2016 134

Lista de Tabelas

3.1 Tabela com a classificação dos Níveis de Meteorologia 27
3.2 Tabela com a classificação dos Níveis de Perigosidade 31

4.1 Tabela explicativa da Eliminação de Variáveis 63
4.2 Tabela com a eliminação da variável A 63
4.3 Tipos de Dados Suportados pela Biblioteca *Pgmpy* 65
4.4 Algoritmos disponíveis na biblioteca *Pgmpy* 66
4.5 Matriz de Confusão para o *Nível de Ataque* 66
4.6 Matriz de Confusão para o *Sucesso de Ataque* 67

5.1 Matriz de Confusão para as previsões do *Nível de Ataque* de 2021 . 99

Lista de Equações

3.1 Fórmula utilizada para conversão em graus 26
3.2 Expressão que define a hierarquia da *Classificação de Ataque* 29
3.3 Expressão que define a hierarquia do *Tipo de Armamento* 30
3.4 Fórmula de *Haversine* 34
3.5 Fórmula do TI pelo método do qui-quadrado 35
4.1 Fórmula do Teorema de Bayes 59
4.2 Fórmula da distribuição da probabilidade conjunta 59

Lista de Abreviaturas

AASMN	**A**gência **A**dmnistrativa e (de) **S**egurança **M**arítima (da) **N**igéria
AMACN	**A**ssalto à **M**ão **A**rmada **Contra Navios**
ASO	**A**ltura **S**ignificativa (da) **O**nda
BD	**B**ase (de) **D**ados
CADOP	**C**entro (de) Gestão e **A**nálise (de) **D**ados **O**peracionais (da) **M**arinha **P**ortuguesa
CCY	**C**ódigo (de) **C**onduta (de) **Y**aoundé
CCPR	**C**ódigo (de) **C**onduta para a **P**esca **R**esponsável
CEEAC	**C**omunidade **E**conómica (dos) **E**stados (da) **Á**frica **C**entral
CEDEAO	**C**omunidade **E**conómica (dos) **E**stados (da) **Á**frica **O**cidental
CER	**C**omissão **E**conómica **R**egional
CGG	**C**omissão (do) **G**olfo (da) **G**uiné
CI	**C**omunidade **I**nternacional
CNUDM	**C**onvenção (das) **N**ações **U**nidas sobre o **D**ireito (do) **Mar**
EB	**E**stado (de) **B**andeira
EC	**E**stado **C**osteiro
EM	**E**stado (do) **M**ar
EV	**E**stado (do) **V**ento
EVar	**E**liminação (de) **V**ariáveis
GAD	**G**rafo **A**cíclico **D**irecionado
GdG	**G**olfo (da) **G**uiné
ICC	***I**nternational **C**hamber of **C**ommerce*
IMB	***I**nternational **M**aritime **B**ureau*
IMO	***I**nternational **M**aritime **O**rganization*
INN	Pesca **I**legal, **N**ão Declarada e **N**ão Regulamentada
ISO	***I**nternational **O**rganization for **S**tandardization*
MAP	***M**aximum a **P**osteriori*
NRP	**N**avio (da) **R**epública **P**ortuguesa
ORPG	**O**rganização **R**egional (de) **G**estão (das) **P**escas
PMC	**P**resenças **M**arítimas **C**oordenadas
Pgmpy	***P**robabilistic **G**raphical **M**odels using **P**ython*
RPG	***R**ocket **P**ropelled **G**renade*

SWAIMS	***S**upport to **W**est **A**frica **I**ntegrated **M**aritime **S**ecurity*
TI	**T**este à **I**ndependência
UA	**U**nião **A**fricana
UE	**U**nião **E**uropeia
ZEE	**Z**ona **E**conómica **E**xclusiva

Capítulo 1

Introdução

Num mundo em que mais de 80% do volume do comércio mundial é transportado por via marítima (Mangan, 2017), surge a importância da segurança marítima e que facilmente atrai atenções quer políticas quer da sociedade, pelas possíveis consequências que podem advir se a mesma não for salvaguardada. Sendo o setor marítimo o coração pulsante do comércio mundial, a estabilidade e a segurança dos estados que se encontram localizados em importantes zonas de tráfego marítimo é de suprema importância para toda a comunidade internacional.

Uma das zonas marítimas mais vulneráveis e ameaçadas é o Golfo da Guiné, caracterizando-se por ser uma região detentora de grandes depósitos de hidrocarbonetos e outros recursos naturais. Revela-se como uma região de elevado interesse geopolítico e constitui-se como uma importante rota de passagem para o comércio internacional pela sua privilegiada localização estratégica, estimando-se que a qualquer momento se encontrem aproximadamente 2000 navios a navegar na região. (Jacobsen et al., 2021)

Apesar de todas as valências que a região apresenta, tem-se assistido a uma intensificação no número de crimes de Pirataria e Assalto à Mão Armada Contra Navios (AMACN), o que se revela como consequência da grave crise política, social e económica que assola a região e se revelam como as condições ideais para o surgimento e disseminação de redes de crime organizadas. Este aumento de incidentes culminou com a região a presenciar o maior número de incidentes de pirataria e AMACN no mundo desde o ano de 2018.

É neste âmbito que diversos países, organizações internacionais e outras estruturas especializadas no combate à pirataria marítima têm vindo a desenvolver esforços para combater este fenómeno, assentando nos princípios da política de troca de informações e da realização de ações de treino e patrulhamento através de forças conjuntas e combinadas.

Face o que antecede, estudar o tema proposto, ***Modelação Geoespacial e Análise do risco de pirataria no Golfo da Guiné***, torna-se de inegável interesse, pelo facto de que estudando e analisando a forma como a pirataria marítima evoluiu na região e identificando quais os seus respetivos padrões, tendências e situações de maior risco, através do recurso a uma análise de dados, da conceção de um programa de Redes Bayesianas e do desenvolvimento de um modelo que permite uma análise geoespacial dos diferentes indicadores de risco para a ocorrência de um ataque, servirá como um conjunto de ferramentas para o combate à pirataria marítima.

Tendo em consideração que a temática proposta é um estudo de dimensão global, torna-se essencial delimitar o presente estudo em espaço e em tempo. Neste sentido, o desenvolvimento do trabalho irá recair sobre a problemática da Pirataria Marítima no Golfo da Guiné, recorrendo ao conjunto de dados recolhidos para o período compreendido entre os anos de 2010 a 2021.

Assim, é pertinente o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para utilização pelas organizações responsáveis pela salvaguarda da segurança marítima na região, e pelos milhares de navios que cruzam diariamente o Golfo da Guiné, navegando de forma mais segura.

O título deste trabalho sugere à partida a seguinte questão central: "Tendo em conta diferentes contextos de navegação ao longo da região do Golfo da Guiné, qual o Nível de Ataque[1] associado?".

Para a seleção do quadro conceptual adequado ao problema, recorreu-se às seguintes áreas do conhecimento: Direito Internacional Marítimo, História, Estatística e Programação. Por forma a estruturar o estudo em questão e poder responder à questão central, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Descrever a região do Golfo da Guiné;
- Estudar a definição e o enquadramento legal do fenómeno da Pirataria Marítima bem como analisar os estudos mais relevantes sobre a temática;
- Identificar os motivos que levaram à ocorrência do fenómeno e caracterizar a sua evolução histórica;
- Realizar a recolha dos dados, proceder à respetiva seleção de variáveis relevantes para o estudo e identificar relações de dependência entre as variáveis;

[1] A variável Nível de Ataque é uma variável que pretende dividir as diferentes classificações de ataque em três diferentes níveis, consoante for a gravidade do crime praticado. A descrição mais detalhada desta variável encontra-se no Capítulo 3.

- Proceder ao pré-processamento, ao tratamento e à analise de dados por forma a responder às seguintes questões derivadas:

    1. Quais os fatores determinantes para a ocorrência de um ataque de pirataria?
    2. De que forma evoluiu o *Modus Operandi* por parte dos Piratas?
    3. Quais as zonas geográficas que apresentam um maior nível de perigosidade? Estas correspondem às zonas em que existe maior *Nível de Ataque*?
    4. De que forma o conjunto de medidas adotadas regionalmente e internacionalmente tem contribuído para um combate mais eficiente a esta ameaça?

Para o presente estudo, também se poderá verificar a possibilidade do registo de dados meteorológicos recolhidos permitirem uma caracterização da Pirataria Marítima mais completa e precisa e do modelo de Redes Bayesianas desenvolvido permitir a obtenção de boas previsões do *Nível de Ataque* e a correção desse mesmo nível numa perspetiva de ameaça potencial não concretizada.

O presente estudo articula-se em seis partes distintas, composto pela introdução, quatro capítulos que compõem o corpo da dissertação e a conclusão.

Na introdução é efetuado um enquadramento e uma fundamentação teórica do tema e da pertinência do seu estudo, é realizada a delimitação da abordagem (localização no tempo e no espaço geográfico), a identificação dos objetivos do trabalho, das questões a que se pretende responder e das hipóteses a serem testadas.

O **segundo capítulo** corresponde ao enquadramento teórico do problema, à caracterização do Golfo da Guiné e a um enquadramento legal e conceptual do fenómeno da Pirataria Marítima.

Por sua vez, no **terceiro capítulo** pretende-se descrever todo o processo relativo ao tratamento e análise dos dados, percorrendo as etapas da obtenção de dados, da seleção das variáveis de estudo, do pré-processamento de dados e do estudo de relações de dependência existentes entre as diferentes variáveis, culminando com uma análise estatística dos dados.

O **quarto capítulo** aborda a forma como foi desenvolvido o estudo, sendo numa fase inicial descrito o método de classificação das Redes Bayesianas e da realização de uma revisão de literatura dos estudos já existentes nesta temática, com aplicação à pirataria marítima. Segue-se uma explicação acerca da forma como

foi realizada a implementação das Redes Bayesianas ao presente estudo e da respetiva aplicação da Modelação Geoespacial ao conjunto de dados.

De seguida, o **quinto capítulo** consiste na apresentação e validação dos resultados obtidos da Modelação Geoespacial e das Redes Bayesianas.

O estudo terminará com as conclusões acerca dos resultados obtidos, respondendo às questões do problema e apresentando perspetivas de futuros estudos nesta temática.

Capítulo 2

Revisão de Literatura e Enquadramento Teórico

Para a consecução da presente dissertação, procedeu-se a um enquadramento teórico da região de estudo e do tema a abordar, contribuindo para que seja efetuada uma adequada introdução do tema e a respetiva contextualização do Estado da Arte, acompanhada da respetiva definição do problema. Este capítulo permitirá que os subsequentes capítulos sejam suportados por conhecimento científico existente na área.

Assim, este capítulo foi dividido em dois subcapítulos. No 1º subcapítulo, será caracterizado o Golfo da Guiné (GdG), começando pela definição da região de estudo e delimitação física das suas fronteiras geográficas. Será demonstrada a importância geoestratégica da região e abordados ainda, o conjunto de acordos de cooperação regionais e internacionais que contribuem para o desenvolvimento da região.

Por sua vez, o segundo subcapítulo encontra-se direcionado para a compreensão do fenómeno da Pirataria Marítima e de AMACN, iniciando-se pela definição e enquadramento legal do tema. Seguidamente serão analisados os motivos pelos quais existe a presença desta ameaça marítima e é realizado um enquadramento teórico sobre a evolução da pirataria na região do GdG.

2.1 Caracterização do Golfo da Guiné

2.1.1 Definição do Espaço

A região do GdG representa atualmente motivo de grande preocupação para a Comunidade Internacional (CI), não somente devido ao crescimento do número

de ataques de pirataria, mas também ao aumento dos níveis de violência no seu decorrer. Esta região destacou-se em 2012 como a região do mundo com maior número de ataques de pirataria, superando o Golfo de Áden [2] para esse mesmo ano.(Luz, 2016).

Segundo Gaspar (2013), este aumento deveu-se a um conjunto de fatores transversais a praticamente todos os países pertencentes a este Golfo, tais como elevados níveis de corrupção, instabilidade política, altos níveis demográficos, altas taxas de desemprego, baixos índices de desenvolvimentos e fracos recursos financeiros, que se revelam como as condições ideais para o surgimento e a disseminação de redes criminosas.

Este conjunto de fatores, quando conjugados com a falta de meios marítimos para assegurar a vigilância e a segurança marítima da região, bem como a presença de deficientes políticas marítimas por parte dos Estados, faz com que esta zona seja cada vez mais apetecível para a operação de grupos de piratas e, inclusive, considerada uma das zonas marítimas mais perigosas do mundo. Devido à pobreza e à falta de recursos existentes, a população acaba por facilmente ser atraída para a prática destas atividades ilegais pois é uma fácil fonte de rendimento para sustentar as suas famílias.(Portela Guedes, 2020)

Existem várias definições para as fronteiras geográficas do GdG, sendo adotada neste estudo a que vai desde a Guiné-Bissau até Angola (Figura 2.1), o que representa uma costa com cerca de 1130 milhas náuticas. Esta região compreende um conjunto de 17 países costeiros e envolve duas regiões geográficas, politicas e económicas, nomeadamente a Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental (CEDEAO) e a Comunidade Económica dos Estados da África Central (CEEAC), estando ambas associadas à Comissão do Golfo da Guiné (CGG) e à União Africana (UA). (Conselho da União Europeia, 2014)

[2] O Golfo de Áden é um golfo localizado no Mar da Arábia, entre o Iémen e a Somália . A noroeste tem ligação com o Mar Vermelho, através do estreito de *Bab-el-Mandeb*. Esta região ganhou relevância pelo número de ataques de pirataria que presenciou entre 2010 e 2014.

FIGURA 2.1: Localização Geográfica do Golfo da Guiné.
Retirado de: https://mapchart.net/world.html

Contém ainda o cruzamento da linha do Equador com o meridiano de *Greenwich* e apresenta uma grande vantagem geográfica pela sua privilegiada localização no Oceano Atlântico Sul, devido à sua proximidade ao continente Europeu e Americano, constituindo-se como uma importante rota de passagem para o comércio marítimo entre os continentes europeu, americano e africano. (Sposato, 2016)

A região possui a maior rede hidrográfica mundial, o segundo maior conjunto florestal do mundo e a terceira maior bacia hidrográfica mundial, que se revelam importantes para o desenvolvimento regional. (Gaspar, 2013)

O clima da região é dividido em duas estações, a estação quente e seca (novembro a março) que é definida pela ação de uma massa de ar quente proveniente do Deserto do Sahara e a estação fria e húmida (de abril a outubro) que é definida pela passagem de uma massa equatorial de ar frio proveniente do Oceano Atlântico. A interação entre estas duas massas de ar é o que define a temperatura e os níveis de precipitação que se fazem sentir durante todo o ano. (Gentilli et al., 2012)

2.1.2 Importância Geoestratégica

O GdG apresenta uma elevada importância geoestratégica pois para além do potencial energético da região e da sua localização privilegiada, existem ainda

outros recursos que potenciam o seu desenvolvimento económico.

Destes recursos destacam-se um mar rico em pescado e em recursos naturais, o que alicerça a presença de pesca industrial e empresas dedicadas ao comércio marítimo; a presença de boas condições de navegabilidade e climatológicas, que representam fatores essenciais à realização de diversas atividades marítimas e, ainda, a riqueza em recursos florestais, agrícolas e minerais que são exportados para os mercados europeu e americano. (Anyimadu, 2013)

Amaro Gaspar (2017) afirma que a região do GdG, ao ter uma localização estratégica bastante favorável, na proximidade dos principais mercados internacionais, faz com que seja considerada uma das principais rotas de comércio marítimo a nível mundial, tal como é possível observar-se através da densidade de tráfego na região (Figura 2.2).

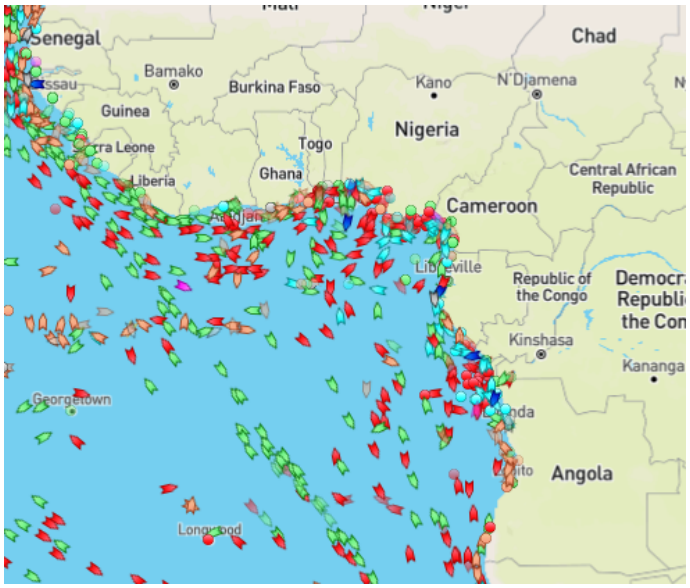


FIGURA 2.2: Fluxo de tráfego marítimo no GdG.
Retirado de: https://www.marinetraffic.com/

É neste sentido que o comércio marítimo se revela como um pilar fundamental da economia global e estimasse que cerca de 80% do volume do comércio mundial seja transportado por via marítima, representando mais de 70% do valor dos bens totais que são atualmente comercializados.(Mangan, 2017)

O elevado potencial energético da região levou a avultados investimentos por parte das companhias de petróleo, através da criação de um elevado número de estruturas *onshore* e *offshore* para a extração de petróleo, motivado pelo facto da região apresentar a maior taxa de novas reservas de hidrocarbonetos no mundo,

atraindo ainda mais investidores para o desenvolvimento económico da região. (Onuoha, 2013) Do total de novas reservas de petróleo descobertas desde o início do século XXI, um terço destas ocorreram em África, mais especificamente no Golfo da Guiné. (Galli, 2009).

A região é responsável, respetivamente, por 40% e 29% do petróleo importado pela Europa e pelos Estados Unidos da América (Group, 2012). Como principais produtores de hidrocarbonetos da região destacam-se a Nigéria, Angola, o Congo e a Guiné-Equatorial. (Statista, 2021)

No entanto, esta região é caracterizada por um clima de insegurança e de instabilidade onde predomina a existência de ameaças à Segurança Marítima.

Estas ameaças à segurança marítima contribuem para que o índice de desenvolvimento da região não seja proporcional ao seu verdadeiro potencial, mas sim servindo como um incentivo para a presença de atividades ilícitas tais como a pesca ilegal, o contrabando, o tráfico de droga, o *Bunkering*[3], a poluição ambiental , o tráfico de migrantes e a pirataria marítima, entre outras. No Apêndice A encontram-se descritas cada uma destas ameaças à Segurança Marítima.

Assim, existe a necessidade de estabelecer ações de cooperação regionais e de estratégias marítimas que contribuam para o combate às ameaças marítimas e potenciem o desenvolvimento da região, garantindo a estabilidade de uma das principais rotas do comércio marítimo mundial. (Rodrigues, A. R., 2014)

É possível concluir-se que o GdG é um espaço que tem ganho importância por um vasto conjunto de boas e más razões. O crescimento do seu potencial energético e consequente aumento na exportação de combustíveis; e o clima de instabilidade política, social e económica promove a incapacidade para a gestão dos recursos e para o desenvolvimento social.

2.1.3 Estabelecimento de acordos de cooperação regionais e internacionais

Por forma a fazer face às emergentes ameaças marítimas, os Estados do GdG têm vindo a desenvolver esforços no sentido de neutralizar e extinguir estas ameaças. Nas últimas décadas as suas atenções encontravam-se voltadas para o domínio e o controlo do território terrestre, não dando a devida atenção ao seu

[3]Atividade ilegal que consiste no roubo de combustíveis, no seu refinamento ilegal e a posterior venda no mercado negro.

domínio marítimo que, tal como apresentado anteriormente, é de grande valor para a região. (Portela Guedes, 2020)

Como consequência, a inexistência de políticas marítimas e a escassez de meios operacionais, que revela a necessidade do estabelecimento de acordos de cooperação, quer regionais, quer internacionais e, ainda, da implementação de uma arquitetura funcional de intercâmbio de informação, para que a busca de estratégias para fazer face a estas ameaças seja mais organizada e mais eficiente. A União Europeia (UE), na qualidade de parceiro internacional, tem participado de forma bastante ativa contribuindo para que se possam alcançar todas as metas traçadas para a resolução destas ilegalidades. No entanto, por ser um processo bastante moroso, existem ainda muitas ações e muitos programas que necessitam de ser aplicados para a extinção completa destas ameaças. (Nascimento de Sousa, 2018)

A nível de acordos regionais, embora existam várias organizações que operem neste âmbito, têm tido dificuldade na aplicação das suas medidas, alertando para a falta de acordos existentes nos quadros jurídicos e operacionais para uma completa cooperação entre os membros, particularmente no caso da perseguição de criminosos fora da área de jurisdição de cada país e a definição de leis mais claras sobre os casos em que se podem aplicar medidas de extradição e de julgamento dos criminosos inobstante da sua nacionalidade. (Lusa, 2021)

Como principais acordos regionais destacam-se:

O Código de Conduta de Yaoundé (CCY), é um acordo assinado em junho de 2013 na República dos Camarões, aquando da Cimeira conjunta sobre a estratégia regional de luta contra a pirataria, assaltos à mão armada e outras atividades ilícitas praticadas no mar do GdG. Foi acordado por 25 países que se comprometiam a trabalhar conjuntamente para promover a paz, a segurança e a estabilidade no espaço marítimo da África Ocidental e Central, através da mobilização de recursos operacionais, da troca de informações e da promoção de campanhas para combater estas práticas ilegais.(Luz, 2016)

A Estratégia Marítima Integrada de África 2050 é um acordo entre os países da União Africana, assinado em 2012, com o propósito de, a longo prazo, enaltecer o desenvolvimento e a segurança marítima para todo o Domínio Marítimo Africano que, ao longo dos anos, tem vivido um cenário de insegurança devido ao crescimento das ameaças marítimas na região. Esta estratégia integra ainda um plano de ação que prevê metas alcançáveis, inclusive objetivos específicos intermédios e

metas para serem atingidas com o propósito de contribuir para a prosperidade e o desenvolvimento dos países Africanos. (Bernardino, 2015)

Norteadas para o desenvolvimento económico foram criadas as Comunidades Económicas Regionais (CER), nomeadamente a Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental, a Comunidade Económica dos Estados da África Central e ainda a Comissão do Golfo da Guiné, que serve como ponte entre estas CER e que representam a vontade destes países de promoverem a sua cooperação económica, política e social , fomentando a paz e a segurança da região. (Barros, 2018)

A cooperação entre a CEDEAO e a CEEAC promove ações de patrulhamento marítimo conjuntas, bem como o direito de perseguição para além das fronteiras marítimas, solucionando este problema que tinha sido previamente identificado. (Portela Guedes, 2020)

Figura 2.3: Estados Membros da CEDEAO, CEEAC E CGG. Retirado de Marques (2021)

A comunidade internacional, está ciente que é necessário fazer face a estas ameaças marítimas presentes no Atlântico Sul, levando-a a prestar apoio a estes Estados para salvaguardar a segurança marítima neste espaço de elevada importância geoestratégica e geopolítica. O apoio é usualmente prestado através de ações de treino, do fornecimento de recursos materiais e do estabelecimento de estratégias nacionais e regionais. (Luz, 2016)

A União Europeia, como um dos principais parceiros internacionais e interessada na segurança do Atlântico Sul, elaborou em março de 2014 a Estratégia da UE para o Golfo da Guiné e consta nesta resolução que é *"destinada a apoiar os esforços da região e dos seus estados costeiros na resolução dos vários desafios em termos de insegurança marítima e crime organizado"* (Conselho da União Europeia, 2014). Esta estratégia compreende quatro objetivos principais:

- Construir um entendimento comum da escala da ameaça no GdG e da necessidade de lhe dar resposta;

- Auxiliar os governos regionais a criar as instituições e a desenvolver as capacidades necessárias para garantir a segurança e o Estado de direito;

- Apoiar o desenvolvimento de uma crescente economia nos países costeiros;

- Contribuir para o reforço das estruturas de cooperação entre os países da região com vista a assegurar uma ação transfronteiriça eficaz, tanto para o domínio marítimo omo para o domínio terrestre;

A Estratégia e o Plano de Ação da UE para o GdG tem vindo a implementar e financiar um amplo conjunto de programas de apoio para a região, dos quais se destaca o programa "*Support to West Africa Integrated Maritime Security* (SWAIMS)".

O objetivo deste programa passa por apoiar a Estratégia Marítima Integrada da CEDEAO e contribuir para a salvaguarda da segurança marítima no GdG através de intervenções jurídicas, técnicas e operacionais na região. O programa apoia não só os quinze países da CEDEAO, mas também a Mauritânia e apresenta dois objetivos específicos, divididos em várias componentes (Campos, 2022):

1. Reforço dos quadros jurídico, de governação e de aplicação da lei, para se alcançar maior sucesso na acusação e condenação por crimes marítimos.

   Este objetivo contempla as seguintes ações:

   - Reforçar a governação marítima integrada, políticas, leis e sistemas para apoiar a segurança marítima;
   - Desenvolver, reforçar e adotar legislação, políticas e memorandos de entendimento para acusação e julgamento de crimes marítimos.

2. Reforço das capacidades operacionais e de resposta no âmbito da aplicação da lei no mar.

   O segundo objetivo contempla as seguintes ações:

   - Desenvolver uma base de dados criminal para partilha;
   - Avaliar os circuitos financeiros ilícitos gerados pela criminalidade marítima;
   - Reforçar a resposta operacional e a ação do Estado no mar através do fornecimento de equipamentos de resposta rápida e forense;

- Melhorar a coordenação com o sector privado e a participação da sociedade civil;
- Fornecer e instalar equipamento nos centros de coordenação regionais e locais para responder às necessidades associadas à Arquitetura de Yaoundé.

Também no âmbito da cooperação multilateral, a Marinha Portuguesa tem vindo a contribuir para o reforço da segurança marítima na região do GdG sendo exemplo disso, durante o ano de 2021, as Iniciativas Mar Aberto 21.1 e 21.2, garantindo a presença naval na região através dos navios NRP *Setúbal* e NRP *D. Carlos I.* Esta presença foi garantida através do desenvolvimento de atividades de treino, formação e cooperação no domínio da Defesa. O NRP Setúbal participou inclusive, na implementação do Projeto-piloto "Presenças Marítimas Coordenadas"(PMC) da UE no GdG, conjuntamente com unidades navais de Espanha, França e Itália. (Revista da Armada, 2022) O NRP *Zaire* presente em São Tomé e Príncipe desde o dia 22 de janeiro de 2018 tem contribuído para a vigilância e fiscalização dos espaços marítimos e da capacitação da guarda costeira de São Tomé e Príncipe, destacando-se atualmente a sua participação no projeto PMC.

O *G7++ Friends of Gulf of Guinea* também se destaca como uma organização internacional que tem apoiado a CEDEAO, a CEEAC e a CGG com o objetivo de contribuir para o aumento da coordenação entre os países do GdG e os diversos parceiros internacionais, para que haja um melhor empenhamento operacional dos meios no combate às ameaças marítimas e sejam facilitadas as operações conjuntas entre os diferentes países. (Cabrita, 2016)

2.2 O fenómeno da Pirataria Marítima

A pirataria marítima é um fenómeno que preocupa sobremaneira a CI pelo número de ataques que se tem registado ao longo dos últimos anos e pelo facto de representar uma séria ameaça à segurança marítima e ao desenvolvimento económico, visto que este fenómeno tem tendência a concentrar-se na proximidade de rotas de navegação essenciais para o comércio mundial e em que haja a incapacidade dos estados em exercer a jurisdição que lhes compete sobre as respetivas águas. (Rodrigues et al., 2011)

Segundo Wilson (s.d.), a indústria marítima deve concentrar-se em melhorar alguns aspetos que se tornam fundamentais para garantir que o navio cumpre o seu planeamento sem que seja alvo de um ataque. Estes aspetos passam pelos seguintes

pontos: manter em secretismo a viagem estabelecida, procurar ajuda ou estabelecer contacto com navios em proximidade, verificar que não há clandestinos a bordo, aplicar manobras evasivas quando avistado e usar medidas de segurança sempre que necessário e, se não dispôr das mesmas, é imperativa a sua criação e implementação.

2.2.1 Definição e Enquadramento Legal

Devido ao cariz internacional do fenómeno da pirataria marítima, a sua definição legal concerne, naturalmente, no âmbito do Direito Internacional e, segundo o artigo 101º da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) de 1982, é considerado ato de pirataria:

1. "Qualquer acto ilícito de violência ou de detenção ou qualquer acto de depredação cometidos, para fins privados, pela tripulação ou pelos passageiros de um navio ou de uma aeronave privados, e dirigidos contra:

i) Um navio ou uma aeronave em alto mar ou pessoas ou bens a bordo dos mesmos;

ii) Um navio ou uma aeronave, pessoas ou bens em lugar não submetido à jurisdição de qualquer Estado;

2. Qualquer acto de participação voluntária na utilização de um navio ou de uma aeronave, quando aquele que o pratica tenha conhecimento de factos que dêem a esse navio ou a essa aeronave o carácter de navio ou aeronave pirata;

3. Qualquer acção que tenha por fim incitar ou ajudar intencionalmente a cometer um dos actos enunciados nas alíneas 1 ou 2."

Através da análise deste artigo pode-se, portanto, concluir que a definição de Pirataria Marítima apenas se aplica para os atos ilícitos cometidos em alto-mar [4] ou, ainda, na Zona Económica Exclusiva (ZEE)[5] ou na Zona Contígua [6], segundo o artigo 58º da CNUDM. Desta forma, verificava-se a existência de um

[4]A matéria relacionada com o alto-mar é tratada na parte VII da CNUDM nos seus artigos 86º ao 120º e define alto-mar como *"todas as partes do mar não incluídas na zona económica exclusiva, no mar territorial ou nas águas interiores de um Estado, nem nas águas arquipelágicas de um Estado arquipélago"*. O limite interior do alto-mar corresponde ao limite exterior da Zona Económica Exclusiva. Segundo o artigo 94º da CNUDM, a única legislação aplicável a um navio a navegar em alto-mar é a correspondente ao seu Estado de Bandeira

[5]A matéria relacionada com a ZEE é tratada na parte V da CNUDM nos seus artigos 55º ao 75º, referindo o artigo 57º que "*A Zona Económica Exclusiva não se estenderá além de 200 milhas marítimas das linhas de base a partir das quais se mede a largura do mar territorial.*"

[6]Zona adjacente ao Mar Territorial, com largura igual à deste e que segundo o artigo 33º da CNUDM *"A zona contígua não pode estender-se além de 24 milhas marítimas, contadas a partir das linhas de base que servem para medir a largura do mar territorial."*

vazio legislativo para este tipo de atos que ocorressem em alto-mar. É neste âmbito que a *International Maritime Organization* (IMO), através da Resolução A.1025(26) de 2009, veio a estabelecer a definição de Assaltos à Mão Armada Contra Navios (AMACN) como:

1. "qualquer ato ilícito de violência ou de detenção ou de qualquer ato de depredação ou de ameaça, que não seja um acto de pirataria cometida para fins privados e direcionada contra um navio ou contra pessoas ou bens a bordo de um navio, dentro do Mar Territorial, nas Águas Arquipelágicas, nos Portos e nas Águas Interiores;

2. qualquer ato de incitar ou de facilitar intencionalmente um ato descrito acima."(IMO, 2009)

Assim, pode-se concluir que a grande diferença entre a Pirataria e Assaltos à Mão Armada Contra Navios é o local onde ocorre o ilícito, sendo que a Pirataria Marítima ocorre no Alto-Mar, na ZEE ou na Zona Contígua e os AMACN ocorrem dentro das áreas de jurisdição territoriais de cada Estado. (Ramos, 2012)

Já a *International Maritime Bureau* (IMB) [7], define pirataria como «um ato de embarque ou tentativa de embarcar em qualquer navio com a intenção de cometer um roubo ou qualquer outro tipo de crime, com a aparente intenção ou capacidade de usar a força no cumprimento desse ato» (Anyiam, 2014). Esta foi a definição adotada para este estudo, visto que tem uma definição mais abrangente que a da CNUDM pois considera todas as tentativas de ataque e que se revelam importantes para a análise de risco desenvolvida.

2.2.2 Fatores conducentes à ocorrência de Pirataria Marítima

O conceito de segurança marítima revela-se como um conceito de carácter bastante amplo e preponderante no desenvolvimento económico e social de um Estado pelo que, quando se aborda a questão da segurança marítima importa primeiramente diferenciar os conceitos de *Maritime Safety* e *Maritime Security*.

Quanto à *Maritime Safety*, este conceito surge associado à precaução e à prevenção de eventuais acidentes e ações consequentes em caso de sinistro ocorridos num espaço marítimo. Esta componente faz alusão à questão da segurança da

[7] É uma secção integrante da International Chamber of Commerce (ICC), que é apoiada pela IMO e é especializada no combate aos crimes marítimos através da recolha, da troca e da disseminação de informações, contribuindo para o desenvolvimento do comércio mundial.

navegação e da certificação e vistoria das embarcações, garantindo que estas cumprem as condições de navegabilidade presentes na legislação. Tem ainda em conta a questão da proteção do meio marinho decorrente dos efeitos de poluição. Em suma, este tipo de segurança remete para os perigos decorrentes da atividade marítima. (Cajarabille, 2011)

A vertente do *Maritime Security* encontra-se relacionada com a componente de proteção do navio contra ameaças externas, designadamente a prática de atos ilegais e deliberados, incluindo o recurso à força e às medidas de proteção necessárias para o combate às ameaças marítimas, das quais se destaca o caso da pirataria marítima por ser objeto de estudo desta dissertação. (Cajarabille, 2011)

Desta forma conclui-se que abordar a questão da segurança marítima, não significa abordar apenas a questão da segurança da navegação, mas sim procurar compreender todos os fatores externos que contribuem de forma direta ou indireta para o clima de instabilidade e de insegurança que se vive na região do GdG. Esta análise permitirá avaliar as causas do surgimento das ameaças à segurança marítima, nomeadamente da Pirataria Marítima e que, segundo os relatórios anuais da IMO, o Golfo da Guiné é desde 2018 a região do mundo em que ocorre um maior número de ataques de pirataria.

Estima-se que os custos associados à Pirataria Marítima na região para o ano de 2017 tenham envolvido um total de 818 milhões de doláres, contabilizando-se os custos diretos e indiretos que esta acarreta. (Bell, 2021)

Segundo Pichon e Pietsch (2020) e Nascimento (2011), o combate à Pirataria Marítima inicia-se garantindo a segurança e a estabilidade do domínio terrestre, mais especificamente garantindo um correto funcionamento do setor político, económico, social e de coesão dos Estados.

Estes mesmos fatores são os considerados pelo *Fragile State Index*, conforme descritos no Apêndice B e que classifica o GdG como uma região instável nos diferentes setores, colocando sete destes países entre os 30 mais fragilizados do mundo.

Segundo o método supramencionado para a classificação do índice de desenvolvimento de cada Estado, existe um conjunto de indicadores dentro de cada setor que, ao serem analisados, justificam a fragilidade destes Estados e o consequente aparecimento das ameaças à Segurança Marítima.

		Coesão			Economia			Político			Social		
País	Ranking Mundial	Sistema de Segurança	Elites Faccionadas	Segurança de Grupos	Economia	Economia Desigual	Movimentos Migratórios	Legitimidade do Estado	Serviços Públicos	Direitos Humanos	Pressão Demográfica	Refugiados	Intervenção Externa
Rep. Dem. do Congo	5º	8,6	9,5	9,4	8,5	8,5	6,8	9,2	9,8	9,2	9,8	10	9,1
Nigéria	12º	8,8	9,6	8,8	8,6	7,7	6,5	8,4	9,3	8,7	9,3	6,6	5,7
Guiné	14º	8	9,9	9,3	8,2	7,3	6,5	10	9,5	6,9	8,6	7	6,2
Camarões	15º	8,3	9,3	8,7	7	7,6	7,1	9	8,6	7,5	8,8	8,3	7
República do Congo	26º	7	6,7	8,4	9	8,1	6,8	9,1	8,9	7,8	8	6,5	6,1
Guiné-Bissau	27º	7,7	9,6	4,3	7,6	9,3	6,9	8,9	9	6,6	8,6	6,1	7,4
Costa do Marfim	28º	7,2	9,6	7,3	6,6	7,7	6,4	7,7	8,4	7,1	8,3	6,6	7,8
Libéria	31º	6,6	8,6	4,6	8,5	7,2	6,9	6,8	9,5	6,7	8,5	7,5	8,1
Angola	34º	7,2	7,2	8,1	8,4	8,9	6	8,2	9,3	6,2	9	5,9	4,6
Togo	38º	6,4	7,6	6	7,2	8,3	6,9	8,2	8,5	6,7	7,5	6,3	5,5
Guiné-Equatorial	44º	5,9	8,2	6,9	6,3	7,9	4,3	9,8	8,7	8,4	8,5	5	4,2
Serra Leoa	45º	3,8	7,8	5,6	8,5	7,9	7,4	5,7	8,8	5	8,8	7,4	6,7
Benim	78º	5,3	6,7	2,6	6,7	8,2	6,5	5,1	8,5	4,9	7,7	5,1	5,5
S. Tomé e Príncipe	83º	4,7	6,3	4,2	8,9	6,2	7,9	4,4	6,4	3	6,7	4,9	7,9
Gabão	101º	4,8	8	2,6	5,9	5,7	5,2	7,5	6,5	6,7	6,7	3,3	4,5
Gana	114º	4,6	5,4	3,2	5,5	6,4	7,2	3,2	7,4	4,4	6,9	4	5,7

FIGURA 2.4: Posicionamento Mundial dos países do GdG

Na tabela 2.4, é possível observar-se os diferentes setores e as respetivas classificações atribuídas aos seus indicadores para todos os países do GdG. As classificações variam entre o coeficiente 10, que representa um nível de extrema instabilidade e o coeficiente 0, que representa um excelente funcionamento desse indicador.

Analisando as classificações obtidas para cada Estado, é possível identificarem-se como principais lacunas da região:

- Presença de elites faccionadas em busca de poder;
- Estado atual da economia e das desigualdades económicas existentes;
- Legitimidade do Estado nas suas ações;
- Presença de um deficitário funcionamento dos serviços públicos;
- Alto nível de pressão demográfica existente, sendo que se prevê uma duplicação da população para praticamente todos estes países no prazo de 40 anos, à exceção da Serra Leoa, Gabão e São Tomé e Príncipe (Luz, 2016).

Permite concluir que nestes países ainda existe um longo caminho a percorrer em busca de melhores condições de vida, de uma maior transparência nas ações do governo, de um maior combate à corrupção, de um maior apoio aos Direitos Humanos e no combate às desigualdades económicas.

Desta forma, ao investir-se nestes setores, contribui-se para o combate à Pirataria Marítima. Para tal, segundo Abdel Fattah (2017), deve haver um esforço

desde os meios operacionais no terreno, até ao nível governamental. Apenas deste modo poderá ser feito um adequado e eficaz combate à Pirataria Marítima.

2.2.3 Evolução da Pirataria Marítima no Golfo da Guiné

A região do GdG é atualmente a zona mais afetada por ataques de pirataria marítima, particularmente na zona do Delta do Niger na Nigéria, que como referido anteriormente, é uma região bastante cobiçada devido às suas vastas reservas de hidrocarbonetos.

De acordo com Jacobsen et al. (2021), a evolução temporal da Pirataria no GdG divide-se em três fases distintas, sendo que cada uma destas fases corresponde a uma mudança de *Modus Operandi* por parte dos grupos organizados de piratas.

A primeira fase, denominada de "Surgimento de milícias organizadas", ocorreu entre 2005 e 2009 sendo praticada na sua maioria por milícias organizadas provenientes da região do Delta do Níger. Esta fase é caracterizada pelo método "*Boarding and Robbery*", sendo que do total de ataques registados, 70% dos casos foram roubos, 15% foram Raptos e 15% foram *Hijack*. Do número total de navios atacados, verifica-se que 70% eram navios que transportavam petróleo ou gás natural.

Durante este período a utilização de equipas de segurança a bordo ainda não era uma prática comum pelo que os ataques eram perpetrados a navios com baixo nível de proteção. Os grupos de piratas não demonstravam grande nível de preparação nem se encontravam bem estruturados pelo que, segundo Jacobsen et al. (2021), eram frequentemente realizados ataques em que os atacantes se encontravam sobre o efeito do álcool ou de drogas.

À medida que as empresas responsáveis pela indústria petrolífera foram melhorando e estendendo os serviços de proteção às reservas de petróleo, os piratas foram gradualmente melhorando as técnicas que utilizavam na abordagem aos navios-alvo e modernizando os meios que dispunham.

Este período foi de forma indiscutível bastante importante para a criação de forças militares, através da constituição de uma força conjunta entre a Força Aérea, a Marinha e o Exército Nigeriano dedicadas à vigilância e proteção dos espaços marítimos, particularmente na região do Delta do Níger.

A segunda fase é denominada de "Período de Pós Amnistia" e perdurou entre o período de 2010 a 2015. Ocorreu após a assinatura de um contrato entre o governo Nigeriano e as milícias do Delta do Níger, decorrente do crescente número

de ataques a estruturas de petróleo e de gás natural, que criaram um grave impacto na economia nigeriana. Ficou acordado entre o governo e as milícias um cessar nos ataques no Delta do Níger em troca de uma melhoria nas condições de vida da região.

No entanto, não houve cumprimento deste acordo por ambas as partes continuando os ataques a ser uma realidade bastante presente e as condições de vida na região permaneceram iguais ou piores às existentes, verificando-se um aumento da criminalidade, um colapso da economia e um aumento da pressão demográfica.

Durante este período, a tendência de classificação de ataque é o *Hijack* e os roubos perderam preponderância. O objetivo dos piratas da região do GdG focava-se essencialmente na transfega do petróleo que era apreendido dos navios-alvo para a posterior venda no mercado negro, o que permitia que os ataques no GdG tivessem um cariz mais violento do que os praticados no Golfo de Áden pois os piratas não necessitavam de se preocupar com o estado da guarnição do navio visto que não pretendiam solicitar qualquer resgate. (Rodrigues, A. R., 2014)

No entanto, a partir de 2015, os piratas alteraram o seu *Modus Operandi*, o que se deve a uma melhoria na coordenação dos meios navais e à descida do preço do crude. Os piratas começaram a focar-se no rapto das tripulações dos navios para pedir o seu posterior resgate, em detrimento do simples ato de *Bunkering* que era praticado anteriormente. O *Bunkering* apresentava sérios riscos para os piratas pois era um ato bastante moroso, o que permitia que as autoridades tivessem tempo para atuar e descobrir a sua localização. Deste modo, observou-se, claramente, uma mudança de paradigma na forma de atuação dos grupos de piratas. (Portela Guedes, 2020)

A terceira e atual fase é denominada como "Mudança de Paradigma: Da Petro-Pirataria à Pirataria do Rapto e Resgate" e compreende o período entre 2016 e 2021. Desde 2016 verificou-se novamente uma alteração no *Modus Operandi* dos grupos organizados de piratas, sendo que o novo método consiste no rapto dos membros da tripulação do navio para posteriormente exigir o seu resgate em troca de um prémio monetário.

De acordo com Jacobsen et al. (2021), o número de raptos em 2020 praticamente duplicou comparativamente a 2015 e verificou-se ainda que os raptos praticados a navios estrangeiros aumentaram de 38% para 89% para o mesmo período de tempo.

Esta nova tendência de classificação de ataque, faz com que o espetro de navios que se encontram sobre risco de ataque se tornasse mais amplo e não se encontre direcionado para os navios que transportavam petróleo ou gás natural, como acontecia anteriormente.

É ainda possível identificar dois diferentes modos de escolha do navio, dependendo do grupo organizado que irá perpetrar o ataque, sendo que uns permanecem no mar por longos períodos à espera de que surja um alvo e que o ataque seja bem sucedido, enquanto outros grupos elaboram planos específicos de ataques e reúnem informação sobre os alvos, analisando vários fatores como, por exemplo, quais os navios que apresentam um menor número de medidas de proteção, quais é que vão atravessar certa localização a determinada hora ou aqueles em que se prevê que o seu pedido de resgate seja valioso.

Segundo IMB (2020) têm inclusive sido registados raptos a distâncias cada vez mais longe de costa, o que comprova o facto dos piratas terem cada vez mais melhores meios. Revela-se ainda que para o ano de 2020, 80% dos atacantes encontravam-se armados com armas de fogo, o que revela que se encontram bem armados para fazer face a qualquer ameaça que lhes possa surgir.

Segundo Michael Howlet, Diretor do ICC IMB, "As últimas estatísticas confirmam o aumento das capacidades dos piratas do GdG, com o facto de ocorrer cada vez mais um maior número de ataques longe de costa. Esta é uma tendência preocupante e apenas pode ser resolvida através de uma melhor troca de informações e de coordenação entre os diferentes navios, reportando e respondendo às agências do GdG. Apesar das ações imediatas tomadas por parte dos meios navais presentes na região, prevalece a necessidade urgente de enfrentar este crime, que continua a ter um impacto direto na segurança marítima".

Por conseguinte, é possível afirmar-se que durante a primeira fase a tendência era apenas do roubo das cargas e dos valores dos navios, de seguida alterou-se para o *Hijack* de alvos que transportassem petróleo ou gás natural e, por último, a fase do rapto de membros das guarnições em busca de pagamento pelo seu resgate. De referir ainda que os meios utilizados pelos piratas foram sofrendo modernizações permitindo-os operar mais longe de costa e a abordar navios com dimensões superiores. Na figura 2.5 é possível observar-se uma síntese da evolução da Pirataria Marítima no GdG, desde a sua fase inicial até à atualidade.

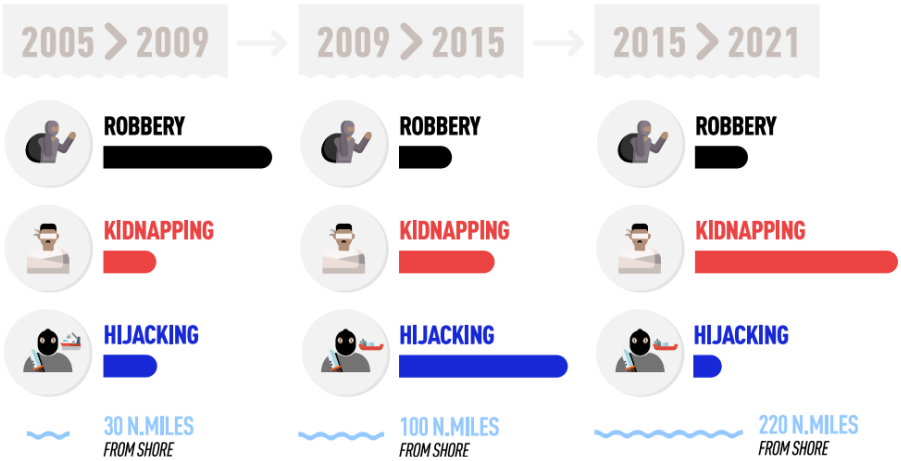


FIGURA 2.5: Posicionamento Mundial dos países do GdG
Retirado de Jacobsen et al. (2021)

Capítulo 3

Tratamento e Análise dos Dados

No presente capítulo será descrita a forma como se procedeu ao tratamento e análise dos dados.

Em primeira instância, será abordada a forma como foram obtidos os dados respeitantes aos ataques de pirataria e que, posteriormente, foram utilizados para a construção da Base de Dados (BD). De seguida, será apresentada uma descrição das variáveis que foram consideradas relevantes, quer por estudos anteriores, quer pela revisão de literatura realizada pelo autor. Serão descritas todas as ações de pré-processamento inerentes ao desenvolvimento da BD, designadamente, a abordagem adotada perante a presença de valores omissos e qual o método utilizado para os prever. Por último, será abordada a forma como foi realizado o Teste à Independência (TI) das Variáveis, que será o ponto de partida para o estabelecimento de relações entre as variáveis e a sua representação através de Redes Bayesianas.

3.1 Obtenção dos Dados

Para a consecução do presente estudo, a primeira linha de ação consistiu na recolha de dados dos ataques de pirataria que ocorreram no Golfo da Guiné entre os anos de 2010 e de 2021.

Como fonte principal de recolha de dados foram utilizados os relatórios mensais e anuais da IMO[8] e do IMB[9] , tendo o autor deslocado-se ao Centro de Gestão e Análise de Dados Operacionais (CADOP) por forma a recolher documentação para o auxílio na posterior análise dos resultados.

[8] *Link* para aceder aos relatórios de ataque https://www.imo.org/en/OurWork/Security/Pages/Piracy-Reports-Default.aspx

[9] Link para aceder aos relatórios de ataque https://icc-ccs.org/index.php/piracy-reporting-centre/live-piracy-map

Posteriormente, procedeu-se ao cruzamento dos dados das duas fontes, por forma a obter uma BD mais completa, dado que a IMO e o IMB dispõem de diferentes números de ataques registados, resultado dos acordos entre as companhias marítimas e as diferentes identidades. Desta forma, nem todos os incidentes são reportados a ambas as entidades. Apesar deste facto, os valores seguem as mesmas tendências. (Piteira, 2021)

Dos dados obtidos dos relatórios, foram eliminados todos os ataques cujos respetivos relatórios não apresentassem informação acerca de:

- Posição Geográfica onde ocorreu o ataque ou quando apenas constasse informação relativa somente à Latitude ou somente à Longitude;
- Hora nem o momento do dia a que ocorreu o ataque;
- Se o navio se encontrava a navegar, fundeado ou atracado;
- Nome e tipo de navio cumulativamente;

Segundo os estudos de Vaněk et al. (2013), Jin et al. (2019) e Jiang e Lu (2020), os fatores meteorológicos apresentam grande impacto no número de ataques de pirataria e na sua taxa de sucesso. Visto que os relatórios das diferentes fontes não continham informação sobre variáveis meteorológicas, foi acrescentada essa informação à base de dados.

Assim, procedeu-se à extração dos dados respeitantes às variáveis consideradas como mais revelantes nos estudos analisados, nomeadamente: velocidade do vento, altura significativa da onda e nível de precipitação aquando da ocorrência do ataque. Esta recolha foi realizada acedendo às bases de dados do *Copernicus*[10], uma vez que o Instituto Hidrográfico não dispunha deste conjunto de dados para a região do Golfo da Guiné.

3.2 Seleção de Variáveis

Tendo em conta a diversidade dos ataques de pirataria que ocorreram nos últimos anos e as constantes alterações de *Modus Operandi* que se registaram, existe um grande conjunto de variáveis que serão consideradas neste estudo. No entanto, nem todas as variáveis consideradas relevantes se encontram disponíveis nas diferentes fontes de informação, quer por o seu conteúdo ser desconhecido, quer por não

[10]É o programa de Observação da Terra da UE e oferece serviços de informação baseados na observação da Terra por satélite e dados *in situ* (não espaciais). Este programa pode ser acedido através do site https://www.copernicus.eu/pt-pt

terem sido registados no relatório da ocorrência do ataque ou, ainda, por questões de confidencialidade. Deste modo, as variáveis selecionadas encontram-se agrupadas em sete categorias, de acordo com a sua tipologia, tal como consta na figura 3.1:

FIGURA 3.1: Variáveis utilizadas para o presente estudo

Em cada uma das categorias poder-se-ão incluir diversas variáveis:

1. Momento do Dia: Momento em que o ataque ocorreu, pois influencia a capacidade do navio detetar e enfrentar a ameaça devido à presença ou não de luz solar e subdivide-se em:

- Período Diurno - Desde o momento em que ocorre o nascer do sol até ao seu ocaso;
- Período Noturno - Desde o momento em que ocorre o ocaso do sol até que ocorra o nascer do sol;
- Data - Representa o dia, mês e ano em que ocorreu o ataque, no formato aaaa-mm-dd, segundo a norma ISO 8601 [11];
- Ano - Representa o ano em que ocorreu o ataque;
- Estação - Na região do GdG apenas existem a estação quente e seca (meses de novembro a março) e a estação fria e húmida (meses de abril a outubro);
- Hora UTC - Representa a hora do ataque em fuso ZULU;

2. Localização Geográfica: Esta variável refere-se ao conjunto de fatores geográficos que tornam determinada região mais apetecível para a operação de grupos de piratas e subdivide-se da seguinte forma:

- Posição Geográfica - Posição em que ocorreu o ataque, em latitude e longitude. Para a respetiva georreferenciação das coordenadas no *Software* desenvolvido,

[11] A ISO 8601 é uma norma emitida pela *International Organization for Standardization* (ISO) e tem como foco a padronização da representação de datas e horas.

foi necessária a sua conversão da forma graus e minutos (precisão com que se encontravam registadas as coordenadas nos relatórios dos ataques) para apenas graus. A equação utilizada para a conversão foi a seguinte:

$$LAT(Dec) = Graus + \frac{Minutos}{60} \tag{3.1}$$

- Estado Costeiro - País que detém a jurisdição sobre o espaço marítimo em que ocorreu o ataque;
- Proximidade à costa - Distância mínima à costa, em milhas, do local onde ocorreu o ataque;
- Área de Navegação - Indica se o ataque ocorreu na Área Portuária, no Mar Territorial, que se estende até às 12 milhas (Artigo 3.º da CNUDM), ou em Águas Internacionais, que se estendem para além das 12 milhas.

3. Condições Meteorológicas: As condições meteorológicas é outro importante fator a ter em consideração. O efeito do vento e o estado do mar afetam a operacionalidade dos grupos de piratas, visto que na maioria das vezes utilizam pequenas embarcações para fazer a aproximação e a consequente abordagem ao navio-alvo. Deste modo, se as condições meteorológicas forem adversas, é previsível que esta tarefa seja bastante dificultada. Os níveis de precipitação também constituem uma variável a ter em conta, por razões similares às referidas em relação ao efeito do vento.

- Estado do Vento (EV): Para a divisão dos diferentes níveis de intensidade do vento, foi utilizada a Escala de *Beaufort*. Esta escala classifica a intensidade dos ventos, tendo em conta a sua velocidade e os efeitos resultantes no mar e em terra.

  Tendo em conta que os valores registados na BD variavam apenas entre os 0,9 m/s e os 8,4 m/s, apenas foram considerados os seguintes níveis da Escala de *Beaufort* e que cobriam a amplitude total dos dados:

  - Bafagem: de 0,3 a 1,5 m/s;
  - Aragem: de 1,6 m/s a 3,3 m/s;
  - Fraco: de 3,4 m/s a 5,4 m/s;
  - Moderado: de 5,5 m/s a 7,9 m/s;

  - Fresco: de 8,0 m/s a 10,7 m/s.

- Estado do Mar (EM): Foi utilizada a Escala de *Douglas*. Esta escala classifica o EM tendo em conta a altura das ondas e serve ainda para medir o *Swell*[12].

  Tendo em conta que os valores registados na BD variavam apenas entre os 0,1 m e os 2,4 m, apenas foram considerados os seguintes níveis da Escala de *Douglas* e que cobriam a amplitude total dos dados:

  - Encrespado: entre 0,1 m e 0,5 m;
  - Pequena Vaga: entre 0,5 m e 1,25 m;
  - Cavado: entre 1,25 m e 2,5 m;

- Nível de Precipitação: Como escala para a definição dos diferentes níveis, adotou-se a escala proposta por Alpert et al. (2002) para um estudo dos níveis de precipitação extremos para a região Mediterrânica. Foram definidos os seguintes níveis de precipitação:

  - Chuva Leve: até 4 mm/dia;
  - Chuva Moderada: de 4 mm/dia a 32 mm/dia;
  - Chuva Forte: para valores superiores a 32 mm/dia;

Com o intuito de reduzir o número de variáveis para a conceção de uma Rede Bayesiana a ser aplicada à BD, o autor agregou estas três variáveis numa só variável. Esta variável, *Meteorologia*, irá conter apenas três valores, $\{1, 2, 3\}$, que irão corresponder a uma descrição geral das condições meteorológicas. A classificação obtida para os diferentes níveis da variável *Meteorologia* encontra-se representada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Tabela com a classificação dos Níveis de Meteorologia

	Vento	Bafagem	Bafagem	Bafagem	Aragem	Aragem	Aragem	Fraco	Fraco	Fraco	Moderado	Moderado	Moderado	Fresco	Fresco	Fresco
	Precipitação	Leve	Moderada	Forte	Leve	Moderada	Forte	Leve	Moderada	Forte	Leve	Moderada	Forte	Leve	Moderada	Forte
Estado do Mar	Mediana	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Crescente	1	1	2	1	2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3
	Elevada	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3

Esta classificação foi realizada tendo em conta as correspondências de ordem existentes entre as diferentes escalas.

4. Características do Navio-Alvo: Conjunto de características que atribuem a identidade ao navio-alvo, nomeadamente:

[12]É um fenómeno provocado pelas tempestades que ocorrem em alto-mar e consiste na formação de ondas ininterruptas que se propagam por grandes distâncias

- Tipo de Navio: Nos relatórios dos ataques constavam 26 diferentes tipos de navios que cruzavam as águas do GdG, no entanto, este número foi reduzido para apenas quatro classificações, dado que existiam tipos de navios semelhantes (em forma e função) e que podiam ser considerados como o mesmo tipo de navio e, ainda, tipos de navios que ocorriam em menos de 2% dos casos totais.
  - *Cargo Ship*: Navios que se dedicavam ao transporte de cargas em grandes quantidades e contentores, nomeadamente os tipos de navio: *Bulk Carrier*, *Cargo Ship* e *Supply Ship*.
  - *Oil Ship Transporter*: Navios que transportassem combustíveis e petróleo, nomeadamente:*Tanker*, *Oil Tanker* e *Product Tanker*.
  - *Chemical Tanker*: Navio utilizado para o transporte de produtos químicos líquidos.
  - *Outros*: Todos aqueles que não representam mais de 2% do total de casos.
- Estado do Navio: A navegar, fundeado ou atracado;
- Estado de Bandeira (EB): País de registo do navio e as leis do Direito Marítimo interno pelas quais se rege.
- Risco de Bandeira: Esta variável foi criada através da variável EB, visto que a mesma apresentava um elevado número de países e, para a sua utilização na Rede Bayesiana, optou-se por dividir em três níveis de risco, consoante o número de ataques registados por EB. Estes níveis encontram-se seguidamente descritos:
  - Baixo Risco: Estados de Bandeira com menos de 20 ocorrências;
  - Médio Risco: Estados de Bandeira com 20 a 50 ocorrências;
  - Alto Risco: Estados de Bandeira com mais de 50 ocorrências.

5. Desfecho do Ataque: Tem como objetivo definir se o ataque foi bem sucedido e, se sim, qual o tipo de crime cometido.

- Classificação de Ataque: Representa o resultado do ataque, podendo este ter sido conseguido ou não conseguido. Caso o ataque seja conseguido, irá assumir uma das seguintes formas:

  -*Hijack*: Os piratas conseguiram tomar o controlo da manobra do navio;

-Rapto: Quando os reféns são raptados e levados do seu navio, quer seja para terra ou para outro navio;

-Sequestro: Semelhante ao rapto mas distingue-se por os reféns serem mantidos dentro do próprio navio;

-Roubo: Furto de carga ou de bens pertencentes ao navio e à tripulação;

Devido ao facto de existirem ataques que continham mais do que um tipo de classificação, tal como por exemplo ocorrer simultaneamente um *Hijack* e um Roubo, este apenas irá ser considerado como um *Hijack*, tendo em conta a escala definida pelo autor para a gravidade do ataque e que se encontra representada na expressão (3.2).

$$Hijack > Rapto > Sequestro > Roubo > Não\ Conseguido \tag{3.2}$$

- Nível de Ataque: Tem em conta a *Classificação de Ataque* e tem como objetivo a divisão das diferentes classificações em três diferentes níveis, consoante a gravidade do crime praticado. Foram definidos os 3 seguintes níveis:
  - Nível 1: Não Conseguido;
  - Nível 2: Sequestro ou Roubo;
  - Nível 3: *Hijack* ou Rapto.

O nível 1 significa que o ataque não teve sucesso, o nível 2 significa que o ataque teve sucesso e o crime praticado foi um roubo ou um sequestro, ou seja, os membros da guarnição não foram deslocados para uma localidade definida pelos piratas. Quanto ao nível 3, já envolve o acontecimento de um ato de *Hijack* ou Rapto, em que o navio é dominado pelos piratas e conduzido a um local para a transfega dos combustíveis para outro navio (caso do *Hijack*), ou, no caso do rapto, em que as vítimas são mantidas em terra ou noutro navio até que o seu resgate seja pago.

Note-se que o facto de um ataque ter sido não conseguido, poderá estar mais relacionado com a capacidade do navio de o evitar do que a verdadeira dimensão da ameaça, podendo, dessa forma, um destes ataques ser um potencial *Hijack* ou Rapto, por exemplo. Indicando, possivelmente, uma necessidade de correção do *Nível de Ataque a posteriori*.

6. Nível de Perigosidade: O *Nível de Perigosidade* consiste na combinação das variáveis *Tipo de Armamento* e *Número de Criminosos*.

- Tipo de Armamento: Tipo de armamento utilizado pelos piratas durante o ataque, nomeadamente: Armas de Fogo, Facas, Lança-Roquetes (RPG's) ou Desconhecido, quando essa informação não constar nos relatórios de ataque. Para tal, foi considerada a seguinte ordem crescente de impacto para o *Tipo de Armamento*:

$$RPG > Arma\ de\ Fogo > Desconhecido > Faca \tag{3.3}$$

  A variável Desconhecido foi considerada para o *Tipo de Armamento* dado que em 46% dos relatórios, o *Tipo de Armamento* não é descriminado. Na escala de impacto, o autor optou por a considerar entre a Faca e a Arma de Fogo. A hipótese de considerar estes registos como dados omissos levaria à tentativa de criar um modelo de previsão para preencher quase 50% da base de dados, considerando-se uma hipótese menos viável.

- Número de Criminosos: Representa o número de criminosos que perpetraram o ataque. Esta variável foi extraída das diferentes fontes em forma de numeração cardinal e dividiu-se nos três seguintes níveis, conforme proposto pela IMO:

  — Baixo: 1 a 4 criminosos;

  — Médio: 5 a 10 criminosos;

  — Alto: mais de 10 criminosos.

Relativamente ao *Nível de Perigosidade*, é expectável que quanto mais elevado este for, maior será a probabilidade do ataque ter sucesso. Foram definidos três diferentes Níveis de Perigosidade:

1 - Baixo;

2 - Médio;

3 - Alto.

A classificação para o *Nível de Perigosidade* é a representada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Tabela com a classificação dos Níveis de Perigosidade

		Tipo de Armamento			
		Armas de Fogo	RPG	Facas	Desconhecido
Nº Criminosos	Baixo	2	3	1	2
	Médio	3	3	1	2
	Alto	3	3	2	3

7. Plano de Contingência: Conjunto de *Medidas de Proteção* tomadas pelo navio-alvo para fazer face à ameaça e evitar que o ataque seja bem sucedido. Divide-se nas seguintes variáveis (todas em código binário):

- Alarme - Se o alarme foi ou não acionado;
- Ajuda de Autoridades - Houve ou não a intervenção de autoridades;
- Presença de Equipa de Segurança - O navio-alvo dispunha ou não de uma equipa de segurança a bordo;
- Cidadela - Se a guarnição do navio fez uso da cidadela durante o ataque;
- Manobras Evasivas - Se foram ou não realizadas manobras evasivas, ou efetuadas alterações de velocidade para evitar a abordagem por parte dos piratas.

  A variável *Nível de Proteção* representa o número de *Medidas de Proteção* a que o navio-alvo recorreu no momento do ataque, dividindo-se nos três seguintes níveis:

  Baixo: Nenhuma ou uma *Medida de Proteção*;

  Médio: Duas ou três *Medidas de Proteção*;

  Alto: Quatro ou cinco *Medidas de Proteção*;

  Caso o navio-alvo conte com a presença de uma equipa de segurança a bordo, o seu *Nível de Proteção* é automaticamente considerado como "Alto".

3.3 Desenvolvimento da Base de Dados

O processo de criação da BD envolveu uma análise extensiva de relatórios mensais da IMO dos ataques ao longo do período de 11 anos e envolveu todas as tarefas e procedimentos inerentes à realização do pré-processamento dos dados que irão ser descritas posteriormente. O pré-processamento foi realizado com recurso à linguagem *Python*.

Para a extração das variáveis da altura da onda, da velocidade do vento e dos níveis de precipitação, foi delimitada a região geográfica sobre a qual se pretendiam obter os dados, através da imposição de limites com coordenadas geográficas conforme representado na figura 3.2.

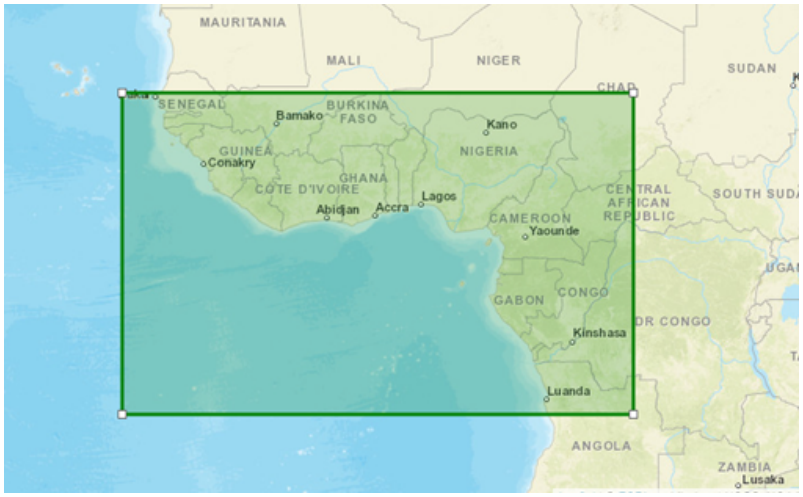


FIGURA 3.2: Caixa representativa dos limites geográficos utilizados para a extração dos Dados

A referida caixa cobre as posições de todos os ataques presentes na BD permitindo obter o conjunto de dados meteorológicos necessários. Os dados extraídos encontram-se no formato NetCDF4[13], cujo tamanho implica um elevado grau de processamento.

Para a extração destes dados, foi desenvolvido um código em *Python* que permite de forma automática a extração dos dados deste ficheiro, tendo em conta a localização e o período definido na BD, facilitando a sua utilização em estudos futuros. Este algoritmo pode ser utilizado pelo CADOP e outras entidades para completar as suas BD's acrescentando, sempre que pretendido, as condições meteorológicas.

É importante referir que os dados obtidos relativos às condições meteorológicas não são dados *in situ*[14], mas sim dados provenientes de modelos matemáticos

[13]É um tipo de arquivo na forma de hipercubo de dados, que contem as suas dimensões, variáveis e metadados, entre outras. A biblioteca *NetCDF* da linguagem *Python* dispõe de funções que permitem a manipulação desses dados armazenados e permitem extrair informações descritivas sobre os dados. Este tipo de arquivos permite ao utilizador aceder a um pequeno subconjunto de dados pertencente a uma grande BD. (Oliveira & Nakai, 2014)

[14]Tipo de dados que correspondem a medições ambientais extraídas de sistemas de monitorizamento marítimos tais como, por exemplo, bóias ou instrumentos de medição meteorológicos localizados nas regiões de onde se pretendem extrair os dados

denominados de *Ocean Models*[15]. (Copernicus, s.d.)

Os dados derivados do modelo utilizado correspondem ao tipo *Hindcast (Re-analyses)* onde já foi efetuada uma comparação entre a previsão de determinados valores e os seus valores reais disponíveis, sendo realizados todos os ajustes necessários para aumentar a precisão do modelo. (Copernicus, s.d.)

3.3.1 Valores Omissos

Considerando o facto de nem todos os relatórios conterem informação acerca de todas as variáveis presentes neste estudo, nomeadamente a *Proximidade à Costa*, o *Estado de Bandeira* e o *Número de Criminosos*, foi necessário arranjar a melhor forma de lidar com esses valores omissos.

Quanto à *Proximidade à Costa*, estes valores obtiveram-se através das respetivas coordenadas da latitude e da longitude, que se encontram presentes na totalidade dos ataques da Base de Dados. O método utilizado foi a inserção das coordenadas geográficas de cada ponto no *Google Earth Pro* para visualização de qual o ponto em terra mais próximo da ocorrência do ataque e, desta forma, extrair as coordenadas geográficas desse ponto.

FIGURA 3.3: Obtenção do Ponto de Costa mais próximo da ocorrência do ataque

Após a obtenção das coordenadas geográficas do ponto de costa mais próximo, utilizou-se a fórmula de *Haversine*[16]

[15]São modelos numéricos que descrevem as propriedades do oceano e de todos os seus fatores envolventes. Desempenham um papel fundamental nos estudos realizados sobre a influência do oceano nos estudos meteorológicos e climáticos. Estes modelos podem ser utilizados para descrever o estado do oceano no passado, presente e futuro. (NOAA, s.d.)

[16]Fórmula que permite calcular a distância mais curta entre dois pontos à superfície da terra, a denominada Ortodromia ou distância do Círculo Máximo.

$$d_H = 2r \arcsin \sqrt{\sin^2\left(\frac{y_{lat_1} - y_{lat_2}}{2}\right) + \cos(y_{lat_1}) \cos y_{lat_2} \sin^2\left(\frac{x_{long_1} - x_{long_2}}{2}\right)} \quad (3.4)$$

de forma a obter uma melhor precisão na distância entre os dois pontos.

Quanto ao método utilizado para suprir os valores omissos das variáveis *Estado de Bandeira* e *Número de Criminosos* recorreu-se ao método de classificação k-vizinhos com $k = 3$ (número de vizinhos selecionado por apresentar um menor erro de teste de entre valores de $k = 1$ a 7) e que, através da distância Euclidiana aos três vizinhos mais próximos, permitiu efetuar o preenchimento desses dados omissos.

3.4 Teste à Independência das Variáveis

Após ter a BD completa e de se ter realizado todo o seu pré-processamento, o desafio seguinte deste estudo passa por estudar as relações de dependência entre as diferentes variáveis, visto que, posteriormente, será importante ter esta informação para definir o modelo de redes Bayesianas.

Para inferir sobre as relações de dependência entre as variáveis utilizou-se o TI do Qui-Quadrado, que é um teste de hipóteses estatístico utilizado para determinar se duas variáveis categóricas ou nominais apresentam relações de dependência entre si e, se sim, qual o seu grau de dependência (Gooch, 2011). Este teste consiste em opor a hipótese nula ($H0$) e a hipótese alternativa ($H1$) da seguinte forma:

$$H_0 : \text{As variáveis são independentes} \quad vs \quad H1 : \text{As variáveis não são independentes}$$

Segundo Gooch (2011), de forma a serem válidos os resultados obtidos no TI, um conjunto de condições deve ser respeitado, nomeadamente:

1. Possuir uma amostra aleatória com os valores dos dados que representem a população de interesse;
2. Utilizar o teste apenas com duas variáveis categóricas ou nominais. Não se deve utilizar o TI com variáveis contínuas e que definam as combinações de categoria.
3. Para cada combinação dos níveis das duas variáveis, são necessárias pelo menos 5 ocorrências para cada acontecimento, caso contrário o resultado do teste não será deverá ser admitido.

Respeitando as condições suprarreferidas, este teste pode ser aplicado após efetuada a contabilização do número de dados correspondentes a cada cruzamento de variáveis.

Subsequentemente é efetuada a comparação entre a diferença da contagem esperada e da contagem observada, o que se traduz na aplicação da fórmula do TI pelo método do qui-quadrado, representada em (3.5).

$$\boldsymbol{X^2} = \sum \frac{(Valor\ Observado - Valor\ Esperado)^2}{Valor\ Esperado} \tag{3.5}$$

cuja distribuição é qui-quadrado com $n - 1$ graus de liberdade, sendo n o tamanho da amostra.

É através do valor-p (ou p-value), que é tomada a decisão de rejeitar ou não (H_0), considerando um nível de significância α. (Fernanda Figueiredo, 2017)

Tendo sido adotado um valor de $\alpha = 0.05$, serão consideradas como possivelmente independentes as variáveis cujo seu $p - value$ seja superior a 0.05.

De acordo com o Critério de *Cochran*, existe outro conjunto de critérios a ser cumpridos pelo conjunto de dados (Cadima, 2018), caso contrário, os resultados obtidos poderão ser enviesados:

- O objetivo será testar a sua independência e não a sua dependência;
- Não deverá haver nenhum valor onde a contagem esperada seja 0;
- Não mais do que 20% dos valores tenham uma contagem esperada inferior a 5.

Caso contrário, é necessário realizar-se o agrupamento de variáveis por forma a cumprir com os requisitos, pelo que se optou por fazer o seu agrupamento através da manipulação das variáveis, que será descrita no subcapítulo 3.4.1.

Após realizado todo este processo, foi possível definir quais as variáveis que deverão ser consideradas independentes e quais as que dever-se-iam assumir como dependentes na elaboração do modelo de Rede Bayesiana.

No entanto, foram detetadas possíveis relações de dependência que não continham qualquer tipo de lógica, pelo que foram desconsideradas para a construção da Rede Bayesiana e, em contraponto, também foram detetadas variáveis onde se poderia assumir a independência, mas contrariando o que é lógico, sendo, para tal,

assumido que haveria dependência. A maioria destas decisões que poderiam, aparentemente, contrariar os resultados do teste à independência, permitiram que o modelo obtivesse o nível de precisão mais elevado na classificação das redes Bayesianas implementadas.

3.4.1 Manipulação de Variáveis para a realização do Teste à Independência

Para se poder aplicar o TI à BD de ataques de forma a cumprir com todos os requisitos, foram necessárias criar variáveis, que se encontram seguidamente descritas.

Zona Costeira: Esta variável foi criada devido ao facto de existir um grande número de Estados Costeiros e que, alguns destes, tinham um número de casos reduzidos o que não permitia que a 3.ª condição do TI fosse cumprido, dividindo-se os Estados Costeiros em 4 zonas (representadas na figura 3.4), com base na sua localização geográfica:

Zona 1: Guiné-Bissau, Guiné, Serra Leoa, Libéria;

Zona 2: Costa do Marfim, Gana, Togo e Benim;

Zona 3: Nigéria, Camarões, Guiné-Equatorial;

Zona 4: Gabão, São Tomé e Príncipe, Congo, República Democrática do Congo e Angola.

Conjunto de Anos: Esta variável foi criada com base num critério similar ao utilizado para a criação da variável *Zona Costeira*, dado que existem anos em que o número de casos descresceu consideravelmente, fazendo com que ao testarem-se as relações de dependência com outras variáveis, esta não cumpra com o 3.º requisito do TI. Os conjuntos de anos adotados foram os seguintes:

Conjunto 1: Do ano de 2010 a 2012;

Conjunto 2: Do ano de 2013 a 2015;

Conjunto 3: Do ano de 2016 a 2018;

Conjunto 4: Do ano de 2019 a 2021.

FIGURA 3.4: Representação das diferentes Zonas Costeiras consideradas

Relativamente às restantes variáveis, não foi necessário aplicar quaisquer modificações uma vez que respeitavam todas as condições necessárias para a realização do TI. Deste modo, é possível constatar-se que as variáveis que continham um maior número possível de diferentes resultados, foram as únicas que inicialmente não correspondiam ao 3.º critério para a aplicação do TI.

3.5 Análise Estatística de Dados

Para uma melhor compreensão/identificação dos padrões existentes nos ataques de pirataria no período entre 2010 e 2021, é imperativo realizar-se uma análise geral dos dados e das respetivas variáveis que se encontram na BD.

Começou por se analisar o *Período* (Diurno ou Noturno) em que foi registado um maior número de ataques, sendo visível no gráfico da figura 3.5 que dos 595 ataques registados, 434 ocorreram no período Noturno, o que representa uma percentagem de cerca de 73%, indicando que os piratas tendem a operar maioritariamente no período Noturno, podendo dever-se à sua vantagem por existir falta de visibilidade durante a noite, o que reduz tanto a probabilidade de serem detetados como a de os navios atacados receberem ajuda de autoridades.

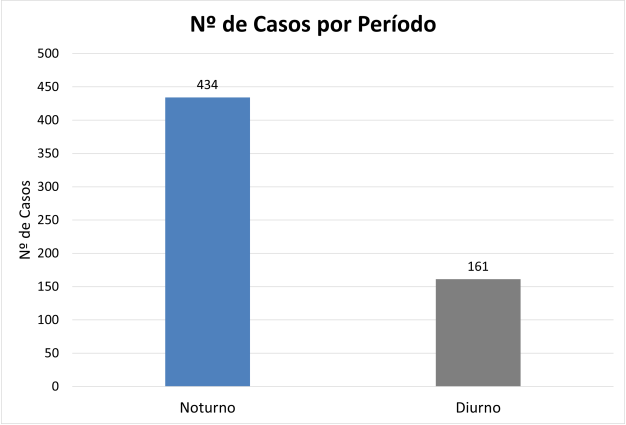


FIGURA 3.5: Número de Casos por *Período*

Relativamente à intervenção das autoridades, pode deduzir-se que seja algo que varie bastante do dia para a noite e, apesar de haver grande parte dos ataques sem assistência das autoridades, é possível verificar através do gráfico de barras da figura 3.6 que ocorre uma subida de 10% na assistência das autoridades para o período diurno, relativamente ao noturno.

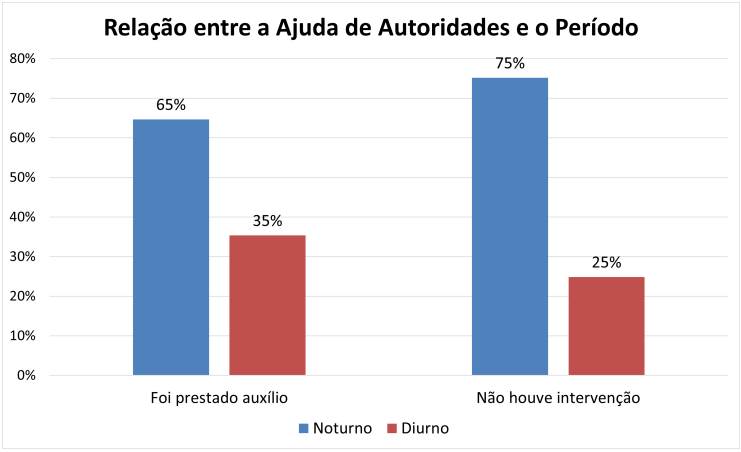


FIGURA 3.6: Percentagem de navios que obtiveram auxílio das Autoridades consoante o *Período*

Explorando a variável *Data*, é possível observar-se no gráfico de registos por dia na figura 3.7 que existem oito datas nas quais ocorreram três casos no mesmo dia, em: 03/03/2011, 30/06/2012, 29/04/2017, 22/03/2018, 29/10/2018, 25/01/2019, 27/02/2019 e 08/02/2021.

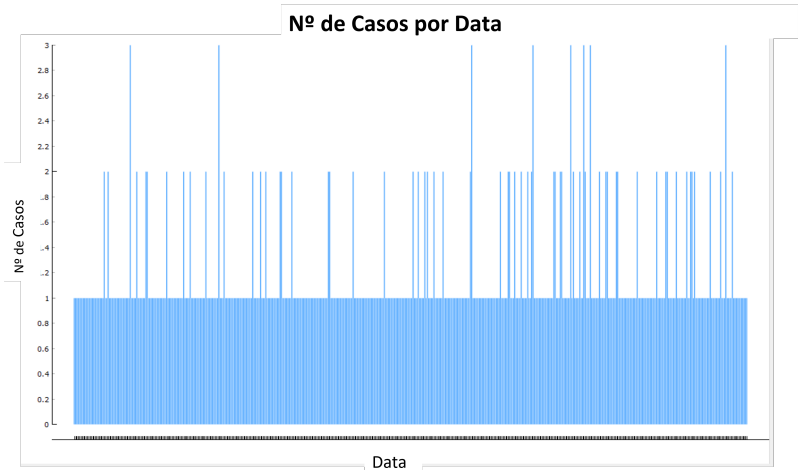


FIGURA 3.7: Número de casos por *Data*

Destas datas, é possível verificar-se que cinco das oito ocorrem nos três primeiros meses do ano. Facto que poderá ser explicado pelas condições meteorológicas, tendo em conta as duas estações do ano existentes na região do GdG. Para ser possível verificar mais aprofundadamente esta possibilidade, ou seja, de os ataques ocorrerem maioritariamente nos primeiros meses do ano, recorreu-se à linha de tendência representada na figura 3.8 e que permitiu verificar a existência desse padrão. Sendo estes meses mais quentes e, principalmente, com menor pluviosidade, deverá fornecer aos piratas maior conforto no mar, podendo revelar-se como um dos fatores para o sucesso na concretização dos ataques.

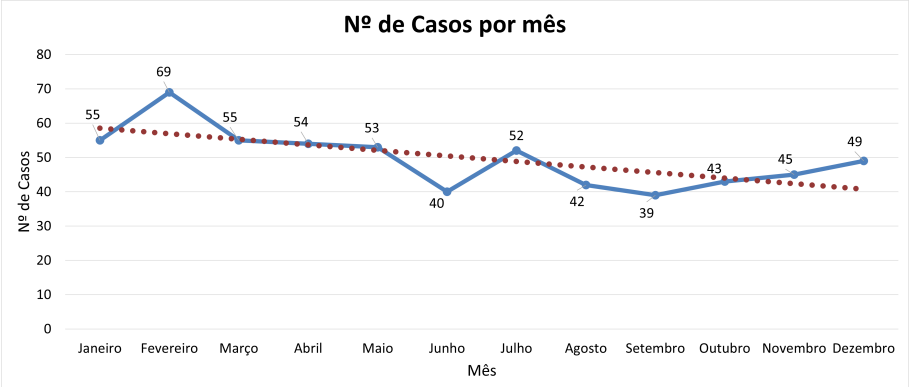


FIGURA 3.8: Número de casos por mês no período de 2010 a 2021

Ao longo dos anos têm sido desenvolvidos esforços no âmbito das medidas de proteção contra os ataques de pirataria, no entanto, conforme consta na figura 3.9 os ataques com sucesso ainda representam 55% dos 595 ataques registados, demonstrando que ainda se devem tomar novas medidas para a defesa dos navios.

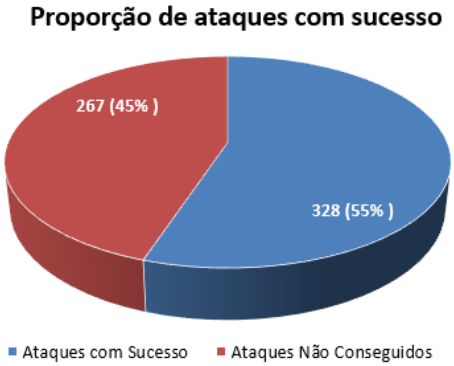


FIGURA 3.9: Proporção de ataques com sucesso

Contudo, pode-se verificar através da análise dos gráficos circulares das figuras 3.10 e 3.11, que essa taxa de sucesso varia consideravelmente consoante o *Período*. Existe uma larga diferença entre os 59% de taxa de sucesso no *Período* noturno e os 44% no *Período* diurno. Poder-se-á concluir que não só é mais fácil proteger o navio durante o *Período* diurno, em que as condições de visibilidade são melhores e a comunicação é mais frequente, como também que as medidas de segurança adotadas são mais eficientes para o *Período* diurno.

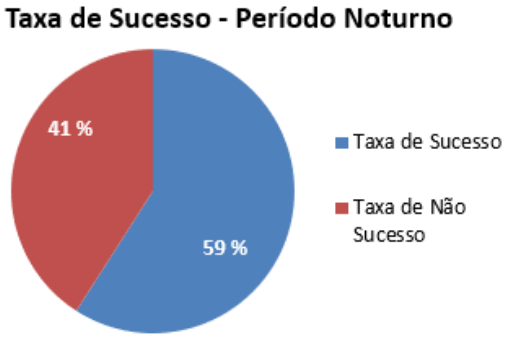


FIGURA 3.10: Taxa de Sucesso dos Ataques no *Período* Noturno

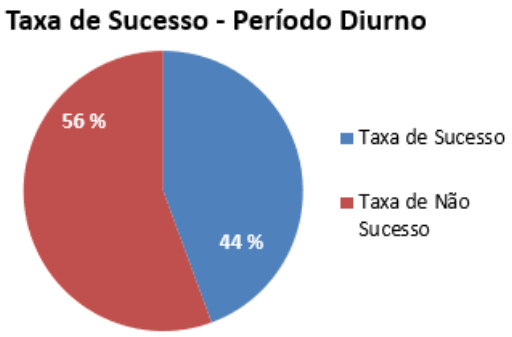


FIGURA 3.11: Taxa de Sucesso dos Ataques no *Período* Diurno

Para a seleção do alvo que pretendem atacar, existe um conjunto de fatores que os piratas têm em conta (Stracke & Bos, 2009). Estes fatores são:

- Especificidades do navio, nomeadamente a sua dimensão, o seu formato, o tipo de navio, as medidas de proteção de que poderá dispôr, o número de tripulantes e se este é fácil de atacar e controlar;
- A possibilidade da intervenção de forças militares ou de segurança perto da área de interceção do alvo;

- O potencial lucro que o alvo poderá proporcional;
- A localização do navio e o estado do navio.

Neste seguimento, analisando os diferentes números de navios por *Tipo de Navio* apresentados na figura 3.12, conclui-se que os mais atacados são os *Cargo Ship* e os *Oil Ship Transporter*, representando respetivamente 42% e 34% do número de total de ataques registados.

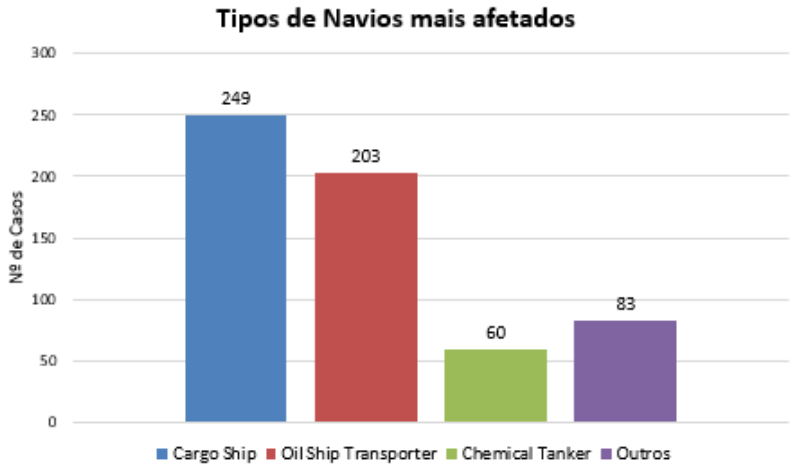


FIGURA 3.12: Tipos de Navio mais afetados

Estes tipos de navios tornam-se atrativos para os ataques de piratas por causa das cargas que transportam. No entanto, a variável *Nível de Proteção* revela-se bastante influente no *Tipo de Navio* que é atacado pois, tal como é possível observar-se através do gráfico da figura 3.13, o *Nível de Proteção* varia consideravelmente tendo em conta o *Tipo de Navio*, principalmente quando se foca no *Nível de Proteção* alto.

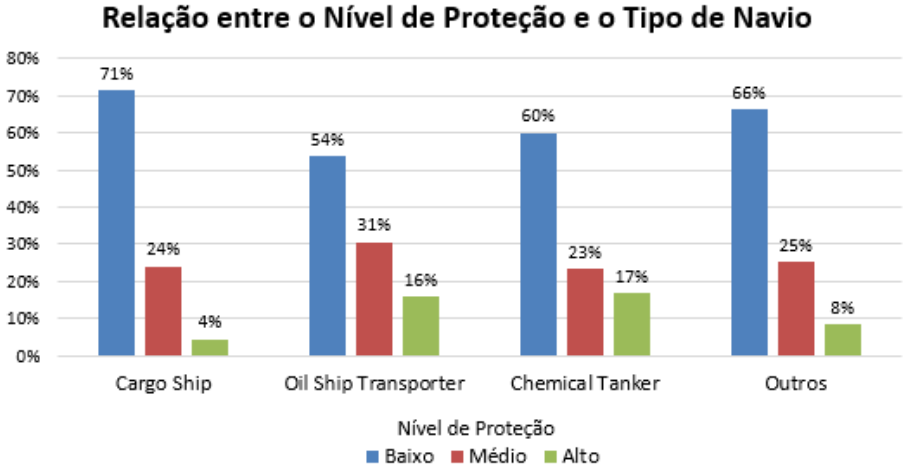


FIGURA 3.13: Relação entre o *Nível de Proteção* e o *Tipo de Navio*

É possível observar que os navios do tipo *Oil Ship Transporter* e *Chemical Tanker* apresentam valores bastante superiores em termos de percentagem de navios com um *Nível de Proteção* alto, contrariamente aos navios do tipo *Cargo Ship* em que apenas 4% destes navios apresentavam um nível de proteção Alto.

Neste sentido, torna-se interessante inferir a relação existente entre a *Classificação de Ataque* e o *Tipo de Navio*, sendo que, através da análise da figura 3.14, é possível concluir-se que os navios do tipo *Cargo Ship* e Outros apresentam valores bastante semelhantes entre si. O mesmo aplica-se aos navios do tipo *Chemical Tanker* e *Oil Ship Transporter*.

Verifica-se que os navios do tipo *Chemical Tanker* e *Oil Ship Transporter* apresentam uma taxa de ataques não conseguidos bastante superior à dos restantes tipos de navios, o que vai de encontro à ideia de que estes navios possuem um *Nível de Proteção* superior e, como tal, uma menor taxa de sucesso por parte dos piratas. Quanto aos Roubos, verifica-se que esta *Classificação de Ataque* é recorrente nos navios do tipo *Cargo Ship* e Outros.

Quanto aos *Hijack*, estes ocorrem maioritariamente nos navios do tipo *Chemical Tanker* e *Oil Ship Transporter* pois são navios que transportam hidrocarbonetos ou produtos químicos a granel, que se revelam alvos ideais para a prática de *Bunkering*.

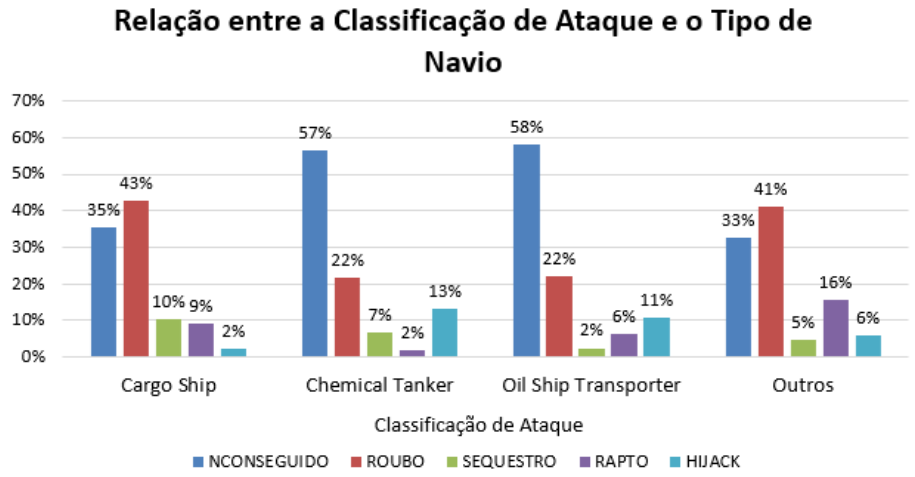


FIGURA 3.14: Relação entre a *Classificação de Ataque* e o *Tipo de Navio*

A *Proximidade à Costa*, considerando o gráfico da figura 3.15, também se revela como um importante fator a ter em conta para a ocorrência de um ataque, visto que, dos 595 casos registados, 525 (88% do total de casos) ocorreram a distâncias

inferiores a 84 milhas. Isto demonstra que apenas uma pequena parte dos ataques ocorrem a grandes distâncias de costa, visto que nem todos os grupos organizados de piratas têm meios para conseguir operar a tais distâncias de costa.

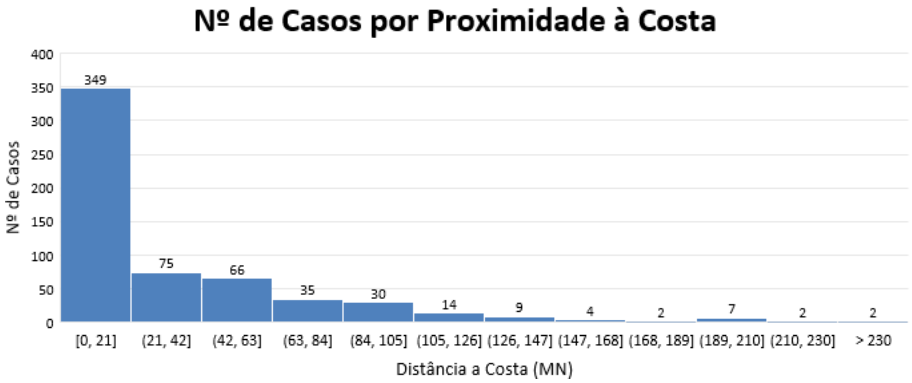


FIGURA 3.15: Nº de Casos por *Proximidade à Costa*

Quanto à *Área de Navegação* e segundo o gráfico da figura 3.16, verifica-se que, no *Período* diurno, para a Área Portuária e para o Mar Territorial, ocorrem apenas 11 e 26 ataques respetivamente, representando um peso de 9% e de 14% do número total de casos registados para o *Período* diurno. Verifica-se ainda que para o *Período* noturno, os ataques tendem a ocorrer mais próximos de costa.

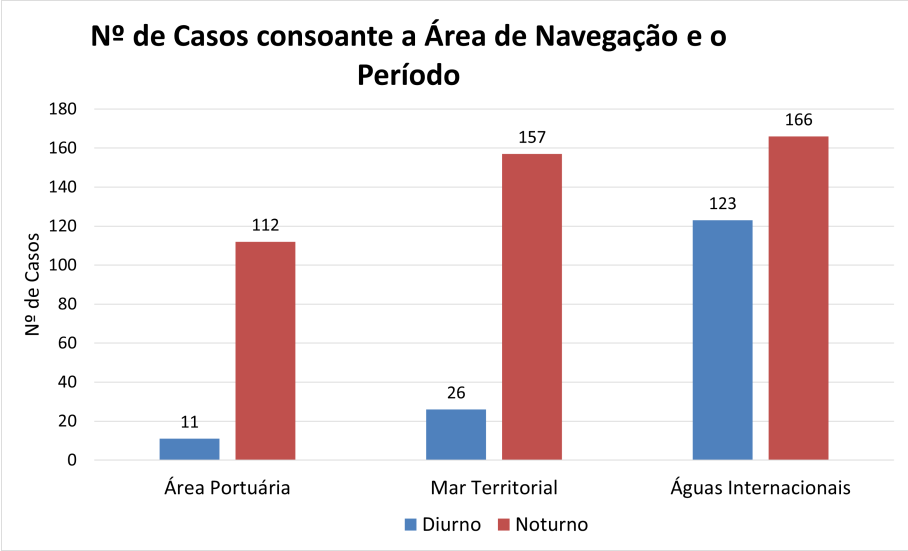


FIGURA 3.16: Número de casos consoante a *Área de Navegação* e o *Período*

Em Águas Internacionais, já não se observa uma discrepância tão acentuada entre o *Período* diurno e o noturno, sendo que a percentagem do ataque ocorrer no *Período* diurno aumenta para uns consideráveis 43%. Aliado a este facto, verifica-se

ainda, que do total de casos registados no *Período* diurno, 77% destes são registados em Águas Internacionais. Isto evidencia a enorme probabilidade de durante o *Período* diurno, o ataque ocorrer em Águas Internacionais.

Observa-se ainda que, do número total de ataques, cerca de 49% ocorrem em Águas Internacionais, 31% ocorrem no Mar Territorial e apenas 20% ocorrem na Área Portuária, podendo se dever a uma maior capacidade do navio fazer frente aos piratas e de receber assistência das autoridades em áreas mais próximas de costa.

Relativamente à relação entre o *Estado do Navio* e o *Período*, na figura 3.17 verifica-se que para navios atracados durante o *Período* diurno apenas se registou a ocorrência de um ataque (4% do total de ataques a navios atracados) e para navios fundeados apenas 17 ataques (6% do total de ataques a navios fundeados).

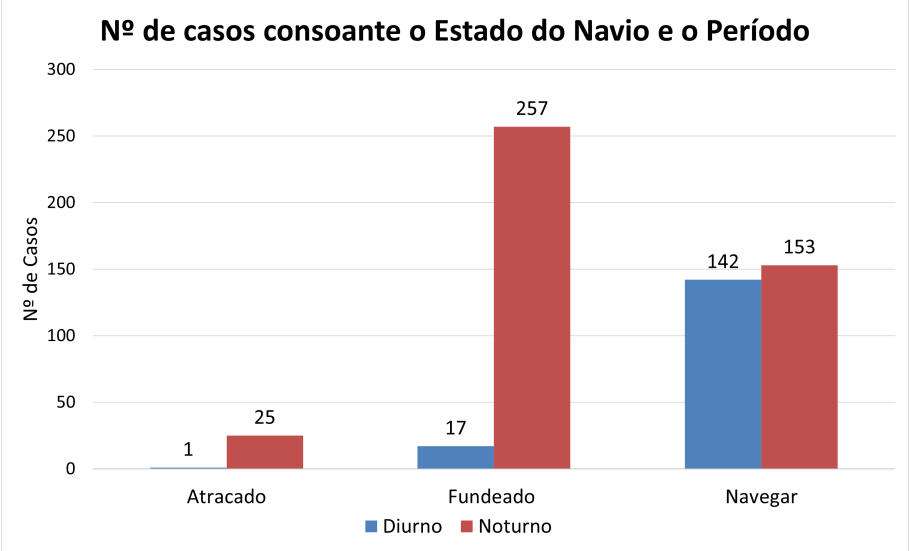


FIGURA 3.17: Número de casos consoante o *Estado do Navio* e o *Período*

Isto significa que os ataques na situação de atracado ou fundeado no *Período* noturno, representam 96% e 94%, respetivamente, do total de casos registados para as mesmas condições de *Estado de Navio*. Estes valores demonstram que os navios que não se encontram em movimento são tendencialmente atacados no *Período* noturno.

Quando o navio se encontra a navegar, a probabilidade da ocorrência de um ataque já é semelhante para os dois períodos, com cerca de 52% para o *Período* noturno e de 48% para o *Período* diurno. Do total de casos diurnos, 89% destes ocorrem quando os navios se encontram a navegar.

É ainda possível observar através do gráfico da figura 3.17 que no *Período* diurno, apenas 4% dos ataques ocorrem quando o navio se encontra atracado. Do total de casos noturnos, 59% destes ocorrem quando os navios se encontram fundeados.

Consoante o *Estado do Navio*, é ainda importante estudar a sua relação com o sucesso por parte dos piratas e, segundo a figura 3.18, conclui-se que, para navios atracados e fundeados, a percentagem de o ataque ser bem sucedido é de 65% e de 62%, contrariamente a quando estes se encontram a navegar, em que o valor descresce para 48%.

Isto pode ser explicado pelo facto de quando o navio se encontra a navegar existe um maior conjunto de medidas de proteção que podem ser aplicadas tais como efetuar manobras evasivas ou aumentar a velocidade, o que faz com que a abordagem por parte dos piratas seja dificultada e, consequentemente, tenha uma menor taxa de sucesso.

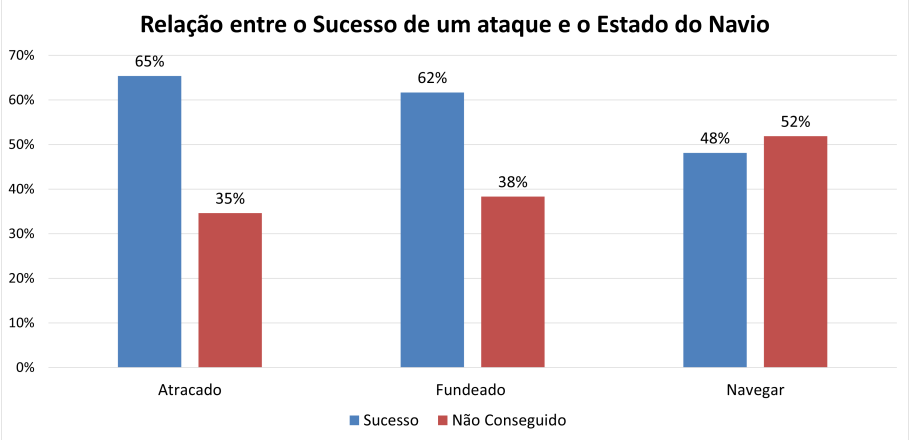


FIGURA 3.18: Relação entre o Sucesso de um ataque e o *Estado do Navio*

É ainda possível estabelecer-se uma relação entre as variáveis *Área de Navegação* e *Estado de Navio* visto que, através da figura 3.19 é possível observar-se realidades completamente distintas para o Mar Territorial e para as Águas Internacionais quanto à ocorrência de um ataque. Quanto aos incidentes ocorridos no Mar Territorial verifica-se que 87% dos casos ocorreram quando o navio-alvo se encontrava fundeado e, para as Águas Internacionais verifica-se um cenário diferente, em que 92% dos casos ocorrem quando o navio-alvo se encontrava a navegar.

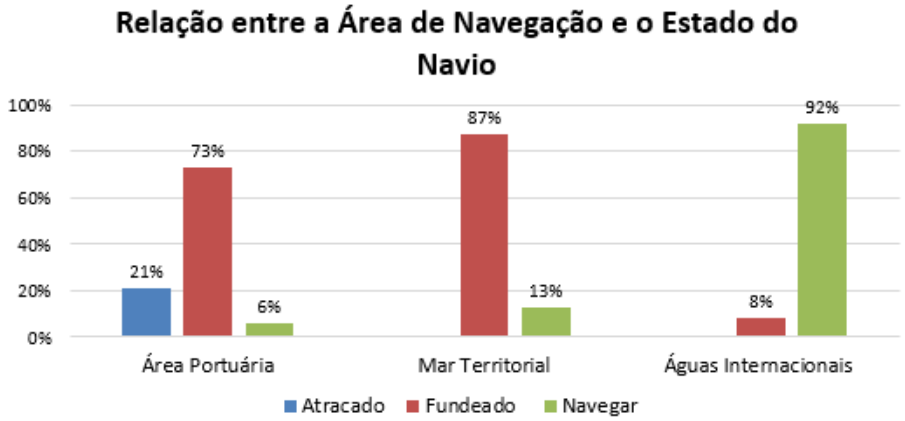


FIGURA 3.19: Relação entre a *Área de Navegação* e o *Estado do Navio*

Quanto à *Classificação de Ataque*, considera-se relevante analisar a sua evolução anual, dado que se tem verificado uma mudança de paradigma ao longo dos últimos anos. Através da análise do gráfico de frequências relativas empilhadas da figura 3.20, conclui-se que entre 2010 e 2013 a *Classificação de Ataque* predominante era o Roubo. Entre 2011 e 2015, verificou-se um maior número de casos de *Hijack* e o Rapto apenas começou a ser uma tendência a partir de 2016.

Consequentemente, tem-se vindo a registar um aumento dos níveis de violência no decorrer dos ataques. Este facto vai ao encontro da afirmação *"Increasingly, the severity of incidents appears also to be changing, from low level armed robberies to hijackings, cargo thefts and kidnappings"* retirada de um relatório anual do IMB sobre a Pirataria Marítima no Golfo da Guiné. (UNCTAD, 2014)

Segundo Portela Guedes (2020), a tendência para o *Hijack* e o posterior ato de *Bunkering* para a venda de crude para o mercado negro já não se revelam como práticas habituais na região do GdG, mas sim os raptos com vista à obtenção de quantias elevadas pelo seu resgate. Este é considerado o atual *Modus Operandi* dos piratas da região.

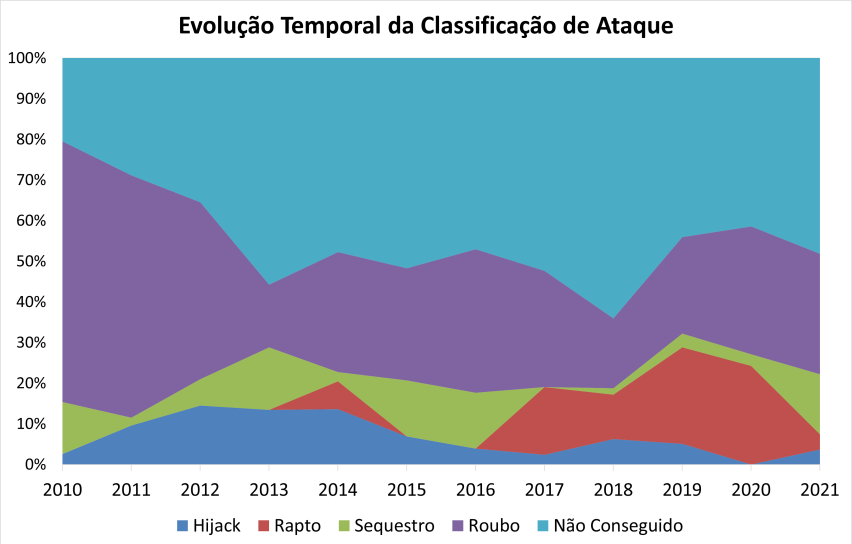


FIGURA 3.20: Frequências relativas empilhadas da *Classificação de Ataque* ao longo do tempo

É neste sentido que a *Classificação de Ataque* é afetada pelo *Número de Criminosos* e, tal como a figura 3.21 indica e era de se prever, quanto maior for o *Número de Criminosos*, maior é a probabilidade de o ataque ter uma classificação mais elevada.

Para um maior *Número de Criminosos*, os tipos de ataque *Hijack*, Sequestro e Rapto sofrem um claro aumento de percentagem, sendo mais evidente no caso do *Hijack* que para um Número de Criminosos baixo é de 1% e sobe para uns consideráveis 27% para um Número de Criminosos alto. Relativamente ao número de ataques Não Conseguidos e aos Roubos, a sua percentagem tende a diminuir conforme aumenta o *Número de Criminosos*.

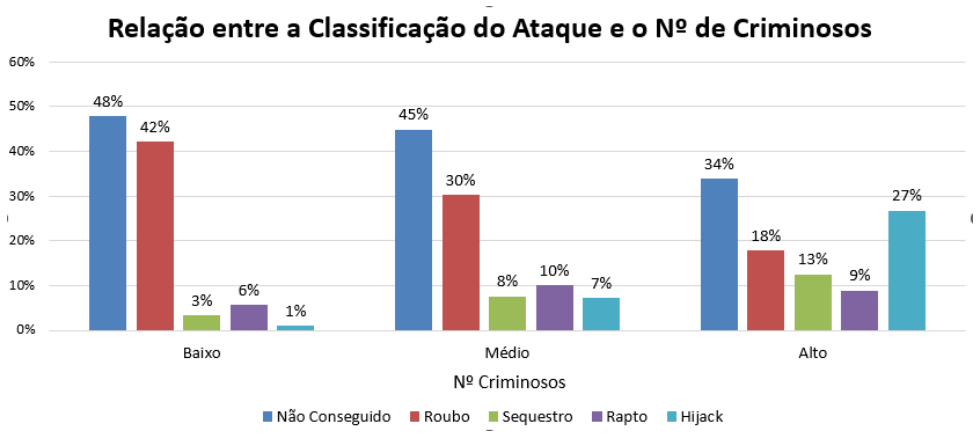


FIGURA 3.21: Relação entre a *Classificação do Ataque* e o *Número de Criminosos*

Verifica-se ainda que, quanto maior for o *Número de Criminosos*, maior é a probabilidade do ataque ser bem sucedido.

Quanto à variável *Tipo de Armamento* utilizado pelos piratas, a sua influência sobre a *Classificação do Ataque* não apresentará os resultados mais corretos visto que para 46% dos casos o *Tipo de Armamento* é desconhecido e apenas em quatro casos (1% dos casos totais) foi relatada a utilização de RPG para a realização de um ataque, que se revela como uma amostra muito reduzida. Na figura 3.22 é possível observar-se esta relação.

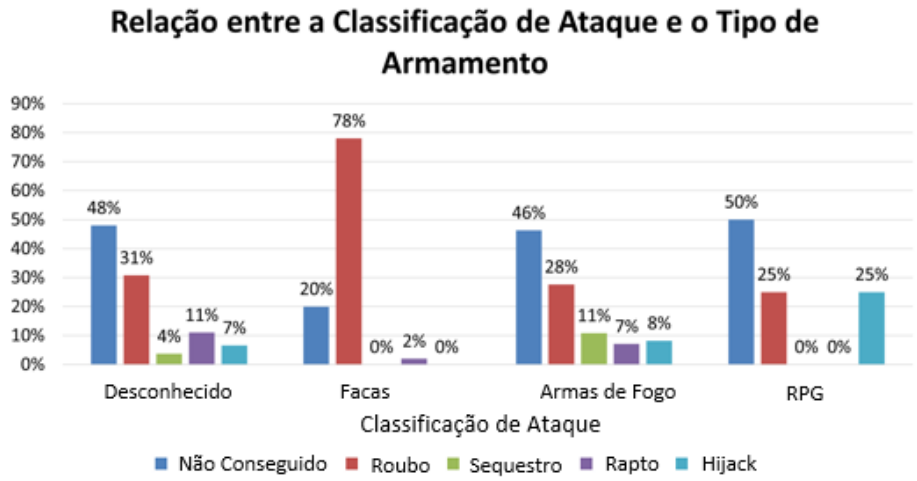


FIGURA 3.22: Relação entre a *Classificação de Ataque* e o *Tipo de Armamento*

A distorção supramencionada é facilmente identificada através da comparação entre a utilização de RPG e de facas, em que o uso de RPG se revela como o *Tipo de Armamento* com maior taxa de ataques Não Conseguidos por parte dos piratas e, por outro lado, o uso de facas apresenta a melhor taxa de ataques realizados com sucesso.

Também tem sido determinante em termos de impacto no número de ataques, tal como consta no gráfico da figura 3.23, o *Estado Costeiro* que detém a jurisdição sobre o espaço marítimo. Pode-se observar que a Nigéria, embora disponha das mais bem preparadas forças do GdG, representa 49% do número total de casos, podendo-se dever ao facto de não conseguir estabilizar a região do Delta do Níger, que é a zona que contém as maiores reservas de petróleo da região. (Portela Guedes, 2020)

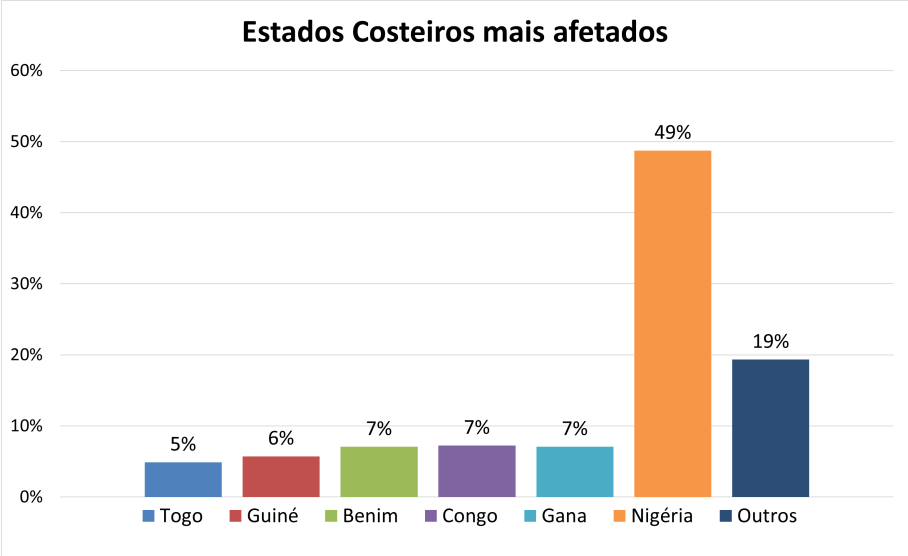


FIGURA 3.23: Estados Costeiros mais afetados

Segundo Piteira (2021), os piratas têm vindo a desenvolver cada vez mais as suas técnicas de ataque, verificado-se uma constante modernização dos meios que estes dispõem, tais como melhor armamento e melhores embarcações que lhes permitam operar a distâncias superiores de costa. Isto pode ser comprovado através da análise do gráfico da figura 3.24, em que é possível observar-se um progressivo aumento no número de ataques para distâncias superiores de costa.

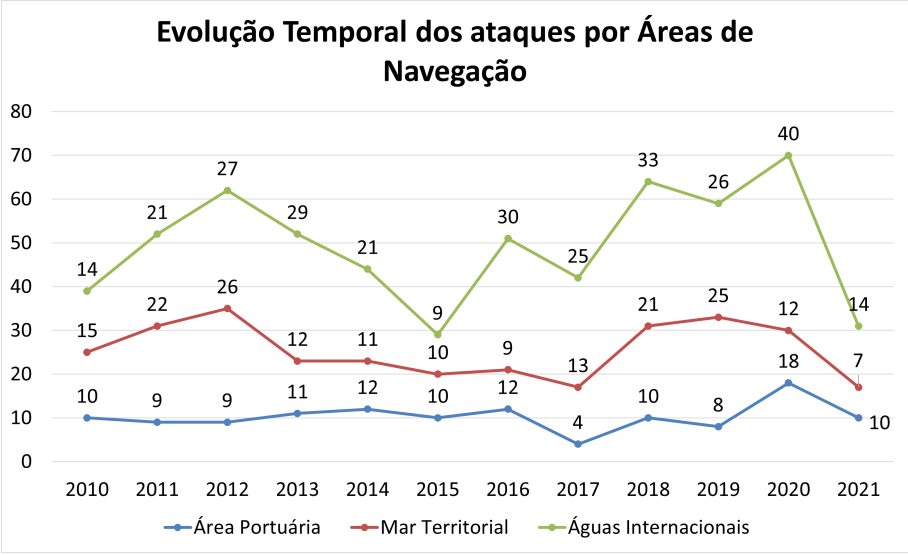


FIGURA 3.24: Evolução temporal dos ataques por *Área de Navegação*

Quanto ao *Estado de Bandeira* e para o espaço temporal considerado para este estudo, registaram-se 47 diferentes países a serem alvo de pelo menos um ataque

de pirataria, no entanto, através da análise da figura 3.25 é possível concluir-se que apenas quatro dos EB, nomeadamente: Ilhas Marshall, Libéria, Panamá e Singapura representam 56% do número total de casos.

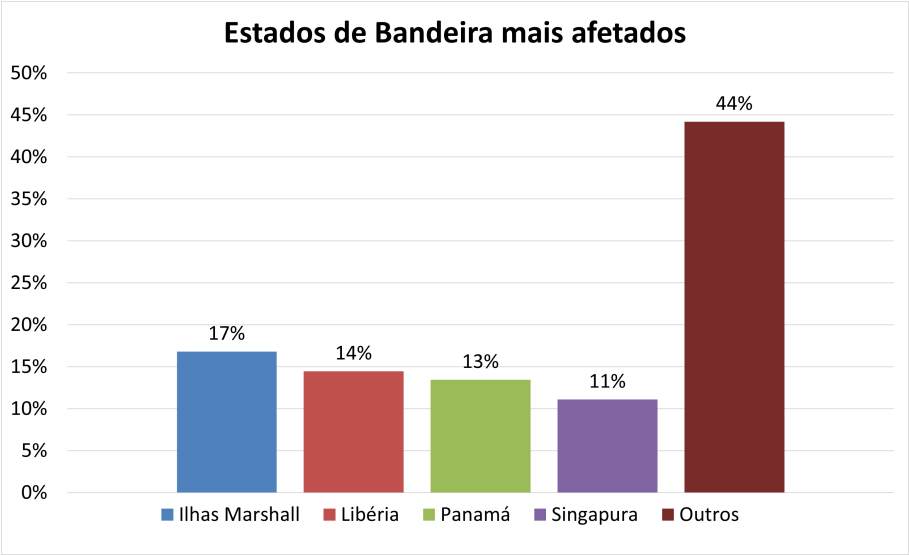


FIGURA 3.25: Estados de Bandeira mais afetados

No entanto, isto não significa que o EB seja um fator a ter em conta pelos piratas, uma vez que, segundo a Lloyd's (2019) os países com um maior número de navios registados são: Panamá, Singapura, China, Ilhas Marshall e Libéria, justificando o enorme número de ataques a navios sob jurisdição destes EB. Estes países têm um grande número de navios registados em seu nome devido a questões legais e fiscais. (BBC, 2014)

As *Medidas de Proteção* de que o navio dispõe na altura do ataque, poderão ser um fator bastante determinante no resultado do ataque, tal como é possível observar-se no gráfico da figura 3.26. Quanto maior for o *Nível de Proteção* do navio, maior será a probabilidade de o ataque ser Não Conseguido. Para um *Nível de Proteção* baixo, 70% dos ataques têm sucesso e, para um *Nível de Proteção* alto, este valor já descresce para 18%.

Esta enorme diferença da taxa de sucesso para diferentes níveis de proteção indica uma forte evidência de que quanto maior for o número de medidas de proteção que forem desenvolvidas pela indústria marítima e implementadas nos navios, menor será o grau de sucesso dos piratas.

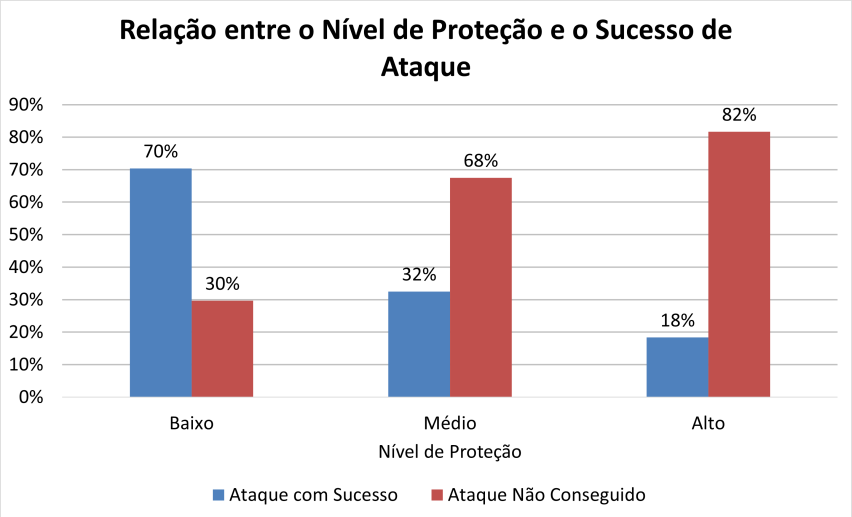


FIGURA 3.26: Relação entre o *Nível de Proteção* e o Sucesso de Ataque

Os esforços que têm vindo a ser desenvolvidos pela CI para salvaguardar a segurança no mar, podem ver-se refletidos numa mais eficiente alocação dos meios navais de forma a prestar auxílio aos navios que são alvos dos ataques de pirataria. Ao observar-se o gráfico da figura 3.27, denota-se que a *Ajuda das Autoridades* tem aumentado ao longo dos anos e, consequentemente, como se pode verificar na anterior figura 3.20, uma diminuição do número de ataques com sucesso. Isto poderá significar que esta medida estará a ter impacto no sucesso dos ataques por parte dos piratas.

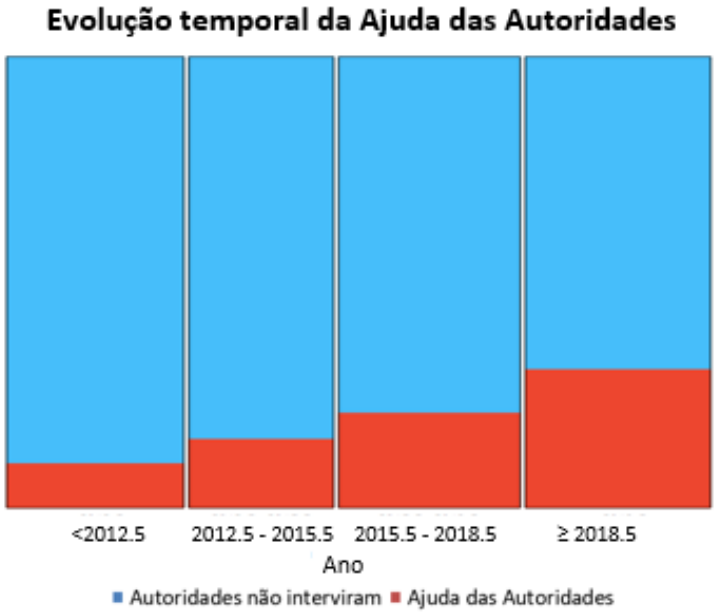


FIGURA 3.27: Evolução temporal da Ajuda das Autoridades

As *Condições Meteorológicas* são um fator bastante influente no modo de operação por parte dos piratas, sendo por isso importante analisar, quais as que influenciam a ocorrência ou não de um ataque.

Relativamente ao *Estado do Mar* (EM), observando a figura 3.28 conclui-se que 75% dos ataques ocorrem para uma altura significativa da onda (ASO) igual ou inferior a 1,25m, o que indica que a grande maioria dos ataques ocorrem quando o EM se encontra favorável à navegação.

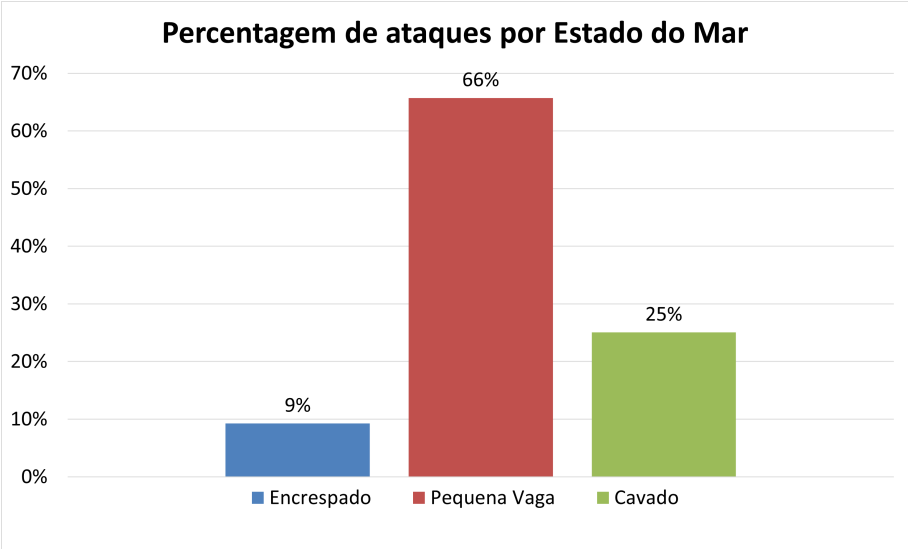


FIGURA 3.28: Percentagem de ataques por *Estado do Mar*

Segundo o estudo de Osinowo et al. (2018) sobre a tendência espácio-temporal da ASO extrema para o período compreendido entre 1980 e 2016 no GdG, os valores da ASO para esse mesmo período variaram entre 1m e 3,4m, tal como é possível observar-se através da figura I.1 do anexo I. E, tendo em conta que dos 595 ataques registados, apenas seis ocorreram para ASO superiores a 2m poderá servir de forte indicação de que o EM é um fator limitativo à ocorrência de um ataque de pirataria.

De acordo com o estudo desenvolvido por Cook e Garrett (2013), em que foi efetuada uma análise das condições meteo-oceanográficas para o momento da ocorrência dos ataques para a região do Oceano Índico, concluindo-se que 94% dos ataques ocorrem para uma ASO inferior a 2,5m, consolidando as indicações suprar-referidas acerca do EM.

O diagrama de extremos e quartis presente na figura 3.29 permite visualizar a distribuição dos valores da ASO para o momento dos ataques, não se observando

predominância em nenhum intervalo de valores, apenas se notando que o máximo é inferior a 2,5m, como referido anteriormente.

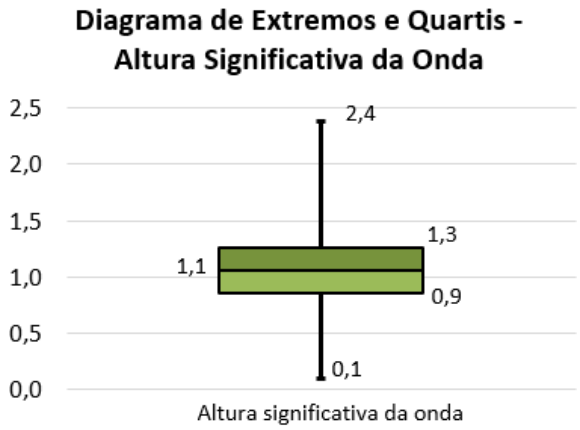


FIGURA 3.29: Diagrama de Extremos e Quartis para a Altura Significativa da Onda

Relativamente ao *Estado do Vento* (EV) e observando a figura 3.30 conclui-se que 88% dos ataques ocorrem para EV's menos intensos do que EV fraco, o que se torna uma forte indicação de que os grupos organizados de piratas não operam em períodos em que a intensidade do vento seja alta.

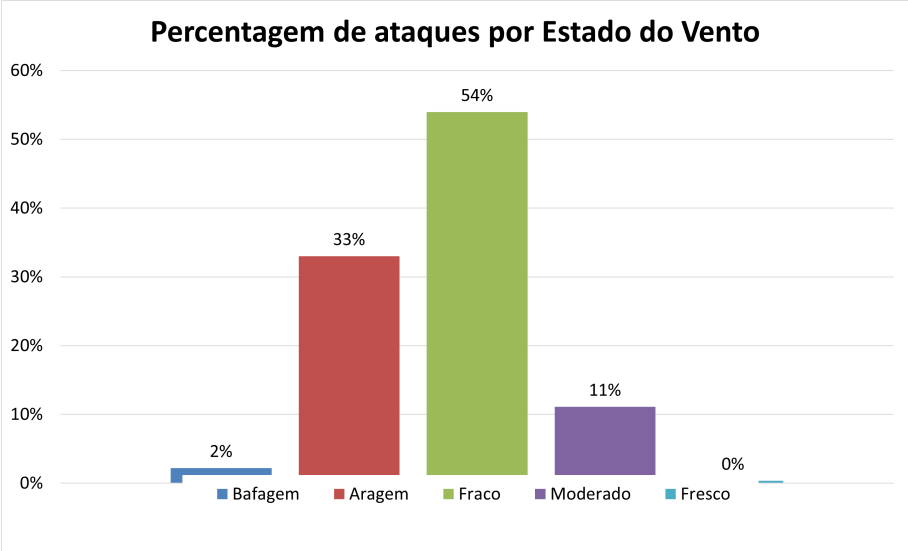


FIGURA 3.30: Percentagem de ataques por *Estado do Vento*

Através do estudo realizado por Osinowo et al. (2018) e tal como é possível observar-se através da figura I.2 do anexo I, a velocidade do vento para o período compreendido entre 1980 e 2016 variou entre aproximadamente 0.2 m/s e 11,4 m/s.

No entanto, através da análise de 3.31 verifica-se que 75% dos casos ocorrem para velocidades do vento iguais ou inferiores a 4,8m/s, ou seja, para valores muito inferiores aos 11,4 m/s referidos.

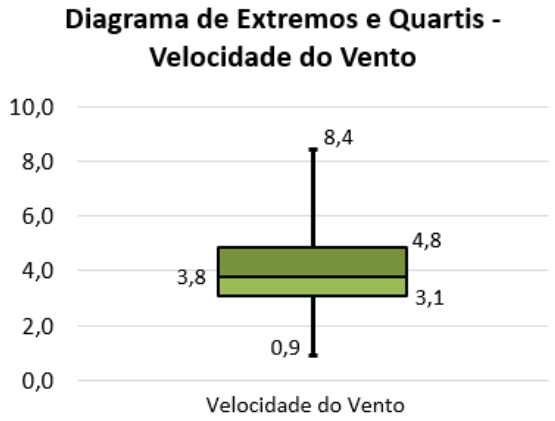


FIGURA 3.31: Diagrama de Extremos e Quartis para a Velocidade do Vento

Verifica-se ainda através do estudo de Osinowo et al. (2018) que existe um considerável número de registos meteorológicos para a região do GdG em que a velocidade do vento é superior a 8 m/s. Contudo, como em apenas duas ocasiões ocorreram ataques em que o EV era fresco (superior a 8 m/s) existem fortes indícios de que os grupos organizados de piratas não operam em períodos que a velocidade do vento seja alta.

Segundo Cook e Garrett (2013), a velocidade do vento em que ocorreram os ataques no Oceano Índico também respeitam esta tendência, sendo que os seus valores rondavam os 8 m/s e que quando a velocidade do vento era superior a 9 m/s os ataques não tinham sucesso.

Em relação aos *Níveis de Precipitação*, observando a figura 3.32 é possível verificar que 85% dos ataques ocorrem para níveis de precipitação até 4 mm/dia e que apenas em 3% dos casos os valores são superiores a 32 mm/dia. Tendo em conta que, segundo o estudo de USGS EROS (s.d.), na região do GdG a ocorrência de precipitação é abundante durante praticamente o ano todo, poder-se-á dizer que os piratas operaram apenas em períodos com níveis de precipitação reduzidos.

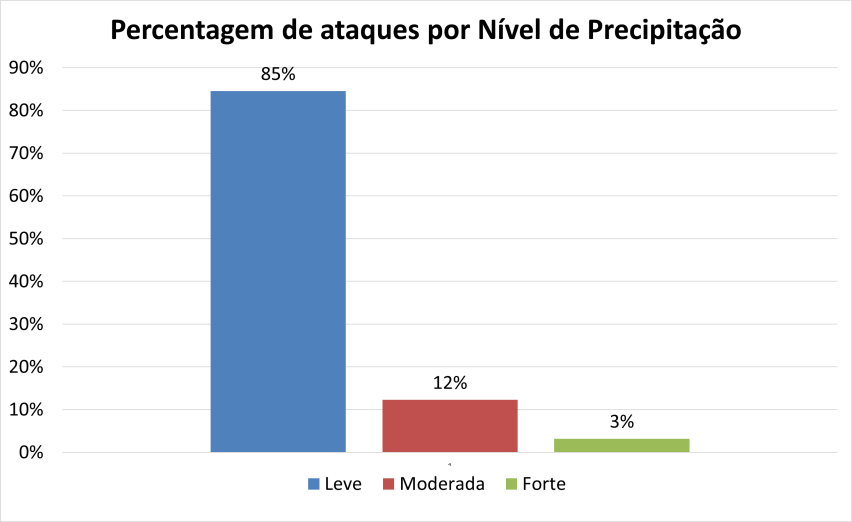


FIGURA 3.32: Percentagem de ataques por *Nível de Precipitação*

Desta forma, após a análise individual a cada uma das três variáveis relativas às *Condições Meteorológicas* e de se ter verificado que todas têm impacto na operação dos grupos de piratas, é importante analisar através da variável *Meteorologia* em que medida é que estas, em conjunto, afetam o Sucesso de Ataque por parte dos atacantes.

Ao observar a figura 3.33, tal como era de se prever, conclui-se que conforme o nível das *Condições Meteorológicas* for superior, maior será a probabilidade de o ataque ser Não Conseguido. Inversamente, quanto melhores forem as *Condições Meteorológicas*, maior será a probabilidade de os piratas terem sucesso.

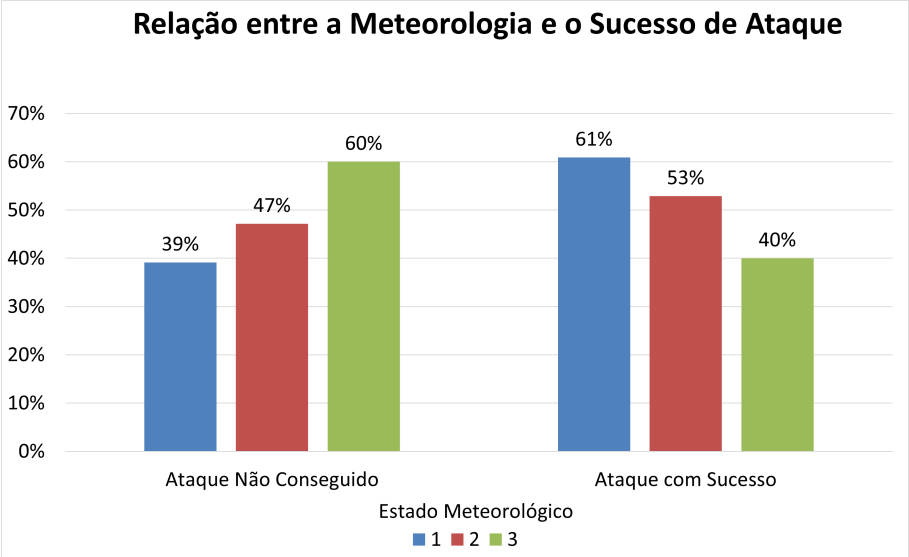


FIGURA 3.33: Relação entre a *Meteorologia* e o Sucesso de Ataque

Capítulo 4

Desenvolvimento do Estudo

Neste capítulo é abordada a forma como o estudo foi desenvolvido, descrevendo-se inicialmente o método de classificação das Redes Bayesianas e, em seguida, a revisão de literatura dos estudos com aplicação à Pirataria Marítima já existentes nesta temática.

Seguidamente, descreve-se a forma como se procedeu à implementação das Redes Bayesianas, bem como a forma como se procedeu à criação do modelo geoespacial e das suas respetivas camadas.

4.1 Redes Bayesianas

4.1.1 Introdução às Redes Bayesianas

As Redes Bayesianas, também conhecidas por redes causais ou gráficos de dependência probabilística, são um tipo de modelo gráfico probabilístico que envolvem problemas com incertezas, em que são representadas as variáveis aleatórias e as relações existentes entre as diferentes variáveis sobre a forma de dependências condicionais, através de estruturas de Grafos Acíclicos Direcionados (GAD).(Friedman & Nir, 2009)

Tal como é possível observar através da figura 4.1, estas redes contêm nós e arcos, em que os nós representam as variáveis aleatórias (discretas ou contínuas) e os arcos representam as relações lógicas e de causualidade entre as variáveis (Sundaramoorthy et al., 2021), sendo que, se um arco se encontrar dirigido de X para Y, então é possível afirmar-se que X tem uma influência direta sobre Y, tal como representado na figura 4.2.

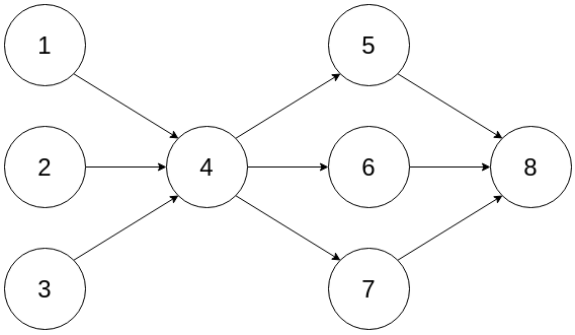


FIGURA 4.1: Grafo Acíclico Direcionado

Os nós que se encontrarem sobre a dependência de um outro nó, são denominados de nós filhos, os quais são condicionalmente dependentes do nó pai. (Fred, 2006)

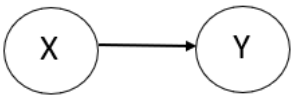


FIGURA 4.2: Grafo orientado de X para Y

É nesta linha de pensamento que, para que uma Rede Bayesiana seja utilizada para modelar uma distribuição de probabilidades, assume-se que uma variável é condicionalmente independente de todas as que não estiverem previamente conectadas à mesma, o que facilita a análise dos dados. (Kim, 2019)

Segundo Cristina e Sarabando (2010) a grande vantagem das redes Bayesianas utilizarem grafos é permitirem ao utilizador fazer a sua leitura e análise de forma intuitiva, contrariamente a outros métodos de classificação. Permitem ainda atingir resultados com bons intervalos de confiança, mesmo que a quantidade dos dados seja elevada, tal como é o caso do presente estudo, em que a BD é extensa e contém um grande número de variáveis.

As relações de causualidade entre as diferentes variáveis são expressas através de probabilidades condicionais, isto é, um dado acontecimento tem uma determinada probabilidade P(A) de ocorrer, no entanto, sabe-se que a ocorrência de A está na dependência de ocorrer B, o que altera a probabilidade de A ocorrer, pois já ocorreu B. Esta relação de causualidade representa a definição de Probabilidade Condicionada e é definida pelo Teorema de Bayes.

$$P(A|B) = \frac{P(B \cap A)}{P(B)} = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \tag{4.1}$$

em que P(B)>0.

É através desta fórmula da Probabilidade Condicionada e dos respetivos arcos de ligação, que são estabelecidas as relações entre as variáveis das redes Bayesianas, da qual vão resultando sucessivas probabilidades condicionadas e que, através da seguinte fórmula, é representada a distribuição da probabilidade conjunta das diferentes variáveis.

$$P(X) = P(X_1, X_2, ..., X_n) = \prod_{i=1}^{n} P(X_i|Pa_i) \tag{4.2}$$

Nesta fórmula Pa_i refere-se ao conjunto de nós pai do nó X_i e $P(X_i|Pa_i)$ representa as respetivas distribuições da probabilidade condicional de cada nó. A fórmula acima representada, através de sucessivas multiplicações das probabilidades condicionadas permite-nos obter a distribuição da probabilidade conjunta dessas variáveis. (Machado, 2021)

De forma resumida, as Redes Bayesianas são uma forma de representar as relações entre as probabilidades da ocorrência de determinado acontecimento, utilizando probabilidades *a priori* e *a posteriori*, que se encontram relacionadas através de grafos, em que os nós representam as variáveis aleatórias e os arcos as relações de dependência existentes.

Este foi o método adotado no presente estudo visto que a estrutura da própria Rede Bayesiana permite o cálculo das probabilidades condicionadas que se encontram associadas à rede, considerando apenas as variáveis pertinentes, o que faz com que não sejam efetuados cálculos desnecessários. Deste modo, as Redes Bayesianas revelam-se como o melhor método para o cálculo de probabilidades condicionadas e permitem a identificação de fatores que conduzem a determinada classificação, o que vai de encontro com os objetivos deste estudo. (Correia, 2019)

4.1.2 Aplicação das Redes Bayesianas à prevenção da Pirataria Marítima

A Segurança Marítima, devido à sua importância para a economia global, é uma área sobre a qual têm vindo a ser desenvolvidos um considerável número de estudos nas mais diversas vertentes, nomeadamente ao nível do transporte marítimo,

à sua aplicação num contexto de cadeias de abastecimento, à prevenção de acidentes marítimos, à segurança e controlo de riscos e no âmbito do planeamento de rotas de navegação para o comércio internacional. (Jiang & Lu, 2020)

No entanto, verifica-se a existência de um reduzido número de estudos realizados no âmbito do combate à Pirataria Marítima e ao AMACN, sendo que a sua maioria foram procedidos de uma análise legal e a nível governamental, o que se revela como uma lacuna a ser colmatada.(Hong & Ng, 2010) Desta forma, ao realizar-se uma análise de risco e ao proceder-se à identificação de fatores determinantes que conduzem à ocorrência de um ataque de pirataria ou de um AMACN, este será um estudo que tentará preencher a referida lacuna.

Nos parágrafos seguintes, serão apresentados e descritos sumariamente casos onde foram aplicadas estas redes no âmbito marítimo.

Vaněk et al. (2013) desenvolveram o modelo AgentC, que é um modelo *Agent-Based*[17] para a simulação de tráfego marítimo e que modela as atividades de pirataria e as medidas de proteção que devem ser adotadas na ocorrência de um ataque. Através da modelação e do estudo do comportamento e interações de milhares de navios (mercantes, militares e piratas), este modelo é capaz de analisar a complexa dinâmica do transporte marítimo internacional, identificando as áreas mais ameaçadas pela Pirataria Marítima e permite ainda, o acesso ao mais variado tipo de contramedidas que são aconselhadas para combater esta ameaça. Para a testagem deste modelo, foi estudada a sua aplicação para a conceção de um novo corredor de tráfego marítimo para a zona do Oceano Índico e concluiu-se que, contrariamente ao Golfo de Áden, em que esta experiência teve um resultado bastante positivo, o mesmo já não se verifica para o Oceano Índico pois este é bastante mais amplo, o que envolve um maior número de variáveis a serem consideradas para o estabelecimento de corredores de tráfego marítimo.

Tal como mencionado no Capítulo 2, os piratas atacam frequentemente estruturas de petróleo e de combustíveis e, tendo em conta essa temática, Bouejla et al. (2014) desenvolveram um estudo em que, através da utilização de Redes Bayesianas Dinâmicas, procuram solucionar esta tendência, considerando todo o processo envolvente, ou seja, desde o momento em que é detetada uma potencial ameaça até à implementação das medidas para a repelir. A Rede Bayesiana tem em conta múltiplas variáveis, tais como, por exemplo, as características da ameaça e do potencial

[17]É um modelo computacional que simula o comportamento de agentes autónomos com o propósito de compreender o seu comportamento para determinado ambiente e analisar os respetivos resultados dessa interação.

alvo, as medidas de proteção existentes, as condições meteorológicas e é utilizada para realizar a previsão e a identificação de fatores de risco para as diferentes situações, bem como identificar as contramedidas mais adequadas para cada situação.

À semelhança do estudo acima referido, Dabrowski e De Villiers (2015) desenvolveram um estudo que modelava o comportamento dos navios através de Redes Bayesianas Dinâmicas, em que são fornecidos, como variáveis de entrada, meios para compilar a informação acerca dos fatores externos a cada situação, dando origem a cinemáticos dos movimentos dos navios. O conjunto de informação apresentado neste estudo tem como objetivo a sua utilização para o desenvolvimento e para a utilização/aplicação de métodos e algoritmos de anti-pirataria. Os seus resultados indicam que este modelo é capaz de lidar com bases de dados espaciais e temporais.

Jiang e Lu (2020) desenvolveram um estudo para a região do Sudeste Asiático que, através de redes Bayesianas, estimasse a probabilidade de um navio sofrer um ataque de pirataria ou fosse capturado. A rede Bayesiana estabelecia as relações entre a pirataria e os fatores que desempenham um papel ativo na identificação de possíveis padrões e realizasse a respetiva predição através desta técnica de classificação supervisionada [18]. Este estudo, à semelhança dos restantes, contribui para o conhecimento de todos os navegantes, de quais as situações que apresentam uma maior probabilidade de sofrer um ataque de pirataria marítima.

4.1.3 Métodos de Inferência e Aprendizagem

As Redes Bayesianas apresentam um conjunto de algoritmos que lhes permitem realizar a inferência e a aprendizagem das redes, sendo que a distinção entre estes conceitos é necessária para a prossecução deste estudo.

Dado um modelo gráfico M, que descreve uma distribuição de probabilidade única P, a inferência significa calcular diretamente as probabilidades P(X|Y), sendo que Y representa a informação em que o modelo se irá basear para poder realizar as respetivas inferências. A aprendizagem significa obter uma estimativa do modelo M através do conjunto de dados de que se dispõe e para que, através do treino da rede, se possam estimar as probabilidades de certa classificação. (Xing, 2017)

Para a implementação das Redes Bayesianas, existe um conjunto de algoritmos que se subdividem em Inferência Exata, Inferência Aproximada, Estimativa

[18] É um método de aprendizagem indutiva que está associado ao processo de classificação, em que o sistema aprende através dos exemplos identificados do conjunto de treino e associa cada novo caso aqueles que já conhece. (Ian H. Witten, 2005)

de Parâmetros e Aprendizagem Estrutural. A biblioteca *Probabilistic Graphical Models using Python* (*Pgmpy*) foi o *software* utilizado para a implementação em *Python* das Redes Bayesianas e permite a aplicação de qualquer um destes métodos à rede concebida. Estes métodos encontram-se seguidamente descritos. (Ankan & Panda, 2015)

Inferência Exata - Os algoritmos de Inferência Exata, nomeadamente a eliminação de variáveis, a enumeração, a passagem de mensagem de produto de soma (*Belief Propagation*) e o *Max-Product Linear Programming Method* são algoritmos que permitem calcular o valor exato de uma probabilidade P(X|Y). Este tipo de inferência não é aplicável a redes de grandes dimensões e com um alto grau de complexidade. (Fiori et al., 2015)

Inferência Aproximada - Os algoritmos de Inferência Aproximada, nomeadamente o *Forward Sampling*, o *Likelihood Weighting*, o *Gibbs Sampling* e o *Metropolis-Hasting* são algoritmos que utilizam técnicas de inferência probabilística para obter valores aproximados das probabilidades e aplicam técnicas de simulação estocásticas, simulando a análise de impacto para com as variáveis remanescentes. (Fiori et al., 2015)

Estimativa de Parâmetros - Os algoritmos de Estimativa de Parâmetros, nomeadamente o Estimador de Máxima Verossimilhança, o Estimador Bayesiano, a Maximização da Expectativa e os Estimadores de Modelo de Equação Estrutural são métodos em que existem parâmetros que são desconhecidos e, desta forma, são tratados como variáveis aleatórias e possuem probabilidades *a priori* e *a posteriori*. Por conseguinte, é utilizado o Teorema de Bayes para a estimativa dos parâmetros desconhecidos, relacionando matematicamente a distribuição *a priori*, a função de verossimilhança e a distribuição *a posteriori*. (Felipe et al., 2011)

Aprendizagem Estruturada - Os algoritmos de Aprendizagem Estruturada podem ser *score-based* ou *constraint-based* e ambos se baseiam na estrutura do GAD e do conjunto de dados para realizar as previsões. O *score-based* começa por inicialmente definir um critério para avaliar o quanto a Rede Bayesiana se ajusta aos dados e pesquisa no espaço de GAD qual a estrutura que permite alcançar os melhores resultados. Quanto ao método de *constraint-based*, este aplica o Teste à Independência às variáveis, para identificar um conjunto de restrições ao grafo e inferir qual o GAD que melhor satisfaz essas restrições. (Jekyll, 2021)

Para a realização deste estudo, visto que o objetivo passava por obter uma análise de risco de um ataque consoante as diferentes variáveis do meio envolvente,

o tipo de inferência utilizada foi a Inferência Exata, para efetuar uma classificação supervisionada usando Redes Bayesianas. Dado que a estrutura da rede Bayesiana não tem uma dimensão muito elevada nem apresenta um grau de complexidade muito elevado, não existe razões para não optar pelo tipo de inferência exato, pois não exigirá tempo de computação exagerado.

4.1.4 Eliminação de Variáveis

O método da Eliminação de Variáveis (EVar) é um dos métodos mais simples de inferência exata através de Redes Bayesianas e que se baseia no princípio da eliminação sucessiva, ou não, de variáveis da rede para posteriormente serem inferidas.

O algoritmo da EVar calcula a distribuição marginal [19] das variáveis que permanecerem visíveis na BD, tendo em conta a distribuição das probabilidades conjuntas que é inferida através da Rede Bayesiana. Por exemplo, se for eliminada uma variável A, irá ser calculada uma distribuição marginal sobre as restantes variáveis B, C, D e E. Isto será feito através de uma fusão de todas as linhas que contenham os mesmos valores para as variáveis B, C, D e E, tal como é possível observar-se para a tabela 4.1 que se simplifica para a tabela 4.2.

Tabela 4.1: Tabela explicativa da Eliminação de Variáveis, adaptada de Darwiche (2009)

A	B	C	D	E	Pr(.)
VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	0.0568
FALSO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	0.0292

Tabela 4.2: Tabela com a eliminação da variável A, adaptada de Darwiche (2009)

B	C	D	E	Pr(.)
VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	VERDADEIRO	0.0568 + 0.0292

Ao ser realizada esta fusão, a referência à variável A irá desaparecer, no entanto, a nova distribuição irá ser tão precisa nas inferências quanto a distribuição original, o que se revela como uma importante propriedade deste método. Isto significa que $P'(\alpha) = P(\alpha)$, para qualquer evento $P(\alpha)$ em que não seja mencionada a variável A. (Darwiche, 2009)

[19] A distribuição marginal de um subconjunto de variáveis aleatórias é a distribuição de probabilidades contidas no respetivo subconjunto. Esta distribuição permite o cálculo das probabilidades das variáveis considerando-as todas variáveis independentes.

Este procedimento é sempre aplicável, no entanto, a complexidade que apresenta é exponencialmente proporcional ao número de variáveis que a rede contém. Em suma, este método consiste na eliminação de variáveis para posteriormente se inferirem os resultados e pode ser aplicado desde que se mantenha a distribuição original e todas as sucessivas distribuições de forma fatorizada. (Darwiche, 2009)

Este método de inferência causal pode ser utilizado para a inferência de um *Maximum a posteriori* (MAP) ou para estimar uma probabilidade condicionada ou distribuições das variáveis de interesse.

4.1.5 Implementação das Redes Bayesianas em Python

Para proceder à implementação das Redes Bayesianas, foram analisados quais os métodos existentes na linguagem de *Python* que permitiam a aplicação deste método de classificação e quais os que melhor se aplicavam ao contexto desta dissertação e dos seus respetivos objetivos.

Segundo Dobilas (2021) para a aplicação das Redes Bayesianas, não existe propriamente um conjunto de treino associado ao algoritmo, mas sim um conjunto de ligações entre os diferentes nós e que representam as relações de dependência existentes na rede.

Para tal, o primeiro passo passou por proceder ao desenho da Rede Bayesiana e representar graficamente as relações de dependência entre as variáveis. As relações de dependência, tal como referido anteriormente, foram definidas tendo em conta os resultados obtidos através do TI das variáveis, da análise estatística dos dados realizada no subcapítulo 3.5 e do conhecimento e sentido crítico do autor sobre a matéria.

Obteve-se a rede representada na figura 4.3 e de seguida procedeu-se à sua implementação em *Python*.

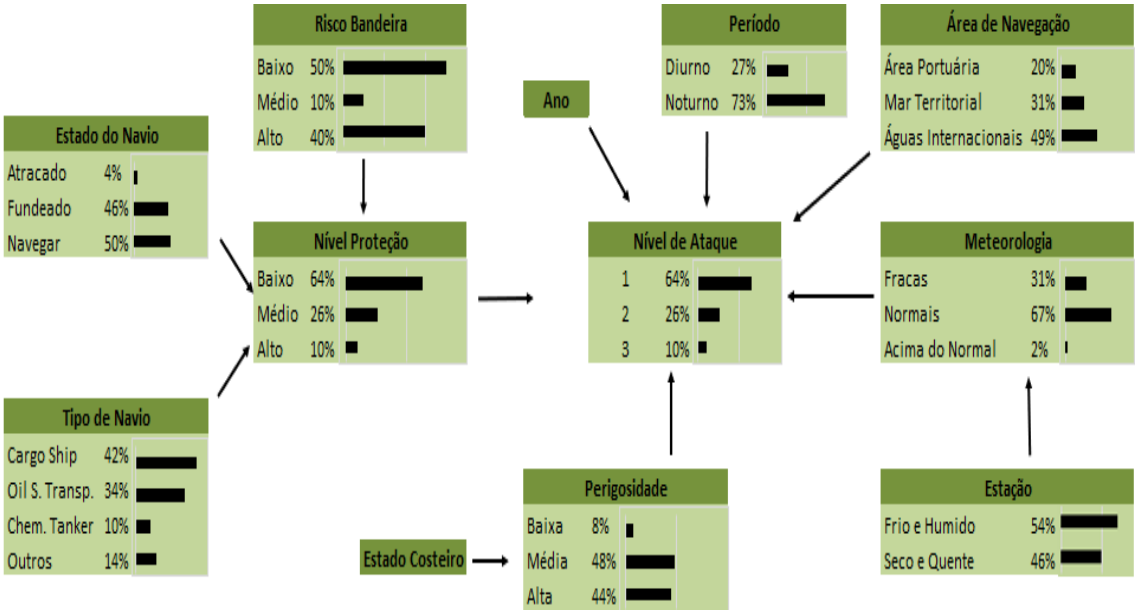


FIGURA 4.3: Estrutura da Rede Bayesiana utilizada

Adiante procedeu-se à instalação da biblioteca *Pgmpy*, que consiste numa biblioteca dedicada à implementação de Redes Bayesianas em linguagem de *Python* pura, tendo como foco principal a modularidade e a extensibilidade das redes. Esta biblioteca permite a aplicação de diferentes algoritmos ao nível da Aprendizagem Estruturada, da Estimativa de Pârametros, de Inferência Aproximada (baseada em amostragem) e Exata, e Inferência Causal.

Na tabela 4.3, é possível observar-se quais os tipos de dados que são suportados pela biblioteca *pgmpy*.

TABELA 4.3: Tipos de Dados Suportados pela Biblioteca *Pgmpy*

	Aprendizagem Estruturada	Estimativa de Parâmetros	Inferência Exata	Inferência Probabilística
Discretos	Sim	Sim	Sim	Sim
Contínuos	Sim (apenas para PC)	Não	Sim (parcialmente)	Não
Híbridos	Não	Não	Não	Não
Time Series	Não	Sim	Não	Sim

Relativamente aos algoritmos que esta biblioteca oferece para cada um dos métodos, encontram-se representados na tabela 4.4. Estes algoritmos correspondem aos diferentes tipos de previsão que foram abordados no subcapítulo anterior.

TABELA 4.4: Algoritmos disponíveis na biblioteca *Pgmpy*

Aprendizagem Estruturada	Estimativa de Parâmetros	Inferência Exata	Inferência Probabilística
PC com variantes	Máxima Verossimilhança	Eliminação de Variável	Do-Operation
Hill-Climb Search	Estimador Bayesiano	Belief Propagation	Adjustment Sets
Tree Search	Expectation Maximization	MPLP	
Max-Min Hill-Climb		Sampling Methods	
Exhaustive Search			

Subsequentemente, procedeu-se ao estabelecimento das relações de dependência entre as diferentes variáveis e ajustou-se o modelo tendo em conta as diferentes distribuições dos dados e de todo o conjunto de dependências pré-estabelecidas, o que permite calcular as probabilidades associadas a cada um dos nós.

De seguida, construiu-se uma nova BD em que apenas constam as variáveis presentes na rede sendo que esta é uma condição necessária para se poder proceder ao cálculo das previsões.

À nova BD aplicou-se o método da EVar e efetuou-se a previsão das variáveis *Sucesso de Ataque* e *Nível de Ataque*. Para as previsões realizadas, utilizou-se primeiramente os dados respeitantes aos anos de 2010 a 2020, por forma a identificar os padrões correspondentes a cada categoria de erro dentro de cada *Nível de Ataque* e testou-se para o ano de 2021 se os casos mal classificados correspondiam a este padrão.

Como linha de ação seguinte, foram criadas novas colunas com as previsões da Rede Bayesiana final. Para calcular a precisão deste modelo, construiu-se uma tabela de dupla entrada onde se colocou a variável que contém os valores reais e a variável com as respetivas previsões como entradas. Isto irá fazer com que seja gerada uma matriz de confusão de dupla entrada. As matrizes de confusão obtidas encontram-se representadas nas tabelas 4.5 e 4.6.

TABELA 4.5: Matriz de Confusão para o *Nível de Ataque*

Valor Real	Previsão		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Nível 1	226	22	4
Nível 2	38	185	1
Nível 3	23	21	44

Tabela 4.6: Matriz de Confusão para o *Sucesso de Ataque*

Valor Real	Previsão	
	Sucesso	Não ter Sucesso
Sucesso	224	28
Não ter Sucesso	57	255

As matrizes de confusão permitem a comparação entre as previsões realizadas pelo modelo com os seus valores reais. Para o cálculo da precisão do modelo, somam-se os valores das células a verde, que representam o número de dados que foram corretamente classificados e divide-se pelo número total de dados.

Os valores da precisão do modelo desenvolvido para a análise do *Nível de Ataque* e do *Sucesso de Ataque*, cujas matrizes se encontram acima representadas, apresentam precisões de 80,7% e de 84,9% respetivamente.

Visto que o fenómeno da Pirataria Marítima é bastante imprevisível e que a diversas variáveis está sempre associado um elevado grau de incerteza, os valores obtidos para a precisão são considerados bastante positivos. No Capítulo 5 é realizada uma análise aos resultados obtidos através do modelo de Redes Bayesianas desenvolvido.

Um método alternativo para a definição dos diferentes nós e dos seus respetivos coeficientes é através do recurso à função *Tabular CPD* da biblioteca *pgmpy*, que se encontra descrita no Apêndice E.

Comparando os dois métodos de construção da Rede Bayesiana, conclui-se que o primeiro método apresentado para o cálculo dos coeficientes de cada nó é um método mais expedito e que não envolve a utilização de tantas funções adicionais, funções estas que têm como propósito a confirmação quer da estrutura da rede, quer dos coeficientes relativos a cada nó, uma vez que estes podem não ser tão precisos quanto os calculados através do primeiro método.

4.2 Modelação Geoespacial

Um estudo desenvolvido no âmbito da aplicação de uma modelação geoespacial ao estudo da pirataria marítima, consistiu na criação de um mapa de risco para a região do Mar Sul da China. Para tal, Zhou et al. (2020) realizaram uma análise espacial multi-critério através da combinação de lógica difusa com técnicas

de análise geoespacial e que permitiu avaliar e mapear o risco que cada região geográfica apresentava para a ocorrência de um ataque de pirataria. Neste estudo, foram considerados 14 critérios, subdivididos em três categorias, nomeadamente o perigo, a vulnerabilidade/exposição e a capacidade de mitigação, que foram convertidas em camadas espaciais e foi efetuada a sua manipulação atribuindo coeficientes através de um processo de hierarquia analítica difusa. As zonas que no mapa de risco apresentavam um maior perigo, coincidiram com a análise histórica dos dados e deste modo, este estudo revelou utilidade para as autoridades coordenarem melhor os seus meios e desenvolverem estratégias para a salvaguarda da segurança marítima na região.

À semelhança do estudo suprarreferido e, tendo em conta que o objeto de estudo desta dissertação é estudar os padrões e compreender as causas do fenómeno da Pirataria Marítima, é essencial proceder-se à georreferenciação dos dados e a uma modelação geoespacial que permita a organização e o simples acesso aos dados, proporcionando simultaneamente uma análise mais expedita e intuitiva.

Para a modelação geográfica foi utilizada a biblioteca *Folium*, que se baseia nos pontos fortes da manipulação de dados em *Python* e nos pontos fortes da biblioteca *Leaflet.sj* (*JavaScript*) que permite o desenvolvimento de mapas interativos. De grosso modo, o *Folium* permite a visualização geográfica em ambiente *Python* dos dados previamente manipulados.

Inicialmente adicionaram-se marcadores ao mapa, onde cada um representa um ataque e a sua respetiva localização geográfica, sendo que para cada *Classificação de Ataque* foi atribuída uma cor distinta. O código de cores utilizado foi o seguinte:

Hijack: Vermelho

Rapto: Cor de Laranja

Sequestro: Cinzento

Roubo: Azul

Não Conseguido: Verde

Na figura 4.4 é possível observar-se as respetivas localizações geográficas dos ataques de pirataria que ocorreram entre os anos de 2019 e 2021, o que por si só já é representado por um elevado conjunto de marcadores, considerando o elevado número de ataques que se têm registado na região.

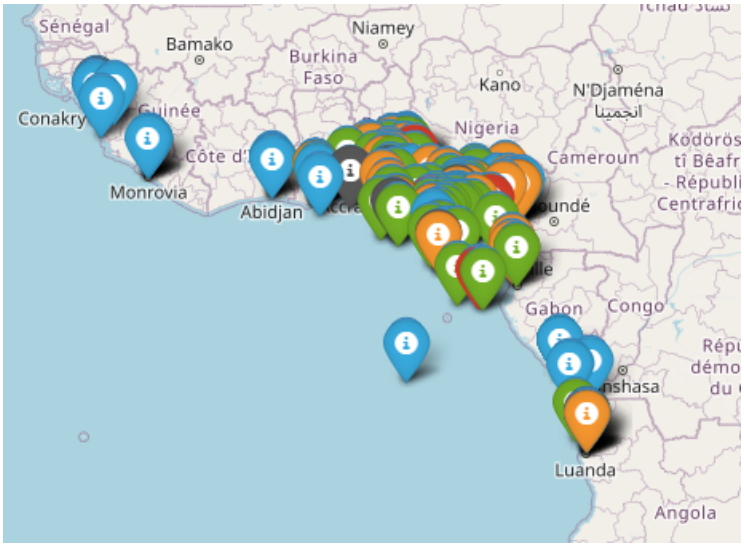


FIGURA 4.4: Representação das localizações geográficas dos ataques de pirataria entre 2019 e 2021

Seguidamente procedeu-se ao agrupamento destes registos, conforme apresentado na figura 4.5, em que para determinada zona geográfica será apresentado o número de ataques e que, à medida que se aproxima de determinada zona, o número de agrupamentos vai cada vez mais aumentando (com consequente redução de registos por cada agrupamento), devido a uma maior precisão na localização dos locais onde ocorreram os ataques.

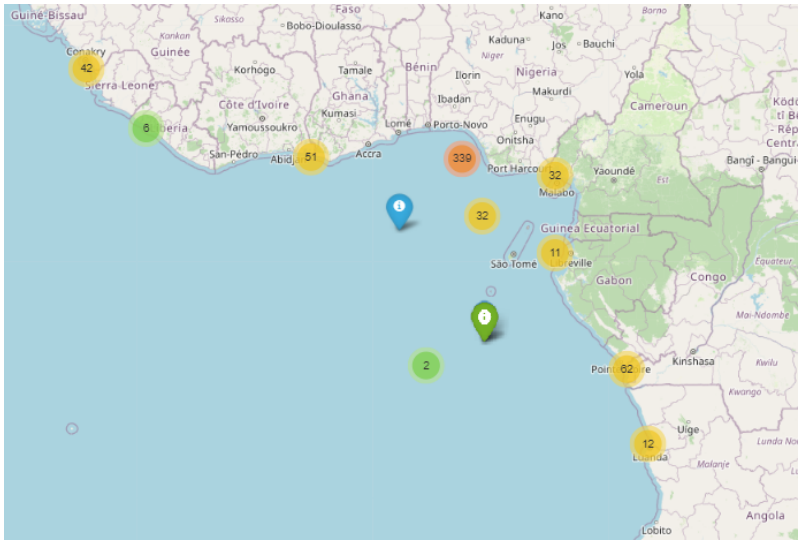


FIGURA 4.5: Agrupamentos dos marcadores das localizações dos *ataques*

A linha de ação seguinte passou pela construção de uma grelha que permitisse dividir a área de estudo em quadrados com a dimensão de aproximadamente

50 milhas por 50 milhas. Tendo em conta que a área de estudo perfaz uma área total de 3615150,47 mi^2, construiu-se uma grelha com as dimensões de 38 por 38 quadrados.

Construiu-se a grelha através da biblioteca *GeoJSON*, que permite trabalhar com estruturas de dados geográficos e representar recursos geográficos simples, tais como pontos (representar locais e moradas, por exemplo), sequências de linhas (representar ruas e estradas, por exemplo) e polígonos (para representar fronteiras, por exemplo).

Para tal, definiu-se as coordenadas geográficas do canto inferior esquerdo da grelha (ϕ = 18°00' S ; L = 18°00' W) e do canto superior direito (ϕ = 14°00' N ; L = 15°00' E).

Posteriormente, gerou-se os diferentes mapas de calor[20] onde são convertidos os dados de um certo número de pixéis para as cores que se pretende, através do mapeamento de um número entre 0 e 1 (definidos pelo máximo e o mínimo da variável em questão) e transformando-o numa cor dentro do espetro de cores adotado para o estudo, desde a cor branca ou transparência (representa os valores mais baixos) até à vermelha (representa os valores mais elevados).

Tendo em conta a existência de zonas (quadrados da grelha definida) em que, por exemplo, não havia ocorrido qualquer ataque mas que se encontram em zonas muito próximas de outras com um risco associado, ou seja, a fazer fronteira com retângulos onde foram registados ataques, identifica-se como necessário e lógico que estes também tenham um *Nível de Ataque* associado. Desta forma, o *Nível de Ataque* associado pode ser substituído por um valor que corresponde à média ponderada de nove registos: o seu próprio registo e o registo dos oito quadrados adjacentes. Atribuíram-se coeficientes consoante a posição de cada quadrado da grelha relativamente ao quadrado onde iria figurar o registo, conforme se pode observar na figura 4.6.

[20]É uma técnica de visualização de dados que, através de um mapa, identifica as zonas de maior calor, ou seja, as zonas em que a variável em estudo contém maior número de registos (maior concentração de dados) ou a variável apresenta valores mais elevados. Este tipo de mapa é útil para visualizar a distribuição de uma variável numa perspetiva espácio-temporal.

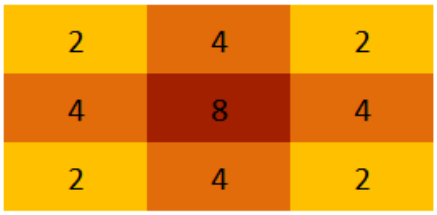


FIGURA 4.6: Coeficientes atribuídos a cada retângulo para a definição da média ponderada

Esta média ponderada poderá ser calculada para cada uma das diferentes variáveis, sendo que cada variável será representada por uma diferente camada nos diferentes mapas de calor, que serão posteriormente apresentados no Capítulo 5.

As camadas escolhidas irão servir para analisar a evolução das variáveis de um ponto de vista temporal, para posteriormente poderem ser usadas como meio de previsão para anos futuros.

Por forma a tornar a grelha mais informativa, adicionou-se a cada quadrado da grelha, um conjunto de informações consideradas importantes acerca de cada zona geográfica. O conjunto de informações é constituído pelo seguinte: a média do *Número de Criminosos*, a média do *Nível de Perigosidade*, o número de ataques que ocorreram e a média do *Nível de Ataque*. Como forma de exemplo de mapa de cores e de informação anexada a cada retângulo, apresenta-se na figura 4.7 o mapa de calor da variável *Nível Médio de Ataque* juntamente com um *popup* com as referidas informações de um certo quadrado.

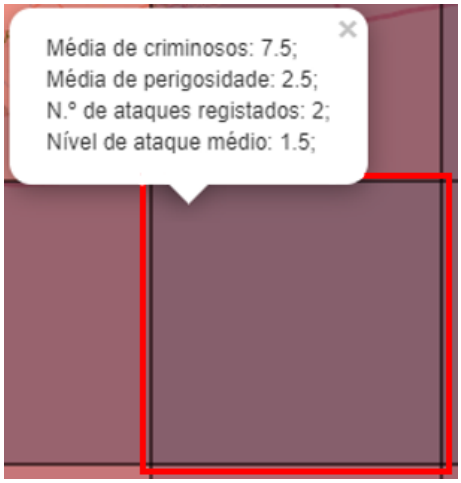


FIGURA 4.7: Informação presente em cada quadrado da grelha

Capítulo 5

Apresentação e Validação dos Resultados

O presente capítulo é dedicado à apresentação e validação dos resultados obtidos através da Modelação Geoespacial e das Redes Bayesianas.

No que concerne à Modelação Geoespacial, procedeu-se inicialmente à análise anual da densidade de ataques, seguida de uma análise do *Nível Médio de Ataque* consoante a zona geográfica e, como último objeto de estudo da modelação geoespacial, a análise do *Nível Médio de Perigosidade* consoante a zona geográfica.

Relativamente à análise dos resultados do modelo de Redes Bayesianas, procurou-se realizar um levantamento dos padrões existentes para cada uma das previsões do *Nível de Ataque* que foram mal classificadas, permitindo compreender e apresentar as causas que contribuíram para que o modelo não classificasse corretamente a totalidade dos casos e poder-se-á, principalmente, identificar quais os ataques em que o seu potencial *Nível de Ataque* (ataques cujo *Nível de Ataque* poderia ser superior ao registado) foi diferente daquele que realmente ocorreu devido a fatores tais como as *Condições Meteorológicas* e o *Nível de Proteção* do navio.

5.1 Análise Geoespacial

5.1.1 Análise Anual da Densidade de Ataques

Um dos principais objetivos do combate à Pirataria Marítima passa por compreender quais os principais focos de ataque e proceder à coordenação e ao empenhamento dos meios operacionais, por forma a garantir o mais eficiente combate

a esta prática ilícita. Esta análise será realizada através do mapa de calor desenvolvido em *Python*, em que é possível observar-se as variações da densidade de ataques para o período de estudo considerado.

Iniciando a análise pelo ano de 2010, é possível verificar-se a existência de dois principais focos de ataques, nomeadamente: Lagos e Bayelsa, ambos na Nigéria. Para o mesmo ano verifica-se ainda um considerável número de ataques na Guiné.

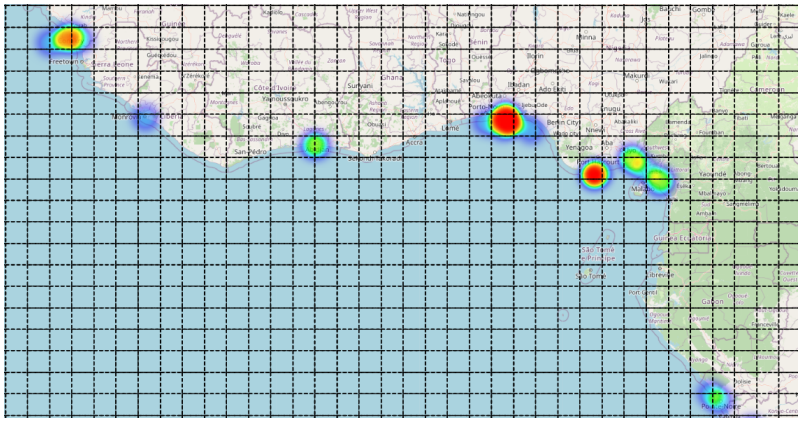


FIGURA 5.1: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2010

Quanto à Nigéria, que se destaca como o EC mais afetado da região, verificou-se um decréscimo de ataques no ano de 2010 para 2011 (IMB, 2012), tal como é possível observar-se através da figura 5.2.

Segundo Abdel Fattah (2017), este decréscimo está associado a uma ação de cooperação entre a Marinha Nigeriana e a Agência Admnistrativa e de Segurança Marítima da Nigéria (AASMN) que, através de uma operação conjunta de patrulhamento marítimo e com recurso a meios eletrónicos de vigilância mais sofisticados, permitiu uma redução no número de casos na região de Lagos, mais especificamente nas zonas do Mar Territorial e Área Portuária.

O decréscimo no número de casos que se verificou na região de Lagos no ano de 2011 contribuiu para que este foco se movesse ligeiramente para oeste, resultando num aumento do número de ataques na região de Cotonou (Benim) e que, inclusive, resultou numa diminuição de 70% no tráfego marítimo do porto da região, causando perdas de 81 milhões de dólares para as receitas do porto. (Osinowo, 2015). Tendo em conta que grande partes das receitas de Benim dependem do porto de Cotonou, este facto representou um enorme impacto na economia do país. (Gouchola, 2013)

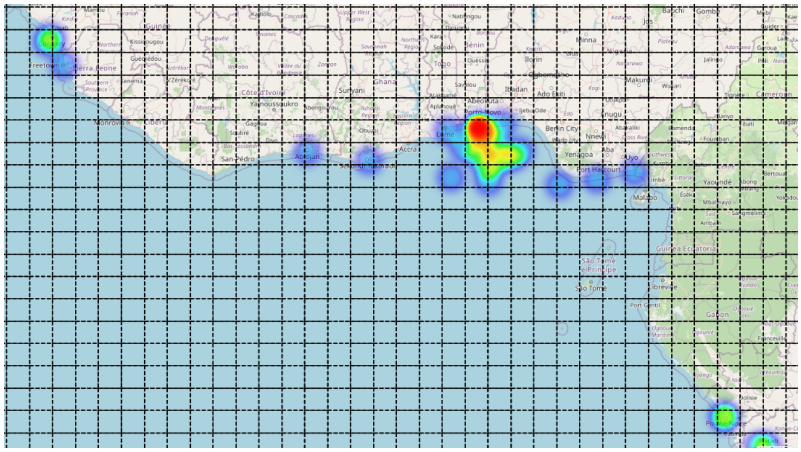


FIGURA 5.2: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2011

Face a estas perdas económicas e ao aumento da instabilidade no domínio marítimo de Benim, no ano de 2011 foi estabelecido um acordo bilateral de cooperação entre o Benim e a Nigéria, com o objetivo de garantir mais eficácia na vigilância e fiscalização nas águas de Cotonou, contribuindo não apenas para o combate à pirataria marítima, mas também para o desenvolvimento económico dos dois países, visto que os dois conceitos se encontram interligados. (Rodrigues, A. R., 2014)

No ano de 2012, o acordo de cooperação entre os dois países revelou-se bastante eficaz e culminou com uma diminuição no número de incidentes registados em Benim, de 18 casos no ano de 2011, para apenas 2 casos em 2012.

Relativamente ao principal *hotspot*, verifica-se pela figura 5.3 que este se continuou a deslocar para oeste, mais especificamente de Cotonou para Lomé (Togo), em que se verifica uma grande concentração no número de casos. Este deslocamento explica o aumento de casos para este EC no ano de 2012, com um total de 8 ocorrências registadas. (Kamal-Deen Ali, 2015)

Simultaneamente, assistiu-se a um aumento dos ataques na região de Bayelsa contribuindo para que a região se tornasse uma das mais afetadas por este fenómeno. É de referir que o ano de 2012 foi o que registou um maior número de ataques nesta primeira metade da década, com um total de 62 incidentes.

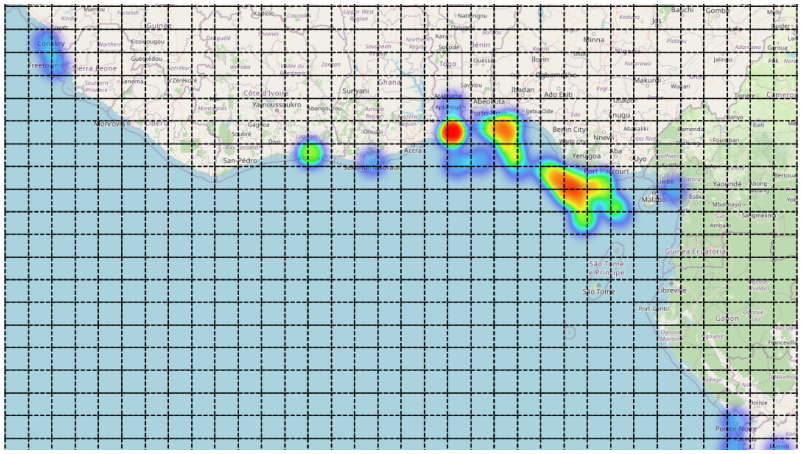


FIGURA 5.3: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2012

No ano de 2013, voltou a verificar-se uma subida acentuada do número de casos nas regiões de Lagos e Bayelsa/Port Harcourt, acompanhada de uma progressiva redução em Lomé. A região de Lomé, até ao ano de 2021, não voltou a apresentar-se como um dos principais *hotspots* de pirataria na região do GdG.

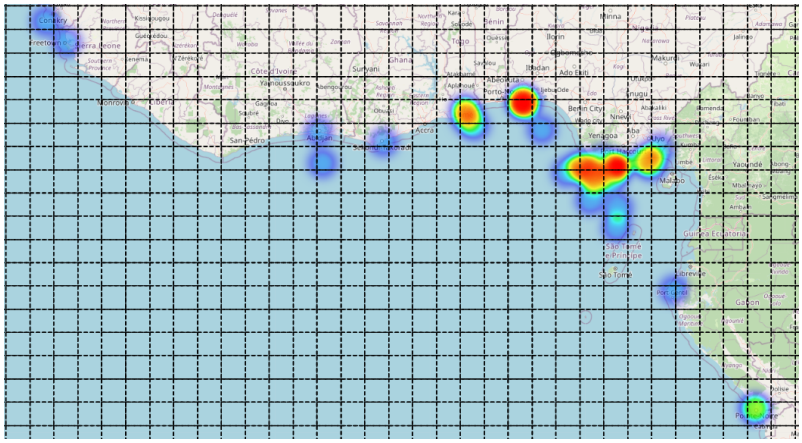


FIGURA 5.4: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2013

Em 2014, o foco de Port Harcourt deslocou-se para Este, novamente para a zona de Bayelsa e verificou-se um aumento da densidade de casos na região de Ponta Negra (Congo), no entanto apenas representa uma concentração de cinco casos.

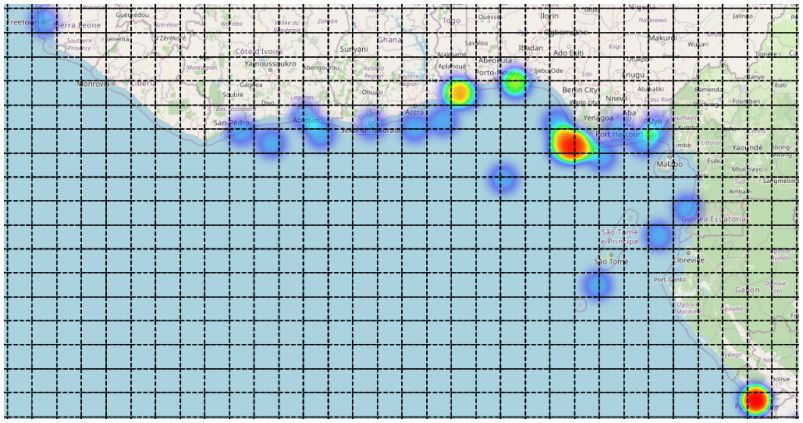


FIGURA 5.5: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2014

Segundo Jacobsen et al. (2021), entre 2010 e 2014, os piratas operavam maioritariamente entre as regiões de Lagos e Cotonou, estendendo posteriormente os raios de ação destes ataques até Lomé, Tema (Gana) e Abidjan (Costa do Marfim). Esta teoria é comprovada através da observação da figura 5.5 em que é de se notar uma grande dispersão dos ataques desde Abidjan até Lomé.

No ano de 2015 identificam-se como principais *hotspots* as regiões de Lagos e de Ponta Negra e foi o ano em que se registou o menor número de ataques para o período em estudo, com um total de 29 incidentes registados.

Este decréscimo está associado a um maior esforço dos Estados para garantirem a segurança marítima na região, nomeadamente através da implementação da Estratégia da UE para o GdG a 17 de março de 2014 e o seu respetivo Plano de Ação a 16 de março de 2015. Este Plano de Ação, tal como referido anteriormente, consiste no apoio aos Estados do GdG por parte da UE, através do auxílio na vigilância dos espaços marítimos e no combate aos crimes marítimos.

Deste modo, embora seja bastante evidente quais os focos dos ataques para o ano de 2015, o seu calor associado representa um número de ataques inferior relativamente aos outros anos, em que o número de casos registados foi bastante superior. Prova desse facto é a Guiné que apresenta uma alta densidade de ataques e, no entanto, apenas registou três casos, apenas bastante concentrados na mesma área.

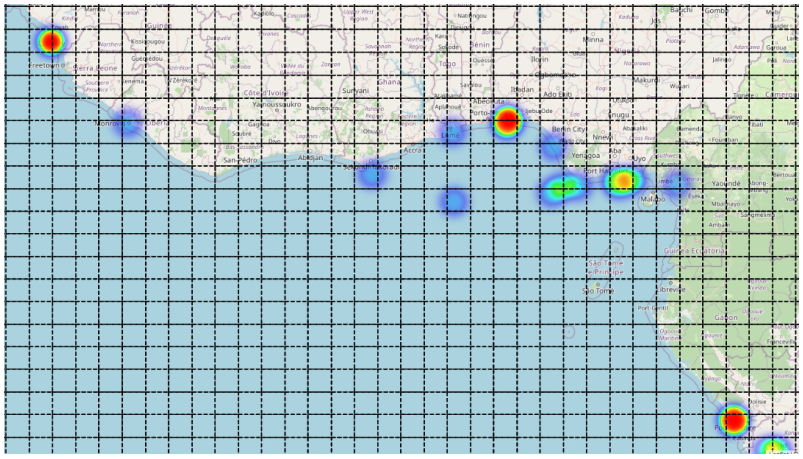


FIGURA 5.6: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2015

Relativamente aos anos de 2016 e 2017, verificou-se novamente um ligeiro deslocamento para este, da região de Bayelsa para Port Harcourt, que se constituem como uns dos principais *hotspots* da região. Os focos de ataques respeitantes a estas regiões, dispersaram-se progressivamente até 2021. Neste período de dois anos, não foram identificados outros focos na região.

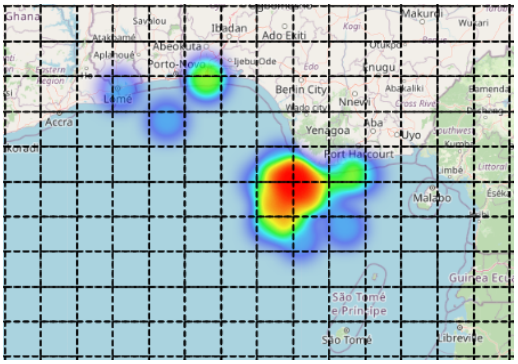


FIGURA 5.7: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2016

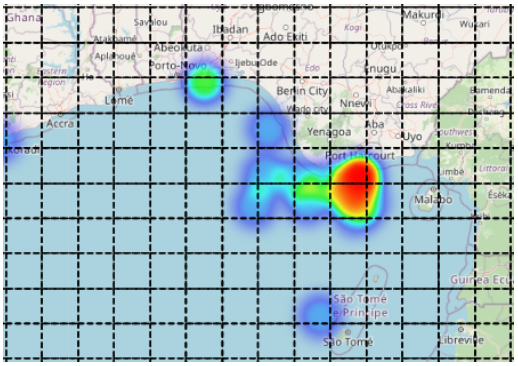


FIGURA 5.8: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2017

No ano de 2018 e tal como é possível observar-se através da figura 5.9, o principal *hotspot* de pirataria marítima na região tornou a ser Lagos e registou-se, inclusive, o maior número de ataques já alguma vez registado até esse ano, com um total de 64 incidentes. No entanto, no ano de 2018 foi registada a maior percentagem de ataques não conseguidos, com um peso de cerca de 65%.

Notou-se ainda um grande aumento na dispersão dos ataques por toda a região do GdG, derivada da grande adaptabilidade dos piratas em contornar as políticas de segurança marítima da região.

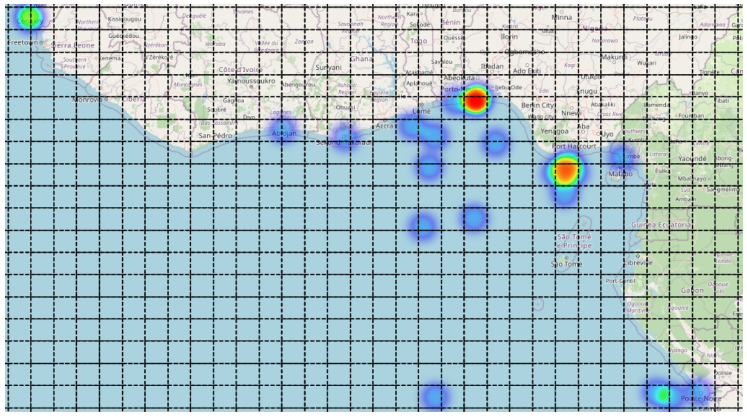


FIGURA 5.9: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2018

Relativamente ao ano de 2019, em termos de distribuição de ataques, este revela-se bastante semelhante ao ano anterior, notando-se uma maior dispersão de casos na região de Bayelsa, registando-se de forma geral ataques a distâncias superiores da costa. Isto revela que o padrão de distribuição geoespacial dos ataques tem vindo a expandir-se cada vez mais, nomeadamente para sul e para este do espaço geográfico ao largo da Nigéria.

Embora em 2019 o número de ataques seja inferior ao ano de 2018, foram reportados quase o dobro dos casos de rapto.

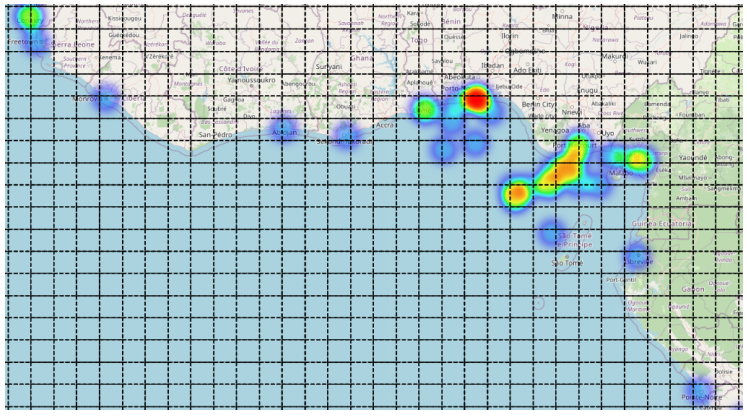


FIGURA 5.10: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2019

Nos anos de 2019 e 2020, devido a um maior reforço das medidas de segurança por parte das autoridades sobre as águas Nigerianas, foi perpetrado um maior número de ataques sobre o Togo, Benim, Camarões, Guiné-Equatorial e o Gabão. (Jacobsen et al., 2021)

Posto isto, e tendo em conta que durante os últimos anos a pirataria marítima se encontrava bastante concentrada na região da Nigéria e nas suas águas,

durante o ano de 2020 foi observada uma dispersão dessa área, nomeadamente para os EC supramencionados.

Relativamente ao foco de ataques que se pode observar na figura 5.11 na região do Gana, embora este apenas represente um total de seis ataques, aparece identificado como principal *hotspot* da região devido à elevada dispersão dos restantes casos em comparação com esta região.

O ano de 2020, apesar da crise pandémica que se fez sentir em todo o mundo, não foi exceção à tendência crescente no número de ataques de pirataria, e revelou-se como o ano em que foi registado um maior número de atos de pirataria, com um total de 70 casos registados.

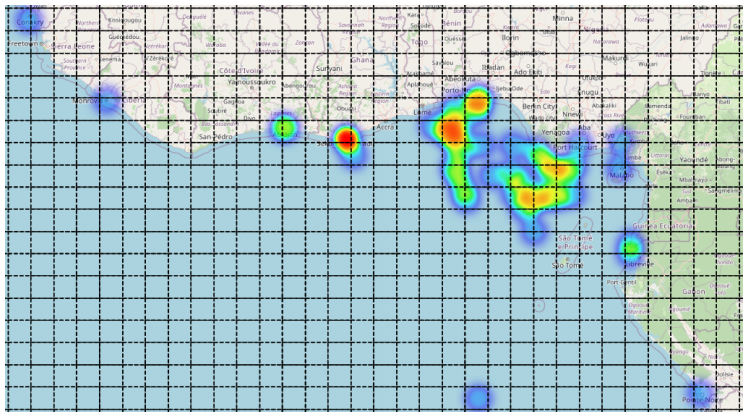


FIGURA 5.11: Principais *Hotspots* de Pirataria no GdG em 2020

Por último, e respeitante ao ano de 2021, não se identifica a existência de qualquer *hotspot* na região, contrariamente às tendências dos últimos anos. Este ano ficou marcado por uma descida abrupta do número de ataques registados, com apenas 31 ocorrências.

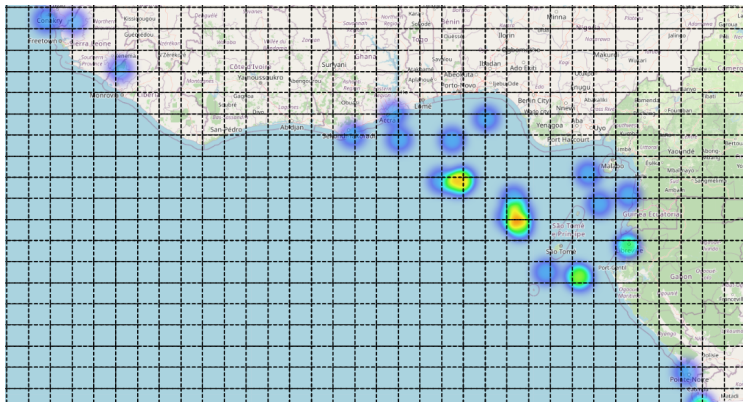


FIGURA 5.12: Dispersão dos ataques de pirataria no GdG em 2021

Desta análise geoespacial é possível observar-se que os grupos organizados de piratas apresentam altos níveis de adaptação a novas áreas de operações, as denominadas *"cold areas"* e que são caracterizadas pela escassa presença militar e nas quais os navios que as cruzam não se encontram tão atentos para a ocorrência de possíveis ataques de pirataria.

Foi ainda possível depreender-se que a dispersão dos ataques a que se assistiu a partir do ano de 2018, sustenta o facto da tendência crescente de se realizarem ataques mais longe da costa e de que os piratas dispõem de melhores meios para o fazerem, destacando-se a utilização de navios logísticos de pequeno/médio porte que prestam apoio a estas operações ilegais e que permitem que os piratas permaneçam no mar por períodos mais longos, em busca de alvos.

Este mapa de calor apresenta grande utilidade para a identificação de *hots-pots* e para o funcionamento como meio de auxílio para o planeamento e a coordenação de missões de anti-pirataria, permitindo alocar os meios operacionais da melhor forma. Permite ainda aos navios que pretendem transitar a região do GdG, a estarem mais despertos para quais as zonas que apresentam maior probabilidade de ser alvo de um ataque de pirataria.

O mapa de calor deve ser utilizado simultaneamente com a técnica dos agrupamentos descrita no subcapítulo 4.2, em que é apresentada uma camada com o número de ataques. Assim permite efetuar comparações entre os diferentes anos de forma correta, sendo que para anos em que haja uma grande dispersão de ataques, ou um menor número de ataques, basta um pequeno número de casos bastante concentrado no mapa para uma obter maior densidade. Este facto pode induzir em erro acerca de quais as zonas mais afetadas visto que uma mesma densidade em anos distintos, pode representar um número diferente de ataques.

5.1.2 Análise do *Nível Médio de Ataque* consoante a zona geográfica

A variável *Nível de Ataque* tem como objetivo a divisão dos níveis de *Classificação de Ataque* consoante for a gravidade do crime praticado. Foi dividida nos três seguintes níveis:

- Nível 1: Se a *Classificação do Ataque* for Não Conseguido;
- Nível 2: Se a *classificação do Ataque* for Sequestro ou Roubo;
- Nível 3: Se a *Classificação do Ataque* for *Hijack* ou Rapto.

Como já se observou na análise realizada no Capítulo 3, a *Classificação de Ataque* é algo que tem variado ao longo dos anos, pelo que, ao efetuar-se uma análise geoespacial tendo em conta o *Nível Médio de Ataque*, utilizando a metodologia do subcapítulo 4.2, será possível identificar, dentro das áreas afetadas, quais as zonas em que os piratas tendem a cometer crimes mais violentos e, como tal, se deve ter um cuidado acrescido com as medidas de segurança anti-pirataria.

Esta análise foi subdividida de acordo com os diferentes períodos considerados por Jacobsen et al. (2021) para a Pirataria Marítima na região do GdG, em que o Período de 2010 a 2015 é denominado de "Período de Pós Amnistia" e o Período de 2016 a 2020 é designado de "Mudança de Paradigma: Da Petro-Pirataria à Pirataria do Rapto e Resgate".

Iniciando a análise pelo período de 2010 a 2015, é possível observar-se através da figura 5.13 que a zona geográfica em que o *Nível Médio de Ataque* é mais elevado é na região entre Lomé e Lagos, o que significa que, para além de ser uma das zonas com maior densidade de ataques, é também aquela em que o nível de violência é superior.

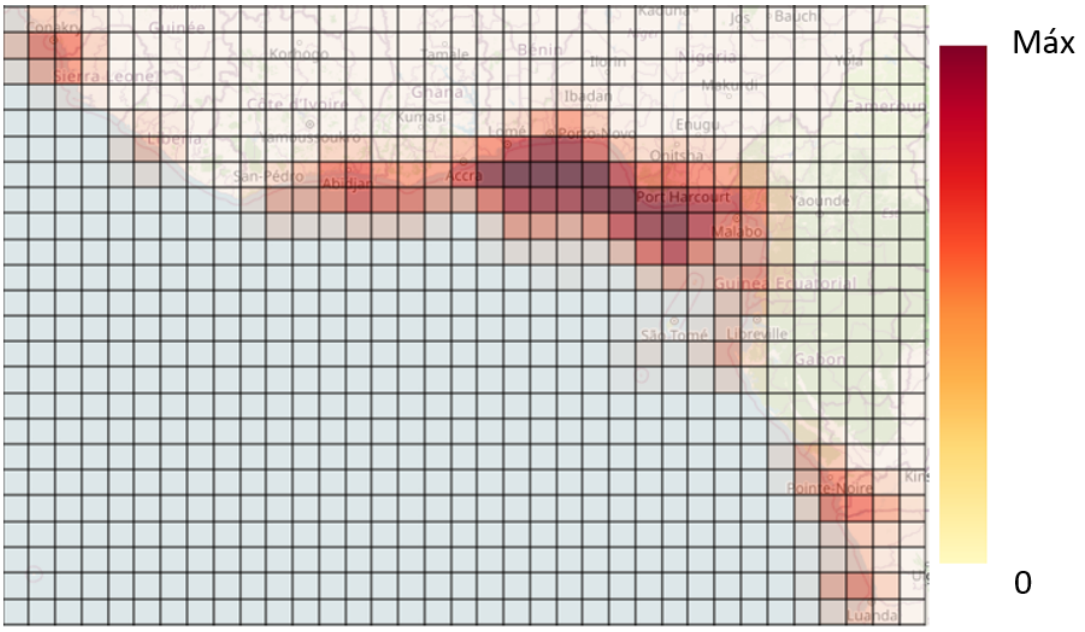


FIGURA 5.13: *Nível Médio de Ataque* de pirataria no GdG entre 2010 e 2015

Para complementar e comprovar as conclusões, é ainda importante analisar a camada que contém os marcadores, em que cada cor corresponde a um tipo de *Classificação de Ataque* diferente. Isto irá permitir, dentro de cada *Nível de Ataque*,

diferenciar as diferentes classificações de ataque e, assim, analisar as tendências para cada zona geográfica.

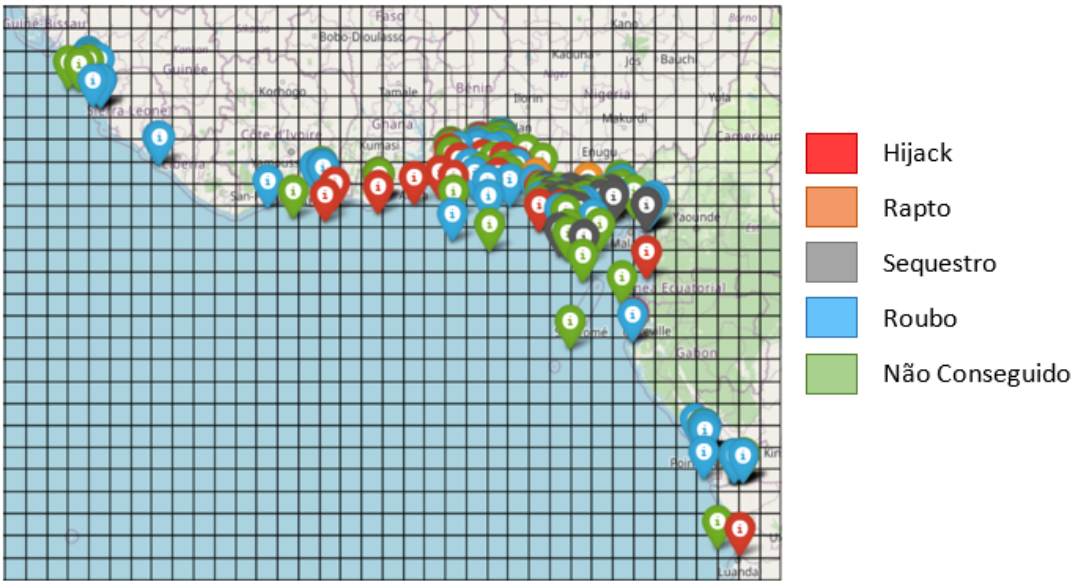


FIGURA 5.14: *Classificação de Ataque* de pirataria no GdG entre 2010 e 2015

Observando a figura 5.14, verifica-se que a causa para que a região entre Lomé e Lagos tenha um maior *Nível Médio de Ataque* é a quantidade de casos de *Hijack* registados na região, contrariamente às outras zonas, em que uma *Classificação de Ataque* superior apresentava baixa possibilidade de ocorrer.

A contagem de casos de *Hijack* para este período é de 30 ocorrências, o que representa um peso de 78% do número total de casos de *Hijack* presentes na BD. É importante referir que destes 30 casos, 29 ocorreram com navios que tinham um *Nível de Proteção* baixo.

Relativamente às áreas de Bayelsa e Port Harcout, a tendência que se verifica é de um alto número de Sequestros, com um total de 20 registos. Sendo que o número total de sequestros entre 2010 e 2015 é de 23, as regiões de Bayelsa e Port Harcout totalizam 87% desses casos.

Em relação às restantes áreas afetadas, a tendência de *Classificação de Ataque* é o Roubo, sendo de se destacar as situações da Guiné e do Congo, em que a totalidade dos ataques com sucesso (14 e 15, respetivamente) foram todos Roubos.

Verifica-se ainda que o número de Raptos ocorridos entre 2010 e 2015 é bastante reduzido, com apenas três casos registados para o ano de 2014, todos na região de Bayelsa. Isto representa um peso de apenas 6% do total de ataques contidos

na BD, evidenciando que, para este primeiro período considerado, o Rapto era uma técnica pouco utilizada pelos piratas.

Relativamente ao segundo período considerado (2016 a 2020) para a análise do *Nível Médio de Ataque*, tal como é possível observar-se através da figura 5.15, nota-se de forma geral um maior *Nível Médio de Ataque* para toda a região do GdG visto que a zona de calor se tornou mais extensa. Este facto também se deve à existência de uma maior dispersão dos ataques por toda essa região, fazendo com que não existam tantos quadrados da grelha sem cor atribuída.

Contrariamente ao primeiro período, em que a área com maior *Nível Médio de Ataque* se situava entre Lomé e Lagos, esta passou a situar-se entre Port Harcourt e os Camarões. Este facto deve-se ao ano de 2018, em que os espaços marítimos ao largo dos Camarões surgiram como uma área de risco para ataques com intenção de rapto, especialmente para navios com um baixo *Nível de Proteção*.

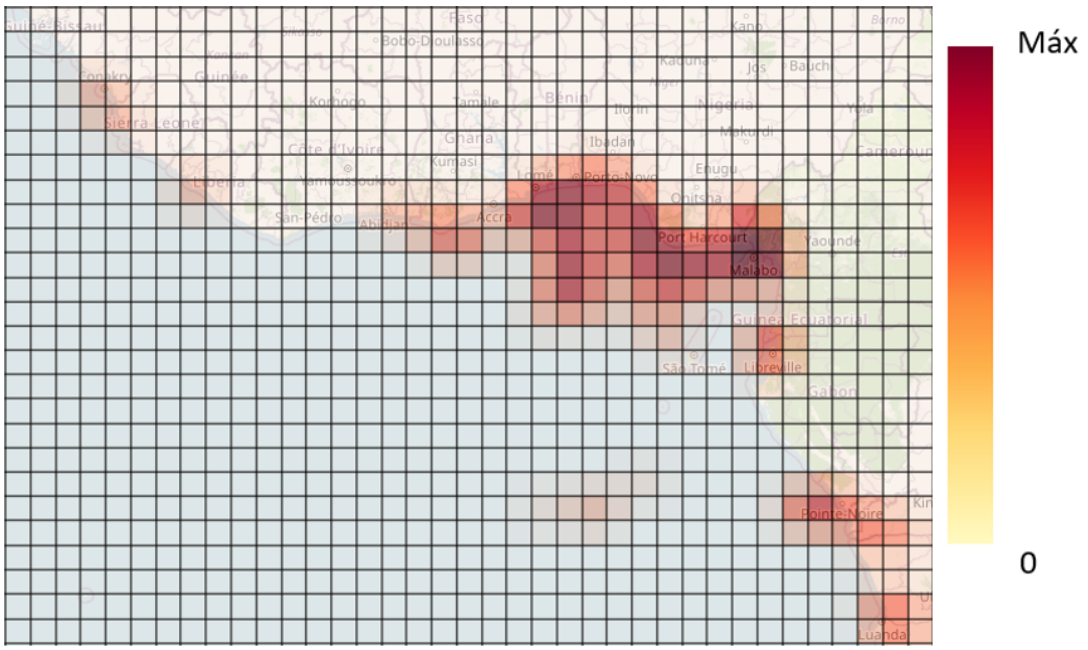


FIGURA 5.15: *Nível Médio de Ataque* de pirataria no GdG entre 2016 e 2020

Visto que, para além da grande maioria dos ataques ter ocorrido entre o Gana e os Camarões, esta região foi a que registou alterações significativas no *Nível Médio de Ataque*, apresentando um especial interesse. Como tal, a análise através dos marcadores restringiu-se a esta zona geográfica, tal como representado na figura 5.16.

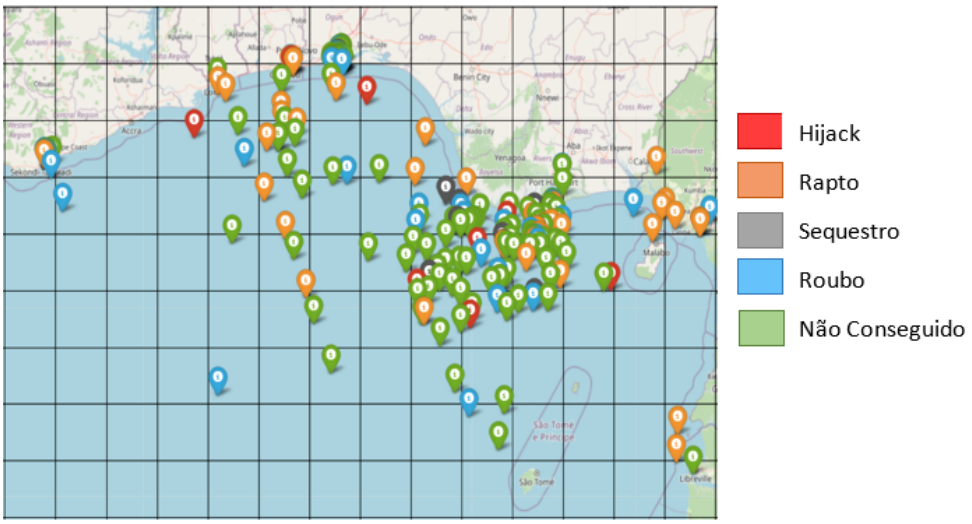


FIGURA 5.16: *Classificação de Ataque* de pirataria no GdG entre 2016 e 2020

Outra razão pela qual se delimitou a referida região, deveu-se ao número de marcadores ser bastante mais elevado para o segundo período do que para o primeiro período, o que dificultaria a análise visual do mapa se os marcadores fossem considerados na íntegra.

Iniciando a análise pela região entre Lomé e Lagos, é possível observar-se que a tendência prévia de *Hijack* já não representa a atual realidade, mas sim a nova tendência do Rapto de membros da tripulação, tal como referido no Capítulo 3. Evidência deste facto é que, dos 50 raptos presentes na BD, 47 ocorreram entre 2016 e 2020, representando 94% do total de Raptos ocorridos desde 2010.

A prática dos raptos em detrimento do ato de *Hijack* permite aos piratas uma maior taxa de sucesso visto que um rapto é rapidamente realizado em cerca de 30 minutos e um *Hijack* pode demorar um ou mais dias até estar terminado, aumentando as possibilidades de os criminosos serem descobertos pelas autoridades. (Portela Guedes, 2020)

Em relação à região de Bayelsa e de Port Harcout, a tendência prévia para o Sequestro também sofreu uma diminuição bastante significativa e verifica-se que o número de Raptos aumentou de forma abrupta.

Relativamente às restantes áreas afetadas, existe também uma maior diversidade das *Classificações de Ataque* comparativamente ao primeiro período analisado. No entanto, o Roubo ainda se apresenta como uma tendência na grande maioria das restantes regiões, contrariamente aos ataques ocorridos em águas sob jurisdição da Nigéria e Benim. Exemplo dessa evidência é os casos ocorridos no

Gana e no Congo em que, na qualidade de EC's mais afetados durante este período (a seguir à Nigéria e Benim), registaram-se 11 Roubos num total de 12 ataques com sucesso para o caso do Gana e 14 Roubos num total de 16 ataques com sucesso no caso do Congo.

A área que através da figura 5.15 se identificou como área de maior *Nível Médio de Ataque*, corresponde aos Camarões e tal deve-se a todos os ataques terem sido bem sucedidos. Do total de nove casos nessa região, sete desses são Raptos, dos quais seis destes navios-alvo apresentavam um *Nível de Proteção* Baixo.

Em relação ao ano de 2021, como é possível observar-se através da figura 5.17, o número de raptos registados foram de apenas dois, o que relativamente aos 17 raptos registados para o ano anterior, demonstra uma descida abrupta. Foram ainda registados quatro casos de Sequestro e um de *Hijack*, o que justifica um decréscimo do *Nível Médio de Ataque* para o ano de 2021.

É ainda de salientar que o número de ataques registados teve um grande decréscimo quando comparado com os anos anteriores, tendo sido registados apenas 31 ataques, menos de metade dos ataques registados para o ano anterior (70 casos).

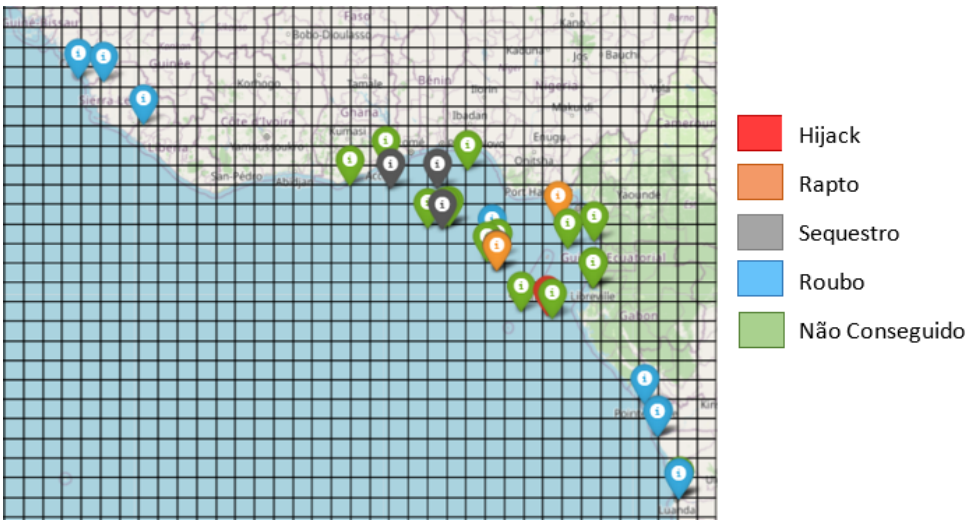


FIGURA 5.17: *Classificação de Ataque* de pirataria no GdG em 2021

Para o ano de 2021, dos 31 ataques registados apenas 16 tiveram sucesso, representando uma taxa de sucesso de apenas 52%.

É ainda possível verificar que existem diferenças de *Classificação de Ataque* consoante a zona geográfica, o que alude à existência de diferentes tipos de pirataria marítima e de AMACN, caracterizados por diferentes tipos de objetivos por parte dos

piratas, da disponibilidade de diferentes tipos de meios e por atuarem em distintas áreas de operação.

Segundo Jacobsen et al. (2021), os diferentes tipos de pirataria existentes são os *"Deep Offshore Pirates"*, os *"Coastal and Low-reach pirates"* e os *"Riverine Criminals"*.

Os *"Deep Offshore Pirates"*, representam os grupos de piratas que tendem a perpetrar ataques a distâncias superiores da costa e são, na sua maioria, grupos provenientes do Delta do Níger. Tendo em conta a análise geoespacial realizada e observando as figuras 5.14 e 5.16, é possível identificar como área de operação deste tipo de piratas, a zona entre Lomé e Port Harcourt, em que se observam ataques a grandes distâncias de costa e com um considerável número de casos em que a *Classificação de Ataque* é elevada.

Os *"Coastal and Low-reach pirates"*, tendem a operar a distâncias até às 40 milhas náuticas de costa. Os seus alvos são preferencialmente navios de pesca, navios pequenos e indefesos, os quais são alvo de roubo ou de rapto por parte dos atacantes. Normalmente atacam de forma oportunista e pedem valores baixos de resgate. Através da análise geoespacial realizada para o período de 2016 a 2020, este tipo de pirataria é bastante fácil de identificar nas regiões da Guiné, no Gana e na República Democrática do Congo, em que o tipo de classificação dominante é o roubo e ocorrem a pequenas distâncias de costa. Na figura 5.18 observa-se este tipo de pirataria para a região da Guiné (à esquerda) e do Gana (à direita).

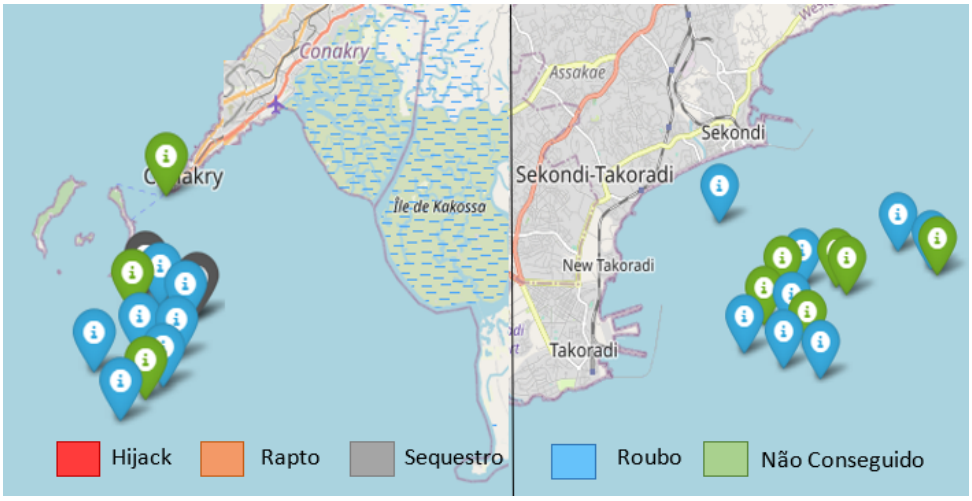


FIGURA 5.18: *"Coastal and Low-reach pirates"* nas regiões da Guiné e do Gana

Os *"Riverine Criminals"*, são grupos que operam maioritariamente em vias navegáveis dos diferentes rios e dispõem de meios não tão desenvolvidos. Combatendo estes grupos organizados, não é expectável que se reduza o número de ataques perpetrados a grandes distâncias de costa, visto que são diferentes grupos organizados.

Um exemplo de zona geográfica onde este tipo de pirataria ocorre e tal como é possível observar-se através da figura 5.19 é no Rio do Congo, que separa os EC de Angola e da República Democrática do Congo. Verificou-se ainda uma descida do número de casos ocorridos neste Rio, quando comparando os 12 casos registados entre 2010 e 2015 com os apenas cinco casos registados entre 2016 e 2020. Isto deve-se a um maior esforço por parte das autoridades para travar este tipo de pirataria.

FIGURA 5.19: *"Riverine Criminals"* no Rio do Congo

5.1.3 Análise do *Nível Médio de Perigosidade* consoante a zona geográfica

Neste subcapítulo, será importante relembrar que o *Nível de Perigosidade* é uma medida que consiste na combinação das variáveis *Tipo de Armamento* e *Número de Criminosos* e varia entre os valores 1 e 3, sendo que quanto maior for o *Nível de Perigosidade*, maior será a probabilidade do ataque ser bem sucedido pois envolve um número elevado de criminosos e um tipo de armamento mais sofisticado.

É neste sentido que analisar as zonas onde o *Nível Médio de Perigosidade* (usando a metodologia presente no subcapítulo 4.2) é superior, constitui-se como um fator de grande importância para o planeamento de uma navegação que apresente um menor risco associado, visto que um *Nível de Perigosidade* superior envolve taxas de sucesso superiores por parte dos piratas.

Observando a figura 5.20 é possível inferir que a zona compreendida entre o Togo e Port Harcourt se destaca pelo seu alto *Nível Médio de Perigosidade*, apresentando valores superiores a 2,5. Tal facto permite concluir que para o período entre 2010 e 2015, esta foi a região que maior número de ataques sofreu e também aquela em que é praticado um *Nível Médio de Perigosidade* superior.

É então possível interligar o facto de que a zona que apresenta maior *Classificação de Ataque*, é aquela que apresenta um *Nível Médio de Perigosidade* superior. Isto deve-se ao facto de que normalmente uma maior *Classificação de Ataque* tende a ser realizada por um número superior de criminosos e com a utilização de melhor tipo de armamento. A região da Guiné apresenta também um considerável *Nível Médio de Perigosidade* associado.

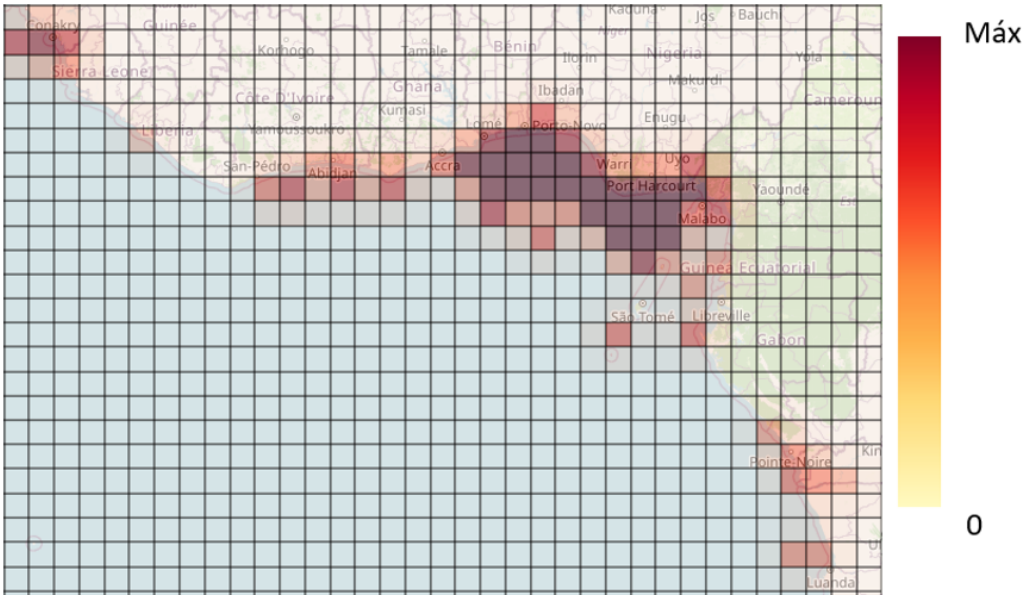


FIGURA 5.20: *Nível Médio de Perigosidade* entre os anos de 2010 a 2015

Quanto ao período de 2016 a 2021 e tal como é possível observar-se através da figura 5.21, a área com maior *Nível Médio de Perigosidade* é semelhante à área para o período entre 2010 e 2015. No entanto, verifica-se que a área com maior *Nível Médio de Perigosidade* é mais extensa para o período de 2016 a 2021 e tal deve-se ao facto de neste período ter ocorrido um aumento no número de casos a distâncias superiores de costa.

Verificou-se ainda uma diminuição no *Nível Médio de Perigosidade* para a Guiné, fruto da diminuição de casos para o período de 2016 a 2021. Já para os EC de Angola e do Congo, a situação é diferente. No caso de Angola este aumento de

perigosidade está associado a um aumento no número de casos registados, quando comparando os seis casos ocorridos entre 2010 e 2015 com os onze casos registados entre 2016 e 2021. Relativamente ao Congo, embora tenha existido uma diminuição do número de casos, o *Nível Médio de Perigosidade* aumentou, o que se deve a um maior número de ataques bem sucedidos na região.

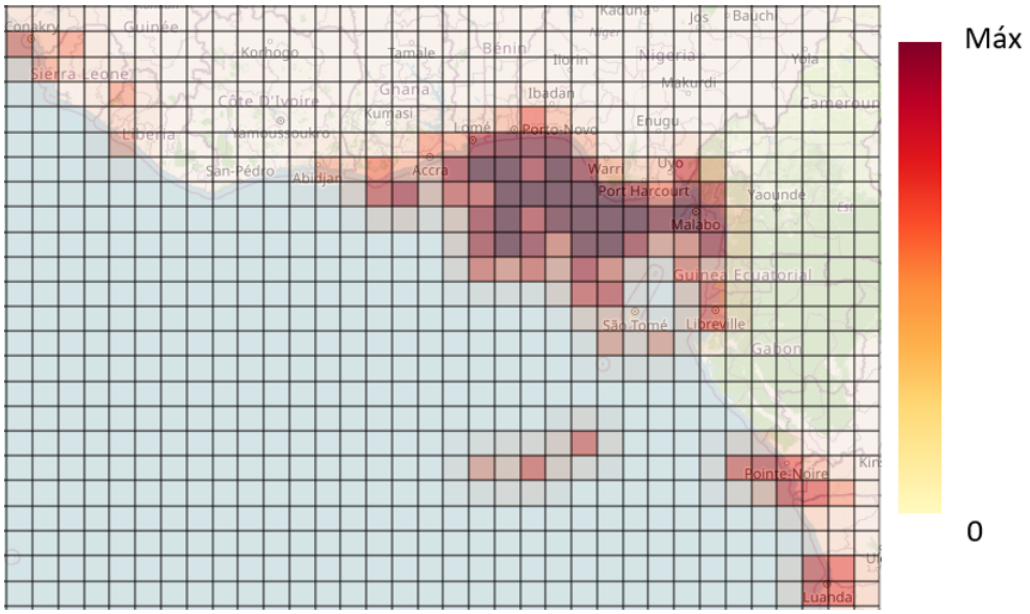


FIGURA 5.21: *Nível Médio de Perigosidade* entre os anos de 2016 a 2021

No entanto, esta análise apresenta uma grande limitação, que é o facto de o *Tipo de Armamento* ser desconhecido em 46% dos casos da BD devido ao mesmo não ser revelado nos relatórios de ataque.

Comparando os mapas de calor relativos ao *Nível Médio de Perigosidade* (figuras 5.20 e 5.21) com os mapas de calor relativos ao *Número Médio de Criminosos* (figuras 5.22 e 5.23), é possível verificar-se que estes são bastante semelhantes, tal como era de se esperar, motivado pelo facto de o *Nível de Perigosidade* depender do *Número de Criminosos*.

Verifica-se ainda que a área de maior calor é bastante extensa quer para as camadas referentes ao *Nível Médio de Ataque* quer para as camadas referentes ao *Número Médio de Criminosos* e que se justifica pelo facto do *Número de Criminosos* para cada ataque ser semelhante para toda a região geográfica do GdG.

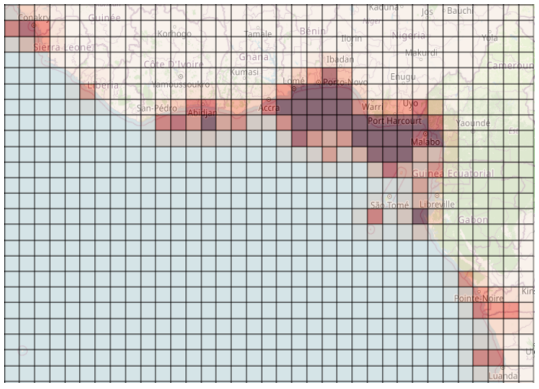


FIGURA 5.22: Número Médio de Criminosos entre 2010 e 2015

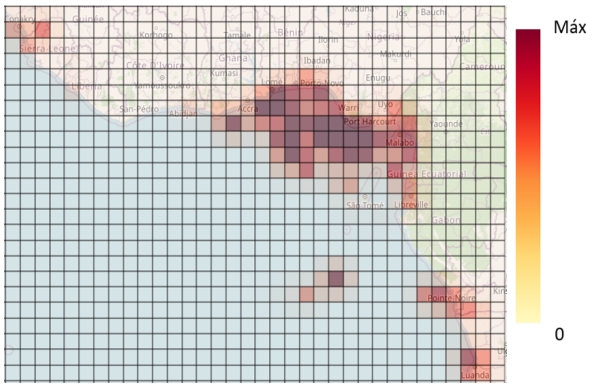


FIGURA 5.23: Número Médio de Criminosos entre 2016 e 2021

Observando o seguinte diagrama de extremos e quartis, é ainda possível ter uma melhor perceção do que foi referido no parágrafo anterior, pois permite-nos concluir que, para além da amplitude interquartil ser de apenas 5, 50% do total de ataques são realizados por um número de criminosos até seis elementos e 75% do total de ataques por um número de criminosos até oito elementos. Verifica-se que o ataque que envolveu um maior número de criminosos foram 30 elementos (apenas uma ocorrência) e o que envolveu menor número de criminosos foi de apenas um elemento (66 ocorrências).

Apesar de o máximo de criminosos registados num ataque ter sido de 30 elementos, apenas 3,3% do total de ataques (20 casos) envolveram um número de pelo menos 15 criminosos.

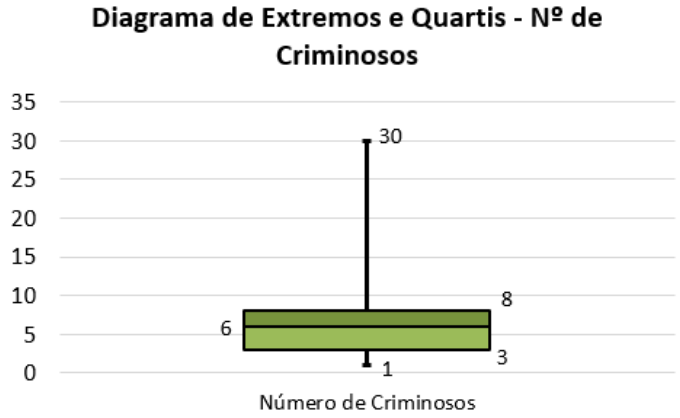


FIGURA 5.24: Diagrama de Extremos e Quartis - Nº de Criminosos

5.2 Análise dos Resultados do Modelo de Redes Bayesianas

Tal como apresentado no Capítulo 3, a precisão obtida pelo modelo Bayesiano para o *Nível de Ataque* é de 80,7% (considerando os dados para o período compreendido entre 2010 e 2020), pelo que neste subcapítulo será realizada uma análise às previsões que não foram corretamente classificadas.

Esta análise permitirá identificar os pontos de influência positiva e de influência negativa na precisão do modelo, identificar padrões dentro do conjunto de casos que foram mal classificados e, principalmente, apresentar as correções aos mapas de calor realizadas pelas Redes Bayesianas através da identificação dos casos em que foi previsto um *Nível de Ataque* superior ao que realmente se sucedeu.

Quanto aos casos em que a amostra de dados é reduzida (menos de dez), estes não serão considerados na análise pois existe uma fraca representabilidade dessas mesmas situações. Como tal, foi-lhe atribuída a cor roxa nas tabelas respeitantes à escala de cores para os níveis de precisão.

Iniciando a análise pelos valores de precisão obtidos para cada uma das 11 variáveis utilizadas na construção do modelo, verifica-se que as respetivas precisões variam entre os valores de 67,5% e de 100%, tal como é possível observar-se através do Apêndice F.

Tendo em conta que a precisão do modelo é de 80,7% e considerando um intervalo de valores de $x = \bar{x} \pm 5\%$, define-se como pontos de influência negativa aqueles que representem uma precisão inferior a 75,7% e, como pontos de influência positiva, os que tiverem uma precisão superior a 85,7%.

Este critério permite identificar como pontos de influência positiva na precisão, as previsões que envolverem:

- Casos ocorridos em 2010 e 2015;
- *Nível de Proteção* "Alto";
- *Nível de Perigosidade* "Baixo";
- Navegação em Áreas Portuárias;
- *Meteorologia* = 1 ou *Meteorologia* = 3;
- Período Diurno;

- Os Estados Costeiros de Angola, Guiné e República Democrática do Congo.

Como pontos que podem influenciar negativamente a precisão identificam-se os que envolverem:

- Casos ocorridos no ano de 2019;
- Os Estados Costeiros de Benim, Camarões e Gana.

A análise dos pontos de influência positiva e negativa na precisão permite que o modelo seja futuramente trabalhado com especial ênfase nestes pontos, com o propósito de conter o menor erro associado possível, para que possa ser posto em prática quer pelos navios e entidades responsáveis pela segurança marítima da região, quer por navios mercantes que pretendam saber qual o risco de pirataria marítima associado a cada situação.

O passo seguinte passou por analisar dentro das previsões mal classificadas, quais os padrões existentes para cada *Nível de Ataque*. Dentro de cada nível, procedeu-se à diferenciação dos casos consoante o seu valor verdadeiro de *Nível de Ataque*.

Do total de casos mal classificados verificou-se que 56% das previsões correspondem ao nível 1, 39% ao nível 2 e 5% ao nível 3.

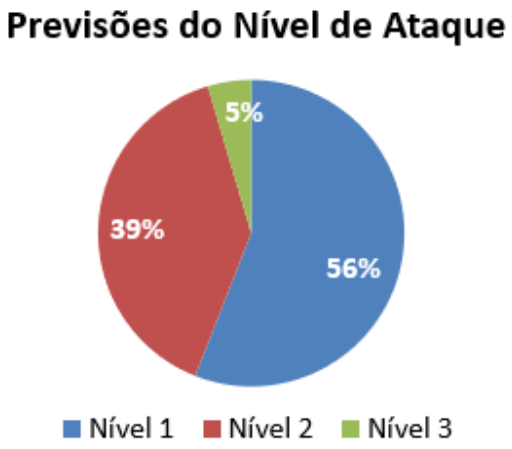


FIGURA 5.25: Previsões do *Nível de Ataque*

Tal permite, logo à partida, inferir que o modelo classifica um maior número de ataques como "Não Conseguidos" do que ataques "Bem Sucedidos", contrariamente ao que se verifica na BD, em que o número de ataques "Não Conseguidos" é

inferior ao número de ataques "Bem Sucedidos".

5.2.1 Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 1

Relativamente aos casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 1 (total de 51 casos), ou seja, que fossem "Não Conseguidos", é possível identificar-se que estes correspondem a:

- 86% dos casos diurnos totais mal classificados;
- 92% dos casos mal classificados em que *Nível de Proteção* "Médio";
- 72% dos casos mal classificados que envolvem navios do tipo *Cargo Ship* e 71% do tipo "Outros";
- 88% dos casos mal classificados ocorridos no ano de 2017 e de 70% do ano de 2016 e 2018;
- 76% dos casos mal classificados em que *Meteorologia* = 1;
- 8 dos 9 casos mal classificados correspondentes ao EC do Congo e 4 dos 5 correspondentes à Costa do Marfim;

Importa agora analisar, dentro dos casos que foram classificados como um *Nível de Ataque* = 1, quais aqueles em que o valor real do *Nível de Ataque* = 2 e quais aqueles em que o *Nível de Ataque* = 3.

Contudo o valor real do *Nível de Ataque* é 2:

Do total de 109 casos classificados incorretamente, 38 foram classificados com um *Nível de Ataque* = 1, no entanto, o seu valor real do *Nível de Ataque* = 2.

Isto representa um peso de 35% do erro total associado ao modelo, o que faz com que, dos diferentes tipos de erro, este seja o mais comum. Em relação a este tipo de erro verifica-se que:

- Aproximadamente um terço deste erro está associado a casos que ocorreram quando *Nível de Perigosidade* "Médio", *Nível de Proteção* "Baixo"e os navios se encontravam fundeados no Mar Territorial durante o período noturno;

- Aproximadamente 30% deste erro está associado a casos que ocorreram quando *Nível de Perigosidade* "Alto", *Nível de Proteção* "Médio" e o navio se encontrava a navegar em Águas Internacionais;
- Representa a totalidade dos casos mal previstos em que os navios se encontravam fundeados no Congo;
- Representa 62% do total de casos mal previstos em que *Nível de Proteção* "Médio";
- Representa 53% do total de casos mal previstos que envolvam navios do tipo *Cargo Ship*;
- Representa 3 dos 4 casos mal previstos para navios atracados e 3 dos 4 ocorridos no ano de 2015;
- Representa 70% do total de casos mal previstos ocorridos no ano de 2016;
- 50% destes casos envolvem navios fundeados;

Contudo o valor real do *Nível de Ataque* é 3:

Este tipo de erro representa 21% do total de casos mal classificados (23 casos) e revela-se como o tipo de erro mais crítico no modelo pois prevê que os ataques sejam não conseguidos e, no entanto, existe um *Nível de Ataque* máximo e bastante superior ao previsto.

Estas previsões podem induzir o utilizador em erro e levar a que tome medidas de proteção inferiores àquelas que deveria adotar. Ao não serem tomadas medidas de proteção proporcionais à grandeza da ameaça, isto fará com que aumente a probabilidade de o maior *Nível de Ataque* se concretizar.

Para este tipo de erro, os padrões que se identificam são:

- Nenhum dos casos apresenta *Nível de Perigosidade* "Baixo" e visto que é um dos fatores mais influentes, torna questionável a razão dos 23 casos serem classificados como "Não Conseguidos";
- 57% destes casos envolvem *Nível de Perigosidade* "Alto" e 43% envolvem *Nível de Perigosidade* "Média";
- Em 35% dos casos *Nível Perigosidade* "Alto" e o *Nível de Proteção* "Baixo", o que torna a hipótese do *Nível de Ataque* ser 1 pouco provável;

- Aproxidamente 40% dos casos envolvem navios do tipo *Oil Ship Transporter*, com um *Nível de Proteção* "Baixo" e ocorreram em Águas Internacionais durante o período noturno;
- 65% dos casos ocorreram a partir do ano de 2017;
- 70% dos casos ocorreram na estação Frio e Húmido;
- 70% dos casos ocorreram em Águas Internacionais;
- Nenhum ocorre na Área Portuária;
- Apenas 1 destes casos envolve navios com um risco de bandeira = 2.

5.2.2 Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 2

Em relação aos ataques incorretamente classificados com um *Nível de Ataque* = 2 (total de 43 casos), é possível verificar-se que:

- Representam um total de 90% dos casos ocorridos em 2011;
- 93% destes casos têm um *Nível de Proteção* "Baixo";
- 95% destes casos ocorreram durante o período noturno;
- 93% destes casos ocorreram quando *Meteorologia* = 2;

Contudo o valor real do *Nível de Ataque* é 1:

- Em 86% dos casos *Nível de Proteção* "Baixo";
- Em 59% dos casos os navios encontravam-se fundeados, enquanto apenas 36% dos casos se encontravam a navegar;
- 8 destes casos envolvem navios do tipo *Oil Ship Transporter* e ocorreram quando o *Nível de Perigosidade* "Médio", no Estado Costeiro da Nigéria durante o período Noturno;
- 64% dos ataques envolvem navios do tipo *Oil Ship Transporter*;
- 91% dos casos ocorreram durante o período Noturno;
- 91% dos casos ocorreram quando *Meteorologia* = 2;
- 55% dos casos ocorreram para navios com um *Nível de Proteção* "Baixo" e quando se encontravam fundeados no período noturno;

- Não prevê navios do tipo "Outros";

Contudo o valor real do *Nível de Ataque* é 3:

O número de casos que foram classificados com um *Nível de Ataque* de 2 e têm como valor real um *Nível de Ataque* de 3, é de 21 casos. Estes casos merecem especial atenção pois o *Nível de Ataque* previsto é inferior ao verdadeiro.

- Os casos ocorreram todos quando *Nível de Proteção* "Baixo";
- 86% dos casos ocorreram quando o navio se encontrava a navegar;
- 67% dos casos ocorreram até ao ano de 2015;
- Os casos ocorreram todos durante o período noturno;
- 95% dos casos ocorreram quando *Meteorologia* = 2;
- Dos 21 casos, apenas 1 ocorreu quando *Nível de Perigosidade* "Médio";
- 13 destes casos envolvem navios com um *Nível de Proteção* "Baixo", durante a estação Frio e Húmido e a navegar durante o período noturno;
- 10 destes casos envolvem navios do tipo *Oil Ship Transporter*, com um *Nível de Proteção* "Baixo"e a navegar durante o período noturno;

5.2.3 Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque* = 3

Quanto aos casos que foram classificados como *Nível de Ataque* = 3, visto que são apenas cinco casos, o único padrão que se verificou foi que estes envolvem, na sua totalidade, navios em que *Nível de Proteção* "Baixo". Destes cinco ataques, quatro representam um *Nível de Ataque* verdadeiro = 1 e apenas um representa um *Nível de Ataque* verdadeiro = 2.

Estes cinco casos mal previstos não apresentam motivo para preocupação pois, para além de representarem um peso de apenas 5% do total de casos mal classificados, foi previsto que *Nível de Ataque* = 3. Isto leva a que os navios se preparem para o pior cenário possível pelo que, se a classificação verdadeira do *Nível de Ataque* for inferior à prevista, não representará qualquer risco adicional para o navio pois já foram tomadas as medidas de proteção proporcionais ao mais elevado *Nível de Ataque*.

5.2.4 Análise das Previsões do *Nível de Ataque* para o ano de 2021

Após a análise das previsões mal classificadas e dos padrões existentes para cada uma das categorias do *Nível de Ataque* para o período de 2010 a 2020, aplicou-se o modelo Bayesiano ao ano de 2021 por forma a inferir se as previsões seguiriam as tendências previamente identificadas para cada *Nível de Ataque*, incluindo-se os casos ocorridos no ano de 2021 no conjunto de dados de treino.

Do total de casos ocorridos no ano de 2021 (31 casos), apenas seis foram mal classificados, representando um nível de precisão semelhante (aproximadamente 80,6%) ao obtido para o período anteriormente considerado (2010 a 2020 - aproximadamente 80,7%). Tendo em conta a reduzida dimensão desta amostra, analisar-se-á os casos mal classificados para o ano de 2021 sem proceder à sua divisão pelas diferentes categorias pertencentes a cada *Nível de Ataque*.

Casos em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque*=1

Do total de seis casos mal classificados, cinco destes foram previstos como um Nível de Ataque = 1, ou seja, que tivessem sido "Não Conseguidos" e, no entanto, foram bem sucedidos pelos piratas. Destes 5 casos, três tinham um *Nível de Ataque* real = 2 e dois tinham um *Nível de Ataque* real = 3.

Verificou-se que estes casos obedeciam aos padrões identificados em 5.2.1 para previsões do tipo *Nível de Ataque* = 1, nomeadamente:

- Envolve o único caso mal classificado que ocorreu no *Período* diurno;
- 80% dos casos mal classificados (5 casos) apresentavam um *Nível de Proteção* "Médio";
- 80% dos casos mal classificados (5 casos) correspondiam aos *Tipo de Navio* *Cargo Ship* ou Outros.

Caso em que foi incorretamente previsto um *Nível de Ataque*=2

Das previsões mal classificadas respeitantes ao ano de 2021, apenas um caso foi incorretamente classificado como *Nível de Ataque* = 2. Este caso obedece aos padrões identificados para previsões deste tipo, nomeadamente:

- O navio-alvo apresentava um *Nível de Proteção* "Baixo";
- Ocorreu durante o *Período* noturno e encontrava-se fundeado;
- Ocorreu quando *Meteorologia* = 2.

Na tabela 5.1, é possível observar-se a matriz de confusão obtida relativamente às previsões do *Nível de Ataque* para o ano de 2021.

Tabela 5.1: Matriz de Confusão para as previsões do *Nível de Ataque* de 2021

Valor Real	Previsão		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Nível 1	14	1	0
Nível 2	3	10	0
Nível 3	2	0	1

5.3 Mapas de calor corrigidos através das Redes Bayesianas

Após a análise dos resultados do modelo de Redes Bayesianas e o levantamento dos padrões existentes para cada categoria de previsão do *Nível de Ataque*, seguiu-se uma análise e comparação entre os mapas de calor do *Nível Médio de Ataque* originais, com os mapas de calor do *Nível Médio de Ataque* corrigidos pelas Redes Bayesianas.

Os mapas de calor corrigidos, apresentam os valores do potencial *Nível de Ataque* que cada situação apresenta, em detrimento da *Nível de Ataque* que realmente ocorreu, ou seja, nas situações em que o *Nível de Ataque* foi previsto ser superior ao registado manteve-se esse nível opondo-se ao nível registado. Esta correção deve-se ao facto de terem ocorrido ataques em que o *Nível de Ataque* real/registado foi inferior ao potencial *Nível de Ataque* podendo, desta forma, ocultar casos onde o *Nível de Ataque* pudesse ser superior ao sucedido. De forma mais prática, permite, por exemplo, identificar situações em que a *Classificação de Ataque* foi "Não Conseguido" e no entanto, a sua potencial *Classificação de Ataque* seria um Sequestro, *Hijack* ou Rapto, não tendo sido efetivamente concretizado devido às condições adversas que os piratas possam ter enfrentado.

Para tal, e tendo em conta os resultados da matriz de confusão presentes na figura 4.5, verifica-se a existência de 27 casos em que foi previsto um *Nível de Ataque* superior ao que realmente se sucedeu. Seguidamente, substituiu-se os valores originais do *Nível de Ataque* destes 27 casos pelos valores "corrigidos" pela rede. Com o objetivo de observar as alterações ocorridas, apresentam-se nas figuras 5.26 e 5.27

dois mapas de calor, um sem correções e o outro com correções, respetivamente, relativos ao espaço temporal de 2015 a 2020.

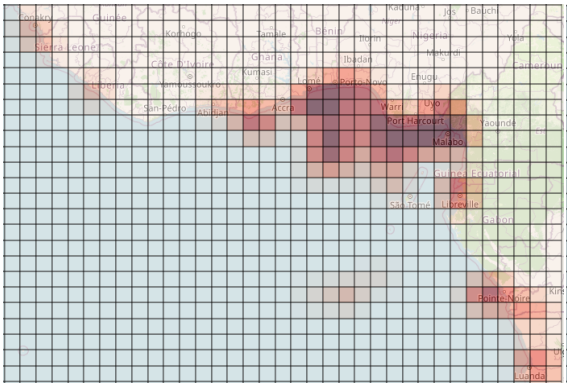


FIGURA 5.26: *Nível Médio de Ataque* entre 2015 e 2020

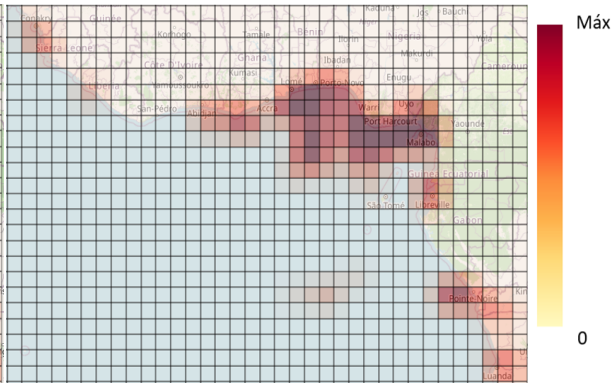


FIGURA 5.27: *Nível Médio de Ataque* corrigido entre 2015 e 2020

Comparando estes mapas de calor, verifica-se que o *Nível Médio de Ataque* por zona geográfica é bastante semelhante para os dois mapas. No entanto, é possível observar pequenas variação para as regiões de Freetown (Serra Leoa), Abidjan (Costa do Marfim) e Ponta-negra (Congo).

As razões que se identificam para a diferença entre os dois mapas ser mínima está relacionado com o facto de a Rede Bayesiana apresentar um bom nível de precisão (aproximadamente 80,7%) e com o facto de se ter aplicado uma média ponderada de nove registos adjacentes, como descrito no subcapítulo 4.2, permitindo abranger todas as zonas tendo em conta o meio que as rodeia e obter um mapa de calor representativo da real ameaça nessas águas.

A aplicação das Redes Bayesianas poderá permitir a identificação de situações em que exista uma ameaça potencial não concretizada e, como tal, corrigir os mapas de calor do *Nível Médio de Ataque* poderá ser decisivo ao nível das medidas de proteção, pois ao considerar-se um *Nível de Ataque* superior, o nível de proteção deverá ser ajustado à respetiva situação, por forma a salvaguardar a segurança do navio e da sua guarnição.

Capítulo 6

Conclusão

No presente estudo foi realizada uma modelação e uma análise geo-espacial do risco de pirataria no Golfo da Guiné, para o período compreendido entre 2010 e 2021. Os dados utilizados para o efeito resultaram do cruzamento de duas fontes distintas, nomeadamente, da *International Maritime Organization* e do *International Maritime Bureau*.

Deste modo, recorreu-se essencialmente a três diferentes métodos para a consecução deste estudo, nomeadamente a uma análise estatística dos dados, uma classificação dos dados recorrendo ao método de Redes Bayesianas e, por último, a uma análise geoespacial do fenómeno. Estes três métodos permitem responder às questões inicialmente formuladas, articulando-os entre si.

- Quais os fatores determinantes para a ocorrência de um ataque de pirataria?

Existe um conjunto de padrões e de fatores que contribuem para a ocorrência de um ataque de pirataria. Como primeiro fator, identifica-se a existência de fracas condições de visibilidade visto que, cerca de 73% dos ataques ocorrem durante o período noturno e tal permite aos atacantes uma taxa de maior sucesso.

Relativamente à localização geográfica, concluiu-se que a Nigéria representa praticamente metade dos casos ocorridos em toda a região do GdG. Assim sendo, um navio ao transitar no espaço marítimo da Nigéria encontra-se particularmente sujeito à ocorrência de um ataque de pirataria marítima, especialmente a distâncias próximas de costa. Neste sentido, navegar a distâncias superiores de costa revela-se como uma das principais medidas a adotar pelos navios que pretendam navegar na região.

Em relação ao Estado do Navio, conclui-se que este é um fator que influencia a decisão dos piratas a realizar um ataque visto que apenas 4% dos casos totais ocorreram quando o navio se encontrava atracado. Tal encontra-se relacionado com

as melhores condições de segurança e de vigilância de que um navio dispõe quando se encontra atracado num porto. Deste modo, navios atracados em portos é um fator dissuasor para os ataques de pirataria.

Verificou-se que as condições meteorológicas são determinantes na ocorrência de um ataque, visto que o maior número de ataques ocorrem nos primeiros meses do ano, nos quais existem melhores condições de navegabilidade. Esta conclusão é ainda fundamentada pela análise das variáveis do Estado do Vento, do Estado do Mar e do Nível de Precipitação, dado que os registos de incidentes em que as condições meteorológicas são adversas são praticamente nulos.

Como último fator determinante, identifica-se o *Nível de Proteção* do navio, visto que apenas 10% dos casos envolveram navios em que o *Nível de Proteção* era alto. Da análise geoespacial realizada, é possível observar-se a existência de zonas do GdG em que os grupos de piratas tendem a atacar navios desprotegidos. Note-se que o *Nível de Proteção* encontra-se relacionado com o tipo de navio visto que os navios que transportam cargas de valor, mais especificamente os *Oil Ship Transporter*, constituem mais de metade dos navios em que o *Nível de Proteção* é Alto.

- Registou-se uma evolução do *Modus Operandi* por parte dos Piratas?

Através do recurso à camada dos marcadores e da análise estatística, é possível verificar-se que ao longo dos anos existiu uma transição na classificação de ataque. A análise comprova que, entre os anos de 2010 e 2015, existia uma grande tendência para o *Hijack* dos navios em busca de petróleo, principalmente na região entre Lomé e Lagos. Do total de casos de *Hijack* registados, verifica-se que 73% dos mesmo ocorreram durante este período. Contrariamente e a partir do ano de 2016, o *Hijack* e o Sequestro deixaram de ser a tendência passando a ser o Rapto, posto que, à semelhança dos piratas do Golfo de Áden, o rapto de membros da guarnição para pedir o seu posterior resgate permitiria que os ataques fossem mais céleres e o risco associado a serem descobertos pelas autoridades fosse menor. Esta mudança de paradigma está relacionada com a acumulação de casos de *Hijack* que não correram como planeado, por ter existido intervenção das autoridades quando os piratas já se encontravam na posse destes navios.

Simultaneamente, também se foram registando ocorrências de ataques a distâncias cada vez mais elevadas de costa, o que demonstra que os piratas ao longo dos anos foram desenvolvendo os seus meios de operação e o seu tipo de armamento, permitindo-lhes assim abranger um maior leque de novos navio-alvo.

Por último, verifica-se um aumento na taxa de sucesso ao combate aos ataques de pirataria por parte dos navios-alvo, embora se tenha evidências de que os piratas tenham cada vez mais acesso a melhores meios.

- Quais as zonas geográficas que apresentam um maior nível de perigosidade? Estas correspondem às zonas em que existe maior nível de ataque?

Uma das zonas que apresenta um elevado nível de perigosidade ($> 2,5$) para o período compreendido entre 2010 e 2015, é a região entre Lomé e Port Harcourt, até cerca de 150 milhas de costa. Para esse mesmo período, a região da Guiné, embora tenha registado apenas casos de Roubo, apresenta um nível médio de perigosidade de cerca de 2,7, demonstrando que um maior nível de perigosidade nem sempre é sinónimo de uma classificação de ataque superior.

Em relação ao período entre 2016 e 2021, a zona de maior perigosidade manteve-se bastante semelhante à de 2010 a 2015, no entanto, verificou-se um aumento dos níveis de perigosidade para distâncias superiores de costa e que está relacionado com uma maior dispersão dos ataques. Verificou-se ainda um aumento do nível de perigosidade para o EC dos Camarões, que se encontra relacionado com o número de raptos que ocorreram na região. Para a região do Congo também se notou um ligeiro aumento dos níveis de perigosidade.

Analisando conjuntamente as camadas respeitantes ao nível de perigosidade e ao nível de ataque, verifica-se que, de forma geral, o panorama dos dois mapas apresenta contornos bastante semelhantes para todo o espaço temporal em estudo.

Relativamente às classificações de ataque, nota-se que o número médio de criminosos envolvido em atos de *Hijack* é de 9,1 enquanto, para um Roubo, este valor decresce para 5,3 criminosos. Isto leva-nos a apurar que, para um nível de ataque elevado, a tendência é de o nível de perigosidade ser também elevado.

- O conjunto de medidas adotadas regionalmente e internacionalmente tem contribuído para um combate mais eficiente a esta ameaça?

Pode-se verificar que a proporção entre o número de ataques bem sucedidos e ataques não conseguidos tem vindo a registar uma evolução positiva. Esta evolução é decorrente das medidas de proteção tomadas pelos navios e pelo esforço internacional e regional que tem vindo a ser desenvolvido ao longo dos anos para o combate à pirataria marítima.

No ano de 2010 verificava-se que a taxa de ataques bem sucedidos por parte dos piratas era de aproximadamente 80%, o que comparativamente aos 52%

registados no ano de 2021, revelam uma melhoria significativa no combate a este fenómeno. O ano que registou valores mais positivos foi o ano de 2018 em que a taxa de ataques bem sucedidos foi de apenas 36%, registando-se um maior número de ataques não conseguidos do que conseguidos.

Com recurso à camada dos marcadores com a classificação de ataque é possível observar-se um excelente exemplo de melhoria no combate à pirataria marítima para a região de Lagos até ao limite exterior do MT, em que a taxa de sucesso dos piratas era de cerca de 50% para o período entre 2010 e 2015 e decresceu para apenas 17% no período de 2016 a 2021.

Por fim e em forma de considerações finais, é possível concluir-se que, em relação à primeira hipótese a testar, **"Os registos de dados meteorológicos recolhidos permitem uma caracterização da Pirataria Marítima mais completa e precisa."**, as variáveis *Estado do Vento*, *Estado do Mar* e *Nível de Precipitação* (embora não presentes nos relatórios de ataque nem em nenhuma BD das duas fontes utilizadas) revelaram-se como um importante fator a ter em conta. Esta importância deve-se à influencia destas na taxa de sucesso de um ataque e determinam se existem as condições necessárias para os ataques serem perpetrados. Esta recolha torna-se útil não só porque se poderá disponibilizar, às entidades da Marinha que dela necessitem, uma BD mais completa, mas também porque os algoritmos desenvolvidos para a recolha dos dados meteorológicos, podem ser utilizados em recolhas futuras, como complemento às informações dos relatórios de ataque provenientes das diferentes fontes.

Em relação à segunda hipótese a testar, **"O modelo de Redes Bayesianas desenvolvido permite a obtenção de boas previsões do *Nível de Ataque* e a correção desse mesmo nível numa perspetiva de ameaça potencial não concretizada"**, verificou-se a sua boa performance dado que a precisão obtida foi de 80,7%. Repare-se que o fenómeno da Pirataria Marítima é bastante imprevisível e que a diversas variáveis está sempre associado um grande grau de incerteza, e, portanto, o valor obtido para a precisão é considerado bastante positivo. Este mesmo modelo permite que sejam corrigidos, ou que sejam identificados, os casos onde o *Nível de Ataque* poderia ser superior ao que realmente se sucedeu, numa perspetiva de ameaça potencial não concretizada. Esta correção poderá ser de grande importância ao nível da implementação das Medidas de Proteção, pois ao considerar-se um *Nível de Ataque* superior, essas deverão ser ajustadas, caso possível, à respetiva situação, por forma a salvaguardar a segurança do navio e da sua guarnição.

Face às conclusões supramencionadas e revisitando-se a questão central, ***"Tendo em conta diferentes contextos de navegação ao longo da região do Golfo da Guiné, qual o Nível de Ataque associado?"***, a utilização do modelo de Redes Bayesianas desenvolvido permite com considerável precisão prever a ameaça que um navio poderá enfrentar mediante as condições e o contexto observados na altura. Será importante referir que, uma aplicação deste modelo em tempo real é extremamente viável, dado que, das dez variáveis de entrada, apenas uma variável (*Perigosidade* que só depende do *Número de Criminosos* e do *Tipo de Armamento*) é que teria de ser introduzida manualmente aquando o ataque, sendo que as restantes podem ser obtidas automaticamente.

Trabalhos Futuros

Tendo em conta que o presente estudo se direcionou para o estudo da evolução e da identificação de padrões, tendências e situações de maior risco de Pirataria Marítima para a região do GdG recorrendo a uma modelação espacial e ao desenvolvimento e análise de uma Rede Bayesiana, propõe-se que no futuro sejam realizados os seguintes estudos, que poderão contribuir para um melhor conhecimento desta temática

- Criação de uma aplicação web, disponível para qualquer utilizador, que recolha automaticamente, dos diferentes equipamentos da ponte, as referidas nove variáveis de preenchimento automático e que permita, após inserção dos elementos em falta (*Número de Criminosos* e *Tipo de Armamento*), obter com rapidez e fiabilidade uma previsão do *Nível de Ataque*;
- Ampliar o presente estudo considerando um conjunto de novas variáveis tais como as situações económicas, políticas e de defesa de cada Estado;
- Desenvolver um modelo que permita uma adequada vigilância dos espaços marítimos mais afetados, através de uma efetiva distribuição e gestão dos meios e recursos disponíveis;
- Cruzar os dados do respetivo estudo com os dados de navegação existentes para cada zona geográfica e estudar as relações existentes.

Bibliografia

Abdel Fattah, M. (2017). Piracy in Gulf of Guinea causes, efforts and solutions. *Vol. 35*(February), 12–21.

Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S. & Manes, A. (2002). The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophysical Research Letters*, *29*(11), 31–1–31–4. https://doi.org/10.1029/2001GL013554

Amaro Gaspar, R. S. (2017). O Papel Da Comissão Do Golfo Da Guiné Na Segurança Maritima Em África. *Revista Transversos*, *10*. https://doi.org/https://doi.org/10.12957/transversos.2017.28638

Ankan, A. & Panda, A. (2015). pgmpy: Probabilistic Graphical Models using Python. *Proceedings of the 14th Python in Science Conference*, (Scipy), 6–11. https://doi.org/10.25080/majora-7b98e3ed-001

Anyiam, H. I. (2014). When Piracy is Just Armed Robbery. *The Maritime Executive*, 1–8.

Anyimadu, A. (2013). *Maritime Security in the Gulf of Guinea : Lessons Learned from the Indian Ocean* (rel. téc. N.º 0). https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/public/Research/Africa/0713pp%7B%5C_%7Dmaritimesecurity%7B%5C_%7D0.pdf

Babatunde, B. B., Zabbey, N., Vincent-Akpu, I. F. & Mekuleyi, G. O. (2018). *Bunkering Activities in Nigerian Waters and Their Eco-Economic Consequences*. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809399-3.00026-4

Barros, E. M. (2018). *O Papel da Comunidade Económica dos Estados da África Ocidental na implementação da Igualdade de Género no âmbito da Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável* (tese de doutoramento). Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas da Universidade de Lisboa.

BBC. (2014). Why so many shipowners find Panama's flag convenient. *BBC*. https://www.bbc.com/news/world-latin-america-28558480

Bell, C. (2021). *Pirates of the Gulf of Guinea: A Cost Analysis for Coastal States* (rel. téc. November). Stable Seas.

Bernardino, L. M. B. (2015). *A Estratégia Marítima Integrada de África 2050 Uma nova dimensão para a Segurança Marítima Africana*.

Bouejla, A., Chaze, X., Guarnieri, F. & Napoli, A. (2014). A Bayesian network to manage risks of maritime piracy against offshore oil fields. *Safety Science*, *68*, 222–230. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.010

Bretes, S. (2021). *Análise Exploratória da Pirataria no Séc . XXI* (tese de mestrado). Escola Naval.

Cabrita, D. F. V. (2016). *O Golfo da Guiné, um novo fenómeno na pirataria marítima depois da Somália: Implicações globais para a Aliança Atlântica, para a União Europeia e para Portugal em particular*, Instituto Universitário Militar. https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/21283/1/1TEN%20M%20Vargas%20Cabrita.pdf

Cadima, J. (2018). Breve revisão sobre Testes de Hipóteses.

Cajarabille, V. (2011). Segurança e Defesa no Mar. *Lisboa, Academia das Ciências de Lisboa, Instituto de Estudos Académicos para Séniores*.

Campos, C. R. (2022). Programa SWAIMS. *Revista da Armada*, 12–16.

Conceição, I. (2020). *Segurança Marítima no Golfo da Guiné: O Impacto da Pesca Ilegal, Não Declarada e Não Regulamentada* (tese de mestrado). Escola Naval.

Conselho da União Europeia. (2014). A UE adota uma estratégia para o Golfo da Guiné. *32*(0), 1–2.

Cook, D. & Garrett, S. (2013). Somali piracy and the monsoon. *Weather, Climate, and Society*, *5*(4). https://doi.org/10.1175/WCAS-D-13-00001.1

Copernicus. (s.d.). Copernicus Marine Service. https://marine.copernicus.eu/pt-pt/node/18888

Correia, J. I. N. (2019). *Uma Introdução às Redes Bayesianas* (tese de mestrado). Universidade da Madeira.

Cristina, A. & Sarabando, L. (2010). *Um estudo do comportamento de Redes Bayesianas no prognóstico da sobrevivência no cancro da próstata* (tese de mestrado). Universidade do Porto.

Dabrowski, J. J. & De Villiers, J. P. (2015). Maritime piracy situation modelling with dynamic Bayesian networks. *Information Fusion*, *23*, 116–130. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2014.07.001

Darwiche, A. (2009). *Modeling and reasoning with Bayesian networks*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511811357

Diário de Notícias. (2021). Águas agitadas – Aumenta o desafio da segurança marítima? *Diário de Notícias*.

Dobilas, S. (2021). *BBN: Bayesian Belief Networks — How to Build Them Effectively in Python*, towards data science. https://towardsdatascience.com/bbn-bayesian-belief-networks-how-to-build-them-effectively-in-python-6b7f93435bba

Elmi, A. A., Affi, L., Knight, W. A. & Mohamed, S. (2015). Piracy in the horn of Africa waters: Definitions, history, and modern causes. *African Security*, *8*(3), 147–165. https://doi.org/10.1080/19392206.2015.1069118

EU Naval Force. (2021). EU Naval Force - Somalia Operation Atalanta. https://eunavfor.eu/

Felipe, C., Loureiro, G., Pesquisa, G. D. & Ambiente, M. (2011). *Abordagem Bayesiana na Estimação de Matriz Origem-Destino* (January), Universidade Federal do Ceará.

Fernanda Figueiredo, P. T. e. A. R., Adelaide Figueiredo. (2017). *Inferência Estatística* (E. Editora, Ed.).

Fiori, J. P., Thiele, R. & Ramos, A. Z. (2015). *Redes Bayesianas e Inferência Aproximada*.

Fred, A. L. (2006). *Redes Bayesianas*.

Friedman, D. K. & Nir. (2009). *Probabilistic graphical models principles and techniques*. Massachusetts Institute of Technology.

Galli, R. (2009). Oil and politics in the Gulf of Guinea. *Development in Practice*, *19*(1), 117–119. https://doi.org/10.1080/09614520802576559

Gaspar, R. S. A. (2013). *Importância Geopolítica da Região do Golfo da Guiné no Quadro da Defesa e da Segurança. Pa- ra uma Estratégia Marítima Integrada* (tese de mestrado).

Gentilli, J., Smith, P. J. & Krishnamurti, T. (2012). West African Monsoon. https://www.britannica.com/science/West-African-monsoon

Gooch, J. W. (2011). Chi-square Test of Independence. https://www.jmp.com/en%7B%5C_%7Dca/statistics-knowledge-portal/chi-square-test/chi-square-test-of-independence.html

Gouchola, S. L. (2013). Strategic Implications of Piracy in Benin's Territorial Waters.

Group, I. C. (2012). The Gulf of Guinea: The New Danger Zone. Crisis Group Africa Report N°195, 12 December 2012 Page. (December).

Hong, N. & Ng, A. K. (2010). The international legal instruments in addressing piracy and maritime terrorism: A critical review. *Research in Transportation Economics*, *27*(1), 51–60. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.12.007

Ian H. Witten, E. F. (2005). *Data mining: practical machine learning tools and techniques* (2nd ed). Morgan Kaufman.

IMB. (2012). *Piracy and armed robbery against ships (Annual report for 2011)* (rel. téc. Janeiro).

IMB. (2020). *ICC-IMB Piracy and Armed Robbery Against Ships Report 2020* (rel. téc. Abril).

IMO. (2009). Resolution A.1025(26) - Code of Practice for the investigation of crimes of piracy and armed robbery against ships, 13.

Jacobsen, K. L., Sernia, G. & Faipoux, H. (2021). Pirates of the Niger Delta: Between Brown and Blue Waters, 90.

Jekyll. (2021). Structure learning for Bayesian networks. https://ermongroup.github.io/cs228-notes/learning/structure/

Jiang, M. & Lu, J. (2020). The analysis of maritime piracy occurred in Southeast Asia by using Bayesian network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *139*(1), 101965. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101965

Jin, M., Shi, W., Lin, K. C. & Li, K. X. (2019). Marine piracy prediction and prevention: Policy implications. *Marine Policy*, *108*(September 2018), 103528. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103528

Kamal-Deen Ali. (2015). the Anatomy of Gulf of Guinea Piracy. *Naval War College Review*, *68*(1), 93–118.

Kim, A. (2019). *Conditional Independence — The Backbone of Bayesian Networks*. https://towardsdatascience.com/conditional-independence-the-backbone-of-bayesian-networks-85710f1b35b

Lloyd's. (2019). Top 10 flag states 2019. https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1129840/Top-10-flag-states-2019

Lusa. (2021). Imigração ilegal para a Europa teve o número mais baixo dos últimos sete anos, mas em Itália até triplicou. *Expresso*. https://expresso.pt/sociedade/2021-01-08-Imigracao-ilegal-para-a-Europa-teve-o-numero-mais-baixo-dos-ultimos-sete-anos-mas-em-Italia-ate-triplicou

Luz, M. R. C. (2016). *A Pirataria no Golfo da Guiné : Como precaver a intensificação do fenómeno da insegurança no Golfo da Guiné e reconduzir a região a uma situação de estabilidade e segurança?* (Tese de mestrado). Universidade Católica Portuguesa. https://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/21818

Machado, I. G. (2021). *Aprendizagem Estrutural de Redes Bayesianas utilizando Algoritmo Genético Multi-Agente* (tese de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais.

Mangan, J. (2017). Future of the sea: trends in the transport of goods by sea. *Future of the Sea*, 23. https://eprints.ncl.ac.uk/file%7B%5C_%7Dstore/production/252288/D337307F-236F-4ECE-82C2-BF806DC8A187.pdf

Marques, L. C. B. (2021). *Segurança Marítima Cooperativa no Golfo da Guiné*, Instituto Universitário Militar.

MI News Network. (2021). 10 Maritime Piracy Affected Areas around the World. *marineinsight*.

Nascimento, A. (2011). São Tomé e Príncipe e os desafios da segurança marítima no Golfo da Guiné. *Nação e Defesa*, 93–121.

Nascimento de Sousa, H. N. (2018). *A segurança marítima no Golfo da Guiné: A arquitetura atual e o contributo da União Europeia*, Faculdade de Direito da Universidade Nova de Lisboa.

NOAA. (s.d.). National Centers for Environmental Information. https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/ocean

Nurbiansyah, G. F., Sbdulmani, L., Md. Sujairi, S. & Abdul Wahab, N. H. (2012). The Pattern of Piracy in the Straits of Malacca 2000-2011: The Declining and Cooperation among Littoral Countries. (May), 1–15.

Oliveira, G. & Nakai, A. M. (2014). Utilizando R para manipular dados de projeção climática. *Embrapa Informática Agropecuária*, 91–92.

Onuoha, F. C. (2013). Piracy and maritime security in the gulf of guinea: Trends, concerns, and propositions. *Journal of the Middle East and Africa*, *4*(3), 267–293. https://doi.org/10.1080/21520844.2013.862767

Osinowo, A. A., Okogbue, E. C., Eresanya, E. O. & Akande, O. S. (2018). Extreme significant wave height climate in the Gulf of Guinea. *African Journal of Marine Science*, *40*(4), 407–421. https://doi.org/10.2989/1814232X.2018.1542343

Osinowo, A. A. (2015). O Combate À Pirataria No Golfo Da Guiné. *Choice Reviews Online*, *51*(01), 51–0038–51–0038.

Pichon, E. & Pietsch, M. (2020). Piracy in the Gulf of Guinea EU and international action. (March 2020). https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/649333/EPRS%7B%5C_%7DBRI(2020)649333%7B%5C_%7DEN.pdf

Piteira, P. S. (2021). *Causas e Evolução das Táticas de Pirataria no Golfo da Guiné* (tese de mestrado). Escola Naval.

Portela Guedes, H. (2015). Golfo da Guiné- A criminalidade organizada. *Revista da Armada*, *501*, 36.

Portela Guedes, H. (2020). Atlantic Centre: Maritime piracy in the gulf of guinea. *Janus.net*, *11*(1), 112–119.

Ramos, N. M. C. G. D. (2012). *Ameaças ao transporte marítimo – A Pirataria: Estudo do Caso Somali* (tese de mestrado). Universidade Autónoma de Lisboa. http://repositorio.ual.pt/handle/11144/254

Revista da Armada. (2022). Balanço das Atividades 2021. *Revista da Armada*, *569*, 24–25. https://www.marinha.pt/conteudos%7B%5C_%7Dexternos/Revista%7B%5C_%7DArmada/PDF/2022/RA%7B%5C_%7D569.pdf

Rinkel, S. (2015). *Piracy and Maritime Crime in the Gulf of Guinea: Experience-based Analyses of the Situation and Policy Recommendations* (N.º *41*).

Rodrigues, A. R., von Kowalski, A., Correia, A. N. & Alexandre, A. G. (2011). *Pirataria Marítima*, Instituto de Estudos Superiores Militares.

Rodrigues, A. R. (2014). A segurança no Golfo da Guiné.

Sposato, J. (2016). *Counter piracy in the Gulf of Guinea: A whole of government approach* (rel. téc. February). Air University. https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1036954.pdf

Statista. (2021). Oil production in Africa as of 2020. https://www.statista.com/statistics/1178514/main-oil-producing-countries-in-africa/

Stracke, N. & Bos, M. (2009). *Piracy: Motivation and Tactics The Case of Somali Piracy*, Gulf Research Center.

Sundaramoorthy, A. S., Valluru, J. & Huang, B. (2021). Bayesian network approach to process data reconciliation with state uncertainties and recycle streams. *Chemical Engineering Science*, *246*. https://doi.org/10.1016/j.ces.2021.116996

Transparency International. (2020). Corruption Perceptions Index. *Encyclopedia of Governance*. SAGE Publications, Inc. https://doi.org/10.4135/9781412952613.n110

UNCTAD. (2014). Maritime Piracy Part I an Overview of Trends , Costs and Trade-Related Implications. *Studies in Transport Law and Policy*, 1–49. http://unctad.org/ttl/legal

UNODC. (2010). *Transnational organized crime threat assesment report 2010* (rel. téc.). https://doi.org/10.4324/9781315163550-2

USGS EROS. (s.d.). West Africa: Land Use and Land Cover Dynamics. https://eros.usgs.gov/westafrica/node/157

Vaněk, O., Jakob, M., Hrstka, O. & Pěchouček, M. (2013). Agent-based model of maritime traffic in piracy-affected waters. *Elsevier*, *36*, 157–176. https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.08.009

Vespe, M., Greidanus, H. & Alvarez, M. A. (2015). The declining impact of piracy on maritime transport in the Indian Ocean: Statistical analysis of 5-year vessel tracking data. *Marine Policy*, *59*(December 2008), 9–15. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.04.018

Wilson, T. V. (s.d.). *Preventing Pirate Attacks*, HowStuffWorks. https://people.howstuffworks.com/pirate6.htm

Worcester, M. (2010). *Time to rethink the fight against maritime piracy in the Indian Ocean*, Institute for Strategic, Political, Security e Economic Consultancy.

Xing, L. E. P. (2017). Lecture 4 : Exact Inference Approaches to Inference, 1–9. https://www.cs.cmu.edu/%7B~%7Depxing/Class/10708-17/notes-17/10708-scribe-lecture4.pdf

Zhou, X., Cheng, L. & Li, M. (2020). Assessing and mapping maritime transportation risk based on spatial fuzzy multi-criteria decision making: A case study in the South China sea. *Ocean Engineering*, *208*(December 2019), 107403. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107403

Apêndice A - Ameaças à Segurança Marítima

Para um melhor enquadramento acerca das principais ameaças marítimas que assolam o GdG, considera-se necessária uma breve revisão literária sobre as mesmas.

- **Pesca Ilegal, Não Declarada e Não Regulamentada (INN)** - É um fenómeno relativamente recente, embora já represente um obstáculo de grandes proporções e surge como a designação utilizada para representar todos os atos que, à luz das normas regionais, nacionais ou internacionais sejam considerados como atos ilícitos relativos ao exercício e à gestão das pescas. (Conceição, 2020)

É ainda importante diferenciá-los. A Pesca Ilegal é a mais comum e de conhecimento público, referindo-se às atividades piscatórias que se realizem sem a autorização do Estado que detém a jurisdição sobre essas águas, transgredindo as leis e os regulamentos internacionais ou do respetivo Estado.

A Pesca Não Declarada, que tem vindo a aumentar devido ao grande desenvolvimento da indústria pesqueira, refere-se à atividade de captura que não é declarada ou que foi declarada mas de forma errada à autoridade nacional ou à Organização Regional de Gestão das Pescas (ORGP) competente, sem estar de acordo com a legislação e regulamentação das mesmas.

A Pesca Não Regulamentada, refere-se às atividades de captura realizadas por embarcações que não arvorem a bandeira de nenhum Estado ou de um Estado que não seja parte integrante dessa organização. As atividades de captura realizadas em áreas sem medidas de conservação e ordenamento em vigor, violando as leis internacionais que são responsáveis pela correta gestão e conservação dos recursos marinhos, também se identifica como tipo de Pesca Não Regulamentada.

A diferença mais pormenorizada entre estes três tipos de atos ilícitos de pesca, encontra-se descrita no Plano de Ação Internacional para Prevenir, Dissuadir e Eliminar a Pesca Ilegal, Não Declarada e Não Regulamentada, na sua segunda parte.

Para fazer face a esta ameaça têm sido desenvolvidos esforços internacionais como o Código de Conduta para a Pesca Responsável (CCPR) e o Plano de Ação Internacional para Prevenir, Dissuadir e Eliminar a Pesca Ilegal, Não Declarada e Não Regulamentada, que são planos que têm como objetivo prevenir, dissuadir e eliminar a pesca INN, proporcionando a todos os Estados um conjunto de medidas que os auxiliem no combate a este ato ilícito.

• **Contrabando** - É uma prática que consiste na importação ou exportação clandestina de mercadorias e produtos que carecem de registo, análise e autorização de órgão público competente para poderem ser comercializados.

A presença de contrabando na região do GdG é predominante devido à fragilidade dos Estados e devido à escassez de capacidades de vigilância e de meios operacionais para que se possa fazer face a esta ameaça e assim limitar as ações dos contrabandistas.

Este ato ilícito apresenta graves consequências para a economia e para a segurança marítima da região pois contribui não apenas para a fuga aos impostos e a não declaração de rendimentos, mas também para o aumento da taxa de criminalidade, pois ao tornar-se uma região atrativa para o tráfico de armas e munições, contribui para a presença destas ameaças à segurança marítima. Contribui ainda para a desvalorização da moeda nacional e estimula o desemprego pois quanto mais fácil for a importação de bens ilegais, menor será o investimento na indústria e nas fábricas nacionais. (Gaspar, 2013)

Tráfico de Droga - O tráfico de estupefacientes é uma realidade nos países do GdG e apresenta bastante preocupação para a Organização das Nações Unidas (ONU) pois é um dos principais causadores da instabilidade nesses Estados devido ao impacto direto que apresenta, quer no domínio económico quer no domínio social da região. Do tráfico destas substâncias destaca-se o tráfico de cocaína que, embora tenha atingido o seu pico entre 2005 e 2007, continua a proporcionar lucros superiores aos orçamentos que alguns países do GdG dispõem para a segurança nacional.

Com o apertar das medidas nos acessos ao mercado Europeu, o GdG constituiu-se como a rota ideal para o tráfico de droga entre a Europa e a América do Sul, devido à sua privilegiada localização, à falta de controlo nas fronteiras e ao seu clima de instabilidade. O transporte para África é realizado por via marítima através de contentores, ou por via aérea nos voos tradicionais ou comerciais.

Posteriormente, é enviada para a Europa através de barcos de pesca, contentores ou embarcações de recreio. Outra prática bastante usual é o transporte até ao Norte de África e, através de aviões ultraleves ou lanchas rápidas, é possível fazer estas mercadorias chegarem à Europa para serem comercializadas. Devido ao lucro e à movimentação de dinheiro que esta atividade envolve, torna-se bastante simples a atração de importantes figuras dos governos destes países, o que abre ainda mais as portas à intensificação da corrupção. (Portela Guedes, 2015)

Bunkering - É uma atividade praticada por organizações de crime organizado que consiste no roubo de combustíveis, no seu refinamento ilegal e a posterior venda no mercado negro. À semelhança do que ocorre com a pirataria marítima, também esta prática se tem propagado de forma célere, devido aos lucros monetários para quem as pratica. Os combustíveis que são furtados desta região, têm como principal mercado os Estados Unidos, a China, o Brasil e Singapura, entre outros.

A região do GdG mais afetada por este ato ilícito é a região do Delta do Níger (na Nigéria) devido aos enormes depósitos de petróleo existentes. No entanto, esta riqueza não se reflete nas condições de vida das pessoas da região, acabando estas por sofrer de privação de água potável, de um débil sistema de saúde, de uma grande taxa de desemprego e de um difícil acesso à educação. Tal deve-se ao facto de o governo Nigeriano comercializar os direitos de exploração das reservas de petróleo e gás natural a outras companhias que tenham melhores meios para a extração destes combustíveis. Deste modo, os beneficiados pela existência destas fontes de recursos naturais acaba por ser apenas o governo, as companhias petrolíferas e uma pequena elite local, existindo uma má distribuição das receitas de petróleo.

Estima-se que o governo Nigeriano tenha perdas mensais de aproximadamente 1,7 biliões de dólares apenas pelo roubo de petróleo bruto, sendo que estes valores têm vindo a aumentar ao longo dos últimos anos. É possível afirmar-se que estes negócios ilícitos envolvem tanto dinheiro quanto o dinheiro que a própria Nigéria dispõe.(Babatunde et al., 2018)

O *Bunkering* apresenta um *Modus Operandi* bem definido, no qual o petróleo tende a ser furtado durante o período noturno através da sabotagem às instalações e o seu posterior armazenamento em instalações ilegais ou em outros tanques de petróleo na região para que posteriormente seja comercializado ilegalmente.(Rinkel, 2015)

Poluição Ambiental - A poluição é uma questão cada vez mais debatida devido ao desenvolvimento industrial e à modernização global a que se tem assistido e que têm contribuído não apenas para o aquecimento global, como para as consequências que advêm deste, tais como a extinção de espécies, a subida do nível médio das águas do mar e o efeito de estufa, entre outros.

O GdG não é exceção a esta nova tendência e destaca-se pela sua forte indústria petrolífera que é considerada uma das principais figuras no que concerne a desastres ambientais, visto que todo o conjunto de ações para a transformação do petróleo, tais como a extração, a produção, o transporte e a refinação originam grandes

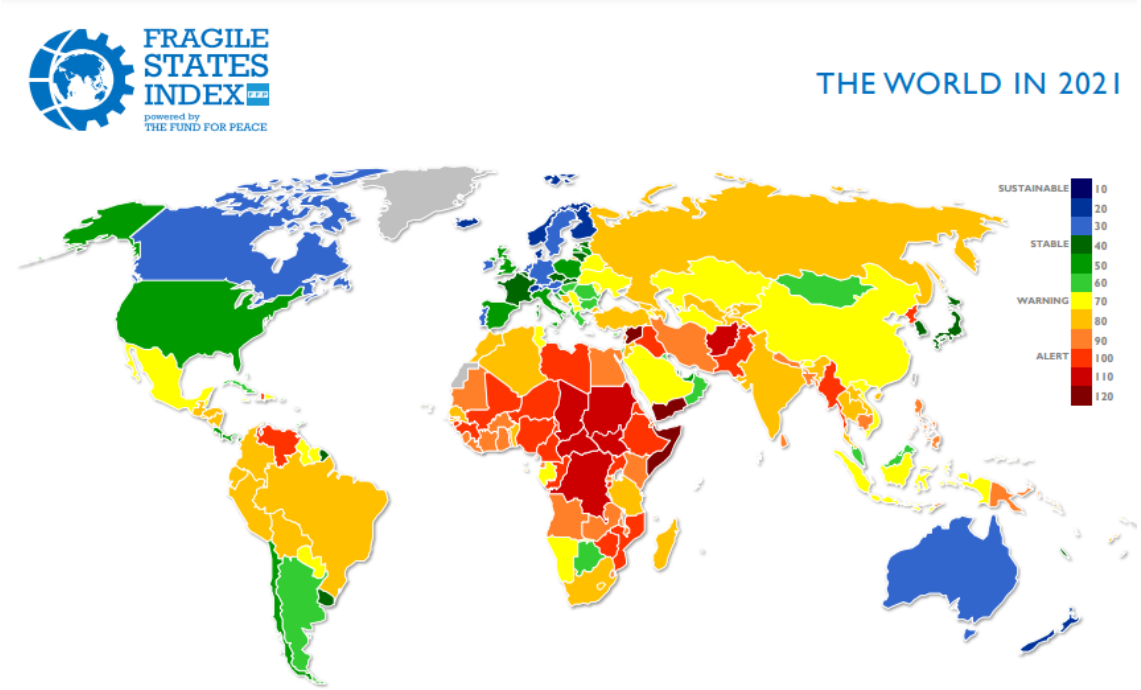
quantidades de resíduos sólidos e líquidos, sendo que os derrames destas substâncias causam desastres ambientais bastante graves para todos os ecossistemas da região e, naturalmente, grande impacto a nível económico pois degrada o ambiente marinho, que é umas principais fontes de rendimento desses Estados. (Conceição, 2020)

Tráfico de Migrantes - Este ato ilícito, contrariamente aos anteriormente descritos, tem reduzido ao longo dos últimos anos. No entanto, ainda ocorre com bastante frequência e tem como destino principal o continente europeu. Na maioria dos casos o tráfico é realizado através de avião, utilizando-se por vezes vistos falsos. Existem ainda serviços clandestinos que, em troca de bens monetários, promovem a migração através de meios terrestres, auxiliando os migrantes durante todo o percurso até ao seu destino. (Portela Guedes, 2015)

Segundo a Agência Europeia de Gestão da Cooperação Operacional nas Fronteiras Externas (FRONTEX), no ano de 2020 foi atingido o número mais baixo de imigração ilegal dos últimos sete anos e houve um decréscimo de 13% relativamente a 2019, sendo que a Península Ibérica é a zona que apresenta um menor número de entradas ilegais da União Europeia (16 969 imigrantes detetados), apresentando um decréscimo de 28% relativamente ao ano anterior, o que se justifica com um melhor empenhamento dos meios no combate a esta ameaça, bem como às restrições de entrada no continente europeu devido à pandemia COVID-19. (Lusa, 2021)

Apêndice B - Classificação de Estados Frágeis

FIGURA B.1: Índice de Estados Frágeis no ano de 2021 segundo o *Fragile States Index*



A classificação do *Fragile States Index* é realizada com base na avaliação de indicadores políticos, económicos, sociais e de coesão. Cada um destes indicadores encontra-se dividido em diferentes parâmetros que, ao serem analisados de forma independente, permitem uma mais fácil identificação dos pontos fortes e pontos a melhorar de cada Estado.

Dimensão Política

1. Legitimidade do Estado:

   Avalia a imagem de que a população tem sobre o governo, com base nas transparências das suas medidas, da sua representatividade política, da gestão dos impostos e do seu nível de corrupção, entre outros parâmetros ao nível governamental;

2. Serviços Públicos:

Avalia os serviços públicos do Estado, tais como os serviços de educação, saúde, transportes e de infraestruturas;

3. Direitos Humanos e Estado de Direito:

   Estuda a relação existente entre a população e o Governo e avalia se existe um abuso ao nível social, da liberdade de expressão e legal e político sobre os cidadãos.

Dimensão Económica

1. Pobreza e Declínio Económico:

   Avalia vários indicadores económicos da sociedade, tais como a renda *per capita*, o produto nacional bruto, as taxas de desemprego, de produtividade e de inflação, entre outras que permitem uma noção global da economia do Estado e das suas prospeções futuras.

2. Desenvolvimento Económico Desigual:

   Avalia as desigualdades a nível económico através de duas bases. A primeira refere-se a grupos existentes, quer pela raça, pela etnia ou pela região, entre outros. A segunda é tendo em conta os níveis literários, o *status* económico ou com base na região (meio urbano ou rural). Tem ainda em conta as oportunidades que são dadas à população para melhorar a sua condição económica, tais como o acesso a formação profissional ou acesso a emprego.

3. Movimentos Migratórios:

   Avalia em que medida é que a economia de um Estado é afetada pelos seus movimentos de migração, tendo em conta que cidadãos qualificados tais como empresários, médicos ou engenheiros podem abandonar o seu país à procura de melhores oportunidades, contribuindo ainda mais para um desacelerar das economias mais fragilizadas.

Dimensão Social

1. Pressão Demográfica:

   Avalia a pressão que é colocada sobre o Estado por parte da população ou do ambiente circundante, tendo em conta todo o leque de recursos disponíveis (abastecimento de alimentos, medicamentos, água potável, entre outros), as

altas taxas de crescimento demográficas e as distribuições populacionais distorcidas entre faixas etárias.

2. Refugiados e Deslocados Internos:

   Mede a pressão sobre os Estados que é causada pelo deslocamento forçado de grandes comunidades, como consequências sociais, políticas e ambientais, entre outras. Este indicador assenta na visão de que os fluxos populacionais podem pressionam ainda mais os serviços públicos e, inclusive, criar desafios humanitários e de segurança para o Estado, caso este não tenha as condições necessárias para receber estas comunidades.

3. Intervenção Externa:

   Este indicador considera a influência e o impacto de atores externos no funcionamento do Estado, nomeadamente indicadores de segurança e económicos. Em termos de segurança foca-se numa política da segurança de informação do Estado e num conjunto de assuntos internos de que podem ser postos em risco por governos, exércitos e serviços de inteligência, entre outros. Quanto à vertente económica, avalia a intervenção externa em termos de dívida monetária que o país tem face aos agentes externos, de projetos de desenvolvimento ou ajuda externa que o país se encontra a usufruir e de outro tipo de situações que ponha em causa a dependência económica de um Estado para com outro.

Coesão

1. Sistema de Segurança:

   Este indicador considera as ameaças à segurança de um estado tais como, ataques, movimentos rebeldes, motins internos ou atos de terrorismo. Tem em consideração a existência de crimes graves, casos de crime organizado e homicídios, bem como avalia os níveis de confiança dos cidadãos para com o sistema de segurança. O indicador também considera a existência de milícias privadas e apoiadas pelo Estado para oprimir oponentes políticos. Avalia ainda a existência e a proliferação de milícias independentes ou de grupos mercenários que desafiam o monopólio estatal através do uso da força.

2. Elites Faccionadas

O presente indicador considera a existência de elites tendo em conta fatores étnicos, raciais e religiosos, entre outros. Tem em conta o uso de retórica política nacionalista por elites, defendendo questões nacionalistas, xenófobas ou de irredentismo e solidariedade comunal. Este termo tende a ganhar importância num Estado em que não exista unanimidade para com os representantes do governo. Essencialmente este indicador avalia a luta pelo poder, pela competição e transições políticas e a credibilidade dos processos eleitorais.

3. Segurança de Grupos

Este indicador foca-se nas divisões dos diferentes grupos da sociedade, baseadas nas caraterísticas políticas e sociais que restringem o acesso destes grupos a serviços e recursos, bem como a sua inclusão em processos políticos. A componente histórica revela preponderância no papel que esse grupo desempenha na sociedade, visto que influencia a relação com a sociedade e outros grupos. É tido em conta a perseguição e a repressão existentes para com estes grupos, sendo que lhes é retirada a autonomia, a autodeterminação e a independência política que se constituem como direitos humanos.

Apêndice C - Análise Global da Pirataria Marítima

Neste apêndice é realizado um breve enquadramento teórico sobre a pirataria marítima, abordando as regiões que mais têm sido afetadas por este fenómeno nos últimos anos.

O contexto atual da Pirataria Marítima é bastante distinto de quando esta começou a ser relatada pelas primeiras vezes, notando-se uma adaptação às novas condições de tráfego marítimo e à respetiva evolução das medidas de proteção contra estes atos ilícitos. (Rodrigues et al., 2011)

Segundo a IMO, no decorrer dos últimos anos, tem-se assistido de uma forma global a uma diminuição do número de ataques de pirataria, tal como é possível observar-se na figura seguinte.

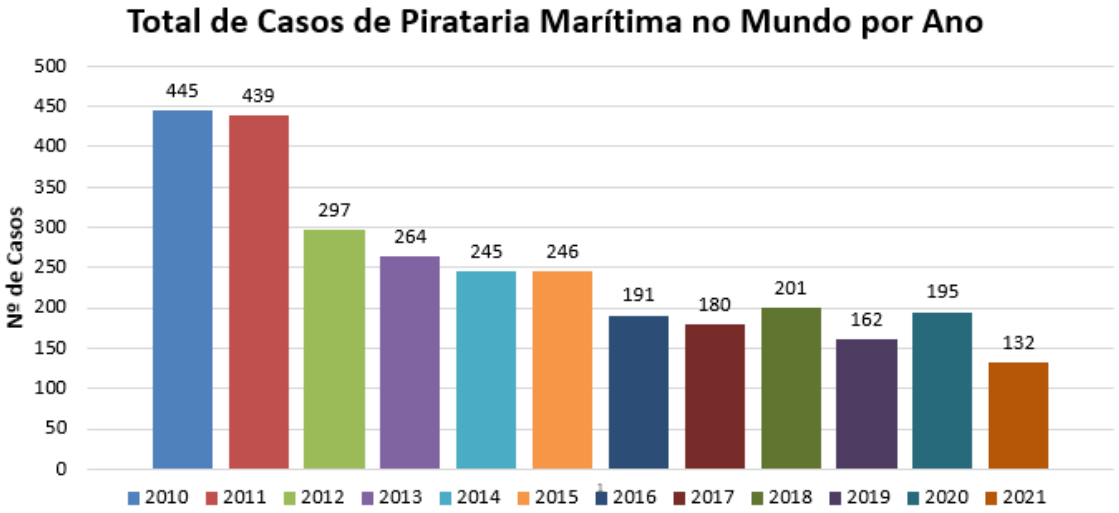


FIGURA C.1: Total de Casos de Pirataria no Mundo por ano

Esta redução deve-se a um maior esforço da comunidade internacional para a coordenação e a distribuição dos meios para o seu combate, sendo que em junho de 2008, a resolução 1816 do Conselho de Segurança da ONU apelou para a colaboração ao combate à pirataria na Somália, onde ocorriam mais de metade do número total de ataques de pirataria no mundo. (UNODC, 2010) . Para o combate à pirataria nesta região, é de se destacar a Operação Atalanta levada a cabo por parte da UE, que contribuiu através do empenhamento de navios e aeronaves para o apoio à vigilância marítima na região e resultou numa diminuição significativa do número de casos nesta região, que atingiu o seu pico no ano de 2009. (Diário de Notícias, 2021)

As regiões do mundo mais afetadas pelo fenómeno da pirataria marítima no decorrer dos últimos anos são o Sudeste Asiático, o Golfo de Áden, o Golfo da Guiné e o Oceano Índico e representam cerca de 87% do total de casos de pirataria registados entre 2008 e 2020. (Bretes, 2021)

O **Sudeste Asiático** é constituído principalmente por duas regiões mais críticas no número de ataques de pirataria que perpetuam nessa região, nomeadamente o Estreito de Malaca e o Mar Sul da China. Entre os anos de 1994 a 2004 e 2010 a 2015, esta era a região do mundo mais afetada por este fenómeno. (Jiang & Lu, 2020)

O **Estreito de Malaca** tem uma extensão de 550 milhas e é uma das zonas marítimas mais movimentadas do mundo, encontrando-se localizado entre a costa da Indonésia e da Malásia. A proximidade entre a costa destes dois países e a imensa presença de pequenas ilhas neste estreito são fatores que facilitam a operação destes grupos de crime organizados. É considerado como um dos mais perigosos *choke points* [21] marítimos e um *hotspot* para o crime transnacional. (Nurbiansyah et al., 2012) Esta região atingiu o pico de ataques em 2015, levando a que se intensificasse a vigilância marítima na região, através da acrescida presença de meios navais da Indonésia, da Malásia e da Singapura. O resultado das medidas, naturalmente, foi uma significativa e progressiva redução no número de ataques desde 2016. (Jiang & Lu, 2020)

O **Mar Sul da China** é em termos de densidade de tráfego o segundo mar mais movimentado do mundo, somente atrás do mar Mediterrâneo e é rodeado pela China e por Taiwan a norte, a este pelas Filipinas, a oeste pelo Vietname, e por Brunei, Singapura e Malásia por sul. Esta região atingiu o pico de ataques de pirataria no ano de 2013, em que foram registadas 141 ocorrências. (Jiang & Lu, 2020) Os piratas que atuam nestas águas são maioritariamente Malaios ou Indonésios, ocorrendo nas áreas sobre a jurisdição da Malásia. (MI News Network, 2021)

O **Golfo de Áden** é um importante ponto de passagem para os navios que pretendem cruzar o Canal do Suez e liga o mar Vermelho ao mar da Arábia. O trânsito neste Golfo representa mais de 20% dos navios dedicados ao comércio global e de 80% do comércio marítimo com destino à Europa. (Elmi et al., 2015) É rodeado pelo Iémen a norte, a sul pela Somália e a este pelo Djibouti. Destes três países destaca-se a Somália por ter um maior número de incidentes nas águas sobre a sua

[21] São pontos de estrangulamento marítimo, em que os canais são naturalmente estreitos e que adquirem grande relevância estratégica por estarem localizadas em rotas de comércio marítimo indispensáveis para a economia global, o que os torna apetecíveis para o surgimento de ameaças à segurança marítima internacional como é o caso da Pirataria Maritima

jurisdição, o que está relacionado com os seus níveis de corrupção, inclusive ter sido considerado o país com um maior índice de corrupção do mundo em 2020, de acordo com o *Transparency International's Corruption Perceptions Index*. (Transparency International, 2020). Esta região sofreu um grande aumento de casos no ano de 2009, em que o número de ataques nesta região representava mais de metade do número de ataques totais no mundo e atingiu o número máximo de ataques (176 casos registados) em 2011, tendo vindo a decrescer substancialmente até 2020, em que não foi registado qualquer ataque. (EU Naval Force, 2021)

O **Oceano Índico** é também uma das zonas mais afetadas pela pirataria marítima e grande parte desses incidentes estão relacionados com a redução do número de ataques na zona do Golfo de Áden, bem como com a modernização dos meios utilizados pelos piratas aquando da realização dos seus ataques, equipados com armas de fogo, embarcações mais modernas e a utilização de um maior número de "navios-mãe"[22] Esta modernização de meios permite aos piratas operarem por todo o Oceano Índico e evitar as rotas vigiadas pelos meios de patrulhamento na área. (Worcester, 2010) A pirataria nesta região atingiu o seu pico em 2011, à semelhança do Golfo de Áden, o que estará relacionado com a proximidade geográfica entre estes dois *choke points* de pirataria marítima. (Vespe et al., 2015)

[22]É o termo utilizado para descrever os navios que são utilizados pelos piratas como se de uma base naval avançada se tratasse, e que os permite operar a distâncias superiores de costa.

Apêndice D - Ficheiros NetCDF utilizados

Devido à complexidade da utilização e manuseamento de ficheiros NetCDF, é aqui descrito o conjunto de procedimentos e ações que foram realizadas com a finalidade de extrair os dados meteorológicos pretendidos e, como tal, o objetivo passava por transmitir ao programa quais os valores que se pretendiam extrair do arquivo NetCDF.

Para tal, começou-se pela leitura da base de dados (BD) e do ficheiro NetCDF, onde se estabeleceu a correspondência entre as duas BD, comparando as variáveis *Data hora*, *latitude* e *longitude*. Para se estabelecer esta correspondência, desenvolveu-se um conjunto de ações, tais como a transformação da variável *Data hora* em ambos os ficheiros para o formato de calendário Gregoriano e o desenvolvimento de uma função que permitisse aproximar as horas correspondentes nos dois ficheiros, visto que, para alguns casos, a frequência dos registos variava consoante o ficheiro NetCDF utilizado, ajustando-se o código consoante as características de cada um destes ficheiros.

Como ação seguinte, procedeu-se à comparação entre as coordenadas geográficas das duas BD e identificou-se qual o registo meteorológico presente no ficheiro NetCDF que se encontrava mais próximo da localização geográfica onde ocorreu o ataque, para se proceder à extração do respetivo valor.

Após a extração dos dados, verificou-se a existência de dados ocultados (*masked data*), correspondentes a zonas geográficas em que os registos meteorológicos não se encontravam disponíveis. Para a resolução deste problema, recorreu-se à média dos registos (fixando a hora requerida) geográficos mais próximos, cujos valores não estavam ocultos, que circundavam a localização pretendida, não ultrapassando a distância de aproximadamente 1° e obteve-se o valor mais adequado para o respetivo valor da variável meteorológica.

Apêndice E - Método alternativo para a conceção de Redes Bayesianas em *Python*

Devido à extensão da BD e do elevado número de variáveis, foi desenvolvido um algoritmo em *Python* que permite de forma expedita a contabilização do número de casos em que se verifica determinada situação. Foram elaboradas tabelas numa folha de cálculo com a respetiva contabilização do número de casos e que serviu para o cálculo dos coeficientes associados a cada nó, bem como para o cálculo das respetivas probabilidades condicionadas.

Após a definição de todos os nós, adicionou-se à rede a Distribuição da Probabilidade Condicional, através da função *add_cpds()* e que contém o nome de todos os nós associados ao modelo. Desta forma, tem-se a rede toda estruturada e os nós bem definidos, sendo esta uma alternativa à utilização da função *fit()*.

Para conferir se o *output* da estrutura da Rede Bayesiana desenhada através deste método alternativo coincide com o que se pretendia representar, aplicaram-se as funções *nodes()* e *edges()*. O resultado foi positivo e a estrutura da rede estava a ser lida da forma pretendida, pois estabelece as ligações/dependências da forma definida. A cardinalidade dos nós, ou seja, o número correto de elementos de cada nó, foi ainda verificada através da função *get_cardinality()*, que devolve um conjunto com o número de elementos de cada nó.

Posteriormente, com recurso à função *check_model()*, verificou-se se o modelo continha erros associados às probabilidades, sendo que este método efetua as seguintes verificações:

- Se a soma das probabilidades da ocorrência de cada acontecimento é igual a 1;
- Se as distribuições das probabilidades condicionadas (que foram associadas a cada nó) são consistentes com os seus nós-pai.

Esta verificação é de extrema importância pois permite *a priori* a identificação de possíveis erros associados à construção do modelo.

Note-se que esta função funciona para o tipo de dados *Booleanos* e, caso o modelo não apresente erros, a função irá retornar *True*, caso contrário, *False*.

Apêndice F - Tabela com o erro associado a cada variável

FIGURA F.1: Escala de cores representativa do erro associado a cada variável

Ano	Precisão %
2010	94,9
2011	80,7
2012	80,6
2013	80,7
2014	79,5
2015	86,2
2016	80,3
2017	81
2018	84,4
2019	74,6
2020	78,6

Nível Proteção	Precisão %
Baixo	78,1
Médio	81,4
Alto	94,9

ível Perigosidad	Precisão %
Baixo	91,8
Médio	79,2
Alto	80,1

Período	Precisão %
Noturno	78,8
Diurno	85,8

Estação	Precisão %
Seco e Quente	83,2
Frio e Húmido	78,7

Área Navegação	Precisão %
Águas Internacionais	77,5
Mar Territorial	80,1
Área Portuária	89,4

Meteorologia	Precisão %
1	87,9
2	76,8
3	100

Risco Bandeira	Precisão %
Baixo	81,7
Médio	76,3
Alto	80,5

Estado Navio	Precisão %
Atracado	84,6
Fundeado	82,8
Navegar	78,3

Estado Costeiro	Precisão %
Angola	85,7
Benim	67,5
Camarões	68,8
Congo	78,6
Costa do Marfim	80,7
Gabão	75
Gana	71,1
Guiné	90,6
Guiné-Equatorial	75
Libéria	100
Nigéria	82,5
Rep.Dem.Congo	91,7
S.Tomé e Príncipe	100
Serra Leoa	80
Togo	79,3

Tipo de Navio	Precisão %
Cargo Ship	84,5
Oil Ship Transporter	78,3
Chemical Tanker	78
Outros	77,3

Anexo I - Gráficos com a variação Espácio-Temporal da Altura Significativa da Onda e da Velocidade do Vento

FIGURA I.1: Variação Espácio-Temporal da Altura Significativa da Onda para o período entre 1980 e 2016.
Retirado de: Osinowo et al. (2018)

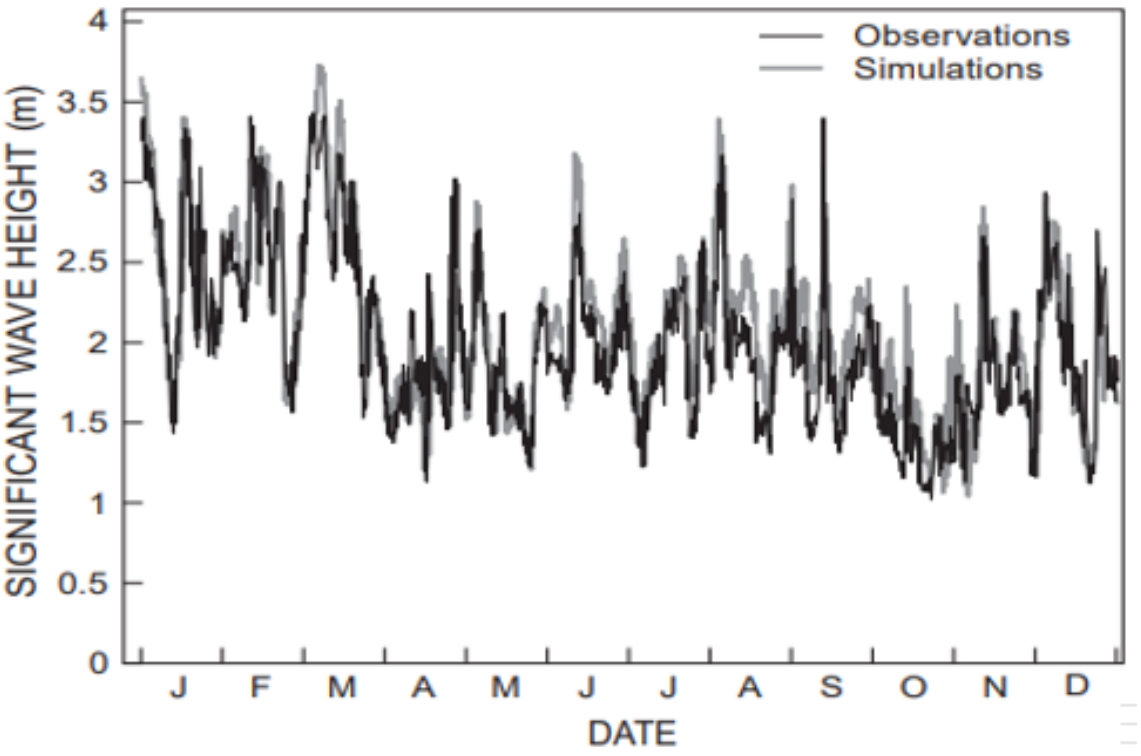


FIGURA I.2: Variação Espácio-Temporal da Velocidade do Vento para o período entre 1980 e 2016.
Retirado de: Osinowo et al. (2018)